ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

2019

ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 2019

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)

Обзор

состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации

2019



Москва 2020

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(Р О С Г И Д Р О М Е Т)

ОБЗОР
СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЗА 2019 ГОД

МОСКВА
2020

УДК 504.5:502.2(470+571)(058)«2019»
ISBN

Ответственный редактор: д.г.н., проф. Г.М. Черногаева

Редакционная комиссия: Г.М. Черногаева, Л.Р. Журавлева, Ю.А. Малеванов, Ю.В. Пешков, М.Г. Котлякова, Т.А. Красильникова

В Обзоре рассматриваются состояние и загрязнение окружающей среды на территории Российской Федерации за 2019 год по информации, полученной от территориальных подразделений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Материалы к Обзору по компонентам природной среды подготовлены институтами Росгидромета: ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова», ФГБУ «Гидрохимический институт», ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова», ФГБУ «НПО «Тайфун», ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля», ФГБУ «Государственный гидрологический институт», ФГБУ «Гидрометцентр России», ФГБУ «Центральная аэрологическая обсерватория», ФГБУ «Институт прикладной геофизики», ФГБУ «АРКТИЧЕСКИЙ И АНТАРКТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ», Северо-Западным филиалом ФГБУ «НПО «Тайфун», а также ФГБУ «Центральное УГМС».

Обобщение материалов выполнено ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля» и Управлением мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды Росгидромета.

Обзор предназначен для широкой общественности, ученых и практиков природоохранной сферы деятельности. С Обзором можно ознакомиться на сайте Росгидромета http://www.meteorf.ru/ и на сайте ФГБУ«ИГКЭ имени академика Ю.А. Израэля» http://downloads.igce.ru/publications/reviews/review 2019. pdf.

Дизайн обложки: Д. Черногаев
© Росгидромет, 2020 г.
© Перепечатка любых материалов из Обзора только со ссылкой на Росгидромет

Содержание

1. Гелиогеофизические и гидрометеорологические особенности года.....6
1.1. Гелиогеофизическая обстановка.....6
1.2. Опасные гидрометеорологические явления.....9
1.3. Температура воздуха.....11
1.4. Атмосферные осадки.....16
1.5. Снежный покров.....21
1.6. Водные ресурсы.....22

2. Оценка антропогенного влияния на климатическую систему и состояние окружающей среды.....31
2.1. Характеристика государственной сети наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды.....31
2.2. Оценка антропогенного влияния на климатическую систему.....33
2.2.1. Эмиссия парниковых газов.....33
2.2.2. Содержание CO_2 и CH_4 в атмосфере.....35
2.3. Оценка состояния и загрязнения атмосферы.....38
2.3.1. Оптическая плотность и прозрачность атмосферы.....38
2.3.2. Электрические характеристики приземного слоя атмосферы.....42
2.3.3. Состояние озонового слоя над Россией и прилегающими территориями.....45
2.3.3.1. Особенности состояния озонового слоя над регионами РФ.....46
2.3.4. Фоновое содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (по данным сети СКФМ).....49
2.3.5. Ионный состав атмосферных осадков на российских станциях, входящих в систему Глобальной Службы Атмосферы ВМО.....53
2.3.6. Кислотность и химический состав атмосферных осадков.....58
2.3.6.1. Загрязнение и закисление снежного покрова в регионах Российской Федерации.....66
2.3.7. Фоновое загрязнение атмосферных осадков (по данным сети СКФМ).....68
2.3.8. Загрязнение воздуха и осадков по данным станций ЕМЕП.....71
2.3.9. Загрязнение воздуха и осадков по данным станций ЕАНЕТ.....73
2.4. Содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности.....76
2.4.1. Содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности (по данным сети СКФМ).....76
2.4.2. Фоновые массовые доли химических веществ в почвах в региональном аспекте.....82
2.5. Загрязнение поверхностных вод.....87
2.5.1. Фоновое загрязнение поверхностных вод по данным сети наблюдений за гидрохимическими показателями.....87
2.5.2. Фоновое загрязнение поверхностных вод (по данным сети СКФМ).....92
2.6. Радиационная обстановка на территории России.....93
2.6.1. Радиоактивное загрязнение приземного слоя воздуха.....94
2.6.2. Радиоактивное загрязнение поверхностных вод.....95
2.6.3. Радиационная обстановка на территориях федеральных округов.....97

3. Загрязнение окружающей среды регионов России.....101
3.1. Загрязнение атмосферного воздуха населенных пунктов.....101
3.1.1. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха.....101
3.1.2. Тенденции изменений загрязнения атмосферного воздуха.....102
3.1.3. Общая оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах.....104
3.1.4. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха на территориях субъектов и федеральных округов Российской Федерации.....110

3.2. Загрязнение почвенного покрова....115
3.2.1. Загрязнение почв токсикантами промышленного происхождения....115
3.2.2. Загрязнение почв остаточными количествами пестицидов....122
3.3. Загрязнение поверхностных вод....128
3.3.1. Качество поверхностных вод по гидрохимическим показателям . на территориях субъектов и федеральных округов Российской Федерации....128
3.3.2. Гидробиологическая оценка состояния пресноводных объектов....154
3.3.3. Водные объекты с наибольшими уровнями загрязнения, аварийные ситуации....156
3.3.4. Загрязнение поверхностных водных объектов в результате трансграничного переноса химических веществ....159
3.3.5. Загрязнение морских вод Российской Федерации по гидрохимическим показателям....163
3.3.6. Гидробиологическая оценка состояния морских вод....177

4. Комплексная оценка состояния окружающей среды отдельных регионов и природных территорий....185
4.1. Московский регион....185
4.1.1. Загрязнение атмосферного воздуха....186
4.1.2. Загрязнение почвенного покрова....187
4.1.3. Загрязнение поверхностных вод....188
4.1.4. Характеристика радиационной обстановки....191
4.2. Озеро Байкал....192
4.2.1. Поступление химических веществ из атмосферы....192
4.2.2. Гидрохимические наблюдения за качеством поверхностных вод....193
4.2.3. Донные отложения....194
4.2.4. Гидробиологические наблюдения на озере....195
4.2.5. Характеристика выноса загрязняющих веществ с водным стоком р. Селенга....199
4.3. Арктическая зона Российской Федерации....201
4.3.1. Особенности климатического режима года....203
4.3.2. Комплексная оценка состояния и загрязнения окружающей среды в Арктической зоне Российской Федерации....209
4.4. Комплексные исследования загрязнения окружающей среды в районе пос. Баренцбург и прилегающих территорий....229

Заключение....241

Список ежегодных Обзоров загрязнения природных сред, издаваемых НИУ Росгидромета....244

Список авторов....245

Предисловие



Представленные в данном Обзоре обобщенные характеристики и оценки состояния абиотической составляющей окружающей среды (атмосферного воздуха, поверхностных вод и почв), а также радиационной обстановки получены по данным государственной системы наблюдений за состоянием окружающей среды, являющейся основой осуществления государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации, а также локальных систем наблюдений за состоянием окружающей среды.

Результаты выполненного анализа данных наблюдений и выводы о сохранении высоких уровней загрязнения атмосферного воздуха в городах страны и поверхностных вод многих водных объектов (с оценкой приоритетности существующих проблем) являются важным элементом информационной поддержки реализации задач государственного надзора за источниками выбросов (сбросов) вредных веществ в окружающую среду.

Подготовленная информация ориентирована также на ее использование для комплексной оценки последствий влияния неблагоприятных факторов окружающей среды на здоровье населения, наземные и водные экосистемы. Кроме того, информация о динамике и фактических уровнях загрязнения окружающей среды позволяет использовать эти данные для оценки эффективности осуществления природоохранных мероприятий с учетом тенденций и динамики происходящих изменений.

Руководитель Росгидромета И.А.Шумаков

1. Гелиогеофизические и гидрометеорологические особенности года

1.1. Гелиогеофизическая обстановка

По характеру изменения основных индексов солнечной активности 2019 г. относится к фазе минимума солнечной активности текущего 24-го (с условного начала отсчета в 1775 г.) 11-летнего солнечного цикла. Начало 24 солнечного цикла пришлось на январь 2008 г., когда на диске Солнца появилась высокоширотная группа пятен с полярностью, соответствующей поляр-ности четных циклов. Максимум 24-го солнечного цикла, как и несколько предыдущих циклов, показанных на рис. 1.1. имеет двухвершинную структуру.

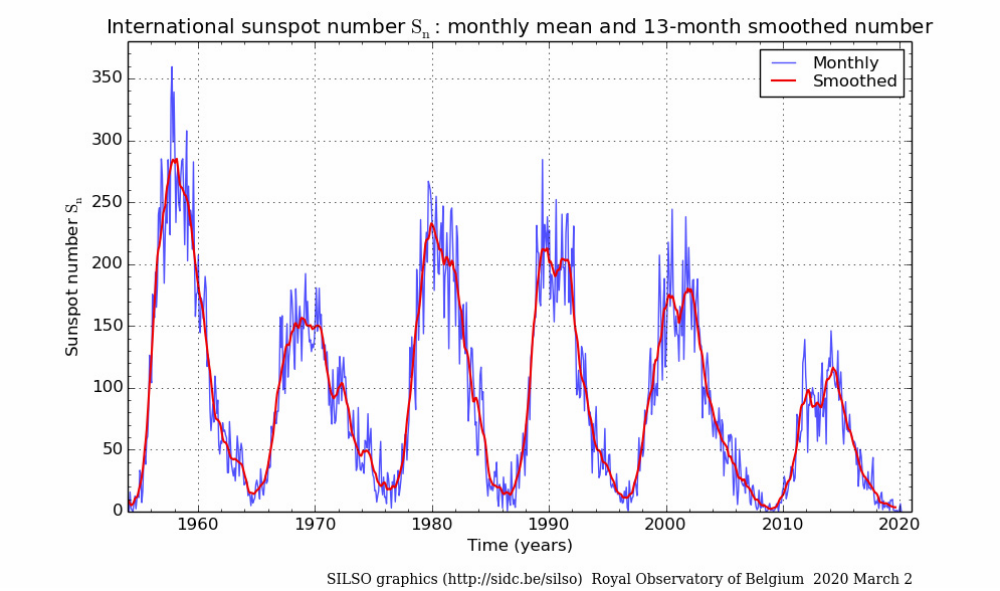


Рис. 1.1. Изменение сглаженных чисел Вольфа по данным Международного центра солнечных индексов (Брюссель, Бельгийская королевская обсерватория)

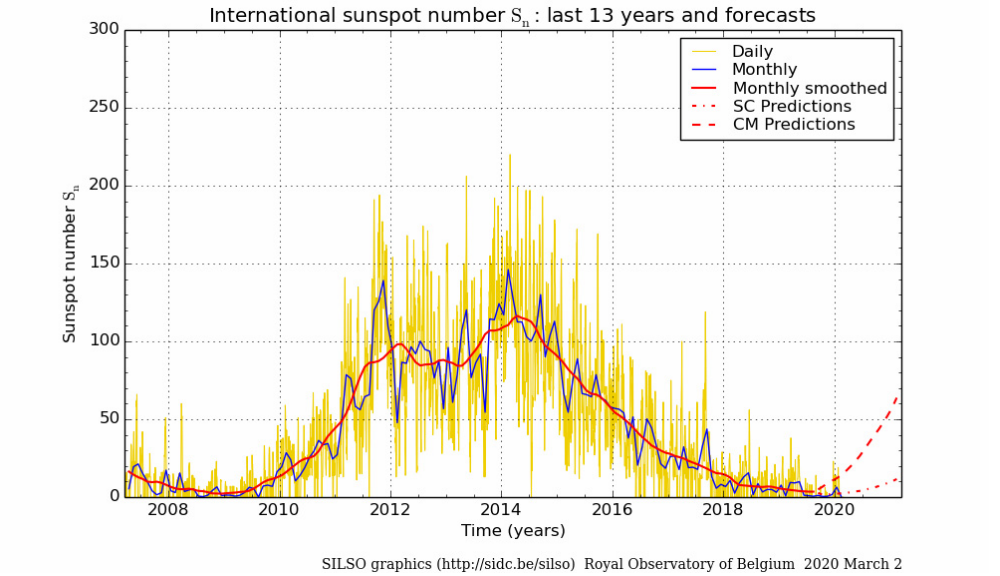


Рис. 1.2. График изменения среднемесячных значений чисел Вольфа

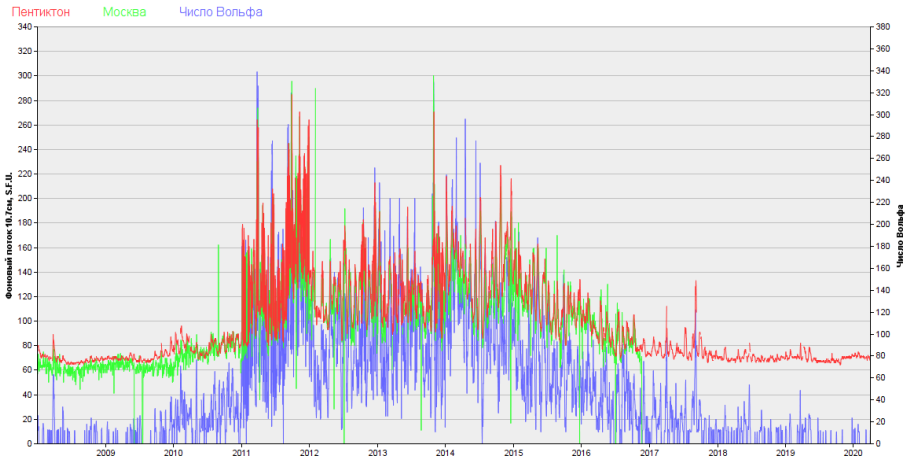


Рис. 1.3. Гистограмма значений числа Вольфа W и потока радиоизлучения Солнца по оперативным данным за период с 2008-2019 гг.

Первая вершина наблюдалась в 2012 г., вторая в 2014 г. Это иллюстрирует рис. 1.2, где приведены более подробные данные (среднемесячные значения чисел Вольфа) за последние 13 лет (с 2007-2019 гг.) и прогноз на 2020-2021 гг.

Из данных рисунков видно, что минимум между двумя соседними циклами был очень продолжительный и глубокий, а уровень активности в максимуме 24 солнечного цикла значительно уступает предыдущим.

Текущий цикл существенно уступает предыдущему не только по числу Вольфа, но и по другим проявлениям солнечной активности. Значения числа Вольфа W, по данным оперативного центра в Боулдере, и значения $F_{10,7}$ потока радиоизлучения на $\lambda = 10,7$ см (станции Пентиктон и Москва) за 24 солнечный цикл (с 2008-2019 гг.) приведены на рис. 1.3.

В Гелиогеофизической службе принят условный интегральный показатель солнечной активности, определяемый как полусумма индексов числа пятен W и потока радиоизлучения F.

Оценка интегральной солнечной активности по указанным индексам производится по следующей схеме:

– низкая ($W \leq 100$; $F_{10,7} \leq 100$);

– умеренная ($100 < W \leq 200$; $100 < F_{10,7} \leq 200$);

– высокая ($W > 200$; $F_{10,7} > 200$).

В 2019 г. интегральная солнечная активность в течение всего периода соответствовала «низкому» уровню.

В течение 2019 г. на видимом диске Солнца было зарегистрировано 23 группы пятен, из которых 4 группы имели максимальную площадь. В периоды март-май и апрель-май на видимом диске Солнца в северной полусфере наблюдались две «долгоживущие» активные области (в течение трех и двух солнечных оборотов соответственно). Максимальная «долгоживущая» область наблюдалась с 20 по 25 марта 2019 г. на обращенной к Земле полусфере Солнца (Кэррингтоновские долготы LO=283-285). В 2019 г. эта активная область была самой большой по площади, самой сложной по магнитной конфигурации и имела максимальное число пятен n=28 (в последний раз такую магнитную конфигурацию и максимальное число пятен в активной области n=34 было зарегистрировано в сентябре 2017 г.).

При оценке распределения вспышек по дням в 2019 г., вспышечная активность в течение 12 суток была низкой, в остальное время года - очень низкой (оценка по интенсивности всплесков в рентгеновском диапазоне).

По данным среднеширотных станций Российской Федерации геомагнитное поле было умеренно возмущенное в течение одних суток (1 сентября), слабо возмущенное в течение девяти суток (28 февраля - 1 марта, 11 мая, 14 мая, 5 августа, 31 августа, 27-28 сентября, 26 октября), неустойчивое в течение пяти суток (8 июня, 9 июня, 2 сентября, 24-25 октября), в остальное время геомагнитное поле менялось от спокойного (в течение 74 суток) до очень спокойного (оценка по ApMos). Суммарное возмущение геомагнитного поля в 2019 г. было несколько меньше и слабее, чем в 2018 г.

Основным источником магнитных бурь (26 бурь) в 2019 г., также, как и в предыдущем году, были корональные дыры, некоторые из которых существовали на диске Солнца не один оборот. По станциям Санкт-Петербург, Новосибирск, Мурманск и Какиока (Япония) было зарегистрировано 26 магнитных бурь.

Данные о состоянии магнитного поля в высоких широтах в 2019 г. поступали в Гелио-

геофизическую Службу от восьми магнитных обсерваторий:

Баренцбург и остров Визе, расположенных в зоне Полярная шапка (φ=80º);

Мурманск, Амдерма, Диксон, Тикси, Певек и остров Известий ЦИК, расположенных в авроральной зоне и/или вблизи границы авроральная зона — Полярная шапка (от φ=68º до φ=74º).

Сильное возмущение магнитного поля наблюдалось станцией Баренцбург в течение одних суток, умеренное возмущение магнитного поля наблюдалось станциями Баренцбург и остров Визе соответственно в течение 10 и 6, слабое возмущение магнитного поля соответственно в течение 32 и 26 суток, в остальное время состояние магнитного поля было от неустойчивого до очень спокойного.

В зоне Полярной шапки возмущение в главной фазе геомагнитной бури по амплитуде обычно было слабее, чем в авроральной зоне, но продолжительность возмущения могла быть больше, чем в авроральной зоне и на средних широтах.

Повышение магнитной активности, связанное с магнитной бурей привело к нарушению радиосвязи, проявлению полярных сияний в авроральной зоне. В высоких широтах наблюдались полярные сияния, некоторые из которых приведены на рисунке 1.4.

В течение 2019 г. вторжений солнечных космических лучей в околоземное космическое пространство по данным КА «Электро-Л» №2, "Метеор-М" №1, "Метеор-М" №2 и "GOES", как и в 2018 г., не было зарегистрировано.

В 2019 г., также, как и в 2016-2018 гг., состояние радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве и на трассах полетов пилотируемых космических аппаратов оценивалось как невозмущенное.

По сведениям, полученным от постоянных потребителей радиопрогнозов Мурманского региона, в 2019 г. практическое ухудшение условий радиосвязи в КВ-диапазоне из-за магнитных возмущений было отмечено в течение 108 суток (29,6% времени), из них более всего в апреле и ноябре. Для сравнения:

в 2018 г. ухудшение условий радиосвязи отмечено в течение 126 суток (35% времени), из них более всего в марте,

в 2017 г. ухудшение условий радиосвязи отмечено в течение 165 суток (45% времени), из них более всего в январе, марте и сентябре,

в 2016 г. ухудшение условий радиосвязи отмечено в течение 171 суток (47% времени), из них более всего в мае-июне и сентябре-октябре.

а)



в)



б)



г)



Рис. 1.4. Примеры наблюдения полярных сияний в разных регионах арктической зоны в период с 28 августа по 3 сентября

Источник данных: http://www.spaceweather.com/archive.php

В целом гелиогеофизическая служба в 2019 г. выпустила 153 предупреждения о неблагоприятных гелиогеофизических условиях (PRESTO), все предупреждения о возмущениях магнитного поля Земли, из них более всего в октябре (19).

Из данных, приведенных в этом разделе обзора, видно, что по различным характеристикам солнечной активности, весь период с 2007 г. по настоящее время можно рассматривать как аномальный, ключая как рекордно глубокий минимум в начале этого периода, так и один из самых низких среди наблюдавшихся максимумов 11-летних солнечных циклов.

Учитывая продолжающийся рост внимания Всемирной метеорологической организации (WMO) к поискам связи солнечной активности с климатом, аномальный по уровню активности период 24 солнечного цикла может стать важным источником пополнения базы данных для этих исследований.

1.2. Опасные гидрометеорологические явления

По данным Росгидромета в 2019 г. в целом на территории РФ было отмечено 903 опасных гидрометеорологических явления (ОЯ), (включая агрометеорологические и гидрологические). Это на 137 явлений меньше, чем в 2018 г., когда их было 1040. Из всех ОЯ в 2019 г. 346 нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения.

На рис. 1.5 приведены данные Росгидромета о динамике количества гидрометеорологических ОЯ за 1997–2019 гг., относящиеся лишь к опасным явлениям и комплексам гидрометеорологических явлений (включая гидрологические и агрометеорологические явления), которые нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения (общее число и количество непредусмотренных ОЯ). Прошедший год стал четырнадцатым по количеству ОЯ, нанесших ущерб. Число непредусмотренных ОЯ в 2019 г. составило 17.

Наибольший ущерб нанесли сильные осадки (снег, дождь, ливень), очень сильный ветер (в т.ч. шквал), град, а также метели и аномально холодная погода в зимний период, чрезвычайная пожарная опасность, сохранявшаяся в ряде регионов на протяжении нескольких месяцев.

В Гидрометцентре России ведется статистика отдельно только опасных метеорологических явлений (ОЯ). В 2019 г. на территории России было зарегистрировано 542 случая возникновения метеорологических (ОЯ) и комплексов метеорологических явлений, сочетание которых образует ОЯ (КМЯ). Это седьмой из 22 лет по количеству ОЯ и КМЯ.

По сравнению с 2018 г. количество зарегистрированных метеорологических ОЯ в 2019 г. уменьшилось на 38 случаев (рис. 1.6, табл. 1.1). Высокой была повторяемость сильных осадков, сильного ветра, КМЯ и заморозков. Это составляет более 70% от всех опасных метеорологических явлений. Опасные явления, входящие в состав КМЯ по отдельности, не достигали критериев ОЯ, но в сочетании между собой в значительной степени затрудняли хозяйственную деятельность регионов.

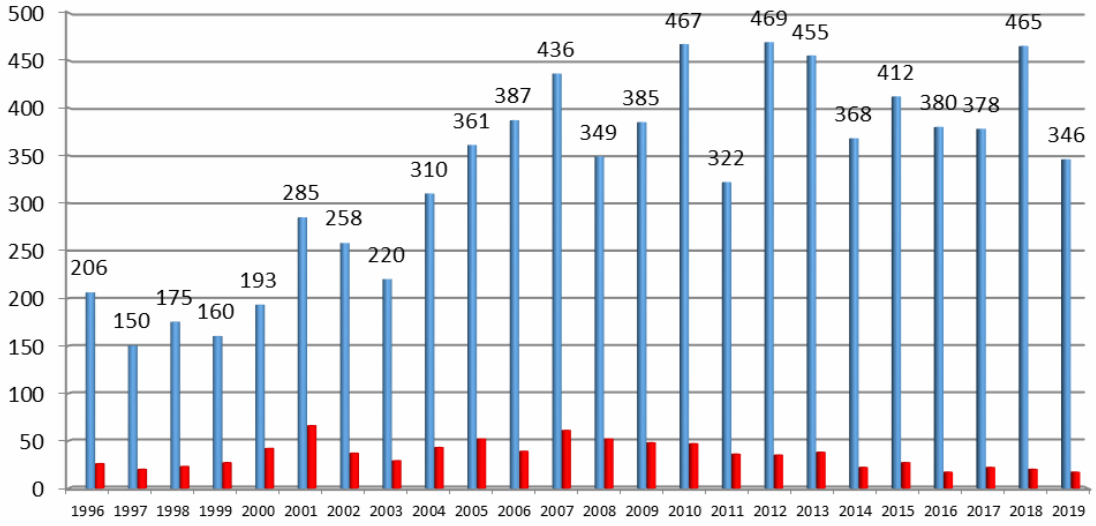


Рис. 1.5. Распределение гидрометеорологических ОЯ по годам: общее количество (синий) и количество непредусмотренных ОЯ (красный)

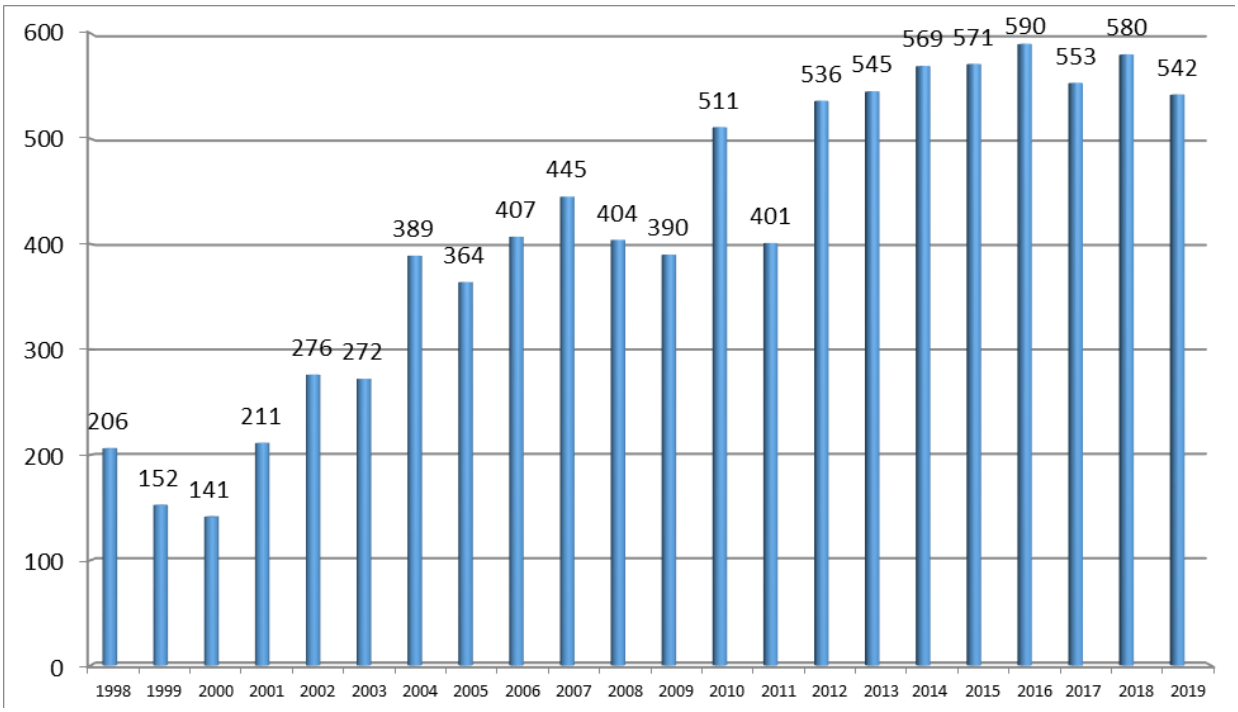


Рис. 1.6. Распределение метеорологических ОЯ по годам

Таблица 1.1. Распределение ОЯ, нанесших материальный и социальный ущерб населению и отраслям экономики в 2019 г., по видам и по федеральным округам

ФО	Очень сильный и ураганный ветер, шквал, сильные метели	Сильный мороз или сильная жара	Засуха и суховеи	Опасно высокие и низкие уровни воды на реках	Чрезвычайная пожарная опасность	Лавины	Сели	Агрометеорологически ОЯ в зимний и летний периоды	Сильное сложное отложение	Сильные осадки	Град	Дождевой паводок	Половодье	Затор	Пересувлажнение почвы	Низкая межень	Туман сильный	Итого
ЦФО	1	0	9	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	2	0	0	17
ЮФО	18	0	3	0	7	3	2	6	2	14	5	2	0	0	0	0	0	62
СКФО	9	0	1	0	0	10	0	2	0	4	7	1	0	0	0	0	0	34
СЗФО	6	0	0	0	1	0	0	1	1	2	0	4	0	1	1	0	0	17
ПФО	17	0	4	0	3	0	0	8	1	4	1	0	0	1	4	0	0	43
УФО	6	1	0	0	4	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	16
СФО	29	3	8	0	4	0	0	10	1	10	0	6	5	2	4	2	2	86
ДФО	20	1	1	0	7	1	0	3	1	19	0	18	0	0	0	0	0	71
За год	106	5	26	0	27	14	2	32	7	58	14	31	5	4	11	2	2	346
Среднее за 5 лет	116	8	29	0	20	6	4	31	8	79	19	24	23	5	14	10	0	396

Все эти опасные явления, как правило, наносили наиболее значительный ущерб секторам экономики и частному сектору.

В целом в большинстве федеральных округов количество ОЯ, нанесших материальный и социальный ущерб населению и отраслям экономики, уменьшилось по сравнению с 2018 г. (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Динамика количества всех метеорологических ОЯ за период с 1998 по 2019 гг.

Годы	Месяцы												Всего за год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1998	19	15	12	12	14	17	28	16	19	19	20	15	206
1999	20	10	9	9	14	10	15	15	16	8	14	12	152
2000	9	2	6	10	15	17	18	17	20	7	8	12	141
2001	12	12	4	5	27	30	30	25	17	14	16	19	211
2002	16	15	17	11	24	27	41	35	28	17	16	29	276
2003	21	17	13	14	16	35	41	36	27	17	18	17	272
2004	23	29	27	21	23	54	49	61	26	20	28	28	389
2005	19	19	49	31	28	52	48	38	21	24	14	21	364
2006	27	20	29	21	39	64	49	56	26	22	30	24	407
2007	39	40	21	9	56	61	56	52	38	25	28	20	445
2008	29	25	18	19	28	47	83	45	27	12	30	41	404
2009	26	30	24	24	31	64	57	42	26	22	16	28	390
2010	39	23	33	28	31	68	73	64	35	16	35	66	511
2011	28	53	23	29	33	39	71	46	23	16	23	17	401
2012	24	14	18	22	53	71	82	89	32	37	28	66	536
2013	47	36	63	23	51	71	61	56	43	38	33	23	545
2014	46	44	35	33	70	75	69	64	29	37	23	44	569
2015	55	47	39	33	46	79	69	63	42	42	25	31	571
2016	46	14	36	34	64	84	80	104	34	17	28	49	590
2017	49	22	12	35	69	77	104	63	40	30	20	32	553
2018	25	20	45	21	66	84	105	62	57	33	34	28	580
2019	31	31	21	28	72	80	80	60	38	34	32	35	542

1.3. Температура воздуха

2019 г. стал четвертым среди самых теплых с 1936 г. (далее везде ранги приводятся для ряда с 1936 г.): осредненная по территории России среднегодовая аномалия температуры воздуха (отклонение от среднего за 1961-1990 гг.) + 2.07°С. В ЦФО (+ 2.51°С) 2019 г. был самым теплым в ряду; в ЮФО (+ 2.03°С), СКФО (+ 1.89°С), ДФО (+ 2.15°С) 2019 г. был среди трех самых теплых; в СФО (+2.19°С) 2019 г. был среди пяти самых теплых. В этих федеральных округах повсеместно фиксировались 95%-е экстремумы, при этом среднегодовые аномалии были выше +2°С. Из сезонов самой теплой была *весна* (+2.86°С - ранг 4), Кроме того, следует отметить зиму на юге ДФО (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы), лето – в СФО (+1.68°С – ранг 4), осень - в ДФО (+2.33°С – ранг 5). Из месяцев 2019 г. (рис. 1.7) очень теплыми были: март (средняя по РФ аномалия +4.30°С – ранг 4), июнь (+1.67°С - ранг 6) и октябрь (+2.66°С – ранг 6).

Ход средних годовых и сезонных аномалий температуры, осредненных по территории России, приведен на рис. 1.7. Географические распределения средних годовых и сезонных аномалий температуры 2019 г. представлены на рис. 1.8. Регионально-осредненные аномалии приведены в таблице 1.3.

Зима 2018-2019 гг. была умеренно теплой, средняя по России аномалия составила +2.12°С (ранг 15). Температуры выше нормы наблюдались на большей части страны (кроме юга Сибири и востока Якутии). Значительные положительные аномалии температуры отмечались в южной половине Дальневосточного ФО (аномалии более 5°С); температуры ниже нормы наблюдались на юге Средней Сибири (до -4.1°С), на востоке Якутии (до - 0.6°С). В декабре 2018 г. осредненная по территории РФ температура была близка к норме: аномалия +0.44°С. Аномалии температуры выше 3°С наблюдались на севере Европейской территории России (ЕТР), севере Западной и Средней Сибири, а также на юге Якутии, в Хабаровском крае, в Приамурье и Приморье. Очень холодно (аномалии до -7°С) на юге Западной Сибири, на Чукотке.

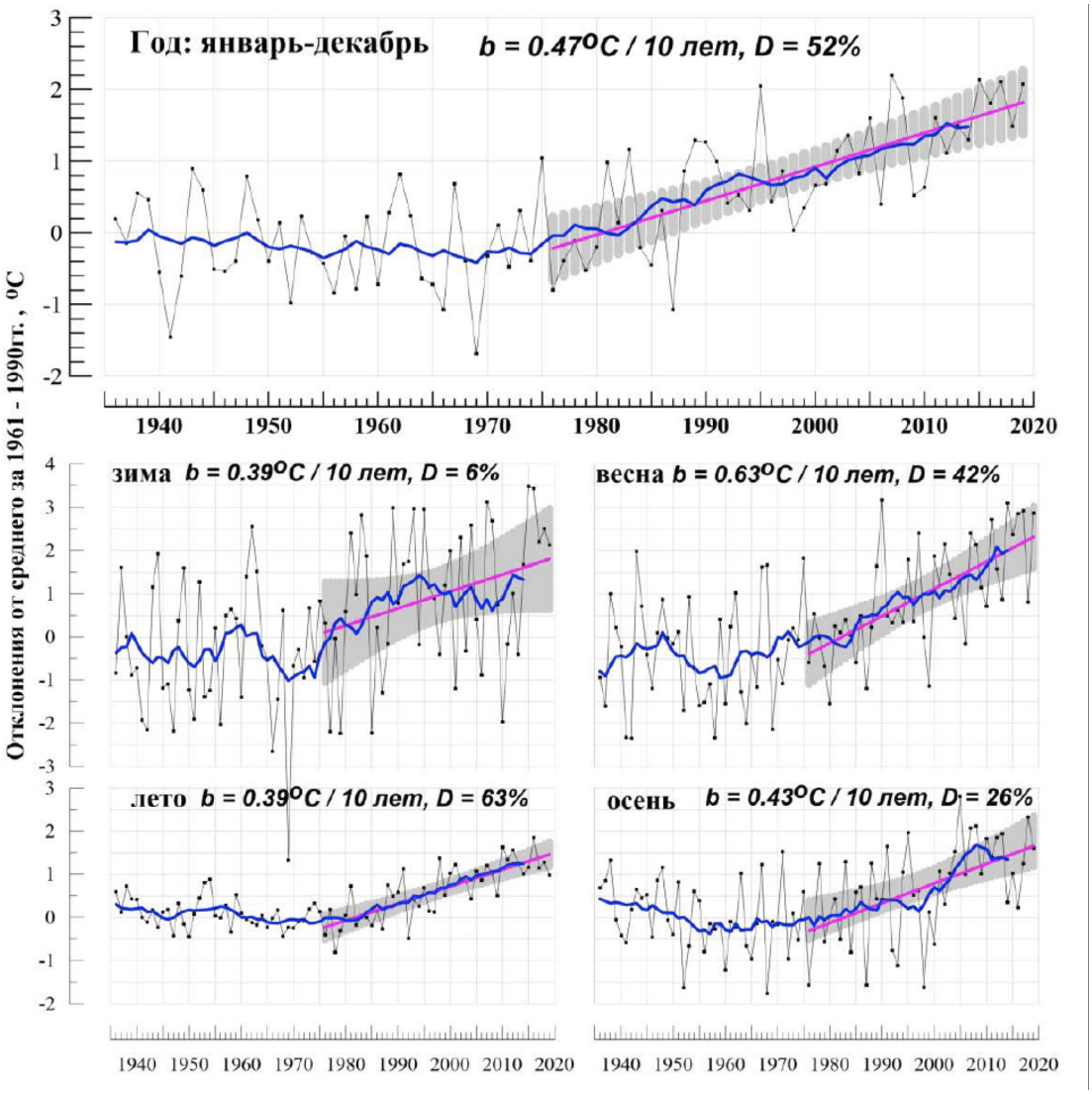


Рис. 1.7. Средние годовые (вверху) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°C), осредненные по территории РФ, 1936-2019 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Показаны также 11- летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2019 гг. с 95%-й доверительной полосой; b - коэффициент тренда (°C/10 лет), D - вклад в суммарную дисперсию (%)

В январе (осредненная по РФ аномалия температуры +2.78°C) на большей части страны температуры выше нормы. Аномалии температуры выше +6°C наблюдались в Иркутской области и вдоль течения Амура (здесь повсеместно отмечены 95%-е экстремумы). В феврале осредненная по РФ аномалия температуры +3.14°C. Сформировались три крупные области тепла: в Средней Сибири и в бассейне Лены (до +10°C в Эвенкийском АО и на юге Якутии, на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы); на Чукотке; а также на ЕТР (на большей части аномалии выше +10°C). Отрицательные аномалии температуры (до -2°C) наблюдались в бассейне Оби, на Алтае и на Саянах, востоке Якутии, Камчатке.

Весна была очень теплой. Средняя по РФ аномалия +2.86°C – ранг 4. Значительные положительные аномалии наблюдались в центре ЕТР (в ЦФО +2.59°C – ранг 5), на юге Сибирского ФО и в Дальневосточном ФО (+2.93°C – ранг 4). Из весенних месяцев выделяется март: средняя по РФ аномалия температуры составила +4.30°C, по АТР +4.72°C – обе - четвертые в рядах. 95%-е экстремумы отмечались на большинстве станций УФО (+6.36°C – ранг 2) и СФО (+6.91°C - исторический максимум в ряду). Почти на всей территории страны три декады подряд наблюдалась аномально теплая погода. На севере Сибири сформировался обширный очаг тепла, где аномалии среднемесячной температуры составили +10-12°C. В *апреле* (осреднен-

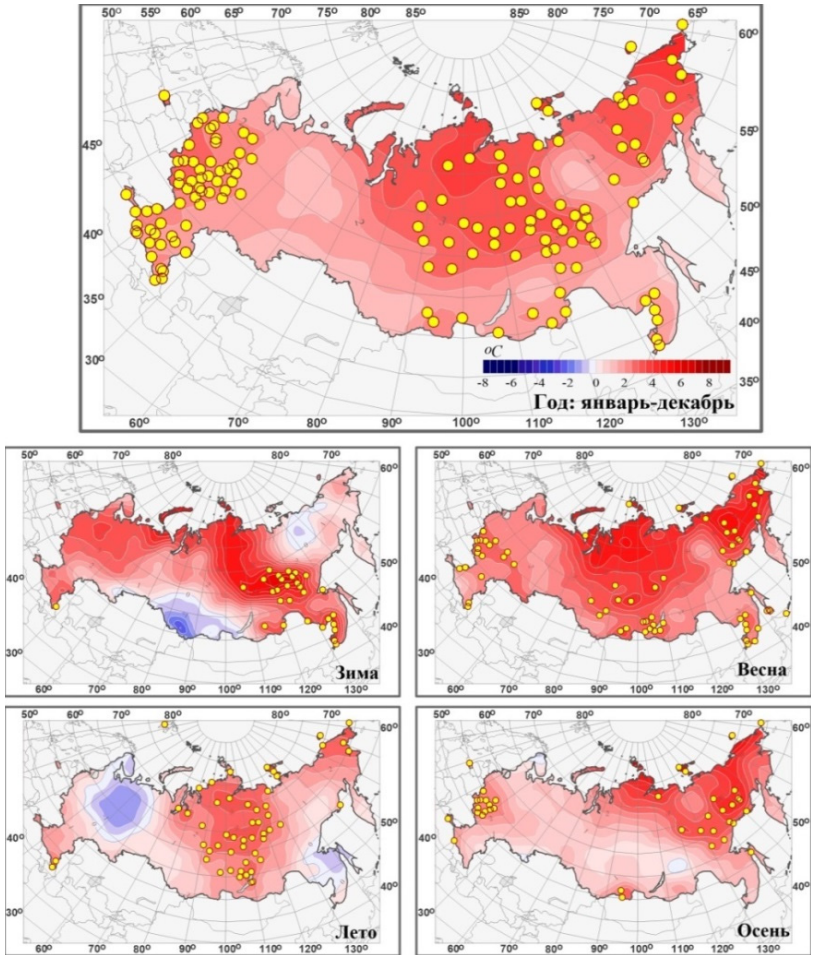


Рис. 1.8. Аномалии средней годовой и сезонных температур приземного воздуха на территории России в 2019 г. (*отклонения от средних за 1961-1990 гг.)* с указанием локализации экстремальных аномалий. *Кружками белого и желтого цвета показаны станции, на которых наблюденная температура оказалась ниже 5-го или выше 95-го процентиля.*

Таблица 1.3. Средние годовые (январь - декабрь) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха для физико-географических регионов и федеральных округов России в 2019 г.:
vT - отклонения от средних за 1961-1990 гг.; *s* - среднее квадратическое отклонение за 1961-1990 гг.
Красным выделены значения, попавшие в число трех наибольших (ранг 1, 2 или 3),
желтым - имеющие ранг 4 или 5

	Год		**Зима**		**Весна**		**Лето**		**Осень**	
	***vT*, ^oC**	***s*, ^oC**	***vT*, ^oC**	***s*, ^oC**	***vT*, ^oC**	**s, ^oC**	***vT*, ^oC**	***s*, ^oC**	***vT*, ^oC**	***s*, ^oC**
Россия	2.07	*0.76*	2.12	*1.81*	*2.86*	*1.20*	0.98	*0.34*	1.60	*0.90*
ЕТР	1.88	*0.96*	2.65	*2.35*	2.29	*1.45*	0.09	*1.01*	1.20	*1.04*
АТР	2.15	*0.80*	1.92	*1.86*	3.08	*1.86*	1.32	*0.34*	1.76	1.09
Федеральные округа										
Северо-Западный	1.76	*1.19*	3.22	*2.82*	2.44	*1.62*	-0.51	*1.22*	0.90	*1.28*
Центральный	2.51	*1.05*	2.90	*2.72*	2.59	*1.69*	0.49	*1.21*	2.13	*1.13*
Приволжский	1.67	*1.02*	2.01	*2.58*	2.33	*1.68*	-0.20	*1.18*	1.11	*1.27*
Южный	2.04	*0.88*	2.28	*2.08*	2.00	*1.48*	1.53	*1.03*	1.26	*1.04*
Северо-Кавказский	1.89	*0.69*	2.35	*1.63*	1.56	*0.99*	2.07	*0.78*	1.18	*0.89*
Уральский	2.04	*1.16*	1.93	*3.09*	3.26	*1.79*	0.97	*1.02*	1.08	*1.65*
Сибирский	2.19	*1.04*	1.27	*2.77*	3.26	*1.54*	1.68	*0.52*	1.00	*1.61*
Дальневосточный	2.15	*0.71*	2.37	*1.41*	2.93	*1.22*	1.22	*0.44*	2.33	*0.98*

ная по РФ аномалия +2.57°С – ранг 8), положительные аномалии наблюдались всюду, кроме Южного Урала и юга ЮФО. 95%-е экстремумы температуры отмечались на востоке ДФО (осредненная по федеральному округу аномалия +3.84°С – третья положительная величина в ряду). В *мае* (+1.68°С – ранг 10) температуры выше нормы наблюдались всюду кроме Алтая и Саян. 95%-е экстремумы отмечались повсеместно в СКФО (осредненная по федеральному округу аномалия составила +2.42°С – ранг 4), в Приморье, на Сахалине, в Магаданской области, на Камчатке.

Лето умеренно теплое, средняя по РФ аномалия температуры составила +0.98°С (ранг 17): это ниже, чем ожидалось при современных темпах потепления. На ЕТР значительно холоднее: аномалия всего 0.09°С (лишь 51 в ряду, т.е. существенно ниже медианного значения ряда), а по Азиатской территории России (АТР) теплее: +1.32°С (ранг 7). Этот сезонный контраст между ЕТР и АТР особенно выражен в июле и августе. Экстремально тепло (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) в СФО (+1.68°С – ранг 4); прохладная погода наблюдалась на северо-востоке ЕТР (аномалии до -1.6°С), на юге Хабаровского края, в Приморье, на Сахалине (аномалии до -1.2°С). Следует отметить исключительно теплый *июнь* в ЮФО и СФО (+4.29°С и +4.26°С – исторические максимумы) и в ДФО (+2.09°С), при этом в среднем по РФ аномалия температуры составила +1.67°С (ранг 6). Температуры ниже нормы (аномалии до -2.5°С - -2.8°С) наблюдались на северо-востоке ЕТР, на Урале, в центре и юге Западной Сибири, в Приамурье и Приморье. *Июль* в целом близок к норме (аномалия +0.39°С): экстремально тепло в центре АТР (на многих станциях в районе Обской губы и в районе Байкала отмечались 95%-е экстремумы). Отрицательные аномалии температуры наблюдались на ЕТР (осредненная по ЦФО аномалия: -1.25°С – среди девяти самых холодных в этом федеральном округе). *Август* также в среднем по РФ близок к норме: аномалия температуры +0.39°С; экстремально тепло на АТР (аномалия +1.47°С – третья величина в ряду). Температуры ниже нормы, (на многих станциях зафиксированы 5%- экстремумы) отмечены в ЦФО и СЗФО (аномалии до -2.7°С); в Приморье и на Сахалине (аномалии до -2.1°С).

Осень умеренно теплая, осредненная по России аномалия температуры составила +1.60°С (ранг 10). Положительные аномалии наблюдались практически всюду, 95%-е экстремумы фиксировались в центре ЕТР и в ДФО (аномалия +2.33°С – ранг 5). Небольшие области отрицательных аномалий (не ниже -1°С) наблюдались на западе Мурманской области, на юге Урала, в районе среднего течения Витима. В *сентябре* (средняя по РФ аномалия +0.96°С) положительные аномалии температуры наблюдались на большей части страны, но были почти везде ниже +1.5°С. Температуры ниже нормы (аномалии до -2.5°С) наблюдались на Южном Урале. В *октябре* осредненная по РФ аномалия температуры составила +2.66°С (ранг 6). 95%-е экстремумы отмечались в ЦФО (аномалия +3.36°С – ранг 4) и в ПФО (+3.89°С – ранг 3); на юге ДФО (+2.52°С – ранг 5). *Ноябрь:* средняя по РФ аномалия +1.19°С. Значительные положительные аномалии (до +9°С) и 95%-е экстремумы отмечались на северо-востоке АТР; аномалии до +3.5°С отмечались на большей части ЕТР. Температуры ниже нормы (аномалии до -4.7°С) наблюдались на юго-востоке ЕТР, в центре и юге АТР. Отрицательные аномалии до -2°С наблюдались на западе Мурманской области, в Приморье.

Декабрь 2019 г. Осредненная по территории РФ аномалия температуры +2.64°С, а осредненная по ЕТР: +5.25°С - ранг 2 (особенно тепло в ЦФО). Повсеместно в центре и на западе ЕТР отмечались 95%-е экстремумы, аномалии на станциях до +8.3°С. Во второй половине месяца среднедекадные температуры воздуха превышали нормы на 3-7°С и более. Повсюду фиксировались новые суточные рекорды температуры. Причиной такой теплой погоды стали мощные затоки с юга теплого средиземноморского воздуха. Отрицательные аномалии температуры в декабре наблюдались на Среднесибирском плоскогорье (до -4.5°С), в Забайкалье, в Приамурье.

На рис. 1.9 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов температуры воздуха на территории России за 1976-2019 гг. Оценки получены по станционным временным рядам средних годовых и сезонных аномалий температуры методом наименьших квадратов и выражены в градусах за десятилетие (°С/10 лет). В таблице 1.4 приведены тренды регионально-осредненной температуры; значимость оценивалась с использованием двустороннего критерия, основанного на Т-статистике Стьюдента $T^2=(n-2)\ R^2/(1-R^2)$, где R^2 - доля суммарной дисперсии, учтенная трендом; n - длина ряда. Коэффициент тренда является характеристикой средней скорости изменения температуры на рассматриваемом отрезке времени. Здесь 1976 г. рассматривается как год начала современного потепления на основе анализа глобальных данных.

Рост осредненной по России среднегодовой температуры (линейный тренд) составил 0.47°С/10 лет (вклад в общую изменчивость

52%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной (0.63°С/10 лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (0.39°С/10 лет: описывает 63% суммарной дисперсии). Среднегодовые температуры растут во всех федеральных округах.

Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры отмечается на побережье Северного Ледовитого океана, особенно на АТР (+0.8°С/10 лет - +1.1°С/10 лет на Таймыре и на побережье Восточно-Сибирского моря). Весной и осенью максимум потепления – на побережье Восточно-Сибирского моря, а зимой – на северо-западе ЕТР. Летом самое быстрое потепление происходит на ЕТР южнее 55°с.ш. Кроме того необходимо отметить следующие особенности. Весной интенсивное потепление наблюдается в Западной (+0.67°С/10 лет) и Средней Сибири (+0.82°С/10 лет), а также в Восточной Сибири весной (+0.78°С/10 лет) и осенью +0.77°С/10 лет; летом в ЮФО и ЦФО (+0.44°С/10 лет и +0.64°С/10 лет). Минимум потепления в среднем за год – на юге Западной Сибири. Летом и осенью потепление наблюдается на всей территории России, однако в Сибири (на юге летом и в центре осенью) имеются области, где потепление существенно слабее.

В Сибири зимой наблюдается область похолодания, впервые проявившаяся в период 1976-2010 гг. и достигшая максимума в период 1976-2014 гг., когда похолодание охватывало большую часть Западной и юг Средней Сибири и достигало в центре -0.54°С/10 лет; в настоящее время похолодание менее выражено (-0.4°С/10 лет на юге Западной Сибири). Рост зимней температуры для России в целом прекратился в середине 1990 гг., после чего наблюдалось ее убывание, в последние шесть-семь лет наметилась тенденция к росту. По-видимому, это связано с наблюдавшимися в то время изменениями в основных циркуляционных системах Северного полушария. До середины 1990 гг. почти вся территория России, в особенности запад ЕТР, испытывала избыточное потепление из-за переноса теплого воздуха из Северной Атлантики. Потепление зим за период 1994-2014 гг. наблюдалось

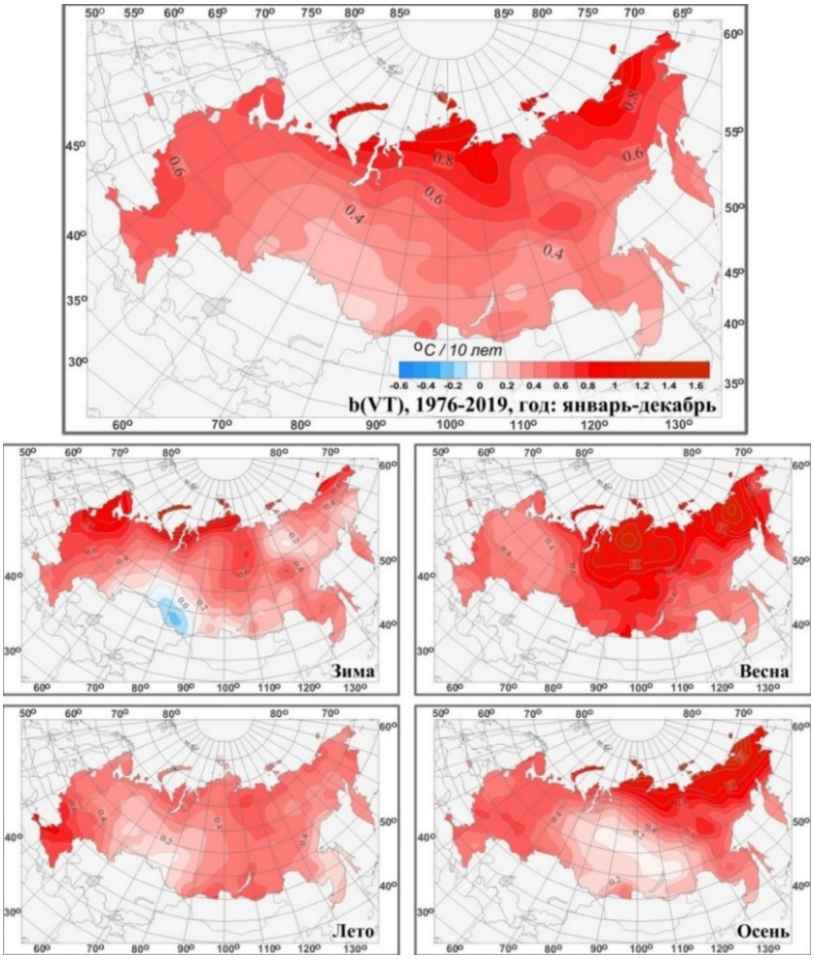


Рис. 1.9. Распределение коэффициентов линейного тренда среднегодовой и средних сезонных значений температуры приземного воздуха на территории России за период 1976-2019 гг. (в °С/10 лет)

в основном в арктической зоне России; на остальной территории зимние температуры убывали, слабо на ЕТР (до -0.2°С/10 лет) и значительно на АТР, до –2°С/10 лет на юге Сибири. По-видимому, тенденция похолодания прекратилась после 2010 г.; отметим экстремально теплые зимы 2014-2015 гг. и 2015-2016 гг.; хотя следующие три зимы были существенно холоднее, они все же теплее ожидаемого по линии тренда. Оцененный за период 1976-2014 гг. зимний тренд по РФ был +0.15°С/10 лет, а для 1976-2019 гг. увеличился до +0.39°С/10 лет.

Летом и осенью наблюдаются области, где тренд практически отсутствует: летом на юге Западной Сибири, осенью – в центре Средней Сибири и на севере Байкальского региона. В период с 2004 по 2016 г. наблюдается определенное убывание средней по РФ осенней температуры.

Таблица 1.4. Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха, осредненной за год и по сезонам по территории России, её регионов и федеральных округов за 1976-2019 гг.:
b - коэффициент линейного тренда (°С/10 лет), *D* - вклад тренда в дисперсию (%);
выделены тренды *незначимые* на 1%-м уровне

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	b	***D***	***b***	***D***	***b***	***D***	***b***	***D***	***b***	***D***
Россия	0.47	52	0.39	*6*	0.63	*42*	0.39	*63*	0.43	*26*
ЕТР	0.52	48	0.59	*12*	0.44	*23*	0.47	*33*	0.52	*27*
АТР	0.46	45	0.32	*6*	0.70	*41*	0.37	*64*	0.43	*23*
Федеральные округа										
Северо-Западный	0.55	40	0.76	*12*	0.46	*16*	0.39	*24*	0.53	*22*
Центральный	0.58	47	0.68	*14*	0.47	*21*	0.57	*31*	0.54	*27*
Приволжский	0.46	37	0.41	*5*	0.42	*16*	0.41	*16*	0.56	*23*
Южный	0.56	47	0.49	*12*	0.49	*25*	0.72	*48*	0.49	*22*
Северо-Кавказский	0.47	50	0.45	*17*	0.40	*27*	0.61	*50*	0.42	*21*
Уральский	0.42	24	0.34	*2*	0.65	*20*	0.30	*11*	0.33	*6*
Сибирский	0.38	25	0.22	*1*	0.76	*36*	0.33	*38*	0.19	*3*
Дальневосточный	0.51	60	0.37	*15*	0.68	*40*	0.40	*60*	0.59	*43*

1.4. Атмосферные осадки

Ход средних годовых и сезонных аномалий осадков, осредненных по территории России, приведен на рис. 1.10. На всех временных рядах показаны: 11- летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2019 гг. с 95%-й доверительной полосой. Географические распределения годовых и сезонных аномалий осадков в 2019 г. представлены на рис. 1.11 в процентах от соответствующих норм (базовый период 1961-1990 гг.), на фоне сезонных и годовых аномалий показано местоположение станций с 5%- и 95%-экстремумами – значения осадков на этих станциях попали в 5%-ые хвосты соответствующих распределений (ниже 5-го или выше 95-го процентилей), рассчитанных по периоду 1936-2018 гг. Регионально осредненные величины приведены в табл. 1.5.

В **2019 г.** средняя по России годовая сумма осадков составила 108% нормы (шестая величина в ряду). Доля площади с избытком осадков (более 80-го процентиля) составила 25%, с дефицитом осадков (менее 20-го процентиля) – 12%. Значительный избыток осадков наблюдался в северной части ЕТР (в СЗФО выпало 131% нормы – максимальная величина в ряду, здесь значительный избыток осадков наблюдался во все сезоны), в нижнем течении Енисея, на Дальнем Востоке. Дефицит осадков наблюдался в СКФО (выпало 84% нормы – среди четырех «самых сухих»), вдоль побережья Восточно-Сибирского моря, на Сахалине.

Из сезонов выделяется ***осень***: значительный избыток осадков на АТР (114% - ранг 5) и в СЗФО (127% - ранг 4); сильный дефицит – в ЮФО (61% нормы - среди четырех «самых сухих» осенних сезонов). Значительный избыток осадков отмечался ***весной*** в ЮФО (138% нормы – ранг 5), сильный дефицит осадков – ***летом*** на большей части ДФО.

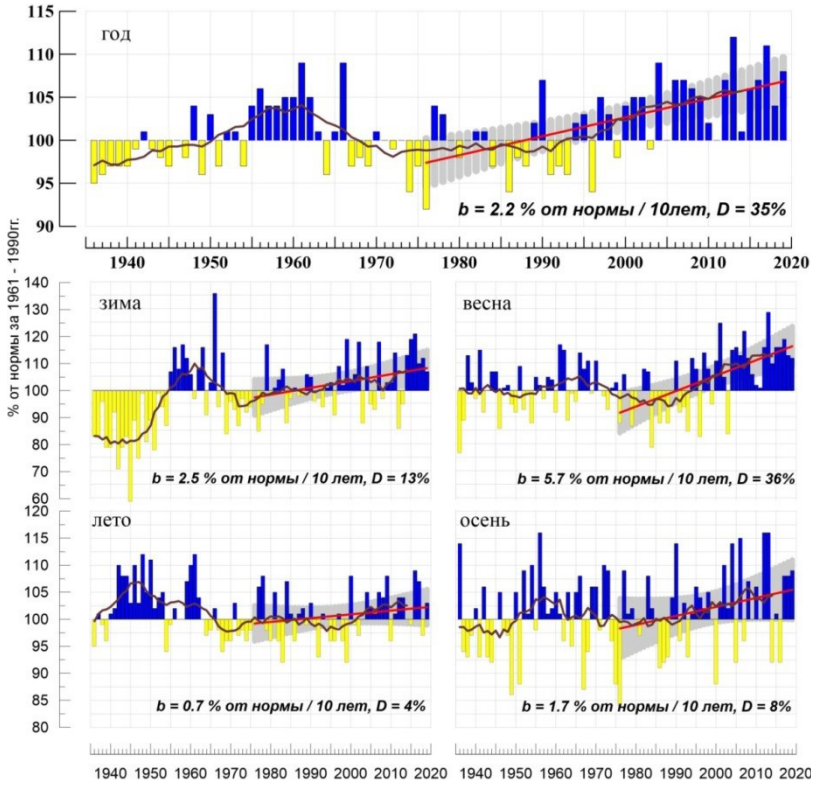


Рис. 1.10. Средние годовые и сезонные осадки (% от нормы), осредненные по территории РФ, 1936-2019 гг.
Нормы рассчитаны по периоду 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2019 гг.; b - коэффициент тренда (% от нормы/10 лет), D - вклад в суммарную дисперсию (%).

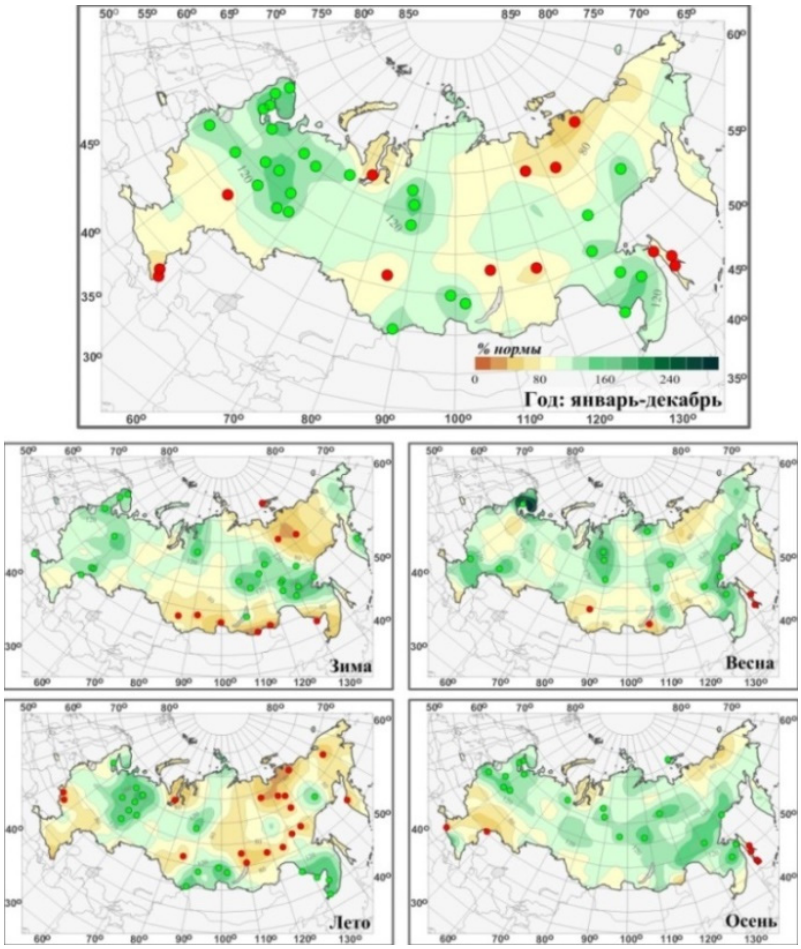


Рис. 1.11. Аномалии годовых и сезонных сумм осадков на территории России в 2019 г. (% от нормы 1961-1990 гг.)
Кружками красного и зеленого цвета показаны станции, на которых осадки оказались соответственно ниже 5-го или выше 95-го процентиля.

Зима 2018-2019 гг. В целом по РФ выпало 107% нормы осадков. В ЕТР преобладал избыток осадков (114%); на АТР значительный избыток осадков (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался на юге Якутии и в Хабаровском крае; а сильный дефицит осадков – в Саянах, в Забайкалье, в Приморье и на востоке Якутии. В ***декабре 2018 г.*** преобладал дефицит осадков (95% в среднем по РФ), сильный в СЗФО (69%), УФО (80%), в Якутии, на Чукотке. Значительный избыток осадков (120%-200%) - на юге ЕТР, на севере Западной Сибири, в Хабаровском крае, на Камчатке. В ***январе*** значительный избыток осадков наблюдался на большей части ЕТР (132% нормы – ранг 5), в Хабаровском крае. Дефицит осадков (40%-80%) отмечался на севере страны от Ямала на восток. На юге страны дефицит осадков (до 20%) наблюдался на юге АТР. Очень контрастным был ***февраль*** (рис. 1.12) – экстремальный избыток осадков – более 200% нормы, 95%-е экстремумы на многих станциях - на севере ЕТР, на юге Якутии, на Чукотке; сильный дефицит осадков (до 20%) – в Саянах, в Забайкалье, в Приморье.

Весна была умеренно влажной, в целом по РФ выпало 112% нормы осадков (ранг 18), в ЮФО выпало 138% нормы – ранг 5. Кроме того, значительный избыток осадков наблюдался на Кольском полуострове, в нижнем и среднем течении Енисея, в Хабаровском крае. Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на юге Сибири, на севере Якутии, на Сахалине. Особенность весны: на ЕТР наблюдался резкий контраст между экстремально влажным мартом (161%, 2-й в ряду) и сухим апрелем (66%, шестой из самых сухих). Кроме того, в ***марте*** (рис. 1.12) значительный избыток осадков (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался еще в Западной Сибири, на Чукотке. Дефицит осадков в марте наблюдался на Алтае и во многих районах ДФО. Как отмечалось выше, в ***апреле*** сильный дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался на ЕТР (в центре и на севере, в ЦФО выпало 46% нормы – среди четырех самых «сухих»), юге ДФО, на Чукотке. Избыток осадков (более 120%) наблюдался в центральных районах Сибири, в Хабаровском крае. В ***мае*** значительный избыток осадков (более 120% нормы, на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался вдоль побережья Охотского и Японского морей, на юге Якутии (в целом по ДФО осадки составили 146% нормы – ранг 3), избыток осадков наблюдался также на большей части ЕТР, в нижнем течении Енисея. Дефицит осадков (40-80% нормы) наблюдался на севере АТР, на юге Сибири, в Забайкалье.

Летом в целом по России выпало 103% нормы осадков. Значительный избыток осадков (на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался на северо-востоке ЕТР, в Саянах, в Приморье. Сильный дефицит осадков (60-80% нормы, фиксировались 5%-е экстремумы) наблюдался в центре и на юге ЕТР (в СКФО выпало 69% нормы- среди восьми «самых сухих»), на большей части ДФО, в особенности на севере Якутии.

Таблица 1.5. Годовые и сезонные суммы осадков (в % от нормы 1961-1990 гг.) для регионов России в 2019 г. Зеленым цветом выделены значения, попавшие в число наибольших (ранг 1), голубым - в число пяти наибольших (ранг 4 – 5), оранжевым - в число четырех наименьших (ранг 81) - в ранжированных по убыванию рядах с 1936 г.

Регион	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
Россия	108	107	112	103	109
Европейская территория России	110	114	115	108	101
Азиатская территория России	106	100	110	100	**114**
Федеральные округа					
Северо-Западный	**131**	125	118	127	**127**
Центральный	97	113	101	92	95
Приволжский	104	114	112	105	87
Южный	92	105	**138**	93	**61**
Северо-Кавказский	**84**	98	110	69	87
Уральский	112	99	112	114	110
Сибирский	107	93	107	103	113
Дальневосточный	104	106	111	96	116

В ***июне*** в целом по РФ выпало 99% нормы осадков. Дефицит осадков (40-80%) наблюдался на большей части ЕТР (кроме севера и северо-востока), на большей части ДФО. Значительный избыток осадков (более 120%) наблюдался на западе и юге АТР. В июне сильный дефицит осадков в ЮФО (46%) при экстремальных температурах привел к сильной засухе. ***Июль.*** Осредненные осадки по РФ составили 107% нормы. Значительный избыток осадков наблюдался на большей части ЕТР (127% - ранг 4), особенно много осадков выпало в СЗФО (157% нормы – максимальная величина в ряду). Сильный дефицит осадков (до 20%) наблюдался в низовьях Енисея, в Иркутской области. ***Август.*** Осредненные по РФ осадки 100% нормы. Дефицит осадков преобладал на АТР (на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы): в Восточной Сибири выпало 68% нормы – среди четырех «самых сухих» в ряду. Значительный избыток осадков (более 160% нормы) наблюдался на востоке ЕТР; а также в Приморье.

Осенью осредненные по РФ осадки составили 109% нормы. Значительный избыток осадков (более 120%) наблюдался в СЗФО: выпало 127% нормы – ранг 4, и на большей части АТР (114% - ранг 5). Дефицит осадков наблюдался в ЮФО (61% – среди четырех «самых сухих»), на Сахалине (отмечались 5%-е экстремумы), вдоль побережья Восточно-Сибирского моря. ***В сентябре*** осредненные по РФ осадки составили 99% нормы. Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на большей части ЕТР (кроме юга), на северо-востоке страны, в Приморье и на юге Сахалина. Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на большей части АТР (кроме перечисленных районов). ***В октябре*** (рис. 1.12) осредненные по РФ осадки составили 124% нормы - четвертая величина в ряду. Экстремальный избыток осадков отмечен в СЗФО (172% нормы – исторический максимум), в Иркутской области и Хабаровском крае (более 160%). Дефицит осадков наблюдался в ЮФО (58% нормы – среди пяти «самых сухих»), в Саянах, в Приамурье и Приморье, вдоль азиатского побережья Северного Ледовитого океана. ***В ноябре*** осредненные по РФ осадки - 107% нормы. Значительный избыток осадков (более 120% нормы, фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался на севере ЕТР, на юге ДФО. Сильный дефицит осадков (фиксировались 5%-е экстремумы) наблюдался на юге и в центре ЕТР (в ЮФО выпало лишь 32% нормы – среди трех «самых сухих»).

Декабрь 2019 г. Осредненные по РФ осадки - 110% нормы. Значительный избыток осадков (120%-160%) наблюдался в СЗФО (147% - максимальная величина в ряду). Значительный избыток осадков наблюдался также в бассейне Енисея, на Алтае, на северо-востоке страны, на юге Хабаровского края, в Приморье. Сильный дефицит осадков (40%-80% нормы) наблюдался на юге ЕТР, в Якутии, в Забайкалье.

На рис. 1.13 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов атмосферных осадков на территории России для 2019 г. в целом и для сезонов года. В таблице 1.6 приведены оценки трендов регионально-осредненных осадков; значимость оценивалась с использованием Т-статистики Стьюдента.

Таблица 1.6. Оценки линейного тренда осредненных за год (январь - декабрь) и по сезонам месячных сумм атмосферных осадков для регионов России за 1976-2019 гг. **b**, % нормы /10 лет - коэффициент линейного тренда, **D%** - вклад тренда в дисперсию. Выделены значения тренда, значимые на 1%-м уровне

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	B	***D%***	***b***	***D%***	***b***	***D%***	***b***	***D%***	***b***	***D%***
Россия	2.2	35	2.5	13	5.7	36	0.7	4	1.7	8
Европейская территория России	1.0	4	2.7	8	4.7	18	-1.6	3	0.0	0
Азиатская территория России	2.6	44	2.3	9	6.2	38	1.4	11	2.6	18
Федеральные округа										
Северо-Западный	3.0	18	5.1	16	3.7	10	2.2	3	1.3	1
Центральный	-0.3	0	3.2	4	3.9	6	-4.2	7	-0.7	0
Приволжский	-0.5	0	0.9	0	5.5	9	-3.8	6	-1.8	1
Южный	-0.2	0	0.2	0	5.7	11	-4.8	6	-0.2	0
Северо-Кавказский	1.5	3	2.7	3	4.8	9	-2.4	1	1.9	1
Уральский	2.3	9	0.4	0	7.7	25	1.2	1	0.6	1
Сибирский	2.7	26	2.1	4	6.2	22	2.2	8	0.9	5
Дальневосточный	2.7	24	2.9	8	5.7	31	1.1	2	1.6	22

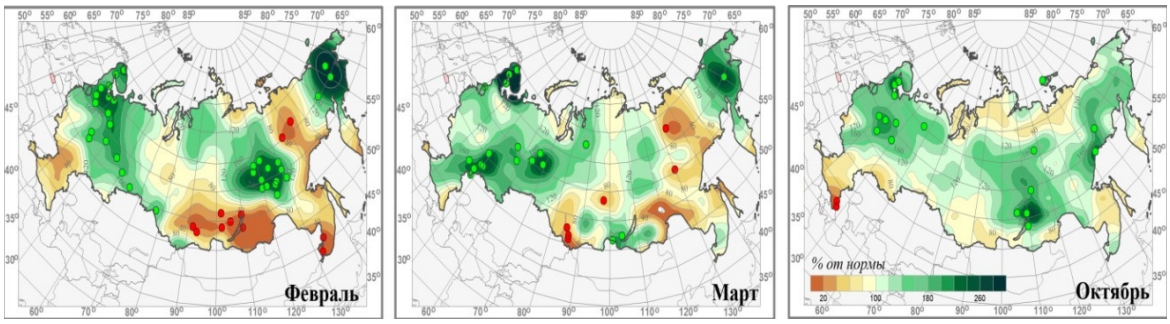


Рис. 1.12. Аномалии сумм осадков в феврале, марте и в октябре 2019 г.

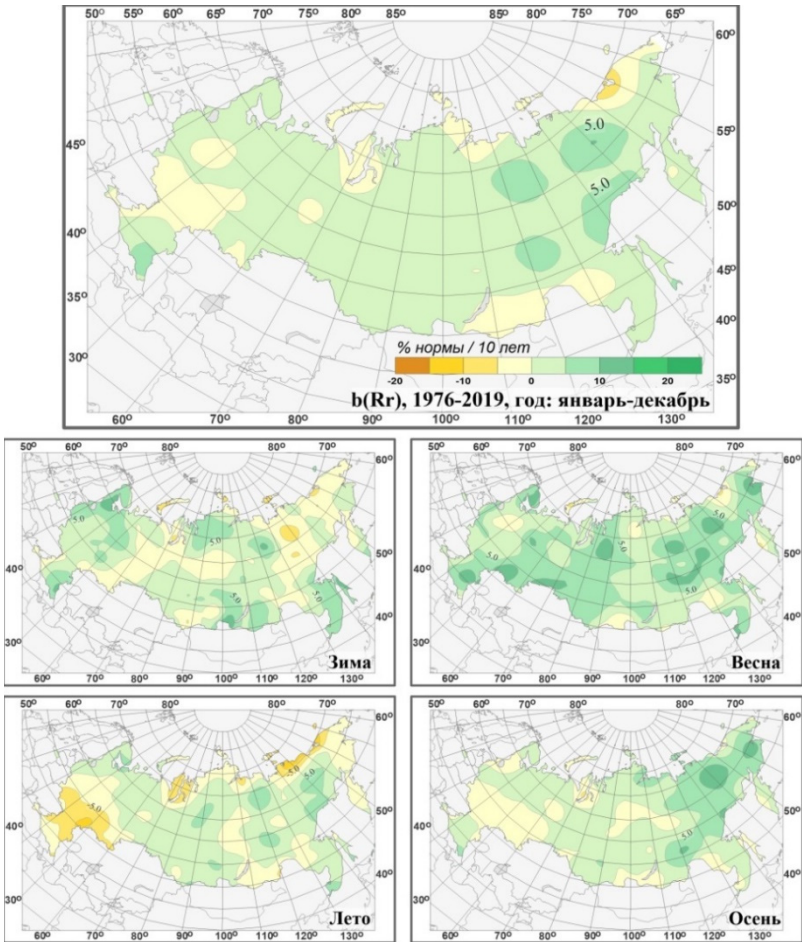


Рис. 1.13. Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда годовых и сезонных сумм атмосферных осадков за 1976-2019 гг. на территории России (% от нормы за 10 лет)

На территории России в целом преобладает тенденция к увеличению годовых сумм осадков. Тренд годовых осадков по территории России в целом, составляет 2.2% /10 лет, вклад тренда в суммарную дисперсию 35% - тренд статистически значим на уровне 1%. Скорость роста осадков на АТР в 2.6 раза выше, чем на ЕТР. В ряде областей Сибири и Дальнего Востока и на востоке СКФО тренд превышает 5%/10 лет. Убывают осадки на севере Чукотского АО.

Незначительное убывание наблюдается в центральных районах ЕТР.

Выраженный рост годовых осадков наблюдается со второй половины 1980 гг. Наиболее значительные тренды наблюдаются в СФО (2.7%/ 10 лет, вклад в изменчивость 26%) и в ДФО (2.7%/10 лет, 24%).

Отрицательный, очень малый тренд, статистически незначимый на 5%-уровне, наблюдается в ряде федеральных округов ЕТР (в ЦФО и в ПФО).

Региональные тренды наблюдаются на фоне существенных колебаний с периодом в несколько десятилетий, так что нельзя с уверенностью утверждать о наличии тренда, или лишь о наличии определенной фазы таких колебаний.

Наиболее значительный рост сезонных сумм осадков в целом по территории России наблюдается ***весной*** (5.7% нормы /10 лет, вклад в дисперсию 36%): увеличение осадков происходит практически всюду; на АТР существенно более быстрыми темпами, чем на ЕТР. Статистически значимый на 5%-ном уровне положительный тренд весной отмечается во всех субъектах РФ, кроме ЦФО. ***Зимой*** осадки уменьшаются на северо-востоке страны и в центральных районах Сибири. ***Летом*** и ***осенью*** рост осадков наблюдается преимущественно на АТР. ***Осенью*** значительный рост осадков отмечается на дальнем Северо-Востоке; в целом по ДФО тренд 1.6% нормы за десятилетие значим на уровне 1%. Важно отметить, что ***летом*** осадки убывают в основных зернопроизводящих районах ЕТР, особенно в ЦФО и ЮФО (4.2% и 4.8% нормы за десятилетие): совместно со значительным ростом температуры это существенно увеличивает риск засухи. Летние осадки убывают также на арктическом побережье АТР.

1.5. Снежный покров

Первый снег зимой 2018-2019 гг. на большей части европейской территории выпал позже среднеклиматических сроков на 5-10 дней, за исключением части Южного ФО и Северо-Кавказского ФО.

На азиатской территории раньше обычных сроков снежный покров появился в Тюменской и Омской областях, центральных районах Красноярского края, Республике Тыве, Забайкальском крае, юго-восточных районах Республики Саха (Якутия) и на севере Камчатского края. На юго-востоке Якутии первый снег лег уже в начале сентября, что на 10-20 дней раньше климатических сроков. На арктическом побережье Ямала и Таймыра, севере Якутии, в Чукотском АО и Магаданской области из-за очень теплой погоды в октябре-ноябре снежный покров появился гораздо позже климатических сроков. На большей части страны снег сошел раньше обычного. Задержался снежный покров дольше среднеклиматических сроков на Кольском полуострове, в Республике Карелии, Поволжье, предгорных районах Северного Кавказа, на юге Западной Сибири и Красноярского края, отдельных районах Дальневосточного ФО.

На ЕТР весна прошла в нормальные сроки. На АТР, наоборот, она значительно опередила многолетние сроки.

В бассейне Волги запас воды в снежном покрове в 2019 г. составил 117% нормы и оказался на 33 мм больше, чем в 2018 г. Запасы воды в снеге в бассейнах Верхней Волги, Оки, Суры, Вятки, Камы, Белой, Чебоксарского, Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского водохранилищ оказались на 11-69 мм больше прошлогодних; в бассейнах Костромы, Унжи, Москвы – близкими к ним, а в бассейне Ветлуги – на 15 мм меньше прошлогодних значений. Запасы воды в снеге в бассейнах Камы и Белой составили 94% нормы, реки Москва - 100% нормы, в бассейне Волгоградского водохранилища 209% нормы, в остальных бассейнах Волги составили 110-153% нормы.

В бассейнах Дона выше Цимлянского водохранилища, Хопра и Медведицы запасы воды в снеге составили 215-260% нормы и оказались больше прошлогодних значений на 45-85 мм.

Почти на всех бассейнах рек севера ЕТР снегозапасы оказались больше прошлогодних на 15-46 мм, лишь в бассейне Мезени они оказались на 2 мм меньше, чем в прошлом году. В бассейнах Северной Двины, Сухоны, Ваги, Юга, Пинеги и Вычегды запасы воды в снежном покрове составили 128-176 % нормы, в бассейне Мезени составили 110 % нормы.

На северо-западе ЕТР снегозапасы в бассейнах Нарвы и Волхова составили 55 и 211% нормы соответственно. По отношению к прошлогодним, запасы в бассейне Нарвы уменьшились на 25 мм, а в бассейне Волхова увеличились на 75 мм.

В бассейнах рек и водохранилищ Сибири запасы воды в снеге на конец первой декады марта преимущественно составляли 82–126% нормы. Снегозапасы в бассейне Верхней Оби и Тобола оказались на 22-33 мм больше прошлогодних значений; на территории остальных бассейнов Сибири – на 20-85 мм меньше значений прошлого года.

В сводной табл. 1.7 приведены подробные данные о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ РФ (по состоянию на 10 марта 2019 г.).

Таблица 1.7. Сведения о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ РФ по состоянию на 10 марта 2019 г. (в сравнении с нормой и с влагозапасами 2018 г.):
w2018, w2019 - запасы воды в снеге в 2018 и 2019 гг.

№ п/п	Бассейны рек		Запасы воды в снеге на 10 марта 2019 г.				
			норма	*w2018*	*w2019*		
			мм	мм	мм	% от нормы	% от *w2018*
1	ВОЛГА, в т.ч.		115	102	135	117	132
2	до Рыбинского водохр.		101	92	122	121	133
3	р. Кострома и Унжа		125	150	153	122	102
4	р. Москва		95	92	95	100	103
5	р. Ока, включая бассейн р.Москвы		79	81	103	130	127
6	р. Сура		99	75	120	121	160
7	р. Ветлуга		135	175	160	119	91
8	Чебоксарское водохранилище		90	93	114	127	123
9	р. Вятка		141	144	155	110	108
10	Куйбышевское водохранилище		130	127	148	114	117
11	Саратовское водохранилище		92	72	141	153	196
12	Волгоградское водохранилище		66	87	138	209	159
13	р. Кама		179	119	168	94	141
14	р. Белая		134	75	126	94	168
15	ДОН, в т.ч.		48	59	120	250	203
16	Хопер		55	58	143	260	247
17	Медведица		53	69	114	215	165
Реки Севера							
18	Северная Двина		116	144	165	142	115
19	Сухона		121	140	157	130	112
20	Вага		118	114	151	128	132
21	Юг		111	156	193	174	124
22	Пинега		97	125	171	176	137
23	Вычегда		131	159	174	133	109
24	Мезень		134	149	147	110	99
25	Нарва		51	53	28	55	53
26	Волхов		62	56	131	211	234
Реки и водохранилища Сибири весной 2019 г.							
27	Верхняя Обь		81	62	84	104	135
28	Тобол		62	45	78	126	173
29	Енисей	(С.Шушенское водохранилище)	148	97	84	66	140
30	Енисей	(Красноярское водохранилище)	181	96	80	53	98
31	Ангара	(оз. Байкал)	97	77	101	79	117
32	Ангара	(Братское водохранилище)	104	55	82	53	160
33	Ангара	(Усть-Илимское водохранилище)	126	100	88	79	137

1.6. *Водные ресурсы*

Водные ресурсы Российской Федерации в 2019 г. составили 4290,9 км^3, превысив среднее многолетнее значение на 1,6%. Большая часть этого объёма - 4060,6 км^3 - сформировалась в пределах России, и 230,3 км^3 воды поступило с территорий сопредельных государств.

На реках Северо-Западного, Приволжского и Уральского федеральных округов (табл. 1.8) наблюдалась повышенная водность, в Дальневосточном федеральном округе - близкая к норме. В Центральном, Южном, Северо-Кавказском и Сибирском федеральных округах водные ресурсы были ниже среднемноголетних значений.

Водные ресурсы бассейнов крупнейших рек России (наблюдённый годовой сток рек) в 2019 г. в большинстве случаев значительно отличались как от средних многолетних значений, так и от значений, имевших место в 2018 г. (табл. 1.9).

В бассейнах крупнейших рек Севера Европы - Северной Двины и Печоры - продолжилась фаза повышенной водности, начавшаяся для Северной Двины в 2017 г., а для Печоры - в 2014 г. При этом сток Северной Двины продолжил быстрое снижение, начавшееся в 2018 г., а сток Печоры, напротив, резко возрос по сравнению с 2018 г. Превышение нормы для этих рек составило 5,0% и 45,0% против 16,8% и 20,2% в 2018 г.

Сток Волги в 2019 г. был ниже нормы на 3,8%, что означало окончание фазы высокой водности, начавшейся в 2016 г.

В бассейнах Дона и Кубани продолжилась фаза низкой водности, начавшаяся ещё в 2007 г., причём в 2019 г. произошло резкое падение стока до значений ниже нормы, соответственно, на 33,3% и 17,3% после 3,9% и 5,0% ниже нормы в 2018 г.

Водность в бассейне Терека, плавно снижавшаяся с 2010 по 2015 гг., оставалась в последующие годы близкой к норме, отклоняясь от неё в большую или меньшую сторону. В 2019 г. она заметно снизилась по сравнению с 2018 г. Отклонение от нормы составило -6,6% против 2,9%.

Таблица 1.8. Ресурсы речного стока по федеральным округам

Территории	Площади территорий, тыс. км^2	Средние многолетние значения водных ресурсов, км^3/год	Характеристики водных ресурсов 2019 г., км^3/год			Отклонения от среднего многолетнего значения, %
			местный сток	приток	всего	
Северо-Западный ФО	1687,0	570,2	600,8	54,8	655,6	15,0
Центральный ФО	650,2	126,1	77,0	26,8	103,8	-17,7
Приволжский ФО	1037,0	271,3	186,8	99,9	286,7	5,7
Южный ФО	447,9	288,3	26,2	246,0	272,2	-5,6
Северо-Кавказский ФО	170,4	28,0	24,7	2,1	26,8	-4,3
Уральский ФО	1818,5	597,3	479,2	204,8	684,0	14,5
Сибирский ФО	4361,8	1303,2	981,0	180,0	1161,0	-10,9
Дальневосточный ФО	6952,5	1960,3	1684,9	267,2	1952,1	-0,4
Российская Федерация в целом	17125,3	4223,8	4060,6	230,3	4290,9	1,6

Средние многолетние значения водных ресурсов рассчитаны за период 1930-1980 гг. для европейской и за период 1936-1980 гг. для азиатской территории России. Подчёркнуты значения, уточнённые в 2019 г.

Таблица 1.9. Ресурсы речного стока по речным бассейнам

Речные бассейны	Площади бассейнов, тыс. км^2	Средние многолетние значение водных ресурсов*, км^3/год	Водные ресурсы 2019 г., км^3/год	Отклонение от средних многолетних значений, %
Северная Двина	357	101,0	106,0	5,0
Печора	322	129,0	187,0	45,0
Волга	1360	238,0	229,0	-3,8
Дон	422	25,5	17,0	-33,3
Кубань	57,9	13,9	11,5	-17,3
Терек	43,2	10,5	9,81	-6,6
Обь	2990	405,0	438,0	8,1
Енисей	2580	635,0	637,0	0,3
Лена	2490	537,0	453,0	-15,6
Колыма	647	131,0	142,0	8,4
Амур	1855	378,0	535,0	41,5

* *Средние многолетние значения водных ресурсов рассчитаны за период 1936-1980 гг.*

В бассейне одной из крупнейших рек Сибири - Оби - продолжилась фаза повышенной водности, начавшаяся в 2014 г., однако превышение нормы 8,1% мало отличалось от показателя 2018 г. - 6,7%. В бассейнах двух других крупнейших сибирских рек - Енисея и Лены - имели место обычные для них противоположно направленные изменения водности. При росте стока Енисея от значения ниже нормы на 6,3% в 2018 г. до нормы (0,3%) в 2019 г. произошёл обвал стока Лены от значения 26,8% над нормой в 2018 г. до значения ниже нормы на 15,6%. При этом для Енисея закончилась фаза низкой водности, продолжавшаяся с 2016 г., а для Лены, наоборот, она началась после длительной фазы высокой водности, начавшейся в 2012 г.

В бассейне Колымы продолжилась фаза высокой водности, начавшаяся в 2016 г., однако аномально высокая водность 2017 и 2018 г. с превышением нормы на 57,5% и 73,3% сменилась умеренно высокой, превышающей норму на 8,4%.

В бассейне крупнейшей реки Дальнего Востока - Амура - в 2019 г. произошёл резкий скачок водности до 41,5% выше нормы после двух лет с нормальной водностью. За последние 10 лет сопоставимый показатель 68,8% наблюдался только в 2013 г.

Водные ресурсы субъектов Российской Федерации в 2019 г. (табл. 1.10) также в большинстве случаев существенно отличались от средних многолетних значений и от значений, имевших место в 2018 г.

В 2019 г. во всех субъектах федерации Северо-Западного федерального округа, кроме областей Калининградской и Мурманской, водность рек была выше средних многолетних значений. Наиболее высокими показателями водности отличились Республика Коми (43,1%) и Вологодская область (37,9%), наименее высокими - Республика Карелия (6,0%) и Псковская область (5,8%). В Мурманской области водность мало отличалась от нормы, и только в Калининградской области она была значительно ниже нормы на 22,8%.

В субъектах федерации, расположенных в северной, восточной и южной частях округа, то есть в Мурманской и Архангельской областях, Республике Коми, Вологодской, Новгородской и Псковской областях имел место рост водности по сравнению с 2018 г. Во всех субъектах, кроме Мурманской области, он был весьма значительным. Водность в западной части округа, в Республике Карелии изменилась мало, а в Ленинградской и Калининградской областях значительно снизилась. Тем не менее, характер водности сохранился всюду, кроме Псковской области, где низкая водность сменилась повышенной.

Картину водности и её изменения на территории округа сформировали следующие факторы.

Таблица 1.10. Ресурсы речного стока по субъектам Российской Федерации

Субъекты федерации	Площади территории, тыс. км^2	Средние многолетние значение водных ресурсов, км^3/год	Характеристики водных ресурсов 2019 г., км^3/год			Отклонения от среднего многолетнего значения,%
			местный сток	приток	всего	
Северо-Западный федеральный округ						
Республики						
Карелия	180,5	56,5	57,2	2,7	59,9	6,0
Коми	416,8	164,8	218,5	17,4	235,9	43,1
Области						
Архангельская, в том числе	589,9	354,9	163,5	272,4	435,9	22,8
Ненецкий АО	176,8	204,8	73,3	194,6	267,9	30,8
Вологодская	144,5	47,7	50,5	15,3	65,8	37,9
Калининградская	15,1	22,4	1,6	15,7	17,3	-22,8
Ленинградская	83,9	82,1	26,2	61,0	87,2	6,2
Мурманская	144,9	65,7	52,3	13,0	65,3	-0,6
Новгородская	54,5	23,4	19,2	9,7	28,9	23,5
Псковская	55,4	12,1	11,8	1,0	12,8	5,8

Центральный федеральный округ						
Области						
Белгородская	27,1	2,7	1,9	0,2	2,1	-22,2
Брянская	34,9	7,3	2,2	1,0	3,2	-56,2
Владимирская	29,1	35,2	2,3	19,3	21,6	-38,6
Воронежская	52,2	13,7	2,5	6,3	8,8	-35,8
Ивановская	21,4	57,3	4,2	58,0	62,2	8,6
Калужская	29,8	11,3	2,5	3,5	6,0	-46,9
Костромская	60,2	53,4	19,9	40,3	60,2	12,7
Курская	30,0	3,9	2,0	0,0	2,0	-48,7
Липецкая	24,0	6,3	1,6	2,4	4,0	-36,5
Московская	45,8	18,0	6,6	5,8	12,4	-31,1
Орловская	24,7	4,1	2,1	0,4	2,5	-39,0
Рязанская	39,6	25,7	2,1	12,2	14,3	-44,4
Смоленская	49,8	13,7	5,7	2,3	8,0	-41,6
Тамбовская	34,5	4,1	2,1	0,3	2,4	-41,5
Тверская	84,2	21,1	10,9	7,1	18,0	-14,7
Тульская	25,7	10,6	2,2	3,6	5,8	-45,3
Ярославская	36,2	35,8	6,2	30,7	36,9	3,1
Приволжский федеральный округ						
Республики						
Башкортостан	142,9	34,2	23,6	9,9	33,5	-2,0
Марий Эл	23,4	110,4	3,9	91,3	95,2	-13,8
Мордовия	26,1	4,9	1,5	0,8	2,3	-53,1
Татарстан	67,8	229,6	6,9	242,0	248,9	8,4
Удмуртская	42,1	63,3	12,9	80,1	93,0	46,9
Чувашская	18,3	119,0	1,0	96,7	97,7	-17,9
Края						
Пермский	160,2	56,0	70,3	10,8	81,1	44,8
Области						
Кировская	120,4	40,0	39,5	19,1	58,6	46,5
Нижегородская	76,6	105,8	10,7	80,6	91,3	-13,7
Оренбургская	123,7	12,7	3,4	2,5	5,9	-53,2
Пензенская	43,4	5,6	3,1	0,5	3,6	-35,7
Самарская	53,6	236,8	2,9	227,4	230,3	-2,7
Саратовская	101,2	241,5	3,2	229,9	233,1	-3,5
Ульяновская	37,2	231,2	3,9	222,9	226,8	-1,9
Южный федеральный округ						
Республики						
Адыгея	7,8	14,1	3,2	7,9	11,1	-21,3
Калмыкия	74,7	0,4	0,7	0,2	0,9	125,0
Крым	27,0	1,0	0,7	0,2	0,9	-10,0
Края						
Краснодарский	75,5	23,0	14,2	7,3	21,5	-6,5
Области						
Астраханская	49,0	237,7	0,0	228,6	228,6	-3,8
Волгоградская	112,9	258,6	3,3	239,0	242,3	-6,3
Ростовская	101,0	26,9	4,1	13,8	17,9	-33,5

Северо-Кавказский федеральный округ						
Республики						
Дагестан	50,3	20,7	7,7	11,6	19,3	-6,8
Ингушетия	3,6	1,7	0,5	1,5	2,0	17,6
Кабардино-Балкария	12,5	7,5	3,6	4,1	7,7	2,7
Карачаево-Черкесская	14,3	6,1	6,5	0,0	6,5	6,6
Северная Осетия – Алания	8,0	8,0	3,1	3,9	7,0	-12,5
Чеченская	15,6	11,6	3,2	7,9	11,1	-4,3
Края						
Ставропольский	66,2	6,0	0,1	5,0	5,1	-15,0
Уральский федеральный округ						
Области						
Курганская	71,5	4,3	1,3	1,4	2,7	-37,2
Свердловская	194,3	30,2	43,1	1,5	44,6	47,7
Тюменская, в том числе	1464,2	583,7	428,9	241,9	670,8	14,9
Ханты-Мансийский АО	534,8	380,8	170,2	241,9	412,1	8,2
Ямало-Ненецкий АО	769,3	581,3	254,3	412,0	666,3	14,6
Челябинская	88,5	7,4	5,9	0,6	6,5	-12,2
Сибирский федеральный округ						
Республики						
Алтай	92,9	34,0	33,1	0,0	33,1	-2,6
Тыва	168,6	45,5	46,8	9,1	55,9	22,9
Хакасия	61,6	97,7	19,7	79,9	99,6	1,9
Края						
Алтайский	168,0	55,1	13,7	34,6	48,3	-12,3
Красноярский	2366,8	930,2	630,3	206,4	836,7	-10,1
Области						
Иркутская	774,8	309,5	135,9	134,2	270,1	-12,7
Кемеровская	95,7	43,2	34,7	2,3	37,0	-14,4
Новосибирская	177,8	64,3	6,5	48,3	54,8	-14,8
Омская	141,1	41,3	4,3	42,6	46,9	13,6
Томская	314,4	182,3	56,0	99,1	155,1	-14,9
Дальневосточный федеральный округ						
Республики						
Бурятия	351,3	97,1	75,7	23,5	99,2	2,2
Саха (Якутия)	3083,5	881,1	445,3	315,0	760,3	-13,7
Края						
Забайкальский	431,9	75,6	52,7	11,7	64,4	-14,8
Камчатский	464,3	275,2	248,1	2,6	250,7	-8,9
Приморский	164,7	46,3	47,3	6,0	53,3	15,1
Хабаровский	787,6	491,2	339,5	336,4	675,9	37,6
Области						
Амурская	361,9	170,6	123,8	89,8	213,6	25,2
Магаданская	462,5	124,9	120,6	3,1	123,7	-1,0
Сахалинская	87,1	57,3	48,1	0,0	48,1	-16,1
Автономные области						
Еврейская	36,3	217,7	14,4	285,4	299,8	37,7
Автономные округа						
Чукотский АО	721,5	194,6	169,4	12,0	181,4	-6,8

Средние многолетние значения водных ресурсов рассчитаны за период 1930-1980 гг. для европейской и за период 1936-1980 гг. для азиатской территории России. Подчёркнуты значения, уточнённые в 2019 г.

В 2019 г. все основные реки, протекающие по территории Архангельской области, Республики Коми, Вологодской, Новгородской и Псковской областей характеризовались высоким стоком, весьма значительно превышающим как норму, так и значения 2018 г. Противоположная ситуация наблюдалась в Калининградской области, вся территория которой оказалась в зоне низкого стока, дополнительно снизившегося в 2019 г. В Республике Карелии, где наблюдалось некоторое разнообразие показателей водности рек, по-прежнему доминировали реки с повышенным стоком. В Мурманской области при большем разнообразии показателей водности рек преобладание отрицательных значений, наблюдавшееся в 2018 г., практически закончилось в 2019 г.

Более интересная картина имела место в Ленинградской области, где определяющей рекой является Нева, вытекающая из Ладожского озера. Сток Невы в 2019 г. резко снизился по сравнению с 2018 г., когда превышение составило 25,4%. Несмотря на это, он всё же превысил норму на 3,9%. Причиной этого стало некоторое снижение притока в Ладожское озеро, вызванное низким стоком Вуоксы и Свири, компенсированным высоким стоком Волхова и ряда менее крупных притоков.

В целом по округу отклонение водных ресурсов от среднего многолетнего значения составило 15,0% против 10,5% в 2018 г. Зона низкой водности охватила лишь крайний запад округа.

Запасы воды в Ладожском озере увеличились в 2019 г. на 0,60 км^3, а в Онежском - на 2,79 км^3 (табл. 1.11).

В Центральном федеральном округе в подавляющем большинстве субъектов Федерации водность рек была значительно ниже нормы с отклонениями от неё в меньшую сторону от 14,7% в Тверской до 56,2% в Брянской областях. При этом в семи областях - Брянской, Калужской, Курской, Рязанской, Смоленской, Тамбовской и Тульской - отклонение от нормы превысило 40%. Ещё в пяти областях - Владимирской, Воронежской, Липецкой, Московской и Орловской отклонение составило более 30%, не достигнув 40%. Повышенная водность наблюдалась только в областях Ивановской, Костромской и Ярославской. Превышения нормы в них были незначительными и составили, соответственно, 8,6%, 12,7% и 3,1%.

Тем самым зона высокой водности на территории округа, включавшая в 2018 г. 11 областей, расположенных в его центральной и восточной частях, в 2019 г. сузилась до трёх приволжских областей, расположенных в северо-восточной части. При этом показатели водности этих областей значительно снизились и приблизились к норме.

В целом по округу водность рек продолжила снижение, начавшееся в 2018 г., и положила начало низководной фазе в 2019 г. (17,7% ниже нормы против 8,1% выше нормы).

Описанная ситуация в приволжских областях определилась продолжившимся снижением стока Волги в пределах территории округа до значений ниже нормы, а на участке от Рыбинского водохранилища – до значений, близких к норме, благодаря преобладанию высокого стока притоков на этом участке. В остальной части округа картина определилась резким снижением стока в бассейнах Западной Двины, Днепра, Дона и Оки по сравнению с 2018 г., вплоть до аномально низких значений.

В Приволжском федеральном округе весьма высокая водность с превышением нормы около 45% наблюдалась в его северо-восточной части - в Удмуртской Республике, Пермском крае и Кировской области. В Республике Татарстан норма была превышена незначительно, на 8,4%. В Республике Башкортостан, а также в Самарской, Саратовской и Ульяновской областях водность была близкой к норме, но не достигла её. В остальных субъектах федерации на территории округа – республиках Марий Эл, Мордовии и Чувашии, областях Нижегородской, Оренбургской и Пензенской водность была значительно ниже нормы. В Республике Мордовии и Оренбургской области она отличилась от среднего многолетнего значения более чем на 53%.

Описанное распределение водности по территории округа радикально отличается от наблюдавшегося в 2018 г., когда высокая водность была отмечена во всех субъектах федерации, кроме Республики Башкортостан, где она была близка к норме, и Оренбургской области, где она была весьма низкой. В 2019 г. - налицо резкий рост водности в Удмуртской Республике, Пермском крае и Кировской области, некоторый её рост в Республике Татарстан, сохранение в Республике Башкортостан на прежнем уровне и резкое снижение в остальных республиках и областях.

По округу в целом водность рек в 2019 г. была выше нормы на 5,7% против 15,0% в 2018 г.

Распределение водных ресурсов по субъектам федерации Приволжского федерального округа и направления их изменений определились действием четырёх факторов. Первый из них - резкий рост водности (вплоть до аномально высоких значений) во всём бассейне главного притока Волги - Камы, за исключением

Таблица 1.11. Изменение запасов воды крупнейших озёр Российской Федерации

Озера	Средние многолетние запасы воды, км^3	Средние многолетние уровни воды, м	Запасы воды, км^3		
			на 01.01.19	на 01.01.20	годовые изменения
Ладожское	911,00	5,10	899,40	900,00	0,60
Онежское	292,00	33,00	292,54	295,33	2,79
Байкал*	23000,00	455,00			-5,04
Ханка	18,30	68,90	21,34	21,98	0,64

* *Для озера Байкал, запасы воды которого очень велики и не сопоставимы с их годичными колебаниями, изменение объёма вычислялось как произведение годового приращения уровня воды на среднюю многолетнюю площадь зеркала этого водоёма.*

некоторых рек Башкортостана. Второй фактор - резкое снижение стока в бассейне Волги: на участке от Нижегородского гидроузла до устья Камы - до значений значительно ниже нормы, а на участке ниже устья Камы - до значений, близких к норме. Третий фактор, дополнительно повлиявший на водность Кировской области, - весьма высокая водность рек бассейна Северной Двины на территории области, дополнительно возросшая по сравнению с высокой водностью 2018 г. Наконец, четвёртым фактором было продолжившееся снижение водности в бассейне Урала и всех других рек в пределах Оренбургской области до значений намного ниже нормы.

Запасы воды в водохранилищах Волжско-Камского каскада (Иваньковском, Угличском, Рыбинском, Горьковском, Чебоксарском, Куйбышевском, Камском, Воткинском, Саратовском, Волгоградском), расположенных в трёх федеральных округах, увеличились в 2019 г. на 25,15 км^3. Запасы воды в Ириклинском водохранилище на реке Урал в 2019 г. уменьшились на 0,29 км^3, а ее уровень понизился на 1,33 м.

Во всех субъектах федерации Южного федерального округа, кроме Республики Калмыкии, водность рек в 2019 г. была ниже нормы и снизилась по сравнению с 2018 г. Отклонение от нормы в меньшую сторону составило от 3,8% в Астраханской области до 21,3% в Республике Адыгее и 33,5% в Ростовской области. В последних двух снижение водности имело место от значений, близких к норме в 2018 г. с показателями -7,7% и -6,4%.

В Республике Калмыкии норма водности была превышена на 125,0%.

Сложившаяся картина водности приволжских областей округа была обусловлена продолжением снижения стока Волги до значения ниже нормы на 3,8%. В Ростовской области она определилась падением стока Дона до значения ниже нормы на 33,3%, а в Краснодарском крае и Республике Адыгее - снижением стока Кубани до значений ниже нормы на 17,3%. Наконец, продолжившееся снижение стока подавляющего большинства рек Крымского полуострова стало причиной изменения характера водности в Республике Крым по сравнению с 2018 г.

Весьма высокая водность рек Республики Калмыкии, возросшая по сравнению с 2018 г., определилась соответствующим ростом стока Калауса, вызванным, как это было и прежде, не только естественными факторами, но и ростом объёмов переброски стока в эту реку.

В целом по округу отклонение водных ресурсов от среднего многолетнего значения составило -5,6% против 7,9% в 2018 г.

Запасы воды в Краснодарском водохранилище уменьшились на 0,91 км^3, что привело к понижению уровня этого водоёма на 3,61 м. В Цимлянском водохранилище запасы воды в 2019 г. уменьшились на 2,28 км^3, а его уровень понизился на 1,01 м.

В Северо-Кавказском федеральном округе повышенная водность имела место в Республиках Ингушетии, Кабардино-Балкарской и Карачаево-Черкесской. При этом в Республике Ингушетии она была наиболее высокой с превышением нормы на 17,6%. В других республиках и в Ставропольском крае она была ниже нормы с отклонениями от неё от 4,3% в Чеченской Республике до 15,0% в Ставропольском крае. Во всех субъектах федерации на территории округа, кроме Республики Ингушетии, произошло снижение водности по сравнению с 2018 г. Наиболее значительное снижение произошло в Республике Северной Осетии - Алании (от 1,3% до -12,5%) и Ставропольском крае (от 6,7% до -15,0%). В Республике Ингушетии, напротив, имел место рост водности от 0,0% в 2018 г. до 17,6% в 2019 г.

Ситуация 2019 г. значительно отличается от наблюдавшейся в 2018 г., когда водность всех составляющих территорий превышала норму или была близка к ней. В основе такого изменения лежит снижение стока всех рек округа, кроме Терека в его верхнем течении, сток которого, напротив, значительно возрос.

В целом по округу водность была ниже нормы на 4,3%, то есть она несколько снизилась по сравнению с 2018 г., когда она превышала норму на 2,5%.

Картину водности рек Северо-Кавказского федерального округа сформировали несколько факторов. Первый и главный фактор, сохранившийся с 2018 г., - высокий сток Кубани и, особенно, Терека в верхнем течении, снижающийся в направлении устья до значений ниже нормы вследствие масштабной его переброски в другие бассейны. Второй фактор - продолжение фазы высокой водности Большого Зеленчука - притока Кубани и основных притоков Терека, частично компенсирующее переброску стока. Наконец, третий фактор - продолжение повышенной водности Сулака, недостаточной для компенсации продолжающейся низководной фазы других рек, стекающих с восточного склона Кавказских гор. Как и прежде, естественная картина распределения водных ресурсов в немалой степени нарушалась масштабной межбассейновой и внутрибассейновой переброской стока.

В Уральском федеральном округе распределение водности рек по субъектам федерации по существу повторило картину 2018 г. Во всех субъектах федерации, кроме Курганской и Челя-бинской областей, водность по-прежнему пре-вышала норму. Наиболее значительное превышение 47,7% имело место в Свердловской области. В Тюменской области с её автономными округами оно составило 14,9%. На этих территориях продолжилась фаза высокой водности, начавшаяся в 2014 г., причём со значительным ростом по сравнению с 2018 г., когда норма была превышена на 13,9% в Свердловской и на 9,2% в Тюменской области. На крайнем юге округа, в областях Курганской и Челябинской продолжилась фаза низкой водности, начавшаяся в первой из них в 2017 г., а во второй - в 2018 г. Отклонения от нормы на этих территориях составили, соответственно, -37,2% и -12,2%против -46,5% и -10,8% в 2018 г. и 2,9% и -1,4%в 2017 г.

Решающую роль в формировании описанной ситуации в Тюменской области и автономных округах сыграл сток главной реки области и всего федерального округа - Оби - и других рек бассейна Обской губы, который вырос по сравнению с 2018 г. В Свердловской области ситуация определилась высоким, выше, чем в 2018 г., стоком левых притоков Тобола - Тавды, Туры и Пышмы, а также большинства рек бассейна Камы, протекающих по территории области - Косьвы, Чусовой и Сылвы.

Низкая водность Курганской области определилась сохранившимся низким стоком Тобола и его притоков в верхнем течении, а Челябинской области, кроме того, весьма низким стоком Урала, дополнительно снизившимся по сравнению с 2018 г.

В целом по округу сохранилось существенное превышение водности над нормой, составившее 14,5%, что значительно больше, чем в 2018 г., когда оно составило 8,7%.

В Сибирском федеральном округе в 2019 г. высокой водностью рек отличились Республика Тыва, где норма была превышена на 22,9%, и Омская область, где норма была превышена на 13,6%. В двух республиках - Алтай и Хакасии - водность была близка к норме, отличаясь от неё, соответственно, на 2,6% в меньшую и на 1,9% в большую сторону. В остальных шести субъектах федерации - Алтайском и Красноярском краях, Иркутской, Кемеровской, Новосибирской и Томской областях водность рек была ниже нормы на 10-15%. Низкая водность рек Иркутской области в целом сочеталась с аномально высоким стоком реки Ия бассейна Ангары (86,7% над нормой), вызвавшим катастрофическое наводнение в городе Тулуне.

На всей территории округа имело место снижение водности рек по сравнению с 2018 г., когда преобладала повышенная водность, а пониженная водность наблюдалась лишь в Красноярском крае, Кемеровской и Томской областях.

В целом по округу водность рек в 2019 г. была ниже нормы на 10,9% против 2,8% ниже нормы в 2018 г.

Распределение водных ресурсов Сибирского федерального округа по субъектам федерации и его изменения определились водностью бассейнов Оби, Иртыша, Енисея и Лены в пределах территории округа, а также бассейна Хатанги.

В бассейне Оби водность, пониженная в верхнем течении, снижалась в направлении границы территории округа до значения -15,0%. Причиной этого был низкий сток основных притоков Оби ниже Новосибирской ГЭС, снизившийся по сравнению с 2018 г.

В бассейне Иртыша, в среднем течении, водность по-прежнему существенно (на 13,0%) превышала норму, хотя и не достигла показателя 2018 г. (17,0%).

В бассейне Енисея водность участка бассейна от истока до Красноярской ГЭС в 2019 г. по-прежнему превышала норму, снижаясь в направлении ГЭС. Однако показатели водности значительно снизились по сравнению с 2018 г.: для створа плотины ГЭС превышение нормы составило 1,4% против 9,2%. Показатель водности бассейна в целом, напротив, был выше, чем в 2018 г. (0,3% против -6,3%) вследствие совокупного влияния всех притоков на участке ниже Красноярской ГЭС.

В бассейне Лены, в верхнем течении сток был весьма низким, ниже нормы на 22,1% в противоположность 2018 г., когда он превышал норму приблизительно на такую же величину.

Сток Хатанги, низкий в 2018 г., в 2019 г. продолжил снижение, достигнув показателя -33,3%.

Годовое увеличение запасов воды в Новосибирском водохранилище составило 0,29 км^3, повышение уровня - 0,29 м. Запасы воды в озере Байкал понизились на 5,04 км^3. Суммарное увеличение запасов воды в водохранилищах Ангаро-Енисейского каскада составило 8,88 км^3, в основном за счёт Братского водохранилища, запасы которого повысились на 9,63 км^3, что вызвало повышение уровня в этом водохранилище на 2,56 м. Запасы Красноярского водохранилища понизились на 1,25 км^3, а уровень - на 0,71 м. Запасы Саяно-Шушенского водохранилища повысились на 0,10 км^3, что вызвало повышение уровня на 0,25 м.

В Дальневосточном федеральном округе превышение нормы водности рек, причём весьма значительное, от 15% до 37% и более, наблюдалось в Приморском и Хабаровском краях, в Амурской области и в Еврейской автономной области.

Водность, близкая к норме, имела место в Республике Бурятии с превышением 2,2% и в Магаданской области (ниже нормы на 1,0%). Водность остальных субъектов федерации - Республики Саха (Якутии), Забайкальского и Камчатского краёв, Сахалинской области и Чукотского автономного округа была ниже нормы с показателями от -6,8% - в Чукотском автономном округе до -16,1% - в Сахалинской области.

В Хабаровском крае, Амурской области и Еврейской автономной области в 2019 г. произошёл резкий рост водности от значений, близких к норме в 2018 г. Изменения показателей водности в этих субъектах федерации составили, соответственно, от 1,1% до 37,6%, от 1,9% до 25,2% и от -3,5% до 37,7%.

Во всех остальных субъектах федерации на территории округа водность снизилась, причём в Республике Саха (Якутии) Забайкальском и Приморском краях, Магаданской и Сахалинской областях - от весьма высоких значений 2018 г. Наиболее впечатляющим было снижение в Республике Саха (Якутии) - от 28,8% до -13,7% и Забайкальском крае - от 37,8% до -14,8%. Снижение водности с переходом через норму произошло также в Сахалинской области от 16,8% до -16,1%, Магаданской области - от 27,7% до -1,0% и Чукотском автономном округе - от 8,1% до -6,8%.

В Камчатском крае снижение водности было незначительным.

В целом по округу водность рек была близкой к норме, отличаясь от неё на -0,4%, против превышения над нормой в 2018 г. на 14,3%.

Распределение водности в Дальневосточном федеральном округе и его годовое изменение стали результатом действия многих факторов. Первый из них - резкое снижение стока Лены и других наиболее крупных рек бассейнов морей Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского и Берингова по сравнению с 2018 г., положившее начало фазе низкой водности или продолжившее такую фазу на всех этих реках, кроме Колымы. Второй фактор - резкий рост стока Амура в среднем и нижнем течении и его притоков, продолживший фазу высокой водности, начавшуюся в 2018 г. Третий фактор - продолжение фазы низкой водности основной части рек полуострова Камчатка, начавшейся в 2014 г. Четвёртый фактор - снижение стока рек бассейна озера Байкал от высоких значений 2018 г. до значений, близких к норме. Пятый фактор - продолжение фазы высокой водности рек бассейна Японского моря, резко начавшейся в 2018 г. Наконец, шестой фактор - падение стока и окончание высоководной фазы большинства рек острова Сахалин, продолжавшейся всего один 2018 г.

Запасы воды в озере Ханка повысились на 0,64 км^3, а в Зейском водохранилище - на 4,40 км^3. Уровень воды в этом водохранилище повысился на 1,93 м.

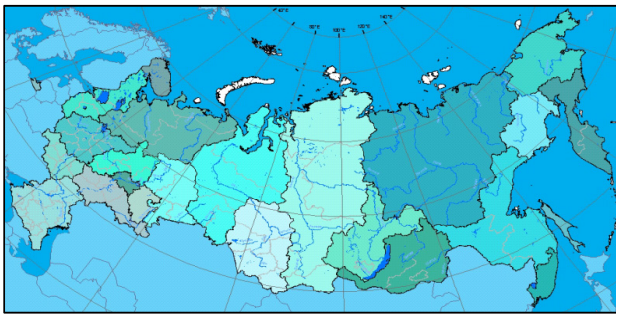
В 2019 г. водность рек на территории Российской Федерации приблизилась к норме, превысив её на 1,6%.

Количество субъектов федерации с повышенной водностью рек составило 31 единицу против 60 единиц в 2018 г. Общая площадь территории этих субъектов федерации уменьшилась и составила приблизительно 5,87 млн. км^2 против 14,3 млн. км^2 в 2018 г.

2. Оценка антропогенного влияния на климатическую систему и состояние окружающей среды

2.1. Характеристика государственной сети наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды

Действующая в настоящее время система мониторинга загрязнения окружающей среды предназначена для решения следующих задач:



• наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы, почв, вод и донных отложений рек, озер, водохранилищ и морей по физическим, химическим и гидробиологическим (для водных объектов) показателям с целью изучения распределения загрязняющих веществ во времени и пространстве, оценки и прогноза состояния окружающей среды, определения эффективности мероприятий по ее защите;

• обеспечения органов государственного управления, хозяйственных организаций и населения систематической и экстренной информацией об изменениях уровней загрязнения (в том числе и радиоактивного) атмосферного воздуха, почв, водных объектов под влиянием хозяйственной деятельности и гидрометеорологических условий, прогнозами и предупреждениями о возможных изменениях уровней загрязненности;

• обеспечения заинтересованных организаций материалами для составления рекомендаций в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, составления планов развития хозяйства с учетом состояния окружающей среды и других вопросов развития экономики.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РЕЖИМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

– комплексность и систематичность наблюдений;

– согласованность сроков их проведения с характерными гидрологическими ситуациями и изменением метеорологических условий;

– определение показателей по единым методикам на всей территории страны.

Система мониторинга окружающей среды базируется на сети пунктов режимных наблюдений, размещенных в городах, на водоемах и водотоках как в районах с повышенным антропогенным воздействием, так и на незагрязненных участках.

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ НАБЛЮДЕНИЙ

- за загрязнением атмосферного воздуха в городах и промышленных центрах;
- за загрязнением почв пестицидами и тяжелыми металлами;
- за загрязнением поверхностных вод суши и морей;
- за трансграничным переносом веществ, загрязняющих атмосферу;
- комплексные наблюдения за загрязнением природной среды в биосферных заповедниках;
- за химическим составом и кислотностью атмосферных осадков и снежного покрова;
- за фоновым загрязнением атмосферы;
- за радиоактивным загрязнением окружающей среды.

В 2019 г. количественный состав государственной сети наблюдений следующий:

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводились в 250 городах Российской Федерации, на 677 станциях, из них регулярные наблюдения Росгидромета выполнялись в 221 городе на 611 станциях. Измеряются концентрации до 54 загрязняющих веществ.

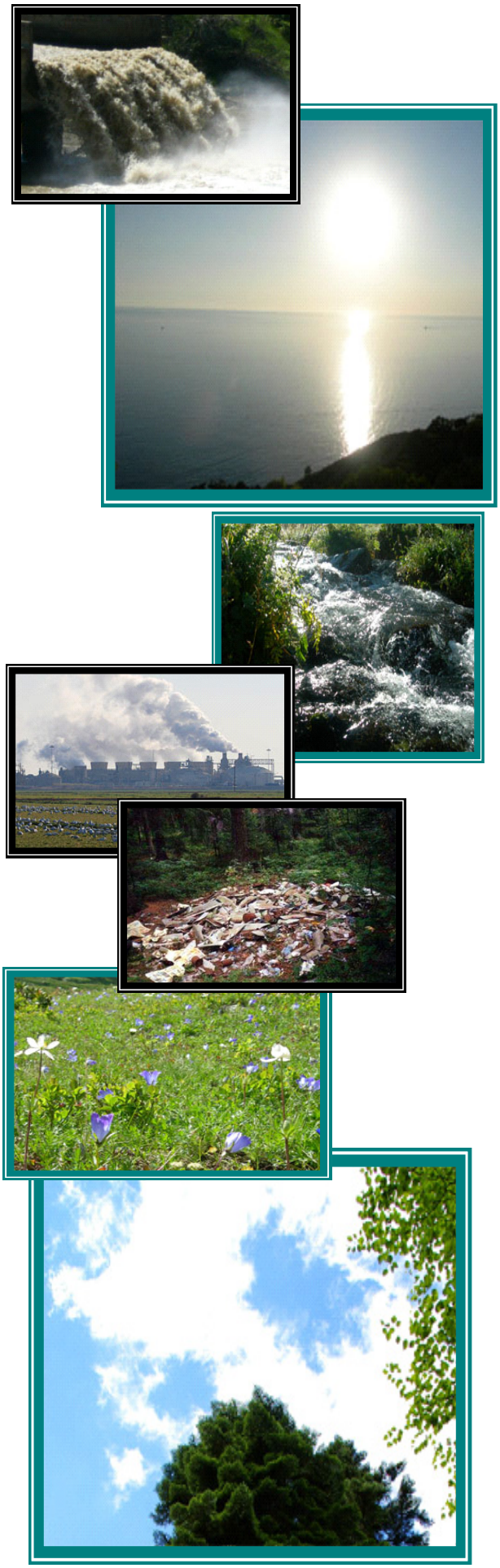
Наблюдениями за загрязнением поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям охвачены 1177 водных объекта (из них 1026 водотоков и 151 водоём), на которых находится 1 807 пунктов, 2 483 створа, 2 804 вертикали, 3221 горизонт. Измеряются 105 показателей качества воды. В 2019 г. на 86 водных объектах (из них 73 водотока и 13 водоемов), на которых находится 140 пунктов, 169 створов, 231 вертикаль, 366 горизонтов, наблюдения были временно приостановлены.

Наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши по гидробиологическим показателям проводились в семи гидрографических районах Балтийском, Каспийском, Восточно-Сибирском, Карском, Тихоокеанском, Баренцевском и Азовском на 123 водных объектах России на 202 гидробиологических пунктах и 300 створах. Программа наблюдений включала от 2 до 6 показателей.

Наблюдения за загрязнением шельфовых зон 9 морей проводились на 315 станциях по гидрохимическим показателям (от 6 до 9 показателей); на 4 морях - на 62 станциях по гидробиологическим показателям (по фитопланктону, мезозоопланктону, макрозообентосу, бактериопланктону).

Сеть станций наблюдения атмосферного трансграничного переноса веществ включает 4 станции на Европейской территории России (программа ЕМЕП) и 4 станции на Азиатской территории (программа ЕАНЕТ). По программе ЕМЕП производился отбор и анализ проб атмосферных аэрозолей, газов (диоксидов азота и серы) и атмосферных осадков. По программе ЕАНЕТ производился отбор проб атмосферного воздуха и осадков и анализ основных кислотообразующих веществ.

Пунктами сети наблюдений за загрязнением почв пестицидами являлись сельскохозяйственные угодья, отдельные лесные массивы, зоны отдыха, а также территории вблизи объектов хранения и места захоронения неликвидных пестицидов. Отбор почв производился два раза в год (весной и осенью) на территориях 5 федеральных округов, 38 субъектов РФ общей площадью 32,2 тыс. га. В отобранных пробах определялись 20 наименований пестицидов и их метаболитов.



Для оценки загрязнения почв токсикантами промышленного происхождения в 2019 г. проведён отбор проб в районах 40 населенных пунктов на территориях 10 субъектов РФ. В отобранных пробах определялось до 25 ингредиентов промышленного происхождения.

Сеть комплексного мониторинга загрязнения природной среды и состояния растительности (СМЗР) насчитывает 30 постов на ЕТР и АТР.

Посты наблюдения организованы: вокруг крупных промышленных предприятий, где отмечаются серьезные повреждения лесов на достаточно больших площадях; в ценных лесах, отнесенных к памятникам природы; в районах ввода в действие новых крупных промышленных предприятий, выбросы которых в ближайшее время могут привести к ослаблению и повреждению лесонасаждений. Наблюдения проводятся на постоянных пробных площадях.

Сеть станций, осуществляющих наблюдения за химическим составом и кислотностью осадков, состоит из 221 станции. В пробах определялось до 12 компонентов.

Наблюдения за загрязнением снежного покрова на территории России в 2019 г. осуществлялись на 540 пунктах. В пробах определялись основные ионы и значения pH.

Система фонового мониторинга ориентирована на получение информации о состоянии окружающей среды на территории Российской Федерации, на основании которой проводятся оценки и прогноз изменения этого состояния под влиянием антропогенных факторов.

На территории России находятся 5 станций комплексного фонового мониторинга (СКФМ), которые расположены в биосферных заповедниках: Воронежском, Приокско-Террасном, Астраханском, Кавказском и Алтайском.

Наблюдения за радиационной обстановкой окружающей среды на стационарной сети осуществлялись на 1 274 пунктах.

Гамма-спектрометрический и радио-химический анализ проб объектов окружающей среды проводится в специализированных радиометрических лабораториях (РМЛ) и группах (РМГ).

Кроме того, в системе Росгидромета ведется работа по оперативному выявлению и расследованию опасных эколого-токсикологических ситуаций, связанных с аварийным загрязнением окружающей среды и другими причинами.

2.2. *Оценка антропогенного влияния на климатическую систему*

2.2.1. Эмиссия парниковых газов

Приводимые ниже оценки антропогенных выбросов и абсорбции (поглощения) не регулируемых Монреальским протоколом парниковых газов (ПГ) на территории Российской Федерации получены методами расчетного мониторинга.

Методической основой для выполнения оценок служили одобренные Совещанием Сторон Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН) руководящие документы Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) по проведению национальных инвентаризаций выбросов и поглощения парниковых газов. В основу подхода МГЭИК положен расчетный метод оценки выбросов и поглощения, базирующийся на использовании количественных данных о годовых физических объемах конкретных видов деятельности, приводящих к выбросам или абсорбции ПГ. Основной объем исходной информации для выполнения расчетов был получен из материалов экономической, земельной, лесной и других видов российской статистики. В настоящий Обзор включены впервые полученные оценки выбросов и поглощения за 2018 г., а также ранее выполненные оценки за период 2014–2017 гг., подвергнутые частичному пересмотру и уточнению согласно требованиям РКИК ООН и МГЭИК. Практику ретроспективного пересмотра всего ряда оценок планируется продолжать и в дальнейшем.

Выбросы и поглощение парниковых газов по секторам МГЭИК представлены в табл. 2.1.

Основными драйверами изменения выбросов в Российской Федерации являются общие тенденции развития национальной экономики, интегральным показателем которых является динамика ВВП, изменение общей эффективности экономики и, главным образом, ее энергоэффективности, изменение структуры ВВП и структуры топливного баланса. Определенный вклад в изменение выбросов вносят общий

тренд и межгодовые колебания температуры воздуха на территории РФ, оказывающие свое влияние опосредованно, через изменение потребления ископаемых видов топлива.

В 2018 г. совокупный выброс ПГ в Российской Федерации (без учета вклада ЗИЗЛХ) увеличился по отношению к предыдущему году на 3,0% на фоне роста ВВП на 2,5%. Сектор ЗИЗЛХ, в котором поглощение парниковых газов из атмосферы (происходящее в форме поглощения CO_2 растениями) превалирует над выбросами, оставался значительным нетто-поглотителем парниковых газов, компенсируя, в среднем за период 2014-2018 гг., 28,5% выбросов, происходящих в других секторах. По сравнению с 1990 годом - базовым годом по обязательствам Российской Федерации согласно РКИК ООН совокупный выброс ПГ значительно снизился (на 47,6% с учетом сектора землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ), и на 30,4% - без учета этого сектора).

В табл. 2.2 представлены данные по вкладу секторов МГЭИК в совокупный выброс парниковых газов. Распределение выбросов по секторам за период с 2014 г. по 2018 г. не претерпело существенных изменений. Доминирующую роль продолжает играть энергетический сектор. Остается неизменным вклад сельского хозяйства, несколько возросла роль выбросов, связанных с промышленностью и обращением с отходами производства и потребления.

Таблица 2.1. Выбросы парниковых газов по секторам МГЭИК* [1)]

Секторы	Выбросы, млн. т CO_2-экв.				
	2014	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
Энергетика	1664,6	1662,5	1663,0	1700,7	1752,6
Промышленные процессы и использование продукции	220,4	218,5	218,2	232,4	243,1
Сельское хозяйство	120,1	121,5	123,5	126,6	126,7
ЗИЗЛХ**	-669,5	-582,2	-601,2	-591,2	-590,6
Отходы	89,3	91,4	93,5	95,6	97,7
Всего, без учета ЗИЗЛХ	2094,4	2094,0	2098,1	2155,3	2220,1
Всего, с учетом ЗИЗЛХ	1424,9	1511,9	1497,0	1564,1	1629,5

* *Значения приведены с округлением*

** *Знак «минус» соответствует абсорбции (поглощению) парниковых газов из атмосферы*

Таблица 2.2. Распределение выбросов парниковых газов по секторам МГЭИК, без учета сектора землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства, %

Годы	Всего	По секторам			
		Энергетика	**Промышленные процессы и использование продукции**	**Сельское хозяйство**	**Отходы**
2014	100,0	79,5	10,5	5,7	4,3
2018	100,0	78,9	11,0	5,7	4,4

[1)] Группировка выбросов по секторам выполнялась в соответствии с методологией МГЭИК. Следует иметь в виду, что определения секторов МГЭИК не соответствуют секторам (отраслям) экономики в традиционном отечественном понимании. В частности, МГЭИК относит к энергетическому сектору выбросы от полезного сжигания всех видов ископаемого топлива, независимо от того в каких отраслях экономики и в каких процессах это сжигание происходит. К энергетическому сектору также относятся летучие (фугитивные) выбросы, включающие в себя технологические выбросы, потери в атмосферу топливных продуктов в газообразной форме и сжигание топлива без получения полезной энергии, в том числе сжигание на факельных установках.

2.2.2. Содержание CO_2 и CH_4 в атмосфере

Анализ изменчивости концентрации парниковых газов в приземном слое атмосферы выполнен на основе результатов измерений, проводимых на четырех станциях наблюдений за содержанием парниковых газов, входящих в Глобальную службу атмосферы (ГСА) ВМО. Характеристики станций приведены в табл. 2.3. 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 (71,3° 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 передаются в мировой центр данных (МЦД) по парниковым газам (WDCGG), где используются при проведении глобального анализа полей указанных газов.

Результаты измерений на двух фоновых станциях (Териберка и Тикси) за последние 11 лет приведены в таблице 2.4. Изменения концентрации парниковых газов для рассматриваемых станций от года к году показаны на рис. 2.1 в сравнении с данными станции Барроу.

В 2019 г. концентрация CO_2 продолжила свой рост, обновив очередные максимумы. В Териберке и Тикси среднегодовое значение CO_2 составило 414,3 млн$^{-1}$, за год увеличившись на 3,2 млн$^{-1}$ и 3,0 млн$^{-1}$ соответственно. Максимум средней за месяц концентрации CO_2 в Тикси пришелся на февраль (421,2 млн$^{-1}$), а в Териберке на декабрь (423,4 млн$^{-1}$). Минимум наблюдался в августе и составил 400,1 млн$^{-1}$ и 400,5 млн$^{-1}$ в Тикси и Териберке соответственно. Рост концентрации диоксида углерода, зафиксированный на российских фоновых станциях, связан, главным образом, с увеличением антропогенных выбросов CO_2. В 2018 г. величина роста глобальной эмиссии CO_2 с учетом как источников, так и стоков, составила 5,1 ± 0,2 ГтС/год, что соответствует росту средней глобальной концентрации диоксида углерода 2,4 ± 0,1 млн$^{-1}$/год) [Friedlingstein P. [etal.]. Global Carbon Budget 2019 // Earth System Science Data. 2019. № 4 (11). P. 1783–1838].

За период с 2009 по 2019 гг. концентрация CO_2 в Териберке увеличилась на 24,2 млн$^{-1}$.

За период с 2009 по 2019 гг. концентрация CH_4 увеличилась на 60,7 млрд$^{-1}$. Ее возрастание в 2019 г. на станции Териберка составило 14,7 млрд$^{-1}$ и 23,3 млрд$^{-1}$ на станции Тикси.

Сезонный ход метана, также, как и диоксида углерода, формируется преимущественно за счет естественных факторов. В Северном полушарии минимум сезонного хода CH_4 приходится на летние месяцы, когда фотохимический сток в виде реакций метана с гидроксильным радикалом максимален. Но так как Тикси расположена в месте, где эмиссия метана от природных источников в теплые месяцы (июль-сентябрь) может сильно проявляться, особенно при малых скоростях ветра, то максимум измеряемой концентрации может переместиться с «зимы» на «лето». Такое явление наблюдалось в 2018 г. и повторилось в 2019 г. Влияние природных региональных источников привело к тому, что максимум средней за месяц концентрации CH_4 - 2020,8 млрд$^{-1}$ на станции Тикси был зафиксирован в августе. На станции Териберка, где естественная эмиссия метана меньше, чем в Тикси, минимум CH_4 - 1938,9 млрд$^{-1}$ наблюдался в июне, а максимум - 2005,7 млрд$^{-1}$пришелся на декабрь. На рис. 2.2 представлены среднемесячные концентрации метана для 2016-2019 гг., кривая «Тикси-2018а» показывает сезонный ход с учетом высоких значений концентрации CH_4 в августе.

Таблица 2.3. Станции наблюдений за парниковыми газами ГГО

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

Таблица 2.4. Среднегодовые значения и межгодовой рост (Δ) концентрации CH_4 и CO_2

Год	Териберка				Тикси			
	CH_4, млрд$^{-1}$	ΔCH_4,млрд$^{-1}$	CO_2,млн$^{-1}$	ΔCO_2,млн$^{-1}$	CH_4, млрд$^{-1}$	ΔCH_4,млрд$^{-1}$	CO_2,млн$^{-1}$	ΔCO_2,млн$^{-1}$
2009	1904,4	10,1	390,1	2,1				
2010	1905,5	1,1	392,3	2,1				
2011	1906,2	0,8	394,1	1,8	1913,2		394,2	
2012	1910,2	4,0	396,4	2,4	1910,2	-3,0	396,1	1,9
2013	1907,8	-2,4	398,6	2,2	1915,1	4,9	399,1	3,0
2014	1913,5	5,7	400,5	1,9	1930,8	15,7	400,7	1,6
2015	1924,4	10,9	402,0	1,5	1940,1	9,3	403,2	2,5
2016	1946,7	22,3	405,5	3,5	1946,4	6,3	406,1	2,9
2017	1947,1	0,4	409,0	3,5	1956,7	10,3	408,7	2,6
2018	1950,4	3,3	411,1	2,1	1960,4	3,7	411,3	2,6
2019	1965,1	14,7	414.3	3,2	1983,7	23,3	414,3	3,0

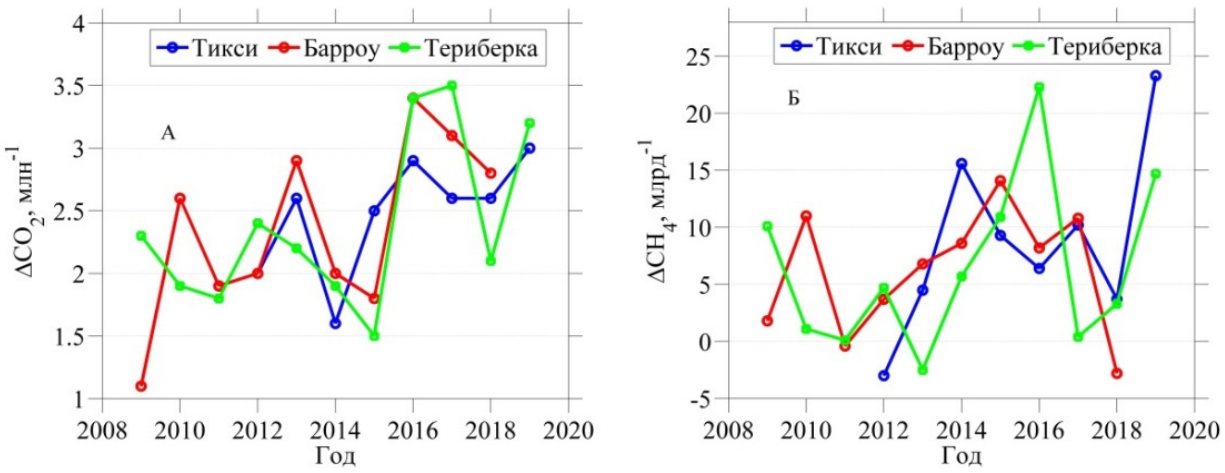


Рис. 2.1. Межгодовые изменения концентрации CO_2 (А) и CH_4 (Б)

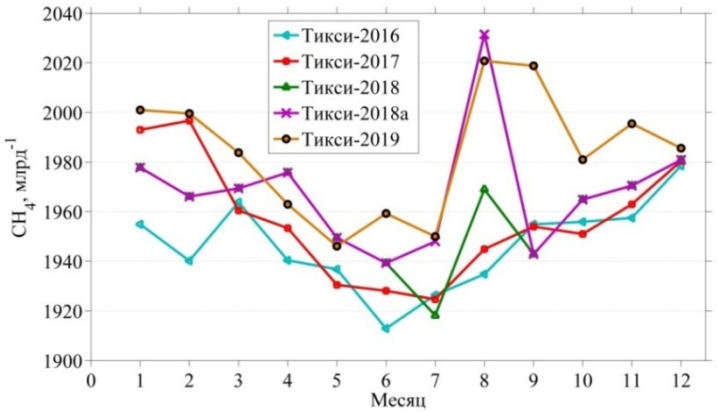


Рис. 2.2.Сезонный ход концентрации CH_4 на станции Тикси

Влияние источников парниковых газов, действующих в районах расположения станций, на основе определения превышения концентрации над фоновым уровнем, представлено для станций Новый Порт, Воейково (обе до 2019 г.) и Санкт-Петербург (до 2018 г.) на рис. 2.3 и в табл. 2.5. При определении превышения в качестве фонового уровня использованы данные (средние за месяц) станции Териберка.

Станция Новый Порт расположена на побережье Обской губы на расстоянии 80–250 км от крупнейших в РФ месторождений природного газа и в 20 км от нефтяного месторождения «Новопортовское». Зарегистрированные на данной станции в зимний период максимальные концентрации метана и CO_2, достигающие 150 млрд$^{-1}$ и 10 млн$^{-1}$ соответственно, наиболее вероятно обусловлены снижением высоты слоя перемешивания атмосферы и поступлением ПГ от природных и антропогенных источников, включая месторождения природного газа и нефти в Западной Сибири.

Превышение концентрации парниковых газов над фоновым уровнем в 2019 г. отмечалось на станциях Новый порт и Воейково, однако не выходило за пределы наблюдаемых за многолетний период вариаций. Превышение концентрации CH_4 в Санкт-Петербурге характеризуется большим разбросом значений от 90 до 227 млрд$^{-1}$, что может быть связано с большим количеством источников метана в городе и их неоднородным распределением.

Таблица 2.5. 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	2004–2019		2019		2004–2019		2019	
	75,6	4,0	77,4	3,9	5,0	1,2	3,1	0,8
	Воейково							
Период осреднения	1996–2019		2019					
	77,7	4,1	77,3	3,9				
	Санкт-Петербург							
Период осреднения	2000–2018		2018					
	165,9	8,7	223,7	11,5				

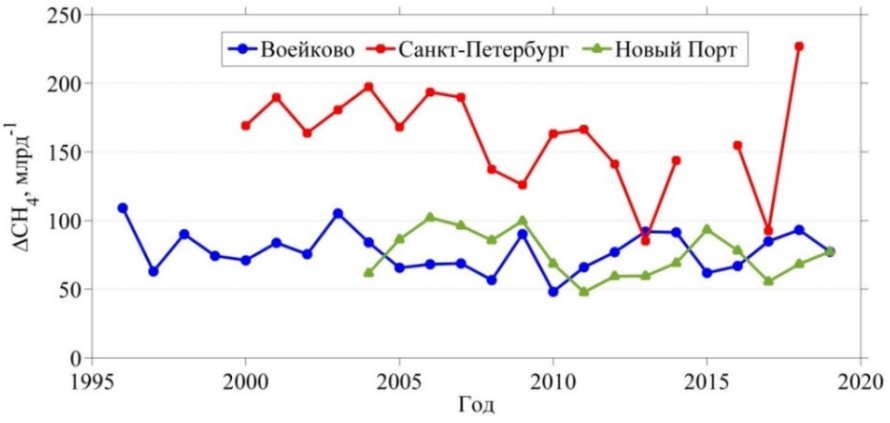


Рис. 2.3.Среднегодовое превышение концентрации CH_4 над фоновым уровнем

2.3. *Оценка состояния и загрязнения атмосферы*

2.3.1. *Оптическая плотность и прозрачность атмосферы*

Интегральная оптическая плотность атмосферы (ОПА) связана с интегральной прозрачностью атмосферы (P_2) соотношением:

$$ОПА = – 0,5 \ln (S_{P,30} / S_0) = – \ln P_2 .$$

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

Параметр ОПА представляет собой оптическую плотность атмосферы для прямой солнечной радиации в диапазоне длин волн $\Delta\lambda$ = 0,3 – 4 мкм при оптической массе m = 2 (т.е. при высоте солнца 30°). ОПА дает возможность получить косвенную оценку аэрозольного ослабления в атмосфере, поскольку, в указанном диапазоне λ вариации ОПА определяются главным образом содержанием в атмосфере аэрозоля и водяного пара. Именно поэтому в теплое время года из-за увеличения влагосодержания и турбулентного обмена в атмосфере значения ОПА выше, чем в холодный период.

В таблице 2.6 представлены районы расположения и координаты станций фонового мониторинга, на которых проводятся наблюдения за ОПА и прозрачностью атмосферы.

Средние за 2019 г. значения P_2 и ОПА для региональных станций фонового мониторинга и трех парных им городов в сравнении со значениями 2018 года приводятся в таблице 2.7.

В 2019 г. по сравнению с предыдущим годом на шести станциях из десяти оптическая плотность повысилась. Максимальное повышение ОПА было зафиксировано на станции Памятное (7,2%). На трёх станциях ОПА понизилась: ст. Усть-Вымь на 5,3%, Воейково - на 4,9%, а максимальное снижение зарегистрировано на станции о-в Диксон (-19,6%).

Сравнение осредненных за 2018 г. значений ОПА с 30-летней нормой ОПА приведено на рис. 2.4.

За нормы ОПА принимались средние значения ОПА за период с 1979 по 2012 г. Из этого периода были изъяты 1983–1984 и 1992–1993 гг., когда наиболее сильно проявлялось влияние вулканического аэрозоля после извержений вулканов Эль-Чичон (апрель 1982 г.) и Пинатубо и Хадсон (июнь и август 1991 г.). Фактический период наблюдений, по которому рассчитывались нормы, составил 30 лет.

Как видно из рис. 2.4 в 2019 г. на всех станциях наблюдались пониженные значения ОПА по сравнению с 30-летней нормой. Наиболее существенно это проявилось на станциях Воейково (-7,7%), Усть-Вымь (-7,2%), Памятное (-6,7%) и Туруханск (-6,4%). На станциях Курган, Хужир, Иркутск и Шаджатмаз

Таблица 2.6. Координаты региональных станций фонового мониторинга, ведущих наблюдения за оптической плотностью и интегральной прозрачностью атмосферы

Станция	Район расположения	Широта в град. с.ш.	Долгота в град. в.д.
Туруханск	Красноярский край	65,8	87,9
Усть-Вымь	Республика Коми	62,2	50,4
Сыктывкар*	Республика Коми	61,7	50,8
Воейково	Ленинградская обл.	60,0	30,7
Памятное	Курганская обл.	56,0	65,7
Курган*	Курганская обл.	55,5	65,4
Хужир	Иркутская обл., о-в Ольхон (оз. Байкал)	53,2	107,3
Иркутск*	Иркутская обл.	52,2	104,3
Шаджатмаз	Карачаево-Черкесская Республика	43,7	42.7
О-в Диксон	Красноярский край (Арктика)	73,5	80,3

Примечания: - *Городские станции, являющиеся парными фоновым, указанным на строку выше, отмечены в таблице 2.6 звездочкой.*
- *Станция о-в Диксон начала присылать свою информацию с 2014 г.*

Таблица 2.7. Средние за наблюдательный период значения ОПА и P_2, стандартные отклонения (±σ) их средних месячных значений относительно среднего за год на региональных станциях фонового мониторинга в 2019 и 2018 гг.

Станция	ОПА±σ 2019 г.	ОПА±σ 2018 г.	P_2±σ 2019 г.	P_2±σ 2018 г.
Туруханск	0,219±0,021	0,218±0,017	0,803±0,017	0,804±0,014
Усть-Вымь	0,269±0,029	0,284±0,054	0,765±0,022	0,754±0,040
Сыктывкар*	0,261±0,043	-	0,772±0,033	-
Воейково	0,253±0,039	0,266±0,036	0,777±0,030	0,767±0,028
Памятное	0,238±0,046	0,222±0,043	0,789±0,036	0,802±0,034
Курган*	0,269±0,042	0,258±0,040	0,765±0,032	0,774±0,031
Хужир	0,231±0,043	0,229±0,041	0,794±0,033	0,795±0,032
Иркутск*	0,256±0,063	0,253±0,061	0,776±0,048	0,779±0,046
Шаджатмаз	0,184±0,032	0,181±0,032	0,832±0,027	0,835±0,027
о-в Диксон	0,275±0,039	0,342±0,039	0,761±0,029	0,711±0,028

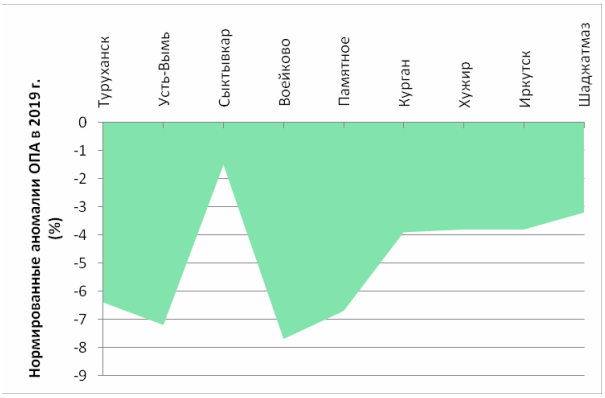


Рис. 2.4. Нормированные аномалии ОПА (%) в 2019 г. относительно многолетней нормы

уменьшение ОПА по отношению к норме не превышало 4%. И только на станции Сыктывкар ОПА была снижена незначительно (-1,5%).

На рис. 2.5 показаны внутригодовые изменения среднемесячных значений ОПА в 2019 г. на станциях фонового мониторинга.

Максимально высокое замутнение атмосферы и, соответственно, наименьшая прозрачность наблюдается в летние месяцы, что обусловлено усилением турбулентного перемешивания и открытой подстилающей поверхностью. Как правило, на городских станциях степень замутнения выше, чем на парных им фоновых региональных станциях. Среди непарных станций фонового мониторинга (рис. 2.5 а) самой прозрачной остается атмосфера на горной станции Шаджатмаз (2070 м над уровнем моря), где среднемесячные значения ОПА варьировали от 0,147 в январе до 0,244 в июле. Уровни оптического загрязнения на пригородной станции Воейково, расположенной в 12 км к востоку от г. Санкт-Петербурга, и на арктической станции о-в Диксон сопоставимы между собой. На наиболее чистой западносибирской станции Туруханск интервал изменений ОПА составил от 0,195 (март) до 0,256 (июль).

На городской станции Сыктывкар, парной фоновой станции Усть-Вымь, загрязнение с февраля по май было ниже, чем на региональной станции (рис. 2.5 б). С августа по ноябрь на станции Усть-Вымь степень замутнения была меньше, чем в городе. Эти особенности обусловлены условиями расположения станций относительно окружающих локальных источников загрязнения и, главное, направлением господствующих ветров.

На западносибирских парных станциях Памятное и Курган (рис. 2.5 в) городское оптическое загрязнение атмосферы превосходило фоновое в течение всего года, за исключением июня. Сказывалось влияние сильно загрязненных воздушных масс, поступающих из районов сибирских лесных пожаров.

На паре восточносибирских станций Хужир и Иркутск (рис. 2.5 г) с марта и до конца года среднемесячные значения ОПА в городе превышали таковые на фоновой станции Хужир. Наибольший разрыв в значениях ОПА наблюдался в марте и августе. Вообще следует отметить, что летом 2019 г., особенно в августе и в сентябре, наблюдения за прозрачностью и оптической плотностью атмосферы на станциях, расположенных в разных районах Сибири, были затруднены из-за высокого замутнения атмосферы, связанного с лесными пожарами, охватившими значительные территории.

Наиболее продолжительный период с положительными нормативными аномалиями ОПА был связан с крупными вулканическими извержениями - Фуэго (1974),Эль-Чичон (1982)

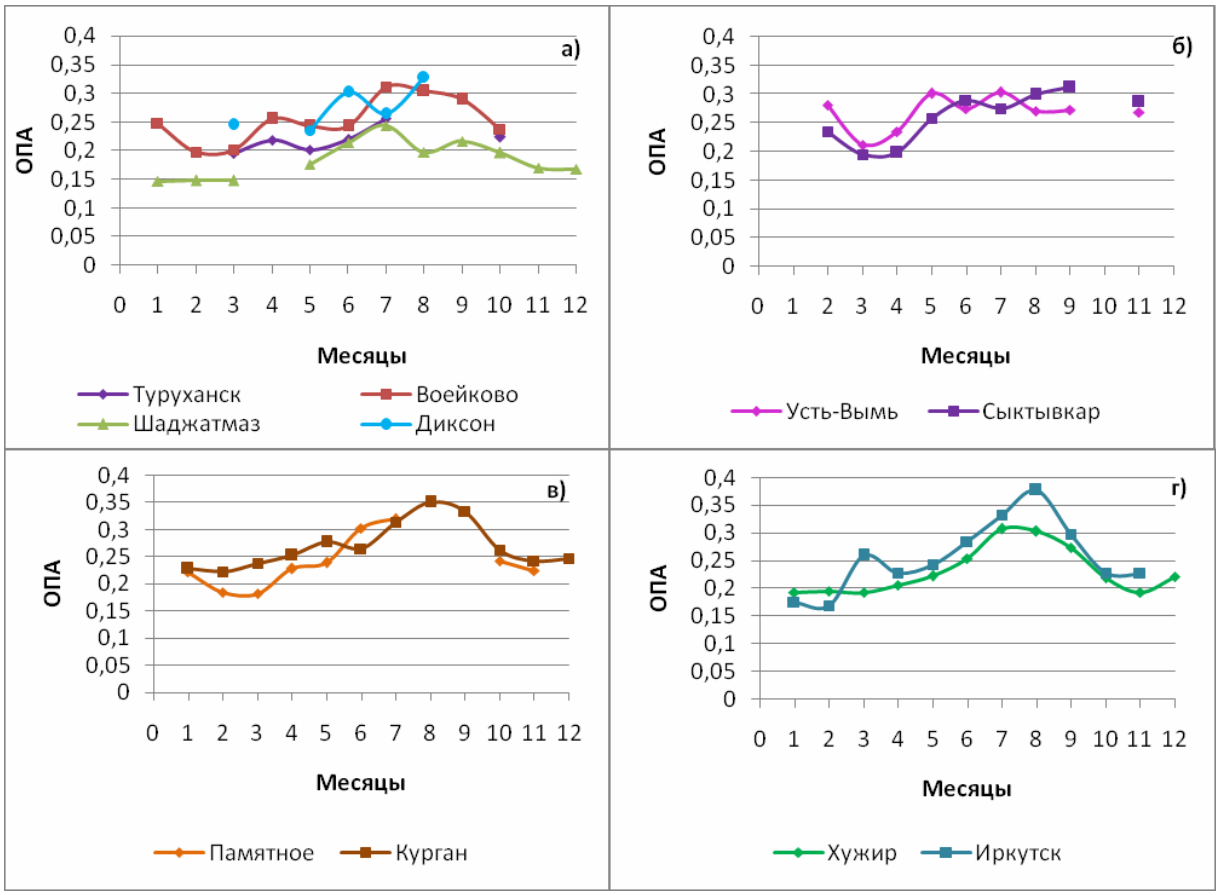


Рис. 2.5. Годовой ход ОПА на станциях фонового мониторинга атмосферы в 2019 г.

и Пинатубо и Хадсон (1991). Самым сильным был отклик атмосферы на извержения вулканов Пинатубо и Хадсон, произошедших в июне и августе 1991 г. После этих извержений значения положительных нормированных аномалий ОПА достигали 40–50%.

В середине 1990 гг. в результате самоочищения атмосферы начался рост прозрачности, падение ОПА и постепенный переход нормированных аномалий ОПА в область отрицательных значений, чему способствовало и сокращение промышленной активности в постперестроечные годы.

Представление о характере межгодовой изменчивости ОПА за последние 20 лет, относительно 30-летней нормы дает рис. 2.6.

С 2000-ого года характер колебаний нормированных аномалий неодинаков. На непарных станциях они находятся в основном ниже нормы. Особенно заметно снижение ОПА проявилось в 2001-2004 гг. и в 2015 г. на станции Воейково.

На парных станциях Усть-Вымь и Сыктывкар (рис. 2.6 б) наблюдается увеличение оптического загрязнения (более 10% по сравнению с нормой) в 2009-2010 гг., а также в 2018 г. на станции Усть-Вымь.

На станциях Памятное и Курган (рис. 2.6 в) в начале 2000-х годов ОПА была существенно ниже нормы, затем наблюдался постепенный рост, который к началу второго десятилетия достиг нормы и далее варьировал, не превышая ±5%.

На станциях Хужир и Иркутск нормированные аномалии ОПА сдвинуты в сторону их отрицательных значений (рис. 2.6 г), особенно на фоновой станции Хужир в 2004 и 2005 гг. и в 2016 г. на обеих станциях.

Однако характер изменений реального уровня оптического загрязнения атмосферы на станциях фонового мониторинга за 20-летний период более четко проявляется по данным абсолютных среднегодовых значений ОПА, приведенных на рис. 2.7.

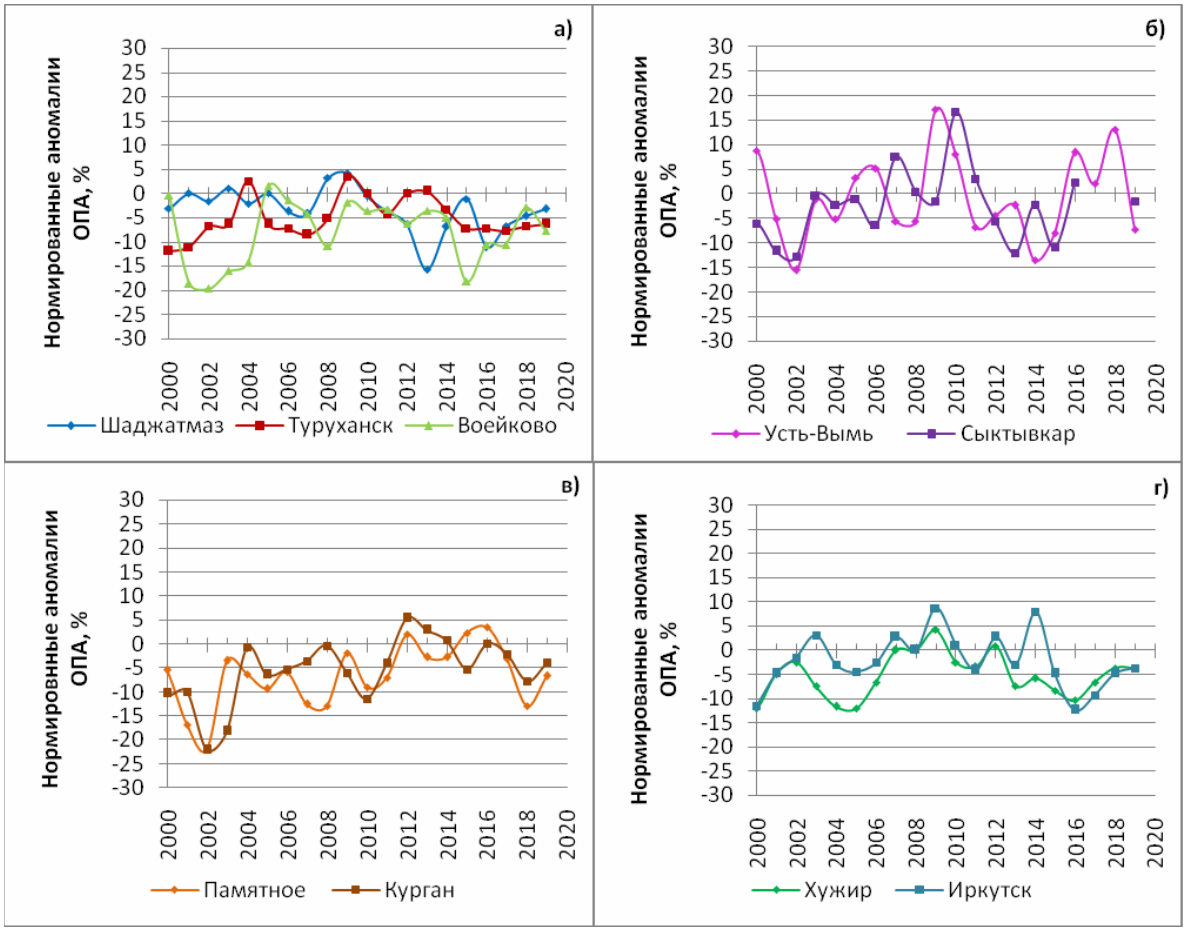


Рис. 2.6. Межгодовая изменчивость нормированных аномалий ОПА (%) на станциях фонового мониторинга

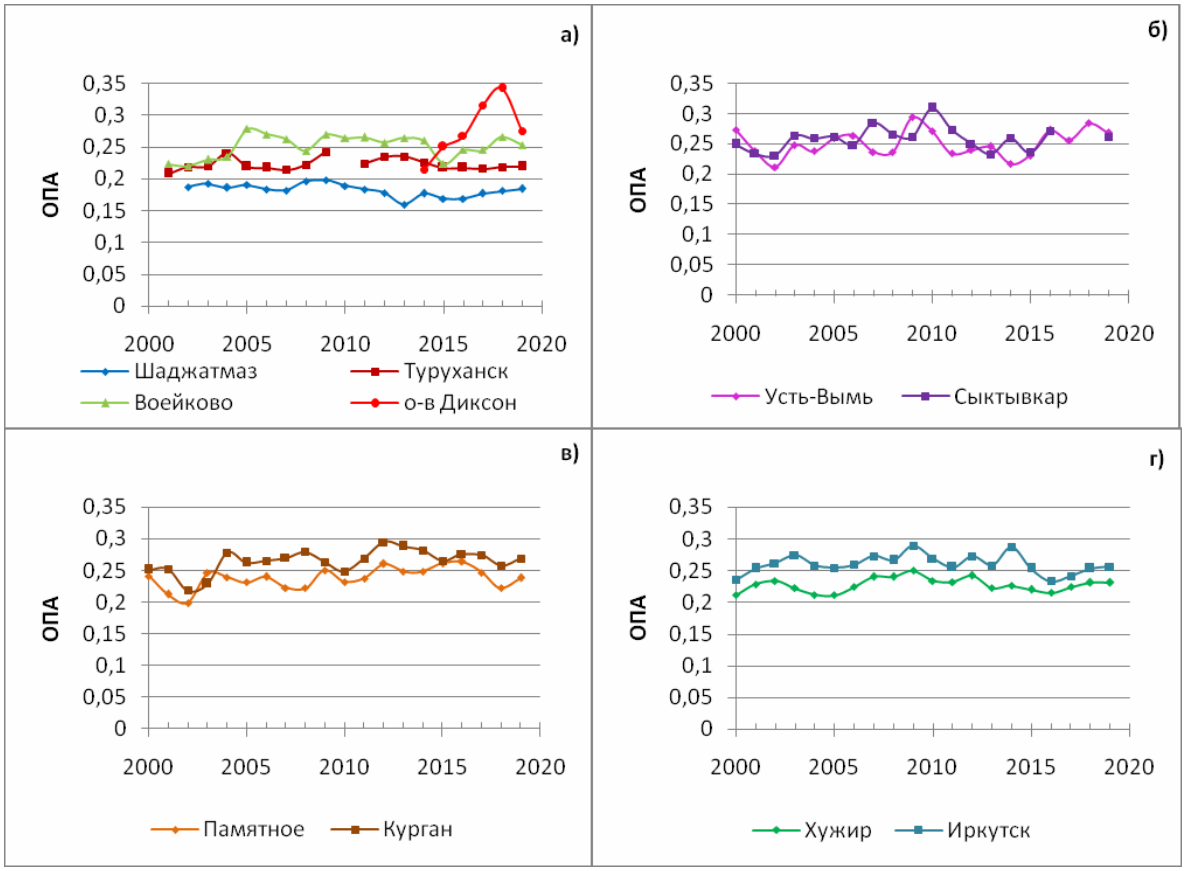


Рис. 2.7. Изменчивость среднегодовых значений ОПА в 2000-2019 гг.

Из рис. 2.7 следует, что на всех рассматриваемых станциях, за исключением арктической станции о-в Диксон, среднегодовые значения оптической плотности атмосферы варьируют в интервале от 0,2 до 0,3 (единственный раз верхняя граница была превышена в 2010 г. на городской станции Сыктывкар (0,309). На наиболее чистой высокогорной станции Шаджатмаз среднегодовые значения ОПА изменялись в интервале от 0,150 до 0,200. На двух сибирских фоновых станциях (Туруханск и Хужир) - в интервале от 0,200 до 0,250; на степной станции Памятное оптическое загрязнение уже выше и максимальное за 20 лет среднегодовое значение ОПА достигало 0,264, а на пригородной станции Воейково - 0,278.

На станциях, работающих по программе фонового мониторинга, за последние 20 лет не было зафиксировано значимых трендов среднегодовых значений оптической плотности атмосферы.

2.3.2. Электрические характеристики приземного слоя атмосферы

Рассмотрены данные совместных измерений градиента потенциала электрического поля атмосферы V' и удельных полярных электрических проводимостей воздуха L+ и L-, выполненных на станциях Воейково (В), ОГМС Иркутск (И), ОГМС Верхнее Дуброво (ВД) Свердловской области, на аэрологической станции в Южно-Сахалинске (ЮС). Общая продолжительность измерений в Воейково составила 70 лет, в Иркутске - 60 лет, в Верхнем Дуброво - 62 года, в Южно-Сахалинске - 51 год. Датчики измерителей V’, L+ и L- установлены в пределах одного–трех метров от земли. На станциях Верхнее Дуброво и Южно-Сахалинск измерения L+ и L- были восстановлены с 2015 г. после длительного перерыва.

Обобщенные по сезонам результаты измерений V'c за 2009–2019 гг. приведены в таблице 2.8. В таблице 2.9 приведены обобщенные по сезонам результаты измерений удельной суммарной электрической проводимости воздуха L_S на станциях Воейково и Иркутск за 2009–2019 гг., на станциях Верхнее Дуброво и Южно-Сахалинск за 2015–2019 гг. Также в таблицах представлены данные V'c и L_S, осредненные по пятилетним периодам 2009–2013 и 2014–2018 гг.

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

Из представленных в таблице 2.8 данных наблюдений следует, что значительных изменений V' в 2019 г. по сравнению с периодом 2009–2018 гг. не произошло, хотя на станции Воейково отмечается небольшое увеличение сезонных (лето и осень) и годовых значений V' в 2019 г. Некоторое снижение V' в Иркутске зимой и весной возможно связано с неполным рядом данных в эти периоды.

Как видно из таблицы 2.9, в 2019 г. по сравнению с периодом 2009–2018 гг. существенных изменений L_S не произошло за исключением станции Иркутск, где наблюдается увеличение среднегодового значения в основном за счет осенних данных.

На рис. 2.8 представлен годовой ход V' за 2019 г. на фоне осредненного годового хода V' за предшествующий период 2014-2018 гг. На рис. 2.9 в такой же форме показан годовой ход L_S по всем станциям.

Из рис. 2.8 следует, что на станции Воейково в 2019 г. значения V’ несколько ниже, хотя конфигурация годового хода V’ та же, что и в 2014–2018 гг. На станции Иркутск наблюдается существенное уменьшение V’ в 2019 г. с июня по сентябрь относительно средних значений за 2014–2018 гг.

На рис. 2.9 заметны небольшие различия годового хода L_S в 2019 г. по сравнению с предыдущим периодом. На станции Воейково годовой ход в 2019 г. практически не отличается от соответствующих значений осредненного годового хода L_S за предшествующий период. В Южно-Сахалинске годовой ход L_S в 2019 г. подобен предшествующему, однако, с февраля по август значения в 2019 г. несколько снижены. В Верхнем Дуброво значения L_S в январе, феврале и июне заметно ниже, а в марте и августе выше соответствующих значений предшествующего периода. В Иркутске наиболее заметно повышение L_S в осенний период, особенно в октябре.

Таблица 2.8. Сезонные (V'_c), среднегодовые ($V'_г$) и среднемесячные минимальные и максимальные (в скобках) значения V' (даВ/м) за 2009–2019 гг. на станциях Верхнее Дуброво (ВД), Воейково (В), Иркутск (И), Южно-Сахалинск (ЮС), включая средние значения по пяти годам

Станция	Год	V'_c, (V')				$V'_г$, (V')
		Зима	Весна	Лето	Осень	
ВД	**2019**	**-**	**15 (14-18)**	**-**	**-**	**-**
	2014-2018	**16 (12, 19)**	**14 (9, 22)**	**10 (7, 13)**	**12 (5, 17)**	**13 (5, 22)**
	2018	18 (16, 19)	15 (11, 20)	9 (9, 9) Н	-	14 (9, 20) С
	2017	16 (14, 17)	13 (9, 18)	11 (10,12)	12 (11, 13)	13 (9, 18)
	2016	16 (14, 19)	12 (9, 18)	9 (7, 10)	11 (10, 12)	12 (7, 19)
	2015	17 (16, 17)	15 (13, 18)	9 (9, 10)	11 (5, 17)	13 (5, 18)
	2014	14 (12, 16)	15 (10, 22)	10 (7, 13)	13 (12, 14)	13 (7, 22)
	2009-2013	**19 (13, 26)**	**13 (8, 20)**	**11 (9, 15)**	**14 (8, 19)**	**14 (8, 26)**
В	**2019**	**10 (9, 12)**	**12 (11, 13)**	**11 (10, 12)**	**12 (12, 13)**	**11 (9, 13)**
	2014-2018	**12 (7, 17)**	**11 (8, 15)**	**9 (7, 12)**	**8 (715)**	**10 (7, 17)**
	2018	13 (9, 17)	11 (10, 12)	7 (7, 7)	8 (7, 9)	10 (7, 17)
	2017	12 (10, 14)	13 (11, 15)	11 (8, 12)	10 (10, 10)	11 (8, 15)
	2016	12 (10, 17)	9 (8, 12)	9 (9, 10)	6 (5, 10)	10 (5, 17)
	2015	12 (11, 12)	10 (8, 10)	9 (8, 10)	11 (9, 13)	10 (8, 13)
	2014	10 (7, 13)	10 (6, 14)	11 (9, 12)	14 (13, 15)	11 (6, 15)
	2009-2013	**11 (6, 17)**	**11 (6, 16)**	**8 (4, 12)**	**9 (6, 15)**	**10 (4, 17)**
И	**2019**	**8 Н**	**8 Н**	**6 (5, 6)**	**9 (6, 13)**	**8 (5, 13)**
	2014-2018	**10 (8, 12)**	**9 (6, 12)**	**7 (5, 11)**	**8 (7, 10)**	**9 (5, 12)**
	2018	11(10, 12)	9 (6, 11)	6 (5, 6)	7 (7, 7)	8 (5, 12)
	2017	11 (10, 12)	10 (8, 12)	9 (7, 11)	9 (9, 10)	10 (7, 12)
	2016	9 (8, 10)	9 (8, 10)	7 (6, 9)	9 (9, 10)	9 (6, 10)
	2015	10 (9, 11)	8 (6, 10)	6 (6, 6)	8 (5, 10)	8 (5, 11)
	2014	11 (10, 12)	9 (8, 11)	7 (6, 8)	9 (7, 10)	9 (6, 12)
	2009-2013	**13 (7, 17)**	**10 (6, 15)**	**6 (5, 7)**	**9 (6, 12)**	**10 (5, 17)**
ЮС	**2019**	**-**	**15 Н**	**-**	**17 (12, 20)**	**-**
	2014-2018	**34 (27, 42)**	**17 (6, 29)**	**8 (5, 12)**	**16 (9, 22)**	**19 (5, 42)**
	2018	34 (29, 38)	13 (6, 25)	6 (5, 7)	-	18 (5, 38) С
	2017	30 (27, 34)	14 (7, 21)	7 (5, 10)	19 (14, 22)	18 (5, 34)
	2016	31 (27, 33)	20 (11, 29)	11 (9, 12)	17 (14, 21)	21 (9, 33)
	2015	38 (34, 42)	17 (9, 24)	9 (7, 10)	12 (9, 15)	19 (7, 42)
	2014	36 (33, 38)	20 (11, 28)	9 (8, 11)	17 (15, 20)	21 (8, 38)
	2009-2013	**31 (21, 41)**	**20 (10, 30)**	**11 (7,14)**	**17 (12, 25)**	**20 (7, 41)**

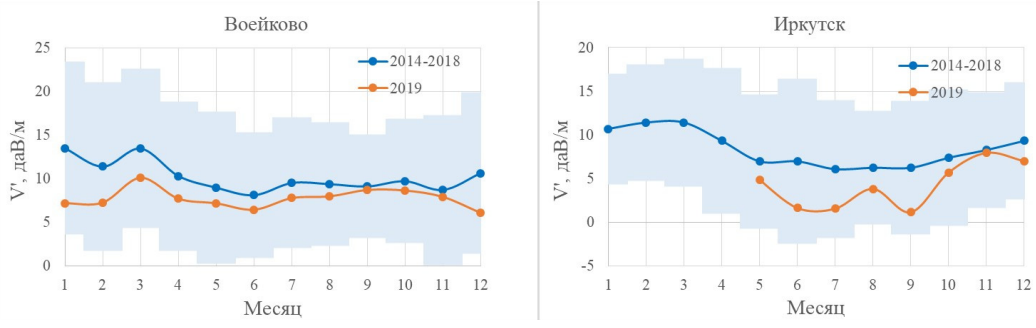


Рис. 2.8. Годовой ход V' по станциям атмосферно-электрической сети Воейково и Иркутск в 2019 г. на фоне осредненного годового хода V' за период 2014–2018 гг.

Цветным фоном обозначены границы стандартного отклонения ±σ от среднего значения за 2014–2018 гг.

Таблица 2.9. Сезонные (L_C) и среднегодовые ($L_Г$) 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) (2009–2019 гг.), Верхнее Дуброво (ВД) и Южно-Сахалинск (ЮС) (2015–2019 гг.)

Станция	Год	L_C, (L_S)				$L_Г$, (L_S)
		Зима	Весна	Лето	Осень	
В	**2019**	**15 (11, 16)**	**18 (15, 21)**	**19 (18, 20)**	**18 (17, 20)**	**18 (11, 21)**
	2014-2018	**16 (11, 21)**	**18 (14, 23)**	**19 (14, 26)**	**19 (16, 22)**	**18 (11, 26)**
	2018	16 (16, 18)	18 (14, 20)	20 (19, 22)	19 (18, 19)	18 (14, 22)
	2017	16 (16, 17)	18 (15, 21)	19 (16, 21)	18 (16, 20)	18 (15, 21)
	2016	14 (11, 18)	17 (15, 19)	16 (14, 18)	18 (17, 20)	16 (11, 20)
	2015	16 (12, 18)	18 (16, 20)	18 (16, 20)	20 (18, 20)	18 (12, 20)
	2014	20 (19, 21)	22 (22, 23)	24 (22, 26)	19 (16, 22)	21 (16, 26)
	2009-2013	**19 (14, 23)**	**20 (15, 24)**	**23 (19, 28)**	**22 (18, 25)**	**21 (14, 28)**
И	**2019**	**21 (18, 24)**	**23 (22, 25)**	**22 (20, 23)**	**28 (26, 33)**	**24 (18, 33)**
	2014-2018	**19 (13, 27)**	**22 (18, 27)**	**21 (14, 27)**	**23 (18, 27)**	**21 (13, 27)**
	2018	19 (18, 20)	24 (23, 25)	22 (19, 15)	25 (24, 27)	23 (15, 27)
	2017	20 (19, 21)	23 (23, 24)	22 (20, 23)	25 (23, 27)	23 (19, 27)
	2016	15 (13, 17)	20 (19, 22)	18 (17, 21)	19 (19, 21)	18 (13, 22)
	2015	25 (22, 27)	24 (22, 27)	16 (14, 19)	22 (18, 26)	22 (14, 27)
	2014	17 (15, 20)	18 (18, 19)	26 (26, 27)	23 (21, 26)	21 (15, 27)
	2009-2013	**16 (14, 23)**	**18 (14, 22)**	**20 (13, 24)**	**22 (16, 34)**	**19 (13, 34)**
ВД	**2019**	**12 (11, 13)**	**15 (13, 17)**	**16 (13, 19)**	**17 (16, 20)**	**15 (11, 20)**
	2015-2018	**16 (12, 17)**	**15 (12, 17)**	**16 (14, 18)**	**16 (10, 19)**	**16 (10, 19)**
	2018	14 (12, 16)	13 (12, 14)	15 (15, 16)	13 (10, 14)	14 (10, 16)
	2017	13 (13, 14)	13 (12, 15)	14 (14, 15)	17 (16, 17)	14 (12, 17)
	2016	19 (Н)	17 (Н)	16 (16, 16)	18 (14, 19)	17 (14, 19)
	2015	17 (17, 17)	16 (15, 17)	17 (16, 18)	17 (14, 19)	17 (14, 19)
ЮС	**2019**	**6 (5, 6)**	**7 (6, 8)**	**8 (7, 10)**	**9 (8, 10)**	**8 (5, 10)**
	2015-2018	**8 (5, 8)**	**8 (6, 12)**	**11 (8, 16)**	**11 (7, 17)**	**9 (5, 17)**
	2018	6 (5, 7)	7 (6, 9)	11 (8, 12)	9 (7, 11)	8 (5, 12)
	2017	7 (6, 9)	8 (6, 10) Н	8 (8, 9)	8 (7, 9)	8 (6, 10)
	2016	11 (Н)	9 (9, 10)	10 (9, 12)	-	10 (9, 12) С
	2015	7 (7, 8)	9 (7, 12)	14 (12, 16)	15 (12, 17)	11 (7, 17)

Примечание к таблицам 2.8 и 2.9: Средние за сезон значения, полученные по данным за 2 месяца, отмечены буквой «Н» (неполные), средние значения за год, вычисленные по данным трех сезонов отмечены символом «С».

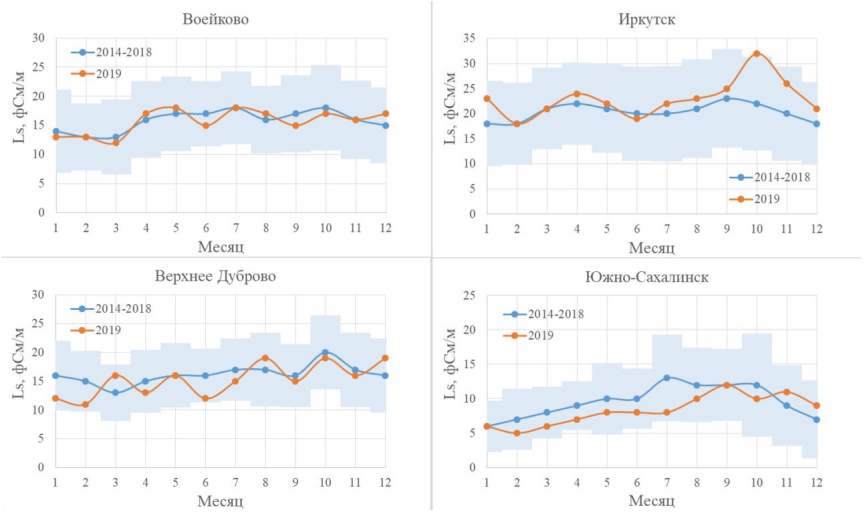


Рис. 2.9. Годовой ход Ls на станциях Воейково, Иркутск, Верхнее Дуброво и Южно-Сахалинск в 2019 г. на фоне осредненного годового хода Ls за период 2014–2018 гг.
Цветным фоном обозначены границы стандартного отклонения ±σ от среднего значения за 2014–2018 гг.

2.3.3. Состояние озонового слоя над Россией и прилегающими территориями

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

Проведён анализ среднемесячных значений отклонений ОСО от нормы по данным реанализа ERA INTERIM. Многолетние среднемесячные значения (нормы) рассчитаны за период 1979-1999 гг. на глобальной сетке $0{,}75^0$x$0{,}75^0$. Для анализа информации 2019 г. были использованы данные реанализа ERA5.

Отклонения среднемесячных значений ОСО над территорией России от нормы находятся в интервале от -8% до +37%.

Над территорией России наибольший дефицит среднемесячного значения ОСО (-7,6%) был зарегистрирован в декабре (рис. 2.10) область около 67^0 с.ш. и 90^0 в.д. Максимальное превышение среднемесячного значения ОСО над нормой (37%) было зарегистрировано в январе выше 70^0 с.ш. от западной границы РФ до 110^0 в.д.

Дефицит среднемесячного значения ОСО на 8% в декабре составил только 1,817 от стандартного отклонения в наблюдаемых районах для данных месяцев. Дефицит порядка 5% в октябре и ноябре в обширном регионе севернее Каспийского и Черного морей составил - 1,6 стандартных отклонения и является самой значительной аномалией ОСО над территорией России в 2019 г.

Особенности зимнего сезона 2018-2019 гг.

Основным событием зимнего сезона 2018-2019 гг. в стратосфере Арктики стало главное внезапное стратосферное потепление (ВСП) с разделением полярного вихря в нижней стратосфере в конце декабря - начале января. В средней – верхней стратосфере полярный вихрь быстро восстановился: с середины января и до середины марта отрицательные аномалии температуры достигали до -20 °, а скорость среднезонального ветра до 120-140 м/с. В течение нескольких дней в середине марта 2019 г. в средней стратосфере Арктики минимальные температуры были ниже, чем в этот период в самые холодные зимние сезоны за последние 25 лет. Можно предположить, что восстановление полярного вихря после ВСП в средней и верхней стратосфере обусловлено заниженным распространением волновой активности из нижней стратосферы - верхней тропосферы с начала января до середины марта, а также ее отражением вниз в первой половине января.

В зимний сезон 2018-2019 гг. главное ВСП произошло раньше (в конце декабря - начале января), когда температура внутри стратосферного полярного вихря ещё не достигла пороговых значений образования полярных стратосферных облаков (ПСО), что исключило условия для разрушения озона.

В результате проведенного анализа полей отклонений ОСО от средних многолетних значений над территорией РФ в 2019 г. повышенные значения ОСО наблюдались в феврале, апреле, мае и сентябре. Максимальные значения ОСО наблюдались над Томской и Иркутской областью, Красноярским краем и Новой Землей: 1–3 мая превышение нормы на 20%-22% (3 мая до 540 Du).

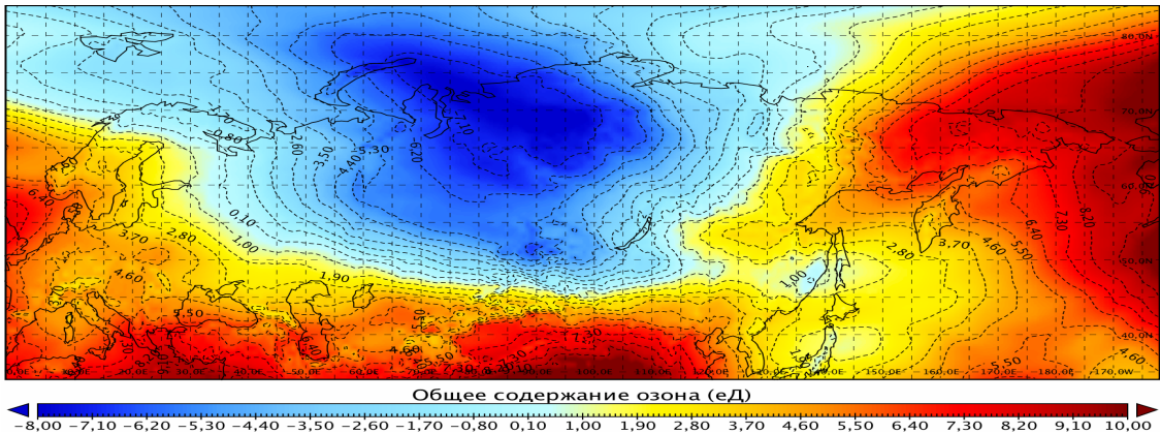


Рис. 2.10. Поле отклонений (%) общего содержания озона в декабре 2019 г. от среднемесячных многолетних значений (1979-1999 гг.)

Пониженные значения ОСО были зафиксированы:

Январь. 3–4.01 над районами Хабаровского, Амурского и Забайкальского краев до -26% и -24% (до 320 е.Д.) соответственно, над районами Иркутской области и Бурятии 21–26.01 на -20% – -32% (280 е.Д.);

Февраль. 3–9.02 над Крымом, Краснодарским и Ставропольским краями, Ростовской областью на -18% – -30% (до 270 е.Д.), над Иркутской областью и Бурятией 25.02 на -20% (до 350 е.Д.);

Март. 22–31.03 на -20% – -28% над Тюменской областью, Красноярским краем, Иркутской областью и западными районами Якутии, 31.03 - до -28% (до 350 е.Д.)

Апрель. 4–8.04 и 29–30.04 над Чукоткой, севером Камчатки, Магаданской областью и северо-восточными районами Якутии на -22% – -26% (до 350 е.Д.);

Май. 9–15.05 над центральными и северными районами европейской части РФ до -20% (до 310 е.Д.), над Камчаткой и северными Курилами 2831.05 до -24% (320 е.Д.);

Июнь. 1–3.06 над Камчаткой и южными районами Чукотки до – 19% (320 е.Д.), 12.06 над Крымом на – 16% (до 305 е.Д.), 15–17.06 над севером Иркутской области и юго-западном Якутии на – 16% (до 315 е.Д.);

Июль. 14–22.07 на -14% – -19% (до 260 е.Д.) над Ямало-Ненецким и Ханты-Мансийским автономными округами, северными районами Красноярского края и северо-восточными районами Якутии, 21–22.07 над югом Хабаровского края и Сахалином на -15% – -19% (до 275 е.Д.), 27.07 над Курилами на – 16% (до 280 е.Д.);

Август. 16–23.08 над южными, юго-восточными и центральными районами европейской части РФ на -14% – -19% (до 275 е.Д.), 14–19.08 над Хабаровским краем на – 14% – – 18% (до 260 е.Д.), 17.08 над Сахалином на – 18% (до 260 е.Д.), 19–23.08 над Магаданской областью, восточной Якутией, западными и южными районами Чукотки и северными районами Камчатки на -14% – -21% (до 245 е.Д.);

Сентябрь. 7–8.09 над центральными и южными районами Хабаровского края и Сахалином на - 18% – - 26% (до 255 е.Д.), 20–26.09 над Иркутской областью, республикой Бурятия, Забайкальским краем от -16% до -20% (до 265 е.Д.) и 26–30.09 над Забайкальским краем, Амурской областью и Центральными районами Хабаровского края на - 16% – - 20% (275 е.Д.);

Октябрь. 25–29.10 над центральными районами европейской части РФ и восточной Сибирью на -14% – -26% (220 е.Д.), 18–27.10 над Якутией, Чукоткой, Камчаткой, Сахалином и Хабаровским краем от -14% до -20% (300 е.Д.);

Ноябрь. 2–10.11 над северными районами Европейской части РФ, Сибири, Урала до -20% (360 е.Д.), а также 11.11 над северными районами Иркутской области, юго-восточными районами Красноярского края и юго-западными районами Якутии до -22% (380 е.Д.). Над Крымом и южными районами Европейской части РФ 6–10.11 до -18% (250 е.Д.) и 14–25.11 над северными, центральными и южными районами Европейской части РФ до -26% (220 е.Д.), 27.11 над Мурманской областью и Карелией до -22% (230 е.Д.), 28–30.11 над северными районами Европейской части РФ и западной Сибири до -24% (220 е.Д.);

Декабрь. 1–14.12 и 25–31.12 над Западно-Сибирским и Восточно-Сибирским регионами, а также республикой Саха (Якутия). При этом пониженные значения ОСО достигали 12.12 - до -30% (240 е.Д.), 31.12 - до -28% (260 е.Д.).

2.3.3.1. Особенности состояния озонового слоя над регионами РФ

Измерения ОСО на территории РФ

Анализ полученных результатов измерений ОСО на озонометрических станциях России в 2019 г., так же, как и в предыдущие годы, был произведен на основе разделения поля ОСО над территорией РФ на регионы со сравнительно однородным содержанием озона: Север Европейской территории России (Север ЕТР), Юг Европейской территории России (ЮГ ЕТР), Западная Сибирь (ЗС), Восточная Сибирь (ВС) и Дальний Восток (ДВ).

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

В настоящем обзоре использованы данные озонометрических станций, которые соответствуют нормам качества, удовлетворяющим требованиям ВМО. Продолжительность наблюдений ОСО, выполненных по одной методике, составляет 45 лет. Многолетние ряды наблюдений отчетливо проявили существенные и преимущественно меридиональные различия сезонного хода ОСО на протяженной территории РФ. Полученные ряды наблюдений позволили рассчитать климатические нормы, за которые приняты средние многолетние значения ОСО за 1973–2002 гг. для регионов РФ (табл. 2.10).

Таблица 2.10. Общее содержание озона в различных регионах России в 2019 г., норма** и отклонения от нормы (%)

Месяцы / Регионы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Общее содержание озона в 2019 г., е.Д.*													
Сев. ЕТР	412	389	417	356	392	351	336	325	296	285	271	297	344
Юг ЕТР	362	364	387	381	350	336	338	315	317	291	296	328	339
ЗС	373	411	400	420	395	363	325	318	316	292	309	281	350
ВС	403	426	438	448	414	352	325	316	314	312	345	333	369
ДВ	423	465	462	425	383	377	344	316	319	332	377	426	387
Отклонения ОСО в 2019 г. от нормы, %													
Сев. ЕТР	21.6	2.7	6.7	-10.7	3.3	0.0	1.3	3.1	-1.5	-1.6	-5.6	-4.8	1.2
Юг ЕТР	4.4	-2.1	1.8	0.7	-4.4	-4.1	1.7	-1.9	2.7	-1.9	-1.5	2.8	-0.1
ЗС	3.4	7.3	1.7	7.2	3.7	2.7	-2.6	-0.9	2.4	-1.9	2.9	-13.0	1.1
ВС	3.8	2.7	2.2	4.6	3.2	-1.7	-0.6	0.0	0.0	-0.5	6.8	-2.2	1.5
ДВ	-1.3	3.8	1.9	-1.5	-3.6	4.8	4.1	1.4	0.7	0.2	3.8	8.3	1.9
Норма, е.Д. 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 5.3	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
ЗС	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
ВС	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
ДВ	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

Примечание: *1 е.Д. = 0.001 атм.-см;*

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

Многолетние вариации ОСО над территорией РФ

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

Среднегодовые значения ОСО над территорией РФ в целом за 1973–2019 гг. представлены на рис. 2.11. Весь 45-летний ряд значений ОСО может быть разделен на три периода, для которых тренд межгодовых изменений ОСО был различен:

– 1973–1993 гг. – значительное уменьшение ОСО (- 1,5 е.Д./год);

– 1993–1999 гг. – значительный рост ОСО (более 3,0 е.Д./год);

– 1996–2019 гг. – существенные межгодовые колебания при незначительном общем тренде. Среднее значение ОСО (349 е.Д.) несколько ниже нормы, общее падение ОСО (- 0,4 е.Д./год).

В 1992–1995 гг. наблюдалась минимальная толщина озонового слоя.

С 2016 года зафиксирован устойчивый рост среднегодовых значений, что может являться признаком начала нового периода.

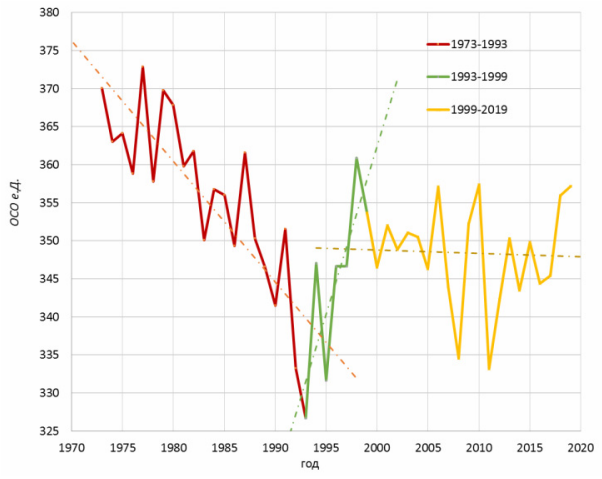


Рис. 2.11. Среднегодовые значения ОСО над территорией РФ в период1973–2019 гг.

Вариации поля ОСО над регионами РФ в 2019 г.

В течение 1973–2019 гг. толщина озонового слоя ниже нормы (353 е.Д.) более чем на 5% наблюдалась в следующие годы:1992 г. (- 5,4%),1993 г. (-7,1%), 1995 г. (-5,9%), 2008 г. (- 5,4%), 2011 г. (-5,8%).

В течении 45 лет наблюдений ОСО над РФ совершенно отчетливо проявилось чередование максимумов и минимумов среднегодовых значений ОСО с периодом 2,4 года с «квазидвухлетней» цикличностью.

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

Результаты расчета среднемесячных значений ОСО над регионами РФ в 2019 г. и их отклонения от нормы приведены в табл. 2.10 и представлены на рис. 2.12..

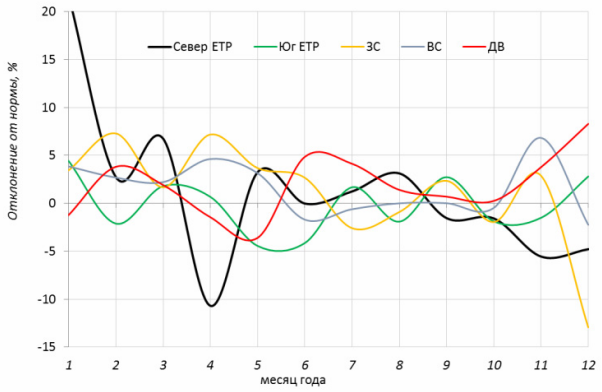


Рис. 2.12. Отклонения среднемесячных значений ОСО от норм по регионам РФ в 2019 г. (Север ЕТР – Север Европейской территории России, Юг ЕТР – Юг Европейской территории России, ЗС – Западная Сибирь, ВС – Восточная Сибирь, ДВ – Дальний восток)

На Севере ЕТР среднегодовой уровень ОСО в 2019 г. был немного выше нормы (1,2%). В то же время отмечались резкие колебания ОСО в течение года. В конце января наблюдались аномально высокие значения ОСО, отклонения от нормы составляли около 40%. Среднее значение ОСО за месяц превысило норму на 20%. В феврале–марте значения ОСО - оставались в пределах нормы. Во второй половине апреля отклонения от нормы составляли около 20%, в среднем за месяц значение было на 10% ниже нормы. В период с мая по октябрь – в пределах нормы. Среднемесячные значения ОСО для Севера ЕТР в ноябре и декабре были ниже нормы. Отклонение средних значений составило около 5%.

На Юге ЕТР среднегодовой уровень ОСО был очень близок к норме (-0,1%). Несколько повышенные значения ОСО наблюдались в январе (+4.4%). В мае-июне содержание озона было ниже нормы на 4.4% и 4.1% соответственно, а в остальное время значения ОСО были близки к норме.

Над Западной Сибирью среднегодовой уровень ОСО был несколько выше нормы (+1,1%). В первой половине года над регионом сохранялись устойчиво повышенные значения озона с максимальными отклонениями (7,3%), с июня по ноябрь значения ОСО над регионом были близки к норме или незначительно снижены. В период с мая по ноябрь отклонения от норм не превышали статистически ожидаемых значений. В декабре - среднемесячные значения были существенно ниже нормы (- 13%).

Над Восточной Сибирью среднее за год содержание озона было выше нормы на +1,5%. Первая половина года характеризовалась повышенными относительно нормы значениями ОСО. Значительно повышены среднемесячные значения ОСО были в январе (+3,8%) и в апреле (+4,6%). С июня по ноябрь значения ОСО над регионом близки к норме или незначительно ниже. В ноябре было зафиксировано максимальное превышение нормы (+6.8%), в декабре – в пределах нормы.

На Дальнем Востоке состояние озонового слоя было очень изменчивым, но до декабря 2019 г. не наблюдалось столь значительных, как в остальных регионах, отклонений от нормы. Наиболее значимые превышения нормы имели место в феврале (+3,8%), июне (+4,8%), июле (+4,1%), а низкие значения - в мае (-3,6%). В декабре, благодаря преимущественному расположению арктического антициклона и его величине, среднемесячное значение ОСО оказалось значительно выше нормы (+8,3%). Среднее по региону за год значение ОСО было несколько выше нормы (+1.9%).

Над всей территорией РФ в 2019 г. средняя за год толщина озонового слоя составила 358 е.Д. и оказалась выше нормы (353 е.Д.) всего на 1,2%.

Поле ОСО и особенности циркуляции 2019 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 немного смещен к Северной Атлантике. В тоже время в течение зимы над Сибирью, Дальним Востоком и Востоком Канады устанавливается высотный антициклон с высоким содержанием озона и высокой температурой.

Распределение ОСО над территорией РФ и его вариации в 2019 г. имели ряд значительных особенностей. В начале января полярный антициклон значительно превосходил по размерам и практически «выдавил» циркумполярный вихрь в сторону Западной Европы и Атлантики. К середине месяца область с высокими значени-

ями ОСО распространилась практически на всю полярную зону Северного полушария, а затем продолжила расширение вплоть до 50 градуса северной широты. Это во многом и спровоцировало аномально высокие значения озона на севере ЕТР в январе. Началось раннее образование области повышенных значений ОСО (так называемый весенний максимум). Такое расширение области с повышенными значениями ОСО аномально, что и демонстрировали устойчиво повышенные среднемесячные значения ОСО во всех регионах.

К особенностям 2019 г. следует также отнести неожиданно раннее формирование устойчивого циркумполярного вихря, с аномально низкими значениями ОСО. К концу ноября образовались два масштабных и очень устойчивых высотных барических образования (рис. 2.13), сильно различающихся по содержанию озона, со значениями ~300 - 450 е.Д. и ~200 - 300 е.Д. соответственно. Оба этих образования с незначительными вариациями по положению и значениям максимумов и минимумов ОСО сохранились до конца года. В декабре поле озона в основном определялось взаимоположением циркумполярного вихря и полярного антициклона, которые практически блокировали друг друга в первой половине декабря. Во второй половине декабря, несколько поменяв свое местоположение и размеры, они снова пришли в равновесие. Устойчивое расположение вихря над Западной Сибирью привело к возникновению аномально низких значений ОСО над этим регионом в декабре. Также пониженные значения в конце года затронули Север ЕТР.

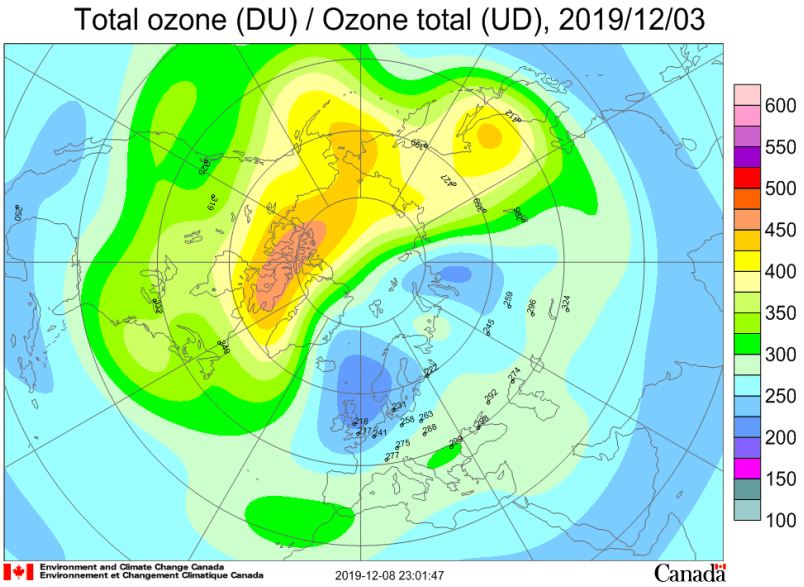


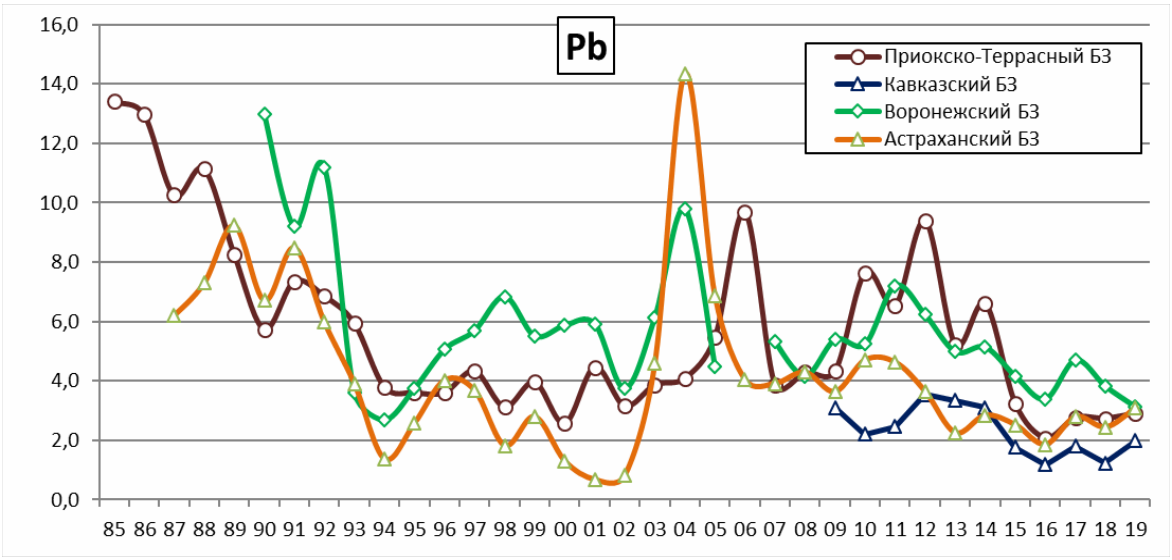
Рис. 2.13. Поле ОСО над Северным полушарием 03.12.2019 г. по данным канадского центра по окружающей среде и изменениям климата *https://exp-studies.tor.ec.gc.ca*.
В цветовой шкале представлены спутниковые данные.
В виде цифр приведены значения, полученные наземной аппаратурой

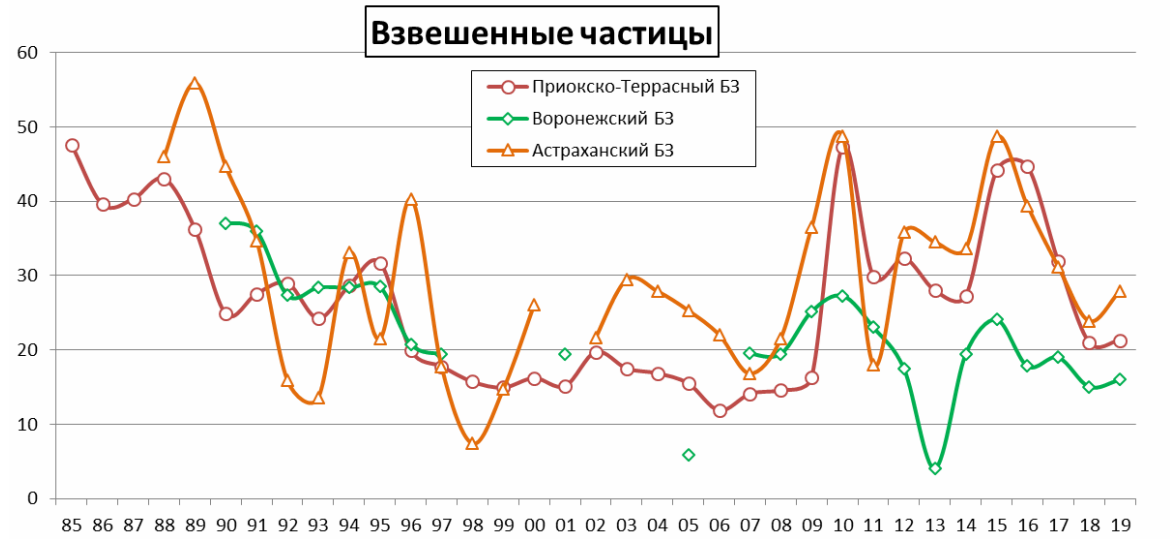
2.3.4. Фоновое содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (по данным сети СКФМ)

Оценка фонового загрязнения атмосферного воздуха и осадков выполнена по данным сети станций комплексного фонового мониторинга (СКФМ) и специализированных станций Глобальной службы атмосферы (ГСА ВМО). В 2019 г. наблюдения за фоновым загрязнением атмосферного воздуха проводились на четырех СКФМ, обеспечивая необходимый объем информации только для характеристики регионального фонового загрязнения атмосферы в Центральных районах Европейской территории России (ЕТР).

Анализ загрязнения атмосферного воздуха подготовлен с использованием осредненных значений концентраций, измеряемых на СКФМ веществ в воздухе за месяцы, сезоны и год, рассчитанных из рядов годового цикла наблюдений с октября 2018 г. по сентябрь 2019 г. (геофизический год).

Тяжелые металлы. Среднегодовые концентрации свинца в воздухе фоновых районов ЕТР составили 2,0 – 3,1 нг/м^3; значимых изменений его содержания в атмосфере фоновых территорий по сравнению с 2018 г. не произошло, при отмечающемся в последние 6-8 лет снижении среднегодовых значений (рис. 2.14).





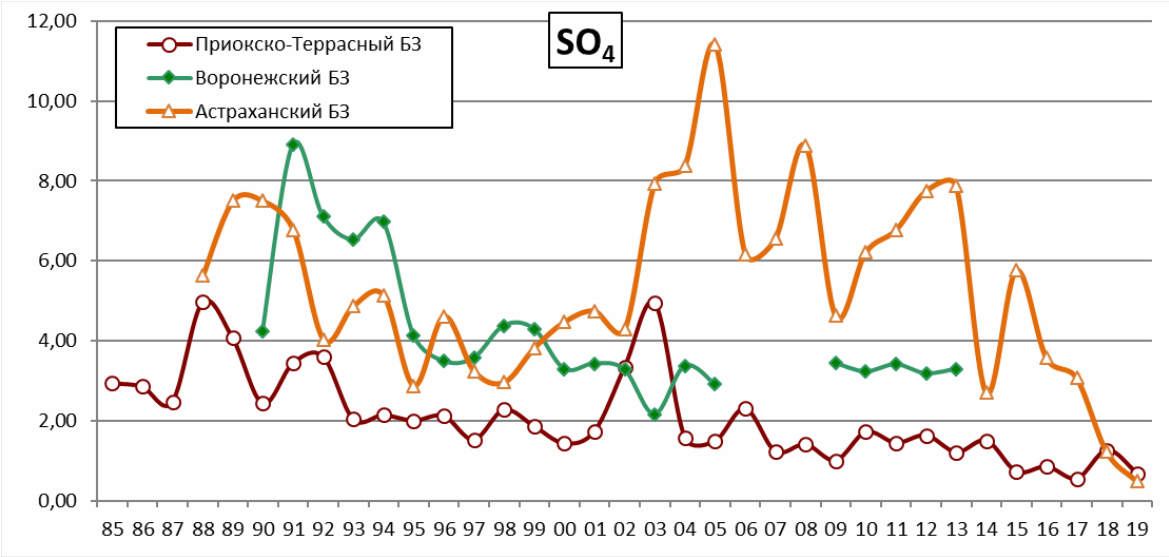


Рис. 2.14. Многолетнее изменение среднегодового содержания свинца (нг/м^3), взвешенных частиц и сульфатов

Среднегодовые концентрации кадмия в атмосферном воздухе в центральных районах ЕТР сохранились на уровне, наблюдавшемся в последние годы, и в 2019 г. почти не превышали 0,1 нг/м^3. На юге ЕТР, в Астраханском БЗ продолжают регистрироваться повышенные уровни концентраций кадмия, что характерно для результатов наблюдений во всех средах на протяжении десятилетия (табл. 2.11).

В отдельные дни содержание в воздухе свинца и кадмия находилось существенно выше среднегодовых значений, максимальные среднесуточные концентрации свинца – до 83 нг/м^3 и кадмия - 11 нг/м^3, наблюдались в Астраханском БЗ.

Фоновое среднее содержание ртути в атмосферном воздухе, измерения которого проводится только в центральном районе ЕТР, сохраняется ниже 5 нг/м^3: в 2018-2019 геофизическом году среднегодовая концентрация ртути составила 4,3 нг/м^3 (табл. 2.11).

Хлорорганические пестициды. В 2018-2019 гг. на ЕТР среднегодовые значения фоновых концентраций сумм изомеров ГХЦГ и ДДТ в воздухе сохранились низкими, на уровне, близком к пределу обнаружения аналитическими методами (как и прошлые годы измерения от 30 до 50% проб были ниже предела обнаружения). В целом в 2019 г. содержание пестицидов в воздухе находилось в пределах изменений уровней их концентраций за последние 10 лет.

Взвешенные частицы. В 2018-2019 гг. среднегодовые концентрации взвешенных частиц в воздухе на ЕТР изменялись в пределах 16–28 мкг/м^3, что соответствует уровню значений последних 10 лет (табл. 2.11, рис. 2.14). Эпизодическое повышение концентраций взвешенных частиц наблюдалось в теплый период года: отдельные максимальные среднесуточные концентрации превышали 160 мкг/м^3 на всех фоновых станциях (табл. 2.11). Сезонные изменения содержания взвешенных частиц в атмосфере имеют ярко выраженный максимум в летний период, что обусловлено влиянием природных факторов.

Диоксид серы. В 2018-2019 гг. среднегодовые фоновые концентрации диоксида серы на станциях ЕТР сохранились на низком уровне – около 0,03–0,44 мкг/м^3 (рис. 2.15). В холодный период года наблюдались более высокие концентрации диоксида серы, увеличиваясь в отдельные сутки до 7,6 мкг/м^3 в центре ЕТР (табл. 2.11). В долгосрочной динамике можно отметить стабилизацию уровней концентраций после отмечавшегося их уменьшения в течение 10 предыдущих лет. Сезонные изменения содержания диоксида серы имеют ярко выраженный максимум в холодный период года, что связано с отопительным сезоном.

Таблица 2.11. Результаты наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на станциях комплексного фонового мониторинга в 2018-2019 гг. (числитель - среднегодовое значение, знаменатель – интервал изменений суточных концентраций)

Загрязнящие вещества	Приокско-Террасный БЗ	Воронежский БЗ	Астраханский БЗ	Кавказский БЗ
Pb, нг/м^3	2,91	3,13	3,08	1,98
	0,25-16,6	0,23-22,9	0,05-83,0	0,05-10,1
Cd, нг/м^3	0,091	0,094	0,66	0,091
	0,006-0,62	0,001-0,23	0,084-11,0	0,002-2,20
Hg, нг/м^3	4,29			
	0,062-36	- *)	-	-
SO_2, мкг/м^3	0,29	0,44	0,17	0,026
	0,1-7,6	0,02-2,82	0,01-1,34	0,01-0,4
NO_2, мкг/м^3	4,93	3,95	1,21	
	0,7-23,1	1,09-12,76	0,04-5,27	-
SO_4, мкг/м^3	0,68		0,48	
	0,02-30,6	-	0,04-7,30	-
Взвешенные частицы, мкг/м^3	21,3	16,0	27,9	-
	3,0-167,0	8,0-160,0	1,3-176,6	

*) *Измерения в 2019 г. не проводились*

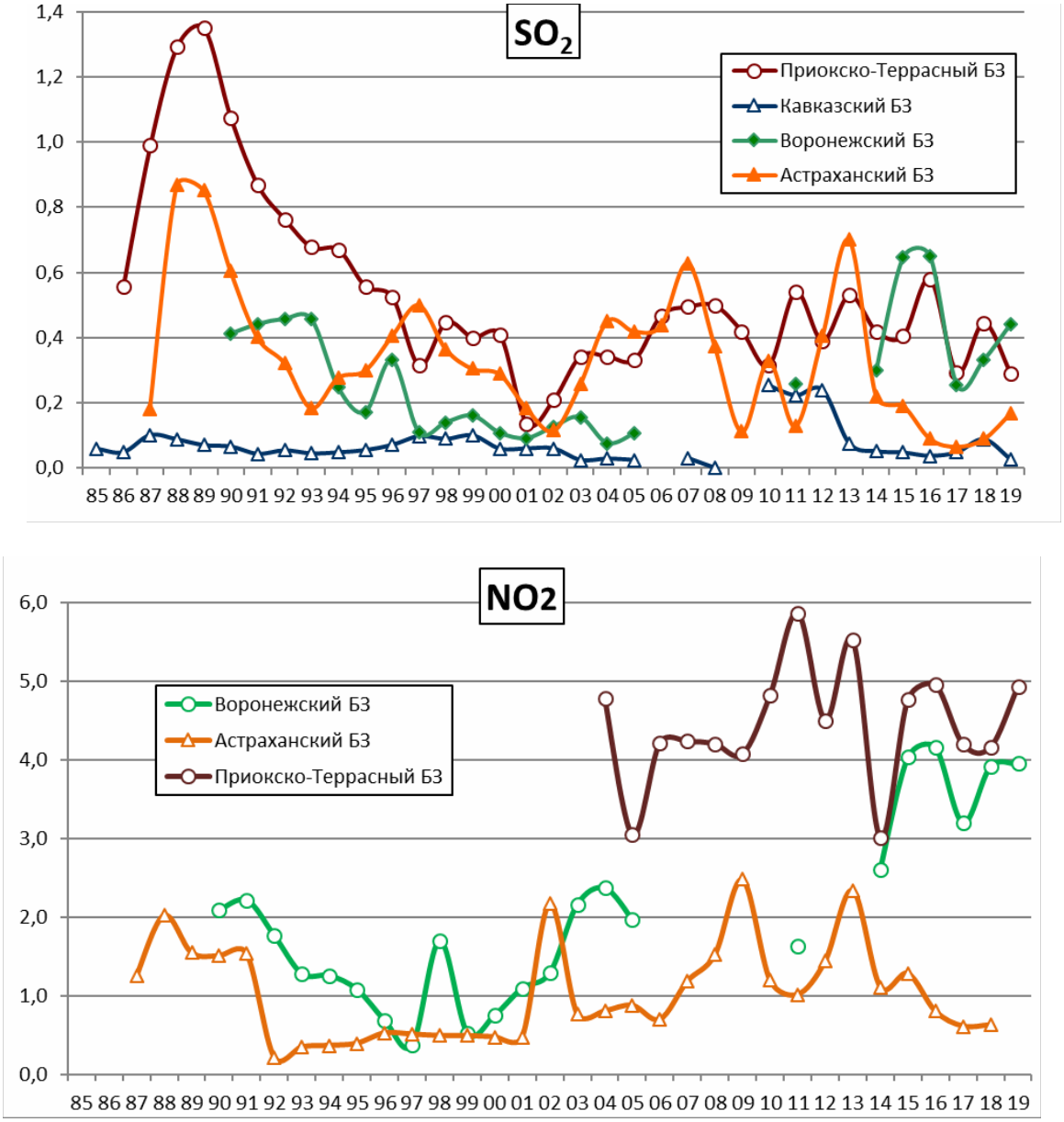


Рис. 2.15. Изменение фонового содержания диоксида серы и диоксида азота в атмосферном воздухе фоновых районов (мкг/м^3) за многолетний период (геофизические года)

Диоксид азота. В 2018-2019 гг. среднегодовые фоновые концентрации диоксида азота в воздухе на европейской территории сохранились на уровне прошлых лет, варьируя от 1,21 до 4,93 мкг/м^3 (рис. 2.15). Сезонные изменения фоновых концентраций диоксида азота ясно выражены: в холодный период в центре ЕТР наблюдаются максимальные значения, и повышается повторяемость среднесуточных высоких концентраций (табл. 2.11).

Сульфаты. В 2018-2019 гг. среднегодовые фоновые концентрации сульфатов в центре ЕТР составляли около 0,68 мкг/м^3, при этом значения меньше 3 мкг/м^3 были зарегистрированы в 95% измерений. В южных районах ЕТР среднегодовые концентрации были несколько ниже, чем в центре ЕТР - около 0,5 мкг/м^3 (рис. 2.14). В целом, относительно повышенные концентрации сульфатов в центре ЕТР характерны для холодного периода года, в южных районах - для теплого периода.

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

2.3.5. Ионный состав атмосферных осадков на российских станциях, входящих в систему Глобальной Службы Атмосферы ВМО

В систему Глобальной службы атмосферы (ГСА) ВМО входят 10 станций, распределенных по трем зонам: Европейская территория России (ЕТР) — Усть-Вымь, Воронежский БЗ и Приокско-Террасный БЗ; Азиатская территория России (АТР) – Туруханск, Хужир, Памятная, Тикси и 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 станциях Хужир и Тикси - месячные пробы.

Основные характеристики химического состава осадков (ХСО) фоновых станций в 2019 г., а также за период 2015-2019 гг. представлены в таблицах 2.12 и 2.13.

В 2019 г. средневзвешенные значения минерализации осадков фоновых станций в основном были ниже величины регионального фона (15 мг/л). Превышение регионального фона чаще характерны для осадков АТР. В 2019 г. средневзвешенная сумма ионов в осадках большинства станций ЕТР уменьшилась в среднем на 10%, а в осадках АТР увеличилась в среднем на 17% по сравнению с периодом 2015-2019 гг.

В 2019 г. наиболее значимые изменения количественного химического состава по сравнению со средним значением 2015-2019 гг. произошли в осадках Воронежского БЗ и Тикси из-за увеличения концентраций хлоридов и натрия, Усть-Выми - их уменьшения, а в Хужире - увеличения содержания в осадках гидрокарбонатов и магния.

По данным наблюдений за 2019 г., как и в предыдущие годы, наиболее низкие значения концентраций кислотообразующих ионов (SO_4^{2-}, NO_3^-, NH_4^+) в осадках во внутригодовом ходе приходятся на теплый период, что согласуется с максимальным количеством выпадающих осадков и минимальной минерализацией в этот период. На территории Кавказского БЗ усиление циклонической деятельности в холодное время года обуславливает зимний максимум осадков и минимальные концентрации ионов в этот период года.

Для станций фонового мониторинга характерна определенная идентичность качественного состава ХСО. В ионном балансе атмосферных осадков большинства станций преобладающими примесями являлись: из анионов - гидрокарбонат или сульфат, из катионов - кальций или натрий. Для Приокско-Террасного БЗ характерно преобладание нитратов в осадках. В морском климате соотношение примесей в ионном балансе осадков изменяется вследствие иногда значительного преобладания хлоридной составляющей. В целом за период 2015-2019 гг., как и в предыдущие годы, содержание основных ионов были выше в осадках АТР, чем на ЕТР.

Таблица 2.12. Средневзвешенные концентрации ионов и величины pH и удельной электропроводности (k) в осадкх на станциях фонового мониторинга, 2019 г.

Станция	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	M	pH	k, мкСм/см
	мг/л											
ЕТР												
Усть-Вымь	1,06	0,34	1,12	1,67	0,43	0,27	0,18	0,56	0,04	5,68	5,7	11,5
Приокско-Террасный БЗ	0,98	0,51	1,19	0,29	0,29	0,20	0,18	0,36	0,06	4,05	5,3	12,7
Воронежский БЗ	2,12	1,41	2,09	1,15	0,43	0,94	0,71	0,78	0,12	9,75	5,4	24,7
Кавказский БЗ	1,44	0,51	0,96	0,96	0,24	0,29	0,15	0,68	0,08	5,31	5,7	15,8
Шаджатмаз	1,72	0,56	1,53	5,08	0,94	0,23	0,34	1,63	0,18	12,2	6,3	19,0
АТР												
Памятная	2,09	1,04	1,84	1,74	0,61	0,66	0,63	0,70	0,21	9,52	5,8	23,9
Туруханск	1,07	0,56	0,57	3,53	0,16	0,45	0,26	0,55	0,50	7,65	6,4	14,1
Хужир	1,09	0,40	0,41	5,45	0,22	0,15	0,15	0,51	0,97	9,35	6,6	15,5
Терней	1,69	1,13	1,60	0,51	0,25	0,57	0,17	0,72	0,23	6,88	5,9	16,0
Тикси	1,91	7,84	0,50	1,53	0,35	3,44	0,69	0,63	0,43	17,3	5,8	30,6
Приморская	1,95	1,34	1,53	0,81	0,64	0,54	0,39	0,60	0,23	8,02	6,2	21,1

Таблица 2.13. Средневзвешенные концентрации ионов и величины pH и удельной электропроводности (k) осадков станций фонового мониторинга, 2015-2019 гг.

Станция	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	M	pH	k, мкСм/см
	мг/л											
ЕТР												
Усть-Вымь	1,10	0,44	0,88	2,75	0,49	0,38	0,18	0,72	0,11	7,05	6,0	14,3
Приокско-Террасный БЗ	0,98	0,52	1,13	0,63	0,32	0,18	0,14	0,45	0,10	4,45	5,5	12,1
Воронежский БЗ	1,84	0,85	1,69	1,09	0,38	0,53	0,40	0,66	0,13	7,57	5,6	19,1
Кавказский БЗ	1,24	0,50	0,76	2,03	0,25	0,24	0,12	0,92	0,12	6,20	5,9	15,7
Шаджатмаз	1,57	0,58	1,77	5,23	0,77	0,36	0,28	1,52	0,27	12,3	6,3	20,1
АТР												
Памятная	2,16	1,21	1,37	1,91	0,47	0,76	0,45	0,77	0,24	9,34	5,8	22,7
Туруханск	1,52	0,69	0,56	2,09	0,18	0,50	0,29	0,52	0,33	6,68	6,0	15,4
Хужир	1,19	0,41	0,54	2,80	0,31	0,24	0,23	0,47	0,40	6,59	6,2	15,4
Терней	1,89	1,27	1,44	0,33	0,31	0,79	0,19	0,57	0,19	6,98	5,5	16,1
Тикси*	2,29	4,18	0,51	3,00	0,34	1,94	0,59	0,67	0,35	13,9	6,0	26,1
Приморская	3,15	1,30	1,84	1,09	0,81	0,76	0,53	0,81	0,26	10,54	6,0	28,5

**Примечание: данные по Тикси рассчитаны за 2016-2019 гг.*

Наибольшим временным колебаниям были подвержены гидрокарбонаты, концентрация которых снизилась в осадках всех фоновых станций ЕТР, за исключением Воронежского БЗ (рис. 2.16). Значимое уменьшение содержания гидрокарбонатов по сравнению со средним значением за 2015-2019 гг. произошло в осадках равнинных станций - в Усть-Выми и Приокско-Террасном БЗ - на 39% и 54% соответственно. В осадках горных станций значимое уменьшение концентрации HCO_3^- произошло только в осадках Кавказского БЗ (на 53%).

Содержание сульфатов и нитратов в осадках ЕТР увеличилось в среднем на 10%.

Наиболее существенное снижение содержания гидрокарбонатов в осадках АТР было отмечено для Тикси - практически на 50% (рис. 2.17). Максимальное увеличение содержания гидрокарбонатов в 2019 г. по сравнению с предыдущим годом наблюдалось в осадках Хужира - с 2,0 до 5,5 мг/л. Снижение сульфатов в осадках проявилось на всех станциях АТР в среднем на 20%. В 2019 г. по сравнению с 2017 г. наиболее существенное снижение произошло в осадках Тикси - с 3,8 мг/л до 1,9 мг/л и в осадках ст. Приморская - с 3,9 мг/л в 2018 г. до 2,0 мг/л в 2019 г.

Содержание хлоридов в осадках практически всех фоновых станций составило 0,3-1,5 мг/л. Максимальные концентрации хлоридов в осадках характерны для прибрежной станции Тикси, где их содержание в 2019 г. в отдельные месяцы достигало порядка 30,0 мг/л.

Из катионов в осадках ЕТР преобладали ионы кальция, концентрация которых в 2015-2019 гг. изменялась от 0,7 до 1,0 мг/л. В осадках АТР преобладали ионы натрия, среднегодовое содержание которых выше в 2 раза по сравнению с осадками ЕТР и составило 0,3-0,4 мг/л.

В 2019 г. максимальная кислотность осадков (pHмин) на ЕТР наблюдалась в недельных пробах осадков Воронежского - 4,3, и Приокско-Террасного БЗ - 4,4, что обусловлено в основном локальными влияниями. Значения pH ниже 5,0 наблюдались также и в осадках других станций ЕТР, а диапазон изменения pH недельных проб составил 4,3-7,1 ед.pH.

Диапазон изменения кислотности недельных и месячных проб осадков на АТР составил 4,5-7,4 ед.pH. По результатам единичных наблюдений абсолютно минимальное значение pH осадков составило 3,5 на ст. Приморская, где на закисление атмосферных осадков, возможно, влияют как локальные источники загрязнения, так и трансграничный перенос.

Повторяемость кислых осадков (pH<5,0) в 2019 г. составила около 17% на ЕТР и около 4% на АТР. Изменение кислотности атмосферных осадков за период 2015-2019 гг. находилось в пределах 0,2-0,6 ед.pH, а общая картина распре-

деления среднегодовых значений pH в 2015-2019 гг. представлена на рис. 2.18.

В целом, на ЕТР отмечается увеличение кислотности осадков в основном из-за снижения содержания гидрокарбонатов. Для осадков большинства станций АТР характерно увеличение среднегодовой величины pH или снижение кислотности осадков в основном вследствие снижения концентрации сульфатов.

Выпадение веществ с осадками. Значения выпадений основных кислотообразующих соединений - серы (S) и азота ($N(NO_3)$, $N(NH_4)$ и $\sum N$) и суммарные влажные выпадения (P) за 2019 г., а также средние за период 2015-2019 гг. значения выпадений этих веществ с атмосферными осадками представлены в таблицах 2.14 и 2.15.

В 2019 г., как и в предыдущие годы, основной вклад в массу влажных выпадений вносили гидрокарбонаты и сульфаты, на долю которых в среднем приходилось от 30 до 55% на ЕТР и от 30 до 70% на АТР. Вклад азотосодержащих соединений в общую массу выпадений был максимальным (35%) в осадках Приокско-Террасного БЗ. Для большинства осадков как на ЕТР, так и на АТР вклад азотосодержащих соединений составил порядка 25%, а минимальный вклад - не более 10 % характерен для осадков Тикси, Хужира и Туруханска.

Величина суммарных влажных выпадений загрязняющих компонентов на большинстве станций в значительной степени определялась суммой осадков. Влажные выпадения веществ всегда более высокие на станциях с высоким количеством осадков. Так, в Кавказском БЗ при средневзвешенной минерализации 5,3 мг/л суммарные выпадения в 2019 г. составили 9,3 т/км^2 (при годовой сумме осадков 1760,8 мм), а в Усть-Выми - 4,3 т/км^2 при средневзвешенной минерализации 5,7 мг/л и годовой сумме осадков 769,2 мм.

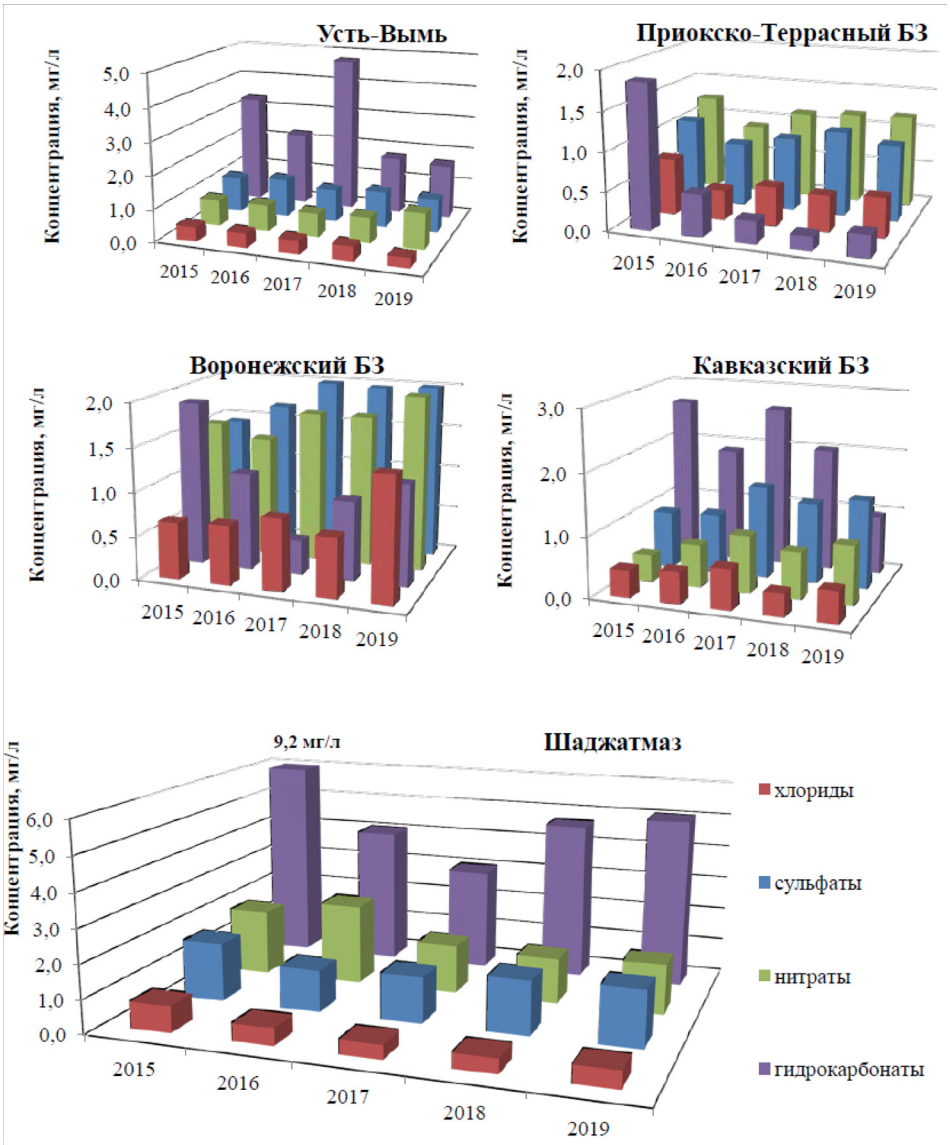


Рис. 2.16. Изменение содержания анионов в атмосферных осадках фоновых станций ЕТР в период с 2015 по 2019 гг.

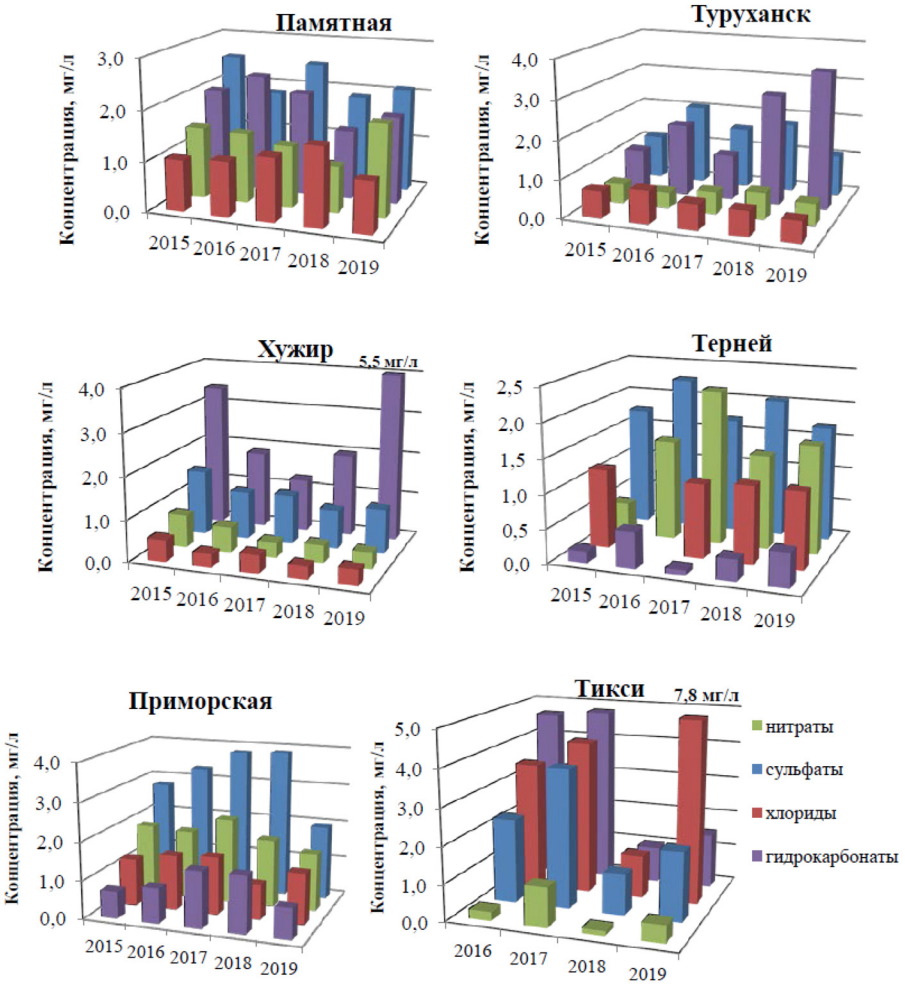


Рис. 2.17. Изменение содержания анионов в атмосферных осадках фоновых станций АТР в период с 2015 по 2019 гг.

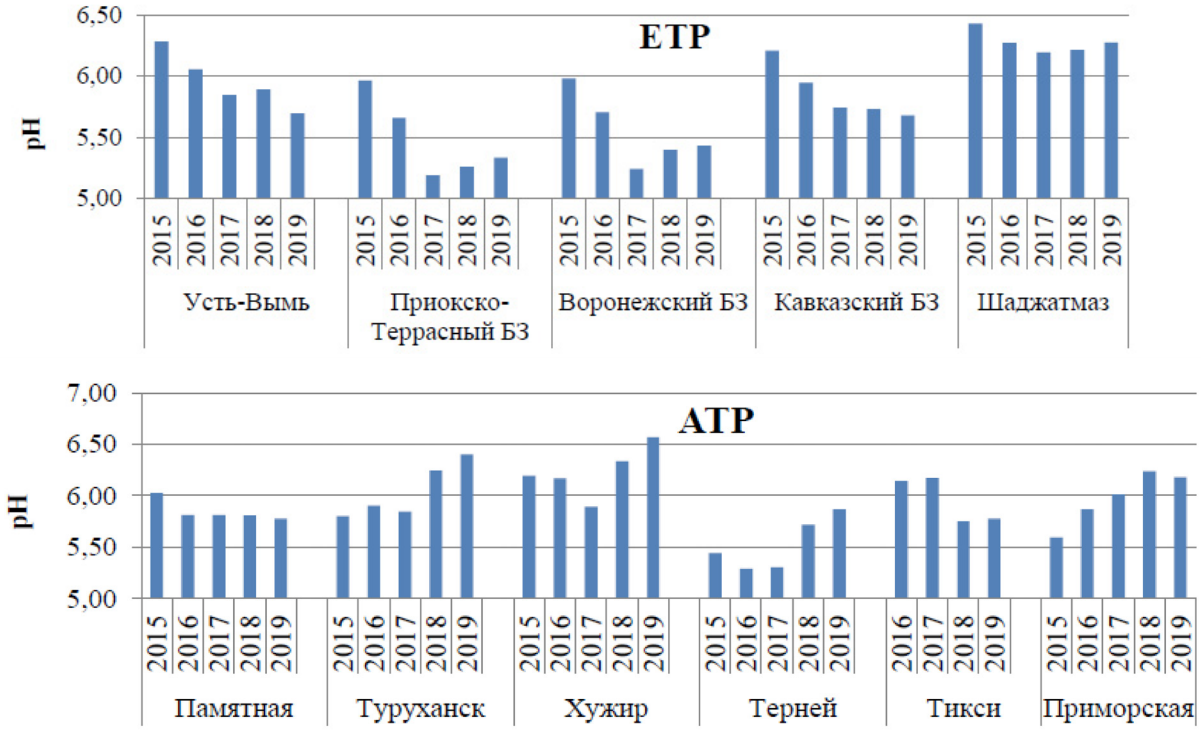


Рис. 2.18. Изменение среднегодовых значений pH атмосферных осадков фоновых станций в период с 2015 по 2019 гг.

В 2019 г. на всех фоновых станциях ЕТР превалировало выпадение суммарного азота над серой (табл. 2.14, рис. 2.19). Максимум выпадений серы и суммарного азота с осадками отмечался в Кавказском БЗ, что обуславливается выпавшей суммой осадков.

На равнинных станциях ЕТР - в Усть-Выми, Приокско-Террасном и Воронежском БЗ поступление суммарного азота за период 2015-2019 гг. не превышало 0,5 т/км^2/год. В горных районах ЕТР - в Кавказском БЗ и Шаджатмазе поступление суммарного азота было практически в 2 раза выше.

Превышение поступления с осадками азота аммиачного ($N(NH_4)$) над азотом нитратым ($N(NO_3)$) отмечалось за весь период 2015-2019 гг. в Усть-Выми и Шаджатмазе и в от-дельные годы в Приокско-Террасном и Кавказском БЗ.

Для фоновых станций АТР характерна обратная картина - выпадение серы с осадками превышало выпадение суммарного азота практически в 1,5 раза (рис. 2.20).

Максимальное поступление серы характерно для ст. Приморская и за период 2015-2019 гг. составило 0,6-1,3 т/км^2/год. На остальных фоно-

.

Таблица 2.14. Выпадение серы, азота и суммы ионов с осадками, 2019 г.

Станция	q, мм	$S(SO_4)$	$N(NO_3)$	$N(NH_4)$	∑N	P	$N(NH_4)/N(NO_3)$	S/∑ N
		т/км^2/год						
ЕТР								
Усть-Вымь	769,2	0,27	0,19	0,25	0,44	4,3	1,30	0,61
Приокско-Террасный БЗ	523,6	0,17	0,14	0,12	0,26	2,1	0,84	0,66
Воронежский БЗ	429,3	0,20	0,20	0,14	0,34	4,2	0,71	0,58
Кавказский БЗ	1760,8	0,30	0,38	0,32	0,70	9,3	0,85	0,43
Шаджатмаз	592,6	0,11	0,21	0,43	0,64	7,2	2,12	0,17
АТР								
Памятная	399,4	0,27	0,16	0,18	0,34	3,6	1,15	0,78
Туруханск	882,8	0,31	0,11	0,11	0,22	6,7	0,94	1,43
Хужир	160,8	0,06	0,01	0,03	0,04	1,5	1,81	1,38
Приморская	881,3	0,57	0,30	0,44	0,74	7,1	1,44	0,77
Терней	790,4	0,41	0,26	0,14	0,40	5,0	0,55	1,01
Тикси	173,5	0,11	0,02	0,04	0,06	3,0	2,22	1,74

Таблица 2.15. Среднее выпадение за период серы, азота и суммы ионов с осадками, 2015-2019 гг.

Станция	q, мм	$S(SO_4)$	$N(NO_3)$	$N(NH_4)$	∑N	P	$N(NH_4)/N(NO_3)$	S/∑ N
		т/км^2/год						
ЕТР								
Усть-Вымь	651,4	0,24	0,13	0,25	0,38	4,5	1,91	0,63
Приокско-Террасный БЗ	581,0	0,19	0,14	0,14	0,28	2,5	0,98	0,65
Воронежский БЗ	580,5	0,35	0,22	0,17	0,39	4,3	0,77	0,91
Кавказский БЗ	1982,8	0,81	0,34	0,39	0,73	12,2	1,15	1,10
Шаджатмаз	609,6	0,31	0,24	0,36	0,60	7,2	1,49	0,52
АТР								
Памятная	418,7	0,28	0,12	0,14	0,26	3,7	1,16	1,08
Туруханск	687,0	0,33	0,09	0,09	0,18	4,5	1,09	1,83
Хужир	165,1	0,06	0,02	0,04	0,06	1,0	1,88	1,13
Приморская	924,5	0,95	0,38	0,56	0,94	9,5	1,49	1,01
Терней	815,5	0,48	0,23	0,19	0,42	5,3	0,82	1,16
Тикси	217,8	0,17	0,03	0,06	0,09	3,1	2,11	2,02

** Данные по Тикси представлены за 2016-2019 гг.*

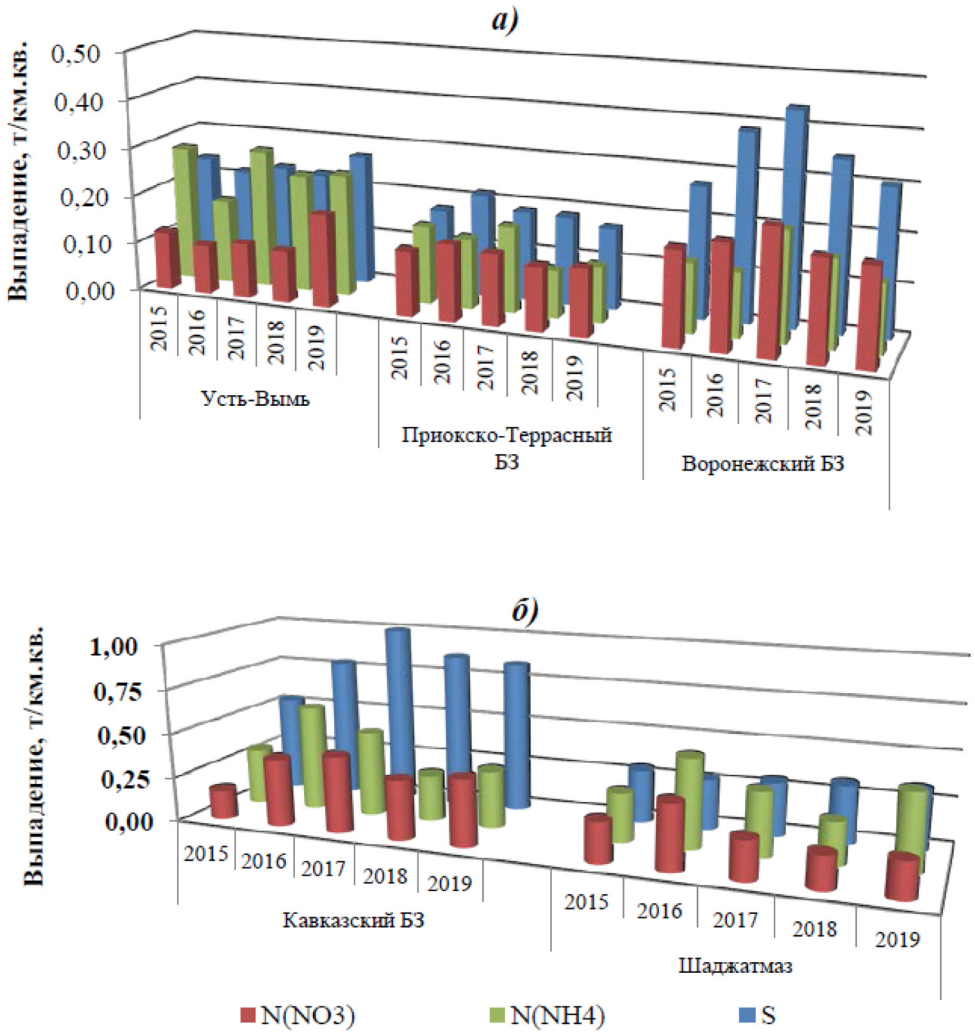


Рис. 2.19. Выпадения серы (S), азота нитратного ($N(NO_3)$) и азота аммонийного ($N(NH_4)$) с атмосферными осадками на ЕТР в период с 2015 по 2019 гг.

вых станциях АТР поступление серы, как правило, не превышало 0,5 т/км^2, с превышением в 2016 г. на ст. Терней (0,7 т/км^2), что связано с максимальным количеством выпавших в этот год осадков (1004,8 мм). Снижение поступления серы с осадками на АТР связано с уменьшением содержания сульфатов.

Для большинства станций АТР характерно преобладание поступления азота аммиачного над азотом нитратным. Диапазон изменения этих величин составил от 0,2 до 0,8 т/км^2/год для азота аммиачного и от 0,1 до 0,5 т/км^2/год для азота нитратного. Как правило, низкое поступление суммарного азота наблюдалось в районе ст. Хужир, максимальное - ст. Приморская.

В целом за период 2015-2019 гг. для большинства станций отмечено снижение величины суммарных влажных выпадений по сравнению со средним значением за 5 лет. Это связано с уменьшением содержания ионов в осадках, в основном гидрокарбонатов на ЕТР и сульфатов на АТР. При этом за весь рассматриваемый период значимые направленные изменения этой величины наблюдались только в Туруханске и Приокско-Террасном БЗ (рис. 2.21).

2.3.6. Кислотность и химический состав атмосферных осадков

Минерализация, химический состав и кислотность осадков. Сумма ионов и средневзвешенная концентрация компонентов по ФО в 2019 г. представлены в таблице 2.16, а средние величины за предыдущее пятилетие (2015-2019 гг.) — в таблице 2.17.

Из сравнения данных таблиц следует, что наблюдается снижение минерализации осадков в большинстве округов: в ЮФО - с 18,4 до 12,0 мг/л, в СЗФО — с 14,3 до 9,9 мг/л и в ПФО — с 27,2 до 21,7 мг/л, что составляет 35, 26 и 20% соответственно. Снижение минерализации осад-

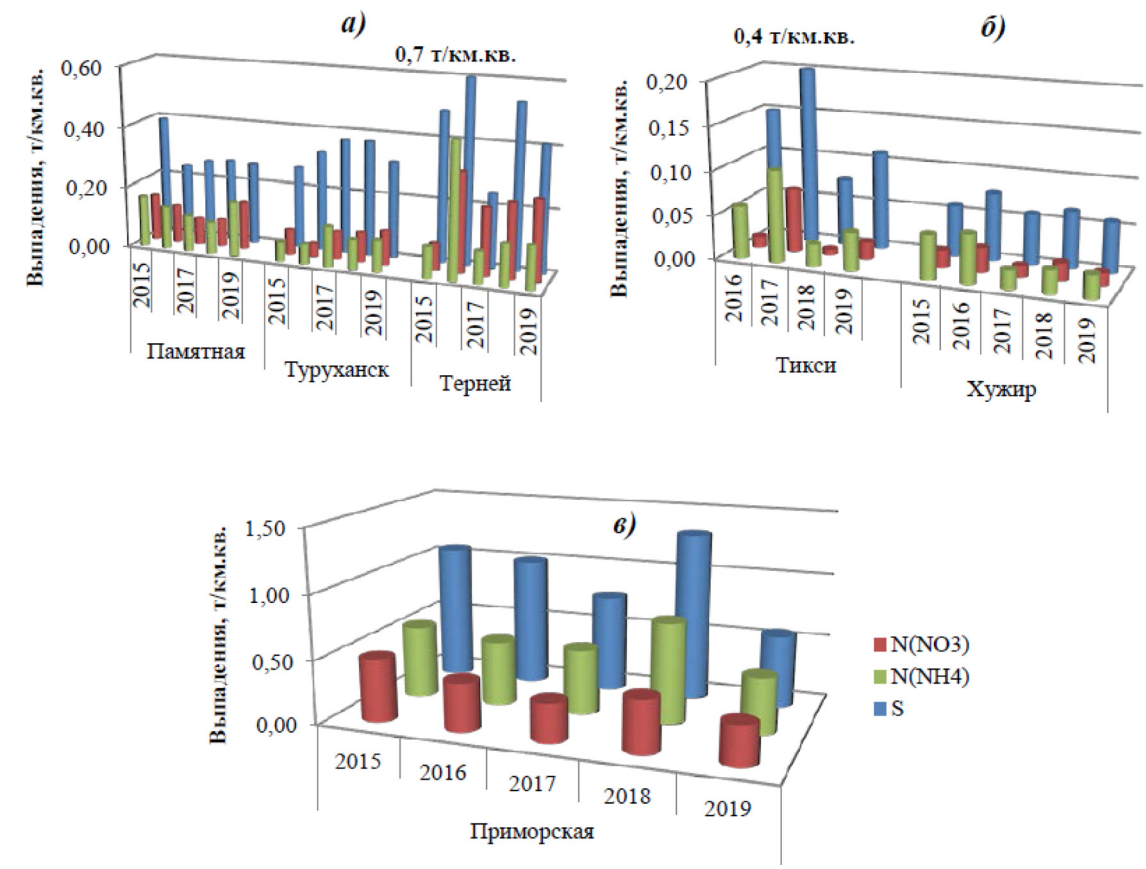


Рис. 2.20. Выпадения серы (S), азота нитратного ($N(NO_3)$) и азота аммонийного ($N(NH_4)$) с атмосферными осадками на АТР в период с 2015 по 2019 гг.

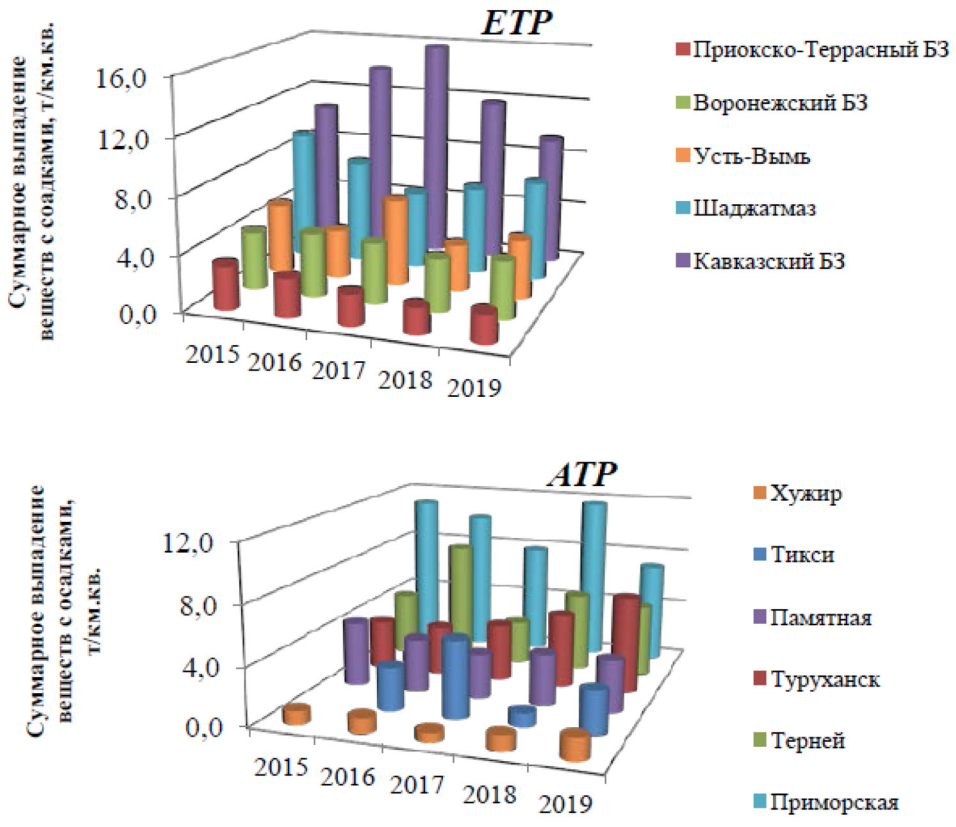


Рис. 2.21. Суммарное поступление веществ с осадками на фоновых станциях в период с 2015 по 2019 гг.

Таблица 2.16. Средневзвешенные концентрации ионов, величины pH и удельной электропроводности (k) в осадках по федеральным округам, 2019 г.

ФО	Количество станций	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	M	pH среднее	k, мкСм/см
		мг/л											
СЗФО	29	1,8	1,5	1,1	2,5	0,3	0,9	0,5	0,9	0,2	9,9	5,8	20,4
ЦФО	24	3,4	2	2,4	14,8	0,6	1,2	1,1	3,4	1,4	30,4	6,4	52,2
ПФО	20	5,6	1,9	3	8,6	0,9	1,2	0,7	2,9	0,6	21,7	6,2	43,4
ЮФО	6	2,4	1,5	2,1	2,4	0,6	0,9	0,4	1,3	0,2	12	5,9	25,8
СКФО	2	1,6	0,5	1,2	3,0	0,6	0,3	0,2	1,2	0,1	8,8	6,0	17,4
УФО	6	4,0	0,9	1,7	4,4	0,5	0,9	0,4	2,2	0,3	15,3	5,9	33,8
СФО	32	5,3	1,4	1,5	8,2	0,6	1,1	0,6	1,7	1,5	21,9	6,5	45,9
ДФО	31	2,9	1,9	1,3	5,5	0,5	1,1	0,5	1,1	0,9	15,8	6,3	35,9

Таблица 2.17. Средние за период 2015-2019 гг. концентрации ионов, величины pH и удельной электропроводности (k) в осадках по федеральным округам

ФО	Количество станций	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	M	pH среднее	k мкСм/см
		мг/л											
СЗФО	29	2,2	2,6	1,1	3,9	0,4	1,5	0,6	1,2	0,3	14,9	6,0	28,1
ЦФО	24	3,1	2,3	2,3	13,9	0,6	1,2	1,2	3,4	1,3	29,5	6,3	49,9
ПФО	20	5,1	2,0	2,8	8,6	0,8	1,3	0,7	3,5	0,6	27,2	6,4	46,9
ЮФО	6	3,7	3,2	2,1	3,9	0,5	1,5	1,1	1,8	0,4	18,4	6,0	37,2
СКФО	2	1,4	0,5	1,3	3,6	0,5	0,3	0,2	1,2	0,2	9,3	6,1	17,9
УФО	6	3,4	1,0	2,0	5,5	0,6	1,0	0,5	2,3	0,3	16,6	6,0	34,1
СФО	32	7,5	2,9	1,6	7,3	0,6	1,0	0,5	1,9	1,7	24,9	6,3	52,2
ДФО	31	3,3	1,9	1,4	5,0	0,5	1,3	0,5	1,2	0,9	16,2	6,0	37,0

ков в СФО на 14% в основном обусловлено уменьшением концентрации хлоридов в осадках Диксона. Содержание хлоридов свыше 40%, характерное в отдельные периоды для Диксона, очевидно связано с регулярным выносом морских солей. В остальных округах, где снижение составило от 1 до 8%, ситуацию в целом можно оценить, как стабильную.

Крайние значения также снизились. Нижний предел – до 8,8 мг/л в СКФО. Верхние значения минерализации, по-прежнему, наблюдались в ЦФО около 30 мг/л, как в 2019 г., так и в среднем за период 2015-2019 гг.

Снижение минерализации в ЮФО связано в основном с хлоридом и калием, содержание которых снизилось в 1,5 раза. Более высокие значения хлоридов и калия в ЮФО в период с 2015 по 2019 гг. обусловлены локальным загрязнением в поселке Нижнегорский, которое было устранено в 2019 г.

В осадках, по-прежнему, преобладали гидрокарбонаты, сульфаты и кальций. Их вклад в минерализацию осадков в среднем составлял от 40 до 60%. Снижение или рост минерализации в большинстве округов, в основном, был обусловлен изменением концентраций сульфатов, гидрокарбонатов и кальция.

Снижение минерализации осадков в 2019 г. по сравнению с периодом 2015-2019 гг., скорее всего, связано с ростом повторяемости осадков с минерализацией меньше или равной 15 мг/л (региональный фон).

Ход изменения повторяемости (%) минерализации (M) осадков по интервалам в 2019 г. и за период 2015-2019 гг. приводится на рис. 2.22.

В 2019 г. по сравнению с периодом 2015-2019 гг. повторяемость осадков с минерализацией меньше или равной 15 мг/л увеличилась во всех округах кроме СЗФО и СФО. Если в целом по России частота выпадения осадков с минера-

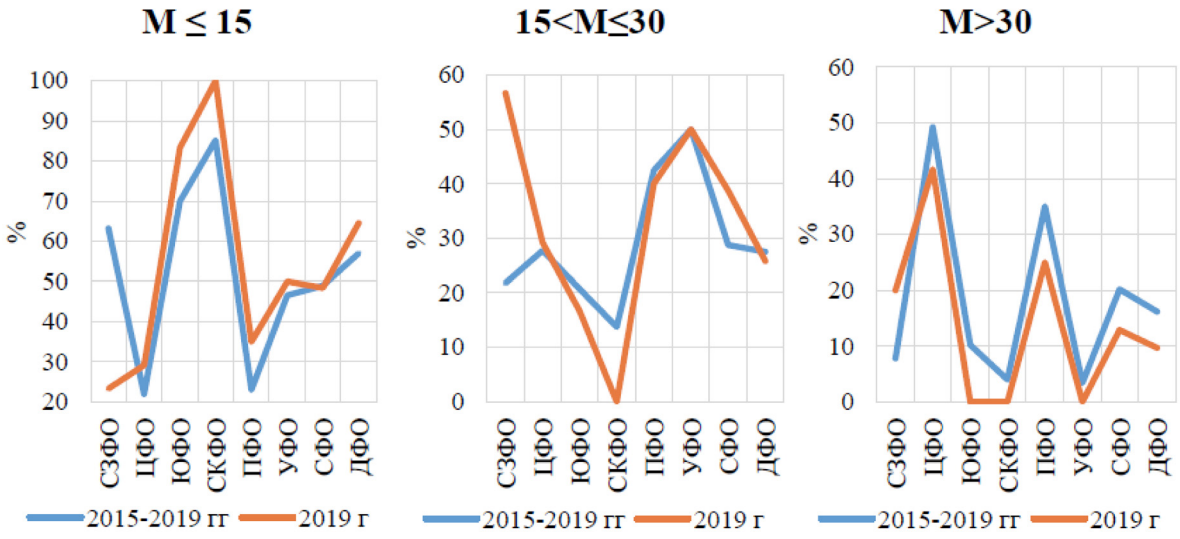


Рис. 2.22. Повторяемость (%) минерализации осадков (М, мг/л) по диапазонам в период с 2015 по 2019 гг.

лизацией меньше или равной 15 мг/л за период 2015-2019 гг. составляла 52%, то в 2019 г. она увеличилась до 54%.

Рост повторяемости минерализации осадков регионального фона связан соответственно с уменьшением наиболее загрязненных осадков на большей части территории РФ. Повторяемость выпадения осадков с минерализацией М>30 мг/л снизилась практически во всех округах кроме СЗФО.

Изменение концентрации основных анионов (сульфатов, гидрокарбонатов, хлоридов и нитратов) и суммы осадков за период 2015-2019 гг. и в 2019 г. представлено на рис. 2.23.

В большинстве ФО концентрации компонентов варьировали относительно постоянного уровня в пределах 10%. Более существенные изменения характерны для ЮФО и СФО.

Существенное снижение (35%) содержание сульфатов в атмосферных осадках в 2019 г. наблюдалось в ЮФО на от 3,7 до 2,4 мг/л. В остальных округах концентрации варьировали относительно постоянного уровня в пределах 10-15%.

Содержание сульфатов в осадках практически во всех ФО меньше гидрокарбонатов, а максимальные значения (выше 5,0 мг/л), по-прежнему, отмечаются в СФО и ПФО. Высокие концентрации сульфатов в СФО в основном связаны с деятельностью ПАО «ГМК «Норильский никель». Кроме того, источником сульфатов в осадках Сибири могут быть лесные пожары, которые регулярно возникают в теплый период года. В 2019 г. как и в период 2015-2019 гг. содержание сульфатов в осадках СЗФО и СКФО не превышали 2,0 мг/л.

В большинстве округов кроме ЮФО гидрокарбонаты преобладают над сульфатами. К числу факторов, влияющих на химический состав атмосферных осадков, относится почва, в составе которой, как правило, присутствуют растворимые карбонаты. Открытые участки в отсутствие осадков способствуют запыленности атмосферы. Кроме того, причиной повышения концентрации гидрокарбонатов в осадках может быть использование каменного угля для отопления, а также пожары, которые бушевали на территории Красноярского края и Иркутской области в 2019 г.

Максимальные значения гидрокарбонатов свыше 10 мг/л, по-прежнему, характерны для осадков ЦФО. В УФО и ДФО в течение всего периода концентрация гидрокарбонатов была близка или незначительно превышала 5,0 мг/л. В 2019 г. отмечалось снижение концентрации гидрокарбонатов свыше 40% в СЗФО и ЮФО, а увеличение примерно на 10% - в ЦФО, СФО и ДФО. Наблюдается тенденция снижения содержания гидрокарбонатов в СЗФО.

В ЦФО содержание гидрокарбонатов сохраняется стабильно высоким, а незначительный рост в 2019 г. обусловлен снижением суммы осадков. В 2019 г. в СФО содержание сульфатов снизилось, а концентрация гидрокарбонатов увеличилась на 12%, в связи со снижением годовой суммы осадков, запыленностью и задымленностью территории вследствие лесных пожаров.

Концентрация нитратов в осадках не превышали 3,0 мг/л, как в 2019 г., так и в среднем за период 2015-2019 гг. В 2019 г. сохранились низкие содержания нитратов в СЗФО, СКФО и ДФО – менее 1,5 мг/л. Незначительный рост (10%) наблюдался только в ПФО и УФО.

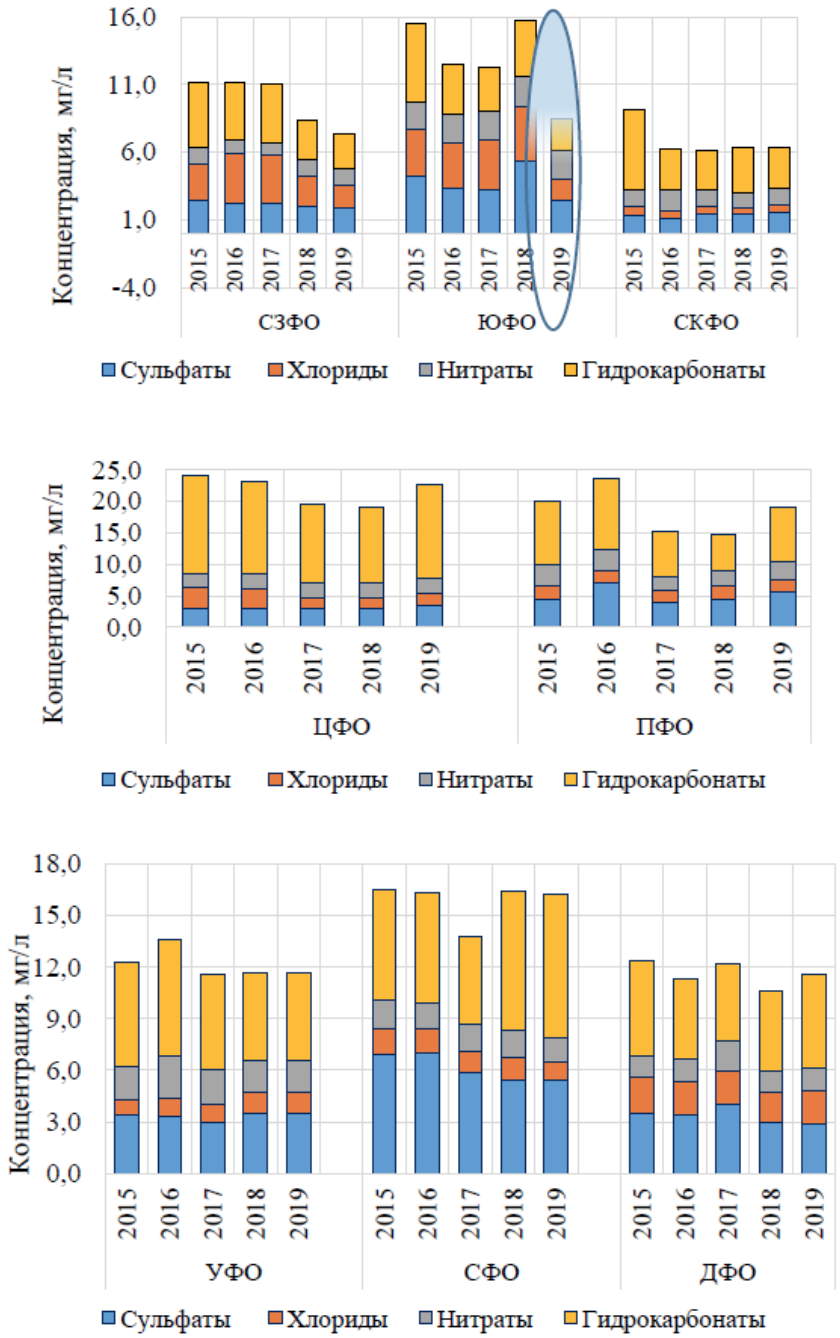


Рис. 2.23. Изменения средневзвешенной концентрации ионов в осадках по федеральным округам, 2015-2019 гг.

Содержание хлоридов в 2019 г. в среднем снизилось на 20%. Максимальное снижение для хлоридов проявилось в осадках ЮФО – с 3,2 до 1,5 мг/л и СЗФО – с 2,6 до 1,5 мг/л. По-прежнему, содержание хлоридов около 1,0 мг/л, свойственно только осадкам СКФО и УФО. В остальных округах концентрации хлоридов в осадках варьировали в пределах 1,5 – 2,5 мг/л. В отдельных случаях на прибрежных станциях СЗФО и ЮФО среднегодовая концентрация хлоридов превышала 4,0 мг/л.

Катионная часть в общей сумме компонентов составляет около 30%. В химическом составе осадков преобладает кальций, далее в порядке снижения концентрации следуют натрий или магний и калий.

В 2019 г. в ПФО содержание аммония в осадках было повышенным - 1,0 мг/л, а в остальных округах - не превышало 0,6 мг/л, что возможно связано с пожарами в Сибири. В 2019 г. влияние задымленности от лесных пожаров в Иркутской области и Красноярском крае было зафиксирова-

но в Татарстане. Газообразные продукты горения, в том числе и аммиак, могут переноситься с конвективными потоками и ветром на значительные расстояния и при взаимодействии с парами воды образуют жидкие аэрозоли, которые потом выносятся из атмосферы с осадками. Кроме того, важнейшим естественным источником атмосферного аммиака является почва. Находящиеся в почве органические вещества разрушаются определенными бактериями, и одним из конечных продуктов этого процесса является аммиак.

Осреднённые по площадям данные практически всегда сглаживают детали химического состава осадков, характерные для отдельных пунктов. В таблице 2.18 представлены результаты измерения ХСО на станциях, где средняя за год минерализация осадков около или превышает 50 мг/л, а проводимость близка или выше 100 мкСм/см. Третий критерий — выпадение серы равно или больше 2,0 т/км^2•год. Общее число таких станций в 2019 г. не изменилось. По-прежнему, на всех станциях гидрокарбонаты являются основным загрязнителем, уступая сульфатам только в Норильске.

В ЦФО количество станций с наиболее загрязненным ионным составом увеличилось с трех до семи станций. В осадках ЦФО преобладали в основном гидрокарбонаты более 20,0 мг/л и сульфаты, интенсивность выпадения которых в пересчете на серу в основном не превышала 1,0 т/км^2•год.

В ЮФО в список за 2018 г. был включен Нижнегорский, минерализация которого составила свыше 78 мг/л. В 2019 г. Нижнегорский был исключен из списка, так как минерализация осадков снизилась практически в 4 раза в основном за счет снижения концентраций большинства компонентов.

В 2019 г. в ПФО из списка исключены Пенза и Акташ, так как минерализация осадков на этих станциях опустилась ниже 50 мг/л за счет снижения концентраций гидрокарбонатов и сульфатов. В осадках Азнакаево преобладали гидрокарбонаты от 15,0 до 25,0 мг/л и сульфаты. Интенсивность выпадения серы в ПФО составляла от 0,8 до 1,4 т/км^2•год.

Таблица 2.18. Средневзвешенные значения компонентов в наиболее загрязнённых по ионному составу осадков населённых пунктах РФ, 2019 г.

Пункт	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	М	pH ср	k, мкСм/см	Выпадения серы т/км^{2}год
	мг/л												
ЦФО													
Тула	3,87	7,43	5,93	23,51	1,48	2,34	5,30	5,94	0,45	56,25	6,6	95	0,6
Белгород	7,40	2,55	2,27	34,53	0,82	2,75	1,23	7,40	3,63	62,59	7,2	103	1,1
Балчуг	3,75	5,07	5,34	32,35	0,42	2,60	3,73	9,18	0,53	62,97	7,0	94	0,6
Грязи	6,07	2,12	2,67	27,80	0,38	0,88	1,13	6,79	3,42	51,27	7,1	94	0,9
Калач	5,02	2,84	1,82	27,20	0,57	1,57	0,98	5,55	3,69	49,25	6,9	78	0,8
Липецк	6,97	3,11	2,97	25,42	1,23	2,23	1,54	5,66	2,85	51,97	6,4	85	0,9
Старый Оскол	5,94	1,75	2,43	27,15	0,85	1,45	1,16	5,45	2,98	49,17	6,9	82	1,0
ПФО													
Азнакаево	7,91	2,58	2,59	24,97	0,96	2,78	2,03	7,74	0,55	52,11	6,7	86	1,4
СФО													
Барабинск	12,36	2,69	2,56	23,03	1,14	4,18	1,27	2,92	3,96	54,10	7,1	87	1,2
Ермаковское	8,83	1,08	1,60	23,10	0,71	1,28	0,87	2,94	4,35	44,75	7,1	94	2
Норильск	56,49	3,00	1,30	23,93	1,06	1,71	4,44	9,36	11,40	112,69	6,9	209	9,1
ДФО													
Кюсюр	9,34	3,67	0,51	30,90	2,37	2,50	2,94	0,78	5,47	58,48	7,1	105	3,1
Полярный	6,66	3,78	0,46	25,88	1,30	2,62	2,00	2,06	4,04	48,81	7,2	84	2,2
Южно-Сахалинск	8,42	8,02	1,02	12,49	1,08	5,15	0,39	3,99	1,75	42,32	6,8	81	2,8

В 2019 г. в список наиболее загрязненных станций СФО не вошли Мариинск, Шарыпово, Балахта и Диксон. Снижение минерализации в осадках Мариинска, Шарыпово, Балахты произошло в основном из-за гидрокарбонатов и сульфатов. На станции Диксон – за счет снижения в 1,8 раз концентрации хлоридов по сравнению с 2018 г.

По количеству и преобладанию сульфатов абсолютный приоритет в РФ по-прежнему принадлежит Норильску. В 2019 г. интенсивность выпадения серы снизилась с 10,4до 9,1 т/км^2•год в основном за счет снижения в 1,2 раза годовой суммы осадков по сравнению с 2018 г.

В список загрязненных станций ДФО в 2019 г. добавлены Кюсюр и Полярный. В химическом составе осадков преобладали гидрокарбонаты и сульфаты. Выпадения серы превышало 2,0 т/км^2•год. Источником сульфатов в осадках ДФО могут быть лесные пожары, которые регулярно возникают в теплый период в Якутии. Кроме того, для отопления помещений используется каменный уголь, который на 90% состоит из углерода и является одним из основных источников поступления гидрокарбонатов в атмосферу.

Общая картина распределения средних значений pH – показателя кислотности атмосферных осадков в регионах РФ в 2015-2019 гг. по-прежнему указывает на отсутствие масштабных процессов закисления атмосферных осадков. Все значения pH осадков, осреднённые по округам, находятся, в основном, в интервале от 5,0 до 6,5 ед. pH, составляя от 60 до 80% во всех округах кроме СЗФО. В СЗФО частота осадков в этом интервале превысила 90%.

Повторяемость осадков с величиной pH>6,5 в 2019 г. снизилась в СЗФО до 4%, хотя оставалась достаточно высокой в ЦФО, ПФО и ДФО – до 40%. Осадки с величиной pH менее 5,6 выпадали в 10% от общего числа случаев. Высокий процент частоты выпадений осадков в интервале pH от 5,6 до 6,5, связан с «подщелачивающим» свойством гидрокарбонатов, что возможно обусловлено влиянием почвы. В Центральном округе и Поволжье почва, как правило, обогащена соединениями карбонатного типа.

Влажные выпадения серы, азота и суммы ионов. В таблице 2.19 и на рис. 2.24 приведены средние значения интенсивности выпадений серы, азота и суммы ионов (P) с атмосферными осадками рассчитанные по данным наблюдений в 2019 г., а также средние характеристики за период 2015-2019 гг. Оценка выпадений с осадками осуществлялась на основе средневзвешенных месячных концентраций и количества выпавших осадков.

В основном величина влажных выпадений находится в прямой зависимости от суммы осадков и концентрации компонентов. В 2019 г. годовая сумма осадков (q, мм) по сравнению с пятилетней средней уменьшилась на 16% в ЮФО, на 10% в СКФО. На территории других округов годовая сумма осадков изменилась незначительно, как в сторону роста, так и снижения в пределах 5-7%. Самые низкие значения интенсивности выпадения серы были отмечены в СЗФО и ЮФО.

По результатам расчетов в 2015-2019 гг. средняя интенсивность потоков серы с атмосферными осадками в большинстве регионов ЕТР, Уральского округа и Дальнего Востока в основном находилась в пределах 0,5-0,7 т/км^2•год, а на территории Сибири и Поволжья – свыше 0,9 т/км^2•год (табл. 2.20). Более высокие значения интенсивности выпадений серы в Поволжье возможно связаны с дальним переносом из Сибири.

Таблица 2.19. Средние за год выпадения серы, азота и суммы ионов, 2019 г.

ФО	q, мм	$S(SO_4)$	$N(NO_3)$	$N(NH_4)$	$\sum N$	P	N(H)/N(O)	S/$\sum$ N
		т/км^2•год						
СЗФО	733,0	0,44	0,19	0,20	0,39	7,63	1,05	1,12
ЦФО	500,9	0,52	0,26	0,23	0,50	14,16	0,89	1,06
ПФО	533,2	1,01	0,33	0,38	0,71	15,25	1,16	1,42
ЮФО	615,2	0,42	0,23	0,20	0,43	5,58	0,86	0,97
СКФО	1175,6	0,71	0,36	0,53	0,89	10,81	1,46	0,79
УФО	464,4	0,62	0,17	0,17	0,34	7,25	1,03	1,83
СФО	554,7	0,87	0,17	0,24	0,40	11,02	1,42	2,16
ДФО	532,9	0,96	0,18	0,19	0,37	8,63	1,09	2,58

Таблица 2.20. Средние за период выпадения серы, азота и суммы ионов с осадками по федеральным округам, 2015-2019 гг.

ФО	q, мм	$S(SO_4)$	$N(NO_3)$	$N(NH_4)$	∑ N	P	N(H)/N(O)	S/∑ N
		т/км^2•год						
СЗФО	682,1	0,44	0,17	0,18	0,34	8,32	1,09	1,30
ЦФО	594,7	0,62	0,30	0,25	0,55	16,30	0,85	1,13
ПФО	522,3	0,91	0,32	0,34	0,67	15,49	1,07	1,37
ЮФО	718,5	0,65	0,26	0,20	0,46	9,16	0,76	1,45
СКФО	1292,4	0,55	0,29	0,38	0,67	10,12	1,29	0,83
УФО	463,5	0,46	0,19	0,23	0,43	7,62	1,20	1,08
СФО	507,7	1,05	0,17	0,21	0,38	10,64	1,20	2,81
ДФО	550,2	0,60	0,16	0,19	0,35	8,08	1,20	1,72

Следует отметить, что вследствие полифункциональности азота его воздействие на экосистемы неоднозначно, так как он является одновременно и элементом питания растений и поллютантом. В настоящее время большая часть соединений азота, поступающих в наземные системы с атмосферными осадками, имеет техногенное происхождение и связана с эмиссией азота промышленными предприятиями и автотранспортом.

Максимальный уровень поступления суммарного азота с атмосферными осадками в среднем за пятилетний период 0,7 т/км^2•год характерен для ПФО и СКФО. По результатам расчетов за период 2015-2019 гг. суммарного азота больше, чем серы выпадало только в СКФО (рис. 2.24). Интенсивность потоков суммарного азота в остальных регионах находилась в интервале 0,4-0,5 т/км^2•год.

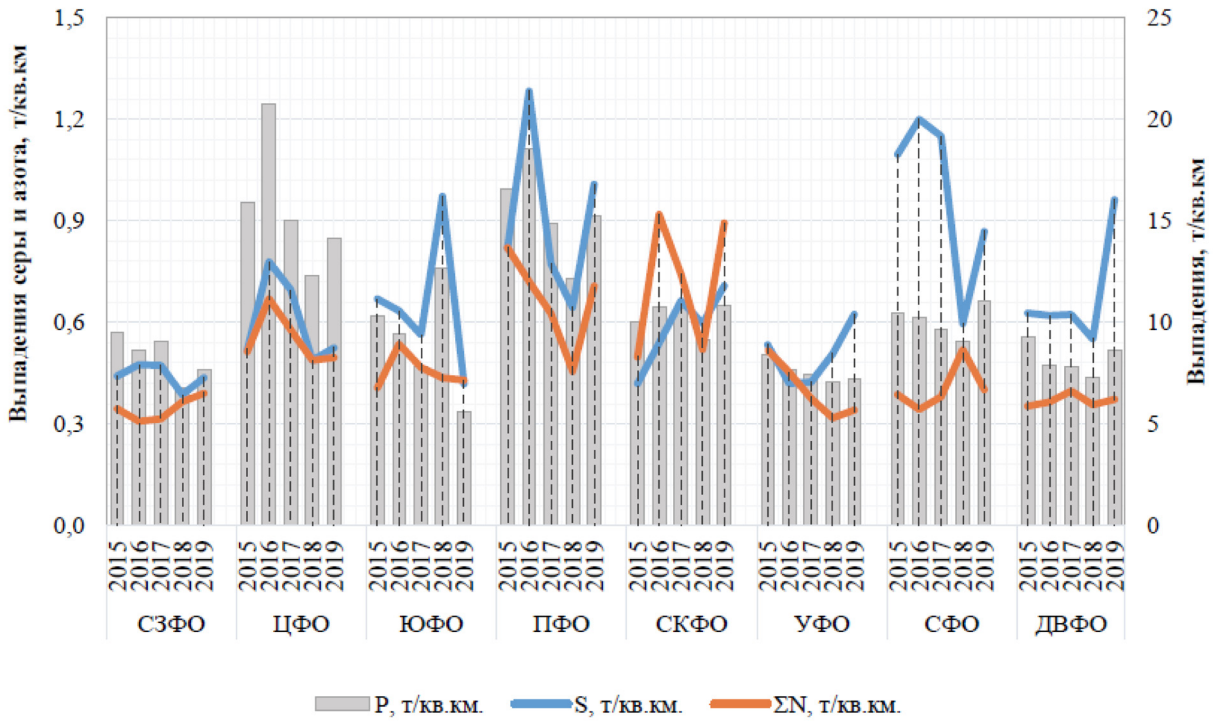


Рис. 2.24. Временной ход средних за год выпадений с осадками серы (S), суммарного азота (∑N) и суммы ионов (P) по федеральным округам, 2015-2019 гг.

Следует также отметить, что выпадение нитратного азота уступает аммонийному практически во всех федеральных округах кроме ЦФО и ЮФО, как в 2019 г., так и за период 2015-2019 гг.

Годовое поступление компонентов с атмосферными осадками суммы ионов (Р) в 2019 г. варьировало от 5,6 т/км^2•год в ЮФО до 15,3 т/км^2•год в ПФО. Существенное снижение по сравнению с периодом 2015-2019 гг. установлено в 2-х из 8-ми ФО: в ЮФО – на 40% и ЦФО на 15%. В СЗФО, СКФО, УФО, СФО и ДФО в 2019 г. по сравнению с периодом 2015-2019 гг. изменения суммы годовых выпадений компонентов не превышали 5%, как в сторону снижения, так и повышения.

Снижение уровня влажных выпадений в ЮФО в 2019 г. связано в основном с падением интенсивности выпадений серы, гидрокарбонатов и хлоридов в 2 раза и снижением годовой суммы осадков на 16%. В ЦФО снижение годовой суммы осадков на 19%, в свою очередь, способствовало снижению годовой суммы влажных выпадений на 15%. Максимум выпадения компонентов в 2019 г. 15,25 т/км^2•год был отмечен в ПФО.

2.3.6.1. Загрязнение и закисление снежного покрова в регионах Российской Федерации

Мониторинг химического состава снежного покрова (ХССП) осуществлялся по данным 540 пункта наблюдений (ПН), расположенных в 68 субъектах РФ (таблица 2.21).

В снежном покрове определялись кислотность (водородный показатель pH) и концентрации основных ионов, из которых в Обзоре представлены сульфат-ион, нитрат-ион, ион аммония, а также значения общей минерализации.

Минерализация

По данным наблюдений на 457 ПН, где был проведён анализ всех основных ионов, минерализация (М) меньше или равная 15 мг/л (региональный фон) была зафиксирована на 210 ПН, 15<М≤30 мг/л – на 159 ПН, М>30 мг/л – на 88 ПН (сильнозагрязнённые пункты).

На рисунке 2.25 показана карта-схема интенсивности выпадения серы на снежный покров в регионах РФ, построенная по данным наблюдений сети ХССП в 2019 г. На рисунках 2.25-2.27 для объективного анализа интенсивности выпадения серы, азота и значения показателя pH в снежном покрове субъектов РФ с большой площадью, в составе Республики Саха (Якутия) были выделены 2 области: северная и южная, а в Красноярском крае - 3: северная, центральная и южная.

В зимний период 2018-2019 гг. примерно 2/3 территории страны были подвержены воздействию фоновых и близких к фоновым потокам серы с атмосферными осадками – менее 20 кг/км^2·мес. На 20% территории РФ наблюдалось загрязнение сульфатами в диапазоне от 20 до 40 кг/км^2·мес.

Области с интенсивностью выпадения серы в 40 – 80 кг/км^2·мес. приходились на относительно небольшие (менее 15% территории РФ) участки юго- востока Европейской территории России (ЕТР), Урала и большую часть юга Западной и Восточной Сибири. Максимальные значения интенсивности выпадения серы в РФ более 80 кг/км^2·мес. отмечены на территории Республики Марий Эл (158 кг/км^2·мес.), Ульяновской области (143 кг/км^2·мес.) и Пермского края (99 кг/км^2·мес.).

На Дальнем Востоке самые высокие значения выпадения серы на снежный покров зафиксированы в Камчатском крае (41 кг/км^2·мес.), где, помимо промышленных источников, существенный вклад в её содержание в атмосферных осадках вносит вулканическая деятельность.

Высокая интенсивность выпадения серы на снежный покров Ульяновской области объясняется сосредоточением на её территории производственных комплексов отраслей гражданской авиации и автомобильной промышленности. Также область занимает 2-е место в России по доле продукции машиностроения в общем объёме производства.

Таким образом, общая картина интенсивности выпадения серы на снежный покров РФ совпадает с расположением основных промышленных регионов страны в Восточной Сибири, на Урале и юге ЕТР.

Показатели интенсивности выпадения азота на снежный покров были рассчитаны для суммы ионов нитрата и аммония (рис. 2.26). Интенсивность выпадения азота в РФ менее 12 кг/км^2·мес. характерна для большей части континентальной территории Азиатской части России.

На 60% территории РФ показатель интенсивности выпадения азота находится в пределах до 24 кг/км^2·мес. Эти регионы расположены, в основном, на АТР, на Кольском п-ове, вдоль северо-западной границы России.

Территории с интенсивностью выпадения азота 24 – 48 кг/км^2·мес. и общей площадью в 23% РФ занимают большую часть ЕТР.

Показатель интенсивности выпадения азота выше 48 кг/км^2·мес. отмечен в северной части Красноярского края (88 кг/км^2·мес.), в Вологодской области (75 кг/км^2·мес.), Республике Марий Эл (68 кг/км^2·мес.), Республике Башкортостан (56 кг/км^2·мес.), Архангельской области (49 кг/км^2·мес.) и в Республике Удмуртия

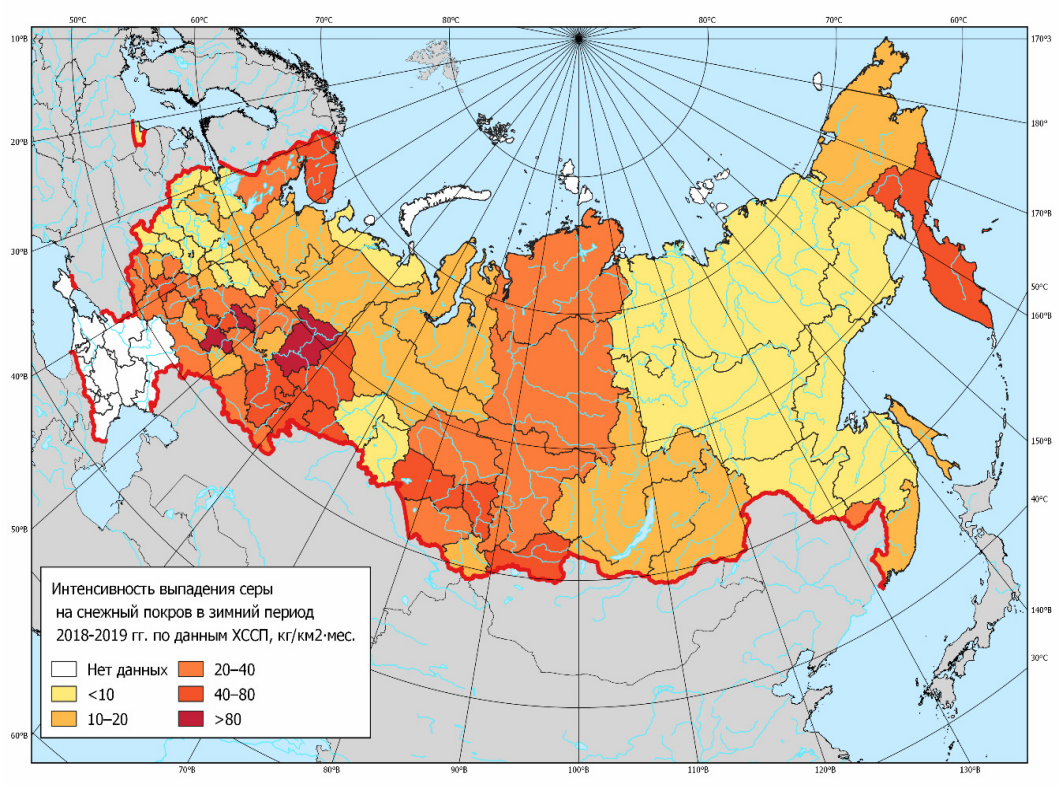


Рис. 2.25. Интенсивность выпадения серы на снежный покров в 2019 г.

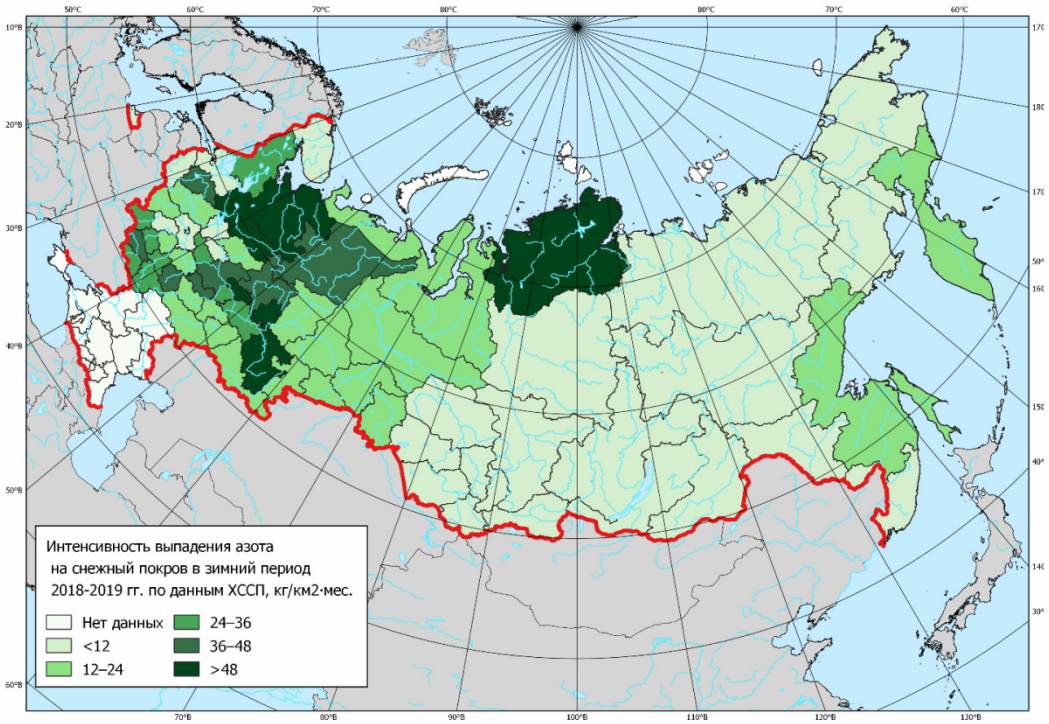


Рис. 2.26. Интенсивность выпадения азота на снежный покров в 2019 г.

(49 кг/км^2·мес.). Анализ рис. 2.26 позволяет утверждать, что величина интенсивности выпадения азота в снежном покрове регионов РФ зависит от наличия на их территории промышленных комплексов, а также от заселённости территории и, как следствие, от количества автомобильных дорог, имеющих значительно большую плотность на ЕТР, чем на АТР.

На более чем 80% территории РФ среднемесячный показатель pH по регионам в зимний период 2018-2019 гг. находился в пределах 5,5 – 6,5 единиц, то есть в близких к фоновым значениям (рис. 2.27).

Регионы с показателем pH 5,0 – 5,5 расположены, в основном, в центральной части ЕТР и на Южном Урале. Значения pH в диапазоне 5,5 – 6,0 характерны для центральных и северных регионов на ЕТР и АТР в регионах на побережье Северного Ледовитого океана.

Максимальные показатели pH на ЕТР отмечены в Республике Башкортостан (7,4) и в Калининградской области (7,2) а на АТР – в Чукотском автономном округе (6,9) и в Иркутской области (6,7). В Калининградской области, в Чукотском автономном округе близость незамерзающего моря обеспечивает подщелачивание, поскольку pH морской воды близко к значению pH=8, определяемой, в частности, присутствием гидрокарбонатов. В Республике Башкортостан, обладающей развитыми отраслями промышленности, включая нефтедобывающую, возможны заметные отклонения от фоновых значений показателей загрязнения снежного покрова, влияющих на pH.

Выпадения загрязняющих веществ на снежный покров, включая выпадения серы и азота, определяющие pH снеговой воды, связаны с промышленной деятельностью и с природными особенностями Российской Федерации.

2.3.7. Фоновое загрязнение атмосферных осадков (по данным сети СКФМ)

Тяжелые металлы

Для оценки характеристик загрязнения осадков были использованы ряды наблюдений с октября 2018 г. по сентябрь 2019 г. (геофизический год). Средневзвешенные годовые фоновые концентрации свинца в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – около 4,0 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ - около 3,4 мкг/л, Астраханского БЗ - около 2,1 мкг/л, Воронежского БЗ - около 1,6 мкг/л, Алтайского БЗ (Яйлю) - 1,3 мкг/л. Средневзве-

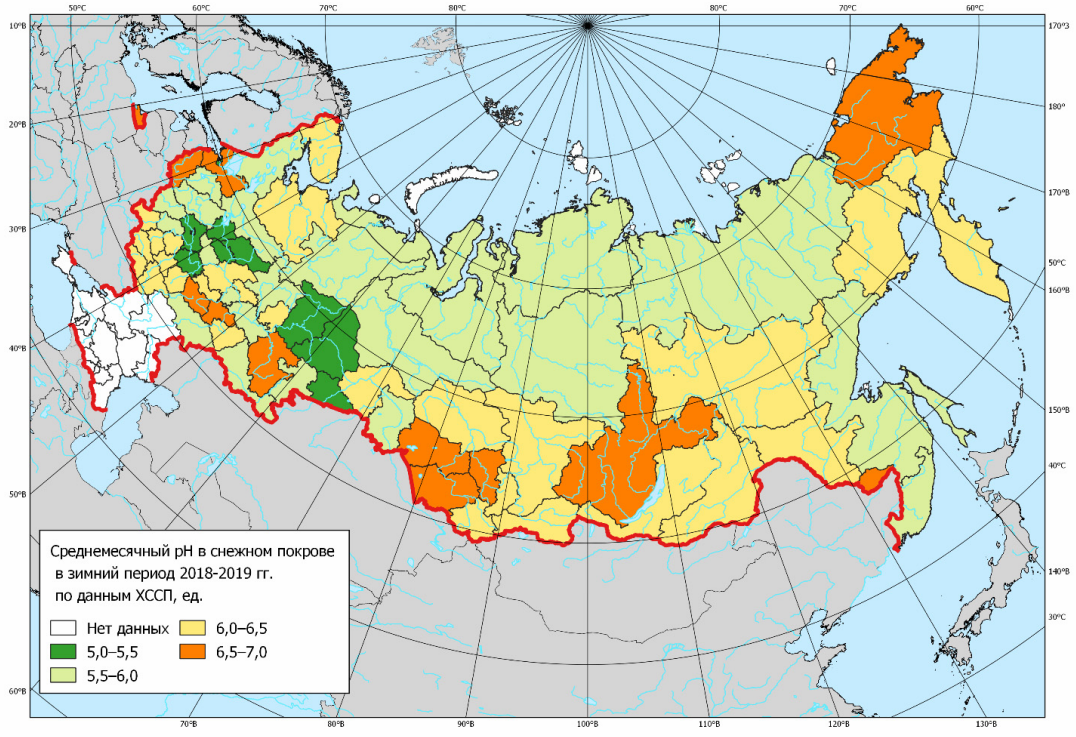


Рис. 2.27. pH снежного покрова в 2019 г.

шенная годовая фоновая концентрация свинца в атмосферных осадках на территории всех заповедников в рассматриваемый период была на уровне значений предыдущих лет, либо несколько выше (табл. 2.21, рис. 2.28).

Максимальная среднемесячная концентрация свинца в осадках за текущий геофизический год на территории Кавказского БЗ (37 мг/л) отмечалась в марте и была значительно выше средних за период значений (менее 2,2 мгк/л). Концентрации ≤ 1 мкг/л наблюдались в большинстве случаев (9 месяцев).

Таблица 2.21. Уровни содержания загрязняющих веществ в атмосферных осадках фоновых районов по результатам наблюдений СКФМ и среднегодовые концентрации за 2018-2019 гг.

Заповедник	Период наблюдений	Свинец, мкг/л		Кадмий, мкг/л		Ртуть, мкг/л	
		Диапазон	2019 г.	Диапазон	2019 г.	Диапазон	2019 г.
Кавказский БЗ	1982-2019	0,19 – 69,0	4,0	0,010–49,0	0,04	0,001–22,4	1,7
Приокско-Террасный БЗ	1983-2019	0,2 - 696,0	3,4	0,009–20,0	0,08	0,01-80,0	0,94
Астраханский БЗ	1987-2019	0,05 – 91,0	2,1			0,02–376,0	1,5
Воронежский БЗ	1989-2019	0,18 - 44,2	1,6	0,025–19,0	0,075	0,001–311,0	0,8
Яйлю	1998-2019	0,25 – 48,0	1,3	0,011–12,5	0,11	0,001–0,97	0,4

Заповедник	Период наблюдений	Бенз(а)пирен, нг/л		сумма-ДДТ, нг/л		γ-ГХГЦ, нг/л	
		Диапазон	2019 г.	Диапазон	2019 г.	Диапазон	2019 г.
Кавказский БЗ	1982-2018	0,05–61,0	1,12*	1,01 – 1811	135*	0,25 - 240	52,5*
Приокско-Террасный БЗ	1983-2019	0,05–28,0	1,47*	1,5 – 1729	75,0	0,25 – 12960	4,9
Астраханский БЗ	1987-2019	0,05–22,72	1,08*	1,5 – 994	99,0	0,3 – 1397	54,4
Воронежский БЗ	1989-2019	0,05–10,4	1,28*	1,0 – 71748	45,1	0,23 – 48,9	8,0
Яйлю	1998-2018	0,1–14,0	1,05*	0,4-350	158*	0,1 – 398	29,1*

*нпо – значение ниже предела обнаружения. * - данные последнего года наблюдений.*

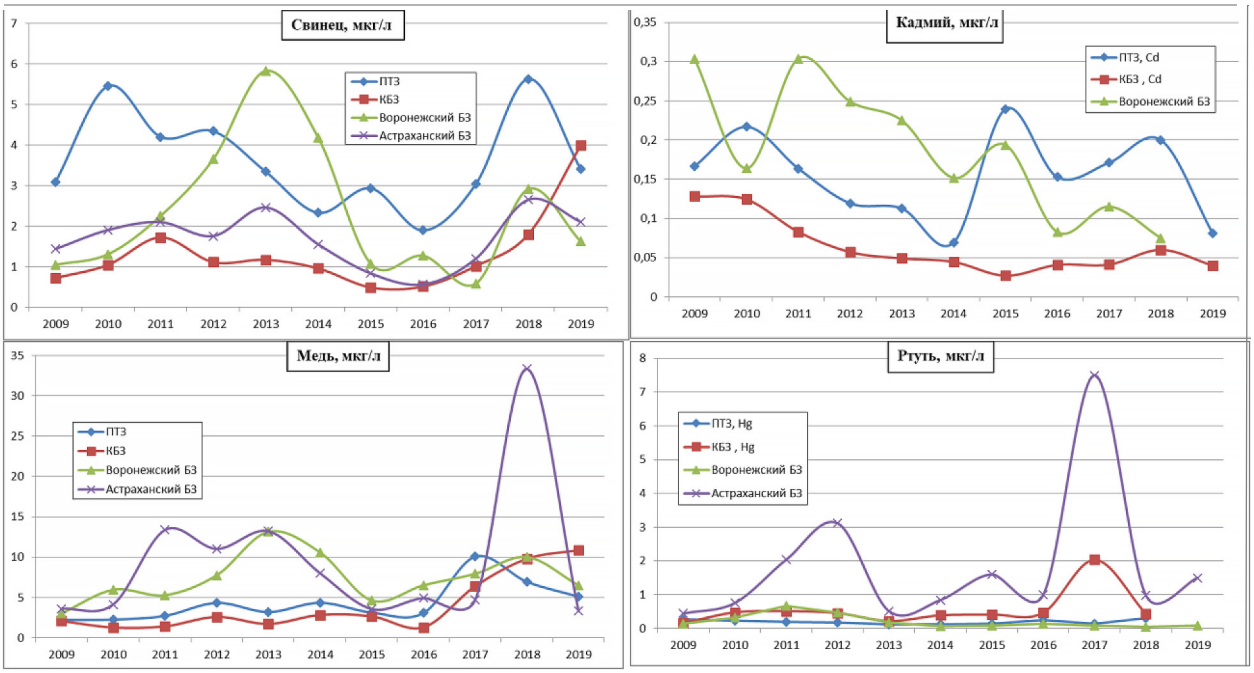


Рис. 2.28. Изменение среднегодового содержания тяжелых металлов в атмосферных осадках фоновых районов в 2009-2019 гг. (геофизические гг.)

В Приокско-Террасном БЗ содержание свинца в атмосферных осадках находилось в диапазоне от 1,3 мкг/л (сентябрь) до 7,4 мкг/л (май). Максимальное содержание свинца было зафиксировано в мае и июне: 7,4 и 6,9 мкг/л соответственно.

Среднемесячные концентрации свинца на территории Астраханского БЗ варьировали в диапазоне от значений ниже предела обнаружения (август) до 4 мкг/л (апрель). Содержание свинца в атмосферных осадках на территории Астраханского заповедника в рассматриваемый период в основном находилось в диапазоне от 2 до 3 мкг/л.

В Воронежском БЗ максимальные концентрации были зафиксированы в декабре 2018 г. (около 3,4 мкг/л) и в марте 2019 г. (3,3 мкг/л). Минимальные концентрации свинца в атмосферных осадках фиксировались в период с июля по сентябрь. В основном, в рассматриваемый период, концентрации свинца не превышали 3,5 мкг/л. Максимальное содержание свинца в осадках на территории Алтайского БЗ отмечалось в марте и сентябре (4,1 и 3,0 мкг/л соответственно). Содержание свинца в атмосферных осадках на территории Алтайского заповедника в рассматриваемый период в основном находилось в диапазоне от концентраций близких к пределу обнаружения до концентрации около 1,5 мкг/л.

Годовые средневзвешенные фоновые концентрации кадмия в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ - 0,04 мкг/л (без учета экстремально высокого значения, отмеченного в марте), Приокско-Террасного БЗ - около 0,08 мкг/л, Воронежского БЗ – 0,075 мкг/л, Алтайского БЗ - 0,11 мкг/л. Средневзвешенные годовые фоновые концентрация кадмия в атмосферных осадках на территории заповедников в рассматриваемый период сохранились на уровне предыдущего года, за исключением Приокско-Террасного БЗ, где отмечено снижение (2018 г. – 0,2 мкг/л) (табл. 2.21, рис. 2.28).

На территории Кавказского БЗ экстремально высокая концентрация кадмия за рассматриваемый геофизический год была зафиксирована в марте (3,2 мкг/л), также повышенным было содержания кадмия в августе - 0,11 мкг/л. В остальные месяцы концентрации варьировали в диапазоне от 0,01 (в январе) до 0,05 мкг/л.

В Приокско-Террасном БЗ содержание кадмия в атмосферных осадках варьировало в диапазоне – от менее 0,04 мкг/л до 0,12 мкг/л, за исключением значения, зафиксированного в декабре 2018 г. (0,030 мкг/л). Также, относительно высоким было содержания кадмия в июле - 0,12 мкг/л. Минимальные значения фиксировались в январе, феврале и в августе - менее 0,04 мкг/л.

На территории Воронежского заповедника максимальные концентрации кадмия были зафиксированы в ноябре и декабре 2018 г. (0,17 и 0,18 мкг/л соответственно). В остальные месяцы концентрация кадмия была ниже 0,1 мкг/л, с минимумом в августе и сентябре.

На территории Алтайского заповедника содержание кадмия в основном варьировало в диапазоне значений от 0,04 мкг/л до 0,12 мкг/л, за исключением повышенного содержания в марте и сентябре (0,24 и 0,28 мкг/л соответственно). Минимальные значения содержания кадмия в атмосферных осадках отмечались в октябре 2018 г. и апреле 2019 г.

Средневзвешенные годовые фоновые концентрации ртути в атмосферных осадках составили: на территории Воронежского БЗ - 0,8 мкг/л, Алтайского БЗ - около 0,4 мкг/л, Астраханского БЗ - 1,5 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ - 0,94 мкг/л, Кавказского БЗ - 1,7 мкг/л.

На территории Кавказского БЗ экстремально высокая концентрация ртути была зафиксирована в январе, концентрации, превышающие 1 мкг/л, фиксировались в марте и августе. Минимальное содержание ртути в атмосферных осадках было отмечено в апреле (0,1 мкг/л), хотя в большинстве случаев концентрация ртути не превышала 0,5 мкг/л.

На территории Приокско-Террасного БЗ повышенное содержание ртути в атмосферных осадках фиксировалось в феврале, марте и в апреле. В остальные месяцы содержание ртути не превышало 0,5 мкг/л, а минимальное значение зафиксировано в декабре 2018 г. - менее 0,06 мкг/л.

В 2018-2019 гг. на территории Астраханского БЗ высокие концентрации ртути в атмосферных осадках отмечались в апреле и августе, а в феврале, марте и сентябре - превышали уровни, характерные для фоновых районов. Минимальное значение было зафиксировано в июне.

В Воронежском БЗ содержание ртути в атмосферных осадках находилось ниже 0,15 мкг/л, а в большинстве случаев - ниже 0,1 мкг/л, за исключением концентраций, отмеченных в марте (0,16 мкг/л). Минимальная концентрация ртути на уровне предела обнаружения была зафиксирована в июле.

На территории Алтайского заповедника содержание ртути не превышало 0,05 мкг/л, за исключением июня (0,11 мкг/л). Минимальные значения содержания ртути в осадках отмечались в феврале и мае.

Средневзвешенные годовые фоновые концентрации меди в атмосферных осадках составили:

на территории Кавказского БЗ - 10,9 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ - 5,1 мкг/л, Воронежского БЗ - 6,5 мкг/л, Алтайского БЗ - 3,9 мкг/л, Астраханского БЗ - 3,1 мкг/л. Содержание меди на территории Кавказского БЗ за рассматриваемый период превышало значения предыдущих лет (рис. 2.28).

На территории Кавказского БЗ содержание меди в атмосферных осадках изменялось в широком диапазоне: с минимальными значениями, на уровне предела обнаружения, в ноябре 2018 г., а также в июле и сентябре 2019 г. до максимальных - (92 мг/л) в декабре 2019 г.

На территории Приокско-Террасного БЗ в большинстве случаев содержание меди в атмосферных осадках находилось в диапазоне от 1,1 до 2,9 мкг/л. Повышенные для данного периода уровни были отмечены в декабре 2018 г., марте и апреле 2019 г. и составили 28,0, 6,1 и 11 мкг/л соответственно.

На территории Астраханского БЗ содержание меди варьировало от уровня предела обнаружения до 13 мкг/л. Максимальная концентрация (13 мкг/л) была отмечена в июне, а минимальные значения (менее 1мкг/л) регистрировались в январе и сентябре.

В Воронежском БЗ наибольшее содержание меди в атмосферных осадках было отмечено в апреле, в остальные месяцы - не превышало 10 мкг/л., а в теплый период (с мая по сентябрь) - 3,5 мкг/л. Минимальное содержание меди отмечалось в июле.

На территории Алтайского заповедника содержание меди варьировало от 0,8 мкг/л до 15,7 мкг/л. Минимальное значение было зафиксировано в апреле, а максимальное - в ноябре 2018 г. В остальные месяцы содержание меди не превышало 8 мкг/л.

Хлорорганические пестициды

На территории Приокско-Террасного БЗ в исследуемый период (2018-2019 гг.) концентрации альфа-ГХЦГ в осадках составили 12,8 нг/л. Концентрации Гамма-ГХЦГ были на уровне предела обнаружения - 4,9 нг/л (табл. 2.21).

Среднемесячная концентрация суммы изомеров ГХЦГ в осадках на территории Астраханского БЗ в исследуемый период варьировала в диапазоне от предела обнаружения до 286,6 нг/л (февраль). Максимальное содержание альфа-изомера было зафиксировано в мае и превысило концентрацию 221 нг/л. Максимальное содержание гамма-изомера было зафиксировано в феврале и превысило концентрацию 223 нг/л.

Среднемесячная концентрация альфа-изомера ГХЦГ в осадках на территории Воронежского БЗ в исследуемый период была ниже предела обнаружения. Среднемесячные концентрации гамма-изомера ГХЦГ, превышающие предел обнаружения, находились в диапазоне 3,6-26 нг/л. Концентрация гамма-изомера ГХЦГ в январе и феврале была ниже предела обнаружения.

Среднемесячная концентрация ДДТ и его метаболитов в осадках на территории Приокско-Террасного БЗ в исследуемый период была близка к пределу обнаружения. Метаболиты ДДЕ были чуть выше предела обнаружения. ДДД в концентрациях, выше предела обнаружения не был зарегистрирован. Среднегодовая сумма ДДТ составила 92,7 нг/л.

В осадках на территории Астраханского БЗ в исследуемый период содержание ДДТ и его метаболитов выше предела обнаружения было зарегистрировано в нескольких пробах: концентрации ДДЕ и ДДД находились ниже предела обнаружения, а ДДТ был выявлен в трех образцах. В остальных образцах среднемесячные концентрации исследуемых поллютантов были ниже предела обнаружения. Среднегодовая сумма ДДТ составила 99 нг/л.

В осадках на территории Воронежского БЗ в исследуемый период среднемесячная концентрация ДДТ и его метаболитов во всех образцах была ниже предела обнаружения.

2.3.8. Загрязнение воздуха и осадков по данным станций ЕМЕП

Главную роль в формировании трансграничного загрязнения воздуха и осадков играет перенос выброшенных в атмосферу кислотообразующих соединений, главным образом, газообразных оксидов серы и азота. В ходе дальнего переноса в атмосфере происходит их химическая трансформация до кислотных ионов и формируются выпадения на территории соседних стран в виде кислотных осадков и сухого осаждения аэрозолей (трансграничное загрязнение). В рамках выполнения международной «Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе» (ЕМЕП – Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe) в 2019 г. проводились наблюдения на четырех станциях ЕМЕП, расположенных в северо-западном регионе России (Янискоски, Пинега) и в центральной части Европейской России: на станциях Данки (юг Московской области), Лесной заповедник (Тверская область). Основные измерения по программе мониторинга ЕМЕП представляют собой регулярный анализ содержания в воздухе и атмос-

ферных осадках основных химических соединений, определяющих кислотно-щелочной баланс. По результатам обработки годовых массивов данных мониторинга, полученных в районах размещения станций, оценены величины атмосферных выпадений на земную поверхность серы и азота, образующих приоритетные кислотообразующие соединения.

При использовании традиционного анализа степени закисления атмосферных осадков по величине pH, показателю концентрации свободных ионов водорода, необходимо учитывать, что он также характеризует соотношение анионов закисляющих соединений и щелочных нейтрализующих катионов, образующихся и абсорбируемых в облачных слоях в ходе переноса. На это соотношение влияют как природные, так и антропогенные факторы. Для различных районов земного шара и в разные сезоны pH атмосферных осадков варьируется в весьма широких пределах, внутри которых осадки условно можно подразделить на: кислые (при $pH < 4$), слабокислые ($4 < pH < 5$), природно-нейтральные ($5 < pH \leq 7$) и слабощелочные ($pH > 7$). В 2019 г. кислые осадки ($pH < 4$) практически не наблюдались; на всех станциях повторяемость выпадений атмосферных осадков с pH от 5 до 6 превышала 50% (табл. 2.22).

Величина выпадений соединений серы и азота на подстилающую поверхность позволяет оценить степень негативного воздействия загрязнения атмосферы на состояние окружающей среды. Так, в долгосрочной перспективе избыточное поступление этих веществ может привести к закислению почвенных растворов и ухудшению свойств почвы. Поток загрязняющих веществ из атмосферы поступает с атмосферными осадками (влажные выпадения) и при осаждении (поглощении) веществ в виде газов и аэрозольных частиц на подстилающую поверхность (сухие выпадения). Поток влажных выпадений серы и азота (нитратного и аммонийного) на подстилающую поверхность определяется концентрациями осадков этих соединений.

По данным многолетних наблюдений сульфат-ион является доминирующим кислотным анионом в составе ионного баланса атмосферных осадков для всех станций ЕМЕП, его вклад составляет 17-31%, однако вклады нитрат-иона и ионов аммония также довольно существенны – 7-15% и 10-22%, соответственно. Среднегодовая концентрация сульфатной серы в осадках в 2019 г. составляла 0,54 мг S /л на станции Янискоски, 0,95 мг S/л на станции Пинега, 0,54 мг S/л на станции Лесной заповедник, 0,62 мг S/л на станции Данки (в районе Приокско-Террасного биосферного заповедника). Наименьшее значение среднегодовой концентрации азота составило 0,07 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) 0,07 – 0,16 мг N/л, на станции Данки – 0,18 мг N/л. Диапазон варьирования концентраций ионов аммония в осадках составил 0,14 - 0,54 мг N/л. Во внутригодовом ходе максимальные концентрации сульфатов в районах станций ЕМЕП наблюдались в весенний и осенний периоды, при превышении значений в холодный период более чем в 3 раза по сравнению с теплым. Наиболее высокая концентрация нитратов и ионов аммония в осадках также наблюдалась в холодный период года.

Рассчитанные по средневзвешенным концентрациям и месячным суммам выпавших осадков величины влажных выпадений для районов станций составляли в 2019 г.: 0,32–0,69 и 0,16–0,43 г/м^2 в год для серы и суммарного азота соответственно. Для всех станций ЕМЕП потоки влажных выпадений серы и азота в зимний период были существенно ниже, чем в летний. Доля аммонийного азота составила около 60% от суммарного влажного выпадения азота.

Вариации выпадений за многолетний период связаны с межгодовой изменчивостью сумм осадков и могут составить десятки процентов от среднемноголетних значений. Изменение значений годовых выпадений серы из атмосферы с осадками на российских станциях ЕМЕП представлено на рис. 2.29. При относительно большой вариации годовых значений можно отметить практически отсутствие выраженного уменьшения сумм влажных выпадений за период действия Гетеборгского протокола (подписан в 1999 г.) и незначимыми характеристиками линейного тренда. По результатам расчета

Таблица 2.22. Кислотность атмосферных осадков

Станция	pH, среднее	Доля проб в диапазоне pH, %				
		< 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	> 7
Янискоски	5,61	0	6	53	39	3
Пинега	5,41	2	11	56	31	0
Лесной	5,12	0	32	60	7	1
Данки	5,49	0	9	72	17	2

многолетних выпадений сумм нитратных и аммонийных соединений с осадками, представленным на рис. 2.30, в целом отмечается рост выпадений азота на северных российских станциях ЕМЕП. Темпы этого роста различны от станции к станции, что может быть связано с высокой межгодовой вариабельностью значений.

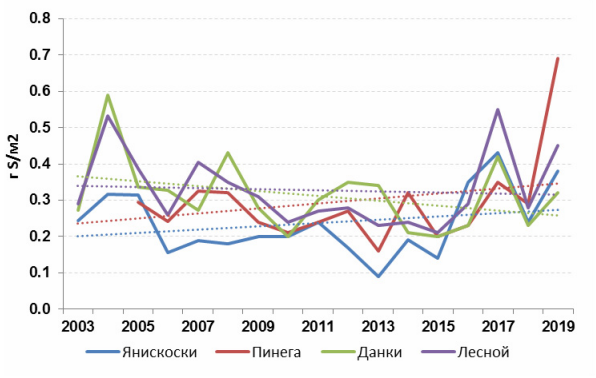


Рис. 2.29. Многолетние выпадения сульфатной серы из атмосферы с осадками на станциях ЕМЕП (г S/м^2/год)

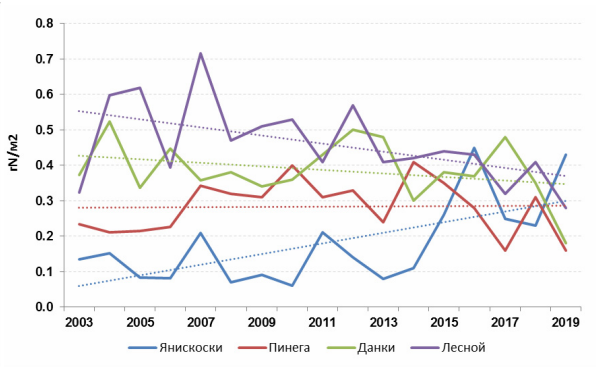


Рис. 2.30. Многолетние выпадения суммарного азота (нитратного и аммонийного) из атмосферы с осадками на станциях ЕМЕП (г N/м^2/год)

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

Сравнение годовых выпадений серы и суммарного азота с осадками в 2019 г. и значений критических нагрузок по этим элементам для районов расположения станций, представленных в табл. 2.23, позволяют сделать вывод, что выпадения серы существенно ниже уровня критических нагрузок для западных и центральных районов России, находятся на уровне или немного превышают (в отдельные годы) расчетные критерии в северо-западных частях ЕТР. Для азота на северных станциях ЕМЕП суммарные выпадения также близки к критическим значениям, что является тревожным сигналом с учетом существующих тенденций изменения выпадений азота с осадками к росту год от года.

2.3.9. Загрязнение воздуха и осадков по данным станций EANET

На азиатской территории России с 2000 г. работают 4 станции международной Сети мониторинга выпадения кислотных осадков в Восточной Азии (EANET): три в районе оз. Байкал - Иркутск (городская), Листвянка (региональная) и Монды (фоновая); одна в Приморском крае – Приморская (региональная).

По данным измерений в 2019 г. среднегодовое содержание газовых примесей в воздухе на всех станциях возросло по сравнению с предыдущим годом. Наибольший рост наблюдался для аммиака, его среднегодовая концентрация оказалась выше или близка к среднему многолетнему за последние 10 лет. Содержание SO_2 на станции Листвянка превысило уровни, отмеченные на других станциях EANET. В 2019 г. отмечено снижение концентраций азот- и серосодержащих аэрозолей в целом на всех станциях. На станции Монды концентрации нитратов приблизились к уровню среднего многолетнего, а в Приморье их значения стабилизируются. В общем составе взвешенных частиц наибольшие концентрации за весь период наблюдения на всех станциях EANET характерны для сульфатов, определяющих 40-60% состава атмосферных аэрозолей по массе. Наиболее высокие значения содержания практически всех ионов характерны для аэрозолей в Приморском крае,

Таблица 2.23. Сравнение годовых влажных выпадений в 2019 г. и критических нагрузок серы и азота в районах расположения российских станций ЕМЕП

Станция	Влажные выпадения и критические нагрузки для серы, г S/м^2/год		Влажные выпадения и критические нагрузки для азота, г N/м^2/год	
	Выпадения	Нагрузки	Выпадения	Нагрузки
Янискоски	0,38	0,32-0,64	0,43	<0,28
Пинега	0,69	0,32-0,64	0,16	<0,28
Лесной	0,45	1,6-2,4	0,28	0,56-0,98
Данки	0,32	1,6-2,4	0,18	0,56-0,98

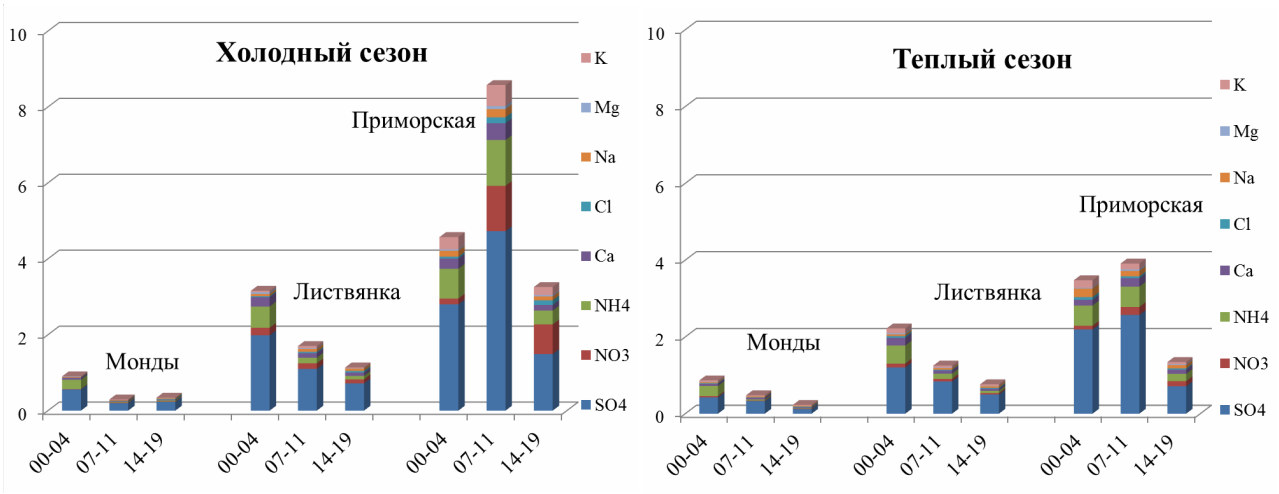


Рис. 2.31. Изменения среднего химического состава аэрозолей (мкг/м^3) на станциях ЕАНЕТ в холодный (слева) и теплый (справа) сезоны по наблюдениям в 2000-2019 гг.

где также заметен и значительный вклад азотсодержащих соединений (рис. 2.31). В районе озера Байкал сохранялись более низкие значения, а содержание практически всех основных ионов в аэрозолях воздуха уменьшилось вдвое.

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

Концентрации серо- и азотсодержащих веществ в воздухе на станциях в районе оз. Байкал продолжают снижаться на среднегодовом уровне по сравнению с периодом 2015-2017 гг. (рис. 2.32). На станции Приморская в 2017-2019 гг. содержание в атмосфере серо- и азотсодержащих веществ (нитратов и ионов аммония) в аэрозолях было значительно меньше по сравнению с периодом 2013-2015 гг.

В начале 2019 г. в зимние месяцы в районе станции Приморская наблюдалось аномально низкое количество осадков (менее 1-1,5 мм в месяц). Как и в предыдущие годы, содержание сульфатов в весенних осадках, было в 3-7 раз выше, чем в другие месяцы года, а концентрации нитратов в течение всего 2019 г. имели сравнимые значения.

В 2019 г. сезонные изменения выпадений веществ определялись главным образом годовым ходом осадков. Наибольшие потоки нитратов и сульфатов отмечены в районе станции в мае и августе (NO_3^-: 0,17-0,28 г/м^2 и SO_4^{2-} - 0,23 г/м^2), в начале осени: NO_3^- - 0,19 г/м^2; SO_4^{2-} - 0,26 г/м^2, а за все месяцы холодного сезона влажные выпадения не превысили 0,29 г/м^2 для NO_3^- и 0,53 г/м^2 для SO_4^{2-} (рис. 2.33). Выпадения за 2019 г. составили: сульфатов - 0,27 г/м^2, нитратов - 1,0 г/м^2, аммония 0,37 г/м^2.

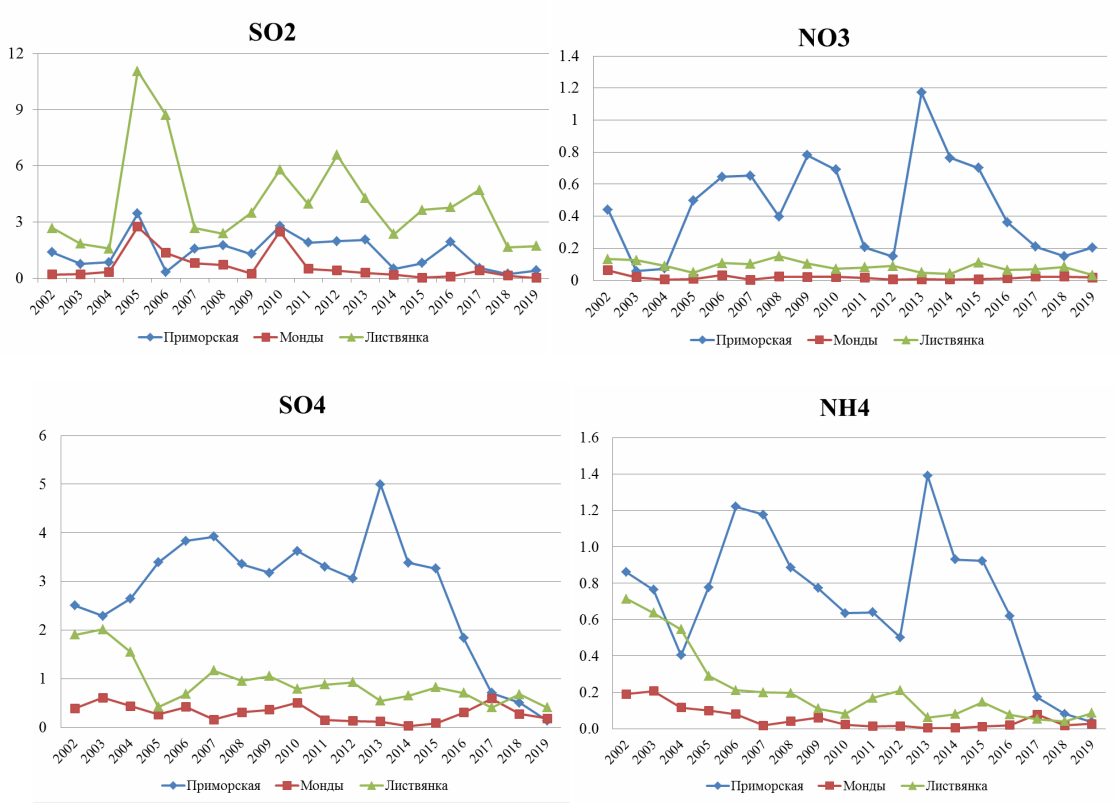


Рис. 2.32. Изменения средних годовых концентрации соединений серы (слева) и азота (справа) в воздухе на станциях EANET (мкг/м^3)

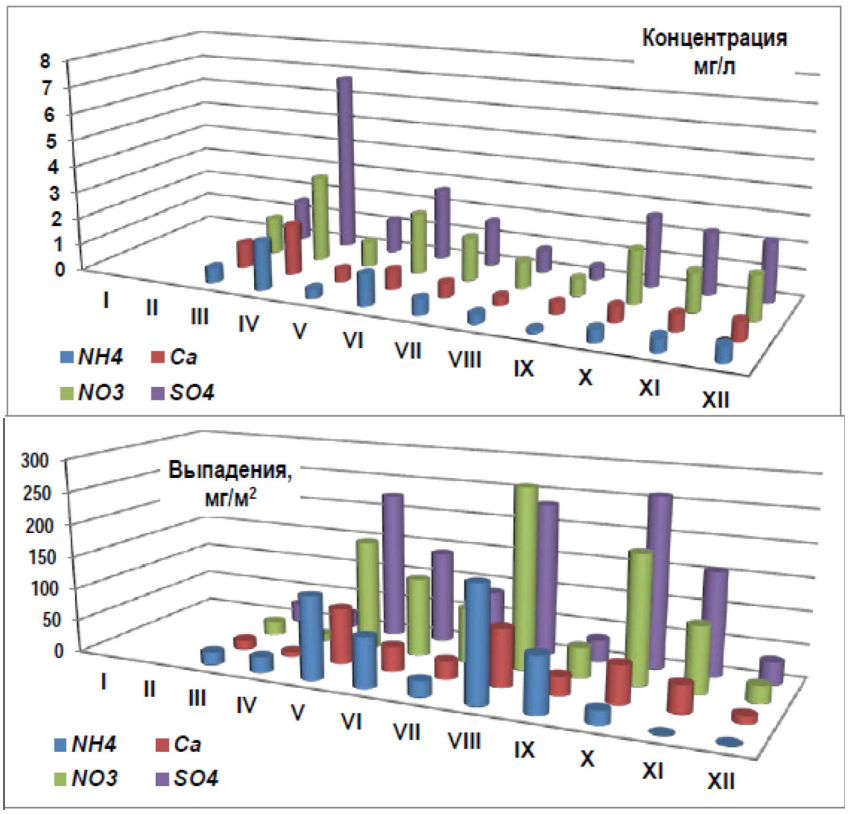


Рис. 2.33. Годовой ход концентраций (верхний) и выпадений (нижний) основных кислотообразующих ионов с осадками в районе станции Приморская (юг Дальнего Востока) в 2019 г.

2.4. *Содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности*

2.4.1. Содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности (по данным сети СКФМ)

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. 2.34). Все эти территории, за исключением Алтайского БЗ (Яйлю), включены во Всемирную сеть биосферных резерватов ЮНЕСКО. Удаленность от источников загрязнения, ограничение антропогенной нагрузки, максимальная сохраняемость наземных и водных экосистем в их естественном состоянии позволяют считать поступление загрязняющих веществ на подобных территориях фоновым и оценивать на этой основе параметры глобального рассеивания поллютантов в биосфере.

На протяжении более 25 лет на постоянных пробных площадках СКФМ, выбранных в наиболее представительных биогеоценозах, с периодичностью 1 раз в 3-5 лет проводятся регулярные наблюдения за содержанием загрязняющих веществ в почвах и растительности. В 2019 г. данные наблюдения проводились в Воронежском, Кавказском, Астраханском, Волжско-Камском и Алтайском (Яйлю) биосферных заповедниках.

Отбор проб компонентов системы «почва-растение» на СКФМ осуществляется по унифицированной схеме. Смешанные образцы почв отбираются методом конверта: в травянистых экосистемах с площади 100 м^2 из верхнего минерального слоя профиля на глубину 10 см, а в лесных экосистемах - с площади 2500 м^2 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.

Фоновое содержание загрязняющих веществ в почвах

За многолетний период наблюдений на СКФМ величины содержания тяжелых металлов в верхних горизонтах почв в целом были близки к оценкам среднемировых кларков элементов в верхней части континентальной земной коры, установленных во второй половине XX века и уточненных в новейшее время (табл. 2.24). Исключение составляет повышенный диапазон варьирования содержания соединений свинца в горных бурых лесных почвах Кавказского БЗ, который обусловлен литологической обогащенностью этим элементом материнских гранито-гнейсовых пород Альпийско-Гималайского складчатого пояса.

За последнюю декаду наблюдений для величин валового содержания в почвах тяжелых металлов характерен широкий размах варьирования со следующей кратностью превышения максимальных концентраций над минимальными:

- для соединений свинца - в 3-5 раз для почв НП Смоленское Поозерье, Кавказского, Волжско-Камского, Алтайского (Яйлю) и Баргузинского БЗ; в 8-14 раз для почв Астраханского и Приокско-Террасного БЗ; в 24 раза для почв Воронежского БЗ;
- для соединений кадмия - в 3-6 раз для почв НП Смоленское Поозерье, Кавказского и Астраханского БЗ; в 11-17 раз для почв Воронежского, Волжско-Камского и Алтайского (Яйлю) БЗ; в 33-70 раз для почв Приокско-Террасного и Баргузинского БЗ;
- для соединений меди - в 2-5 раз для почв Воронежского, Кавказского, Астраханского и Баргузинского БЗ; в 7-9 раз для почв НП Смоленское Поозерье, Волжско-Камского и Алтайского (Яйлю) БЗ; в 109 раз для почв Приокско-Террасного БЗ.

Спорадическое повышение концентраций тяжелых металлов в почвах Приокско-Террасного и Воронежского БЗ, где отмечено существенное расширение диапазона варьирования контролируемых показателей, может свидетельствовать об эпизодах увеличения антропогенной нагрузки на наземные экосистемы Центрального федерального округа - промышленно развитого региона с повышенной плотностью населения.

Согласно данным последних сроков мониторинговых наблюдений, концентрации соединений свинца, кадмия и меди в поверхностных горизонтах почв СКФМ, как правило, укладываются в диапазоны варьирования показателей, установленных за период с 2009 по 2019 гг. Однако в почвах Астраханского БЗ в 2019 г. зафиксированы максимальные за последнюю де-

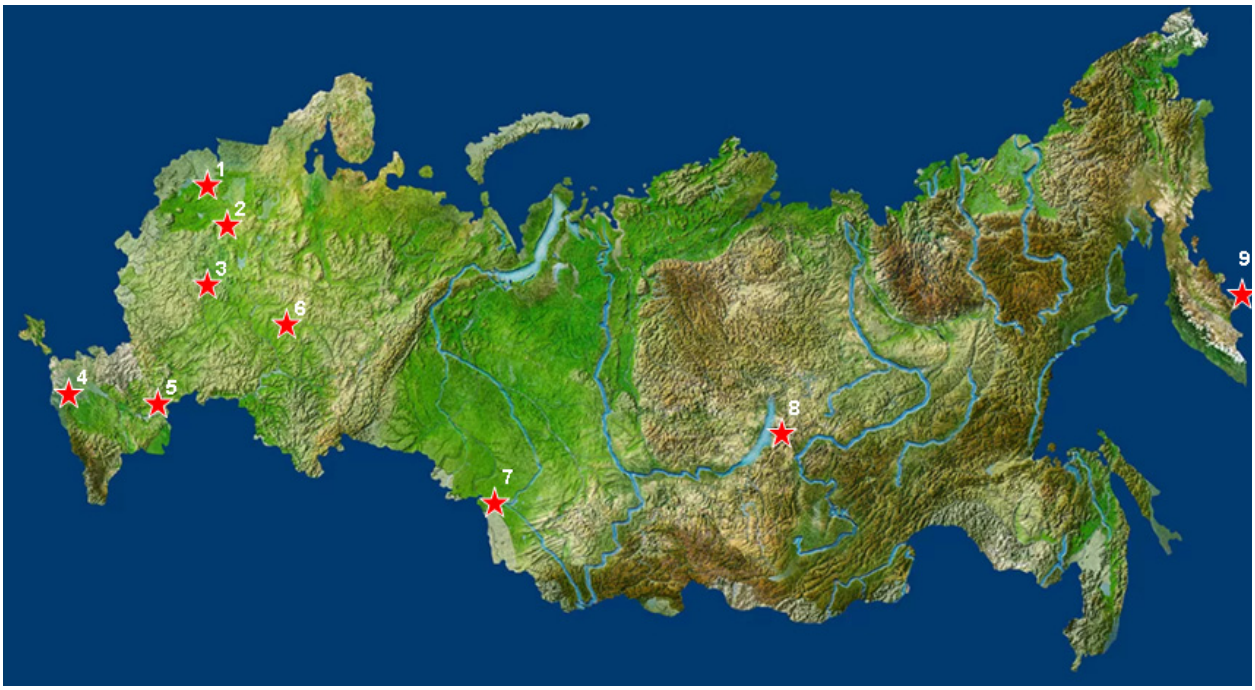


Рис. 2.34. Местоположение СКФМ: 1 - НП Смоленское Поозерье, 2 - Приокско-Террасный БЗ, 3 - Воронежский БЗ, 4 - Кавказский БЗ, 5 - Астраханский БЗ, 6 - Волжско-Камский БЗ, 7 - Алтайский БЗ (Яйлю), 8 - Баргузинский БЗ, 9 - Командорский БР

Таблица 2.24. Средние величины содержания тяжелых металлов (мг/кг) в почвах СКФМ за период 2015-2019 гг. и диапазоны значений показателей за период 2009-2019 гг.

СКФМ	Опробованные почвы	Свинец, мг/кг		Кадмий, мг/кг		Медь, мг/кг	
		Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 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	3,4	0,03-0,50	0,07	1,4-7,5	1,4
Южный федеральный округ							
Кавказский БЗ	Горные бурые лесные суглинистые	6,3-29,0	29,0	0,05-0,32	0,16	7,8-27,6	15,1
Астраханский БЗ	Аллювиальные луговые и лугово-болотные суглинистые	1,5-12,6	12,6	0,07-0,43	0,43	9,7-14,5	14,5
Приволжский федеральный округ							
Волжско-Камский БЗ	Дерново-подзолистые суглинистые	2,9-12,0	3,2	0,05-0,56	0,11	2,6-20,4	2,6
Сибирский федеральный округ							
Алтайский БЗ (Яйлю)	Горно-луговые суглинистые	3,7-12,5	5,4	0,05-0,80	0,22	6,10-57,0	8,5
Баргузинский БЗ	Горные мерзлотно-таежные суглинистые	2,4-8,2	4,9	0,04-2,80	0,23	3,1-12,0	6,1
Дальневосточный федеральный округ							
Командорский БР	Подзолы песчаные	5,2	5,2	0,17	0,17	10,4	10,4
$ОДК_{вал}$		*32 / 65 / 130*		*0,5 / 1 / 2*		*33 / 66 / 132*	
*Кларк почв***		*16 / 17 / 17 / 17*		*0,13 / 0,10 / 0,06 / 0,64*		*47 / 14 / 27 / 39*	

* *$ОДК_{вал}$ 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*

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

каду концентрации контролируемых тяжелых металлов, а в почвах Кавказского БЗ и НП Смоленское Поозерье - максимальные концентрации свинца и кадмия соответственно. Проведенное А.Кабата-Пендиас (Kabata-Pendias, 2011) обобщение мировых данных по содержанию соединений кадмия в почвах показало, что фоновые уровни этого поллютанта не превосходят 0,5 мг/кг, и все более высокие значения свидетельствуют об антропогенном вкладе в содержание Cd в верхнем слое почв. Вместе с тем, в почвах Воронежского БЗ в 2019 г. отмечаются минимальные за период 2009-2019 гг. концентрации меди. Межгодовое варьирование показателей, безусловно, во многом определяется естественным пространственным варьированием свойств почв на площадках пробоотбора, что требует для установления временных трендов загрязнения почв тяжелыми металлами их непрерывного систематического мониторинга.

С санитарно-гигиенической позиции, текущие уровни содержания в почвах СКФМ соединений свинца, кадмия и меди не превышают величин ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК) тяжелых металлов, что характеризует фоновый уровень загрязнения наземных экосистем России как экологически допустимый.

Содержание в почвах СКФМ приоритетных загрязнителей органической природы характеризует их экологическое состояние в основном как благополучное. Как правило, в поверхностных горизонтах почв обнаруживаются лишь следовые количества поллютантов, поступивших в наземные экосистемы заповедников и национальных парков вследствие глобального рассеяния в атмосфере (табл. 2.25). Так, содержание в почвах СКФМ бенз(а)пирена - на один-два порядка меньше значений ПДК. Лишь единично за 10-летний период наблюдений в 2009 г. в дерново-подзолистых почвах Воронежского БЗ было отмечено содержание бенз(а)пирена на уровне 0,9 ПДК, однако согласно последнему сроку опробования почв концентрация поллютанта близка к пределу его обнаружения.

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

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

Фоновое содержание загрязняющих веществ в растительности

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

По данным последнего срока опробования, а также за период наблюдений 2009-2019 гг. визуальное обследование состояния растительности СКФМ не выявляло видимых признаков нарушений роста и развития фитоценозов, которые могли бы определяться загрязнением окружающей среды.

Содержание контролируемых тяжелых металлов и органических загрязнителей в зеленых частях доминантных видов растений древесного, травянистого и мохового ярусов СКФМ в целом отвечает характеристикам природного фона и находится в более узких пределах колебаний, чем в почвах, что отражает буферную роль почвенной компоненты наземных экосистем в формировании миграционных потоков элементов (табл. 2.26).

Поглощение тяжелых металлов из почв сильно варьирует в зависимости от содержания в них подвижных форм элементов, эдафических условий и вида растений. Поступающие из атмосферы загрязняющие вещества, как правило, характеризуются ионной формой и пополняют пул легкодоступных растениям форм. Согласно данным последних мониторинговых наблюдений, коэффициенты накопления тяжелых металлов в растительности напочвенного покрова (КН, рассчитываются как соотношение концентраций элемента в абсолютно сухой массе растения и абсолютно сухой почве) в основном варьируют в диапазоне величин от <0,1 до 2, но КН-Cd в разнотравье Воронежского, Волжско-Камского, Алтайского (Яйлю) и Кавказского БЗ достигают величин 6-15 (рис. 2.35). Случаи повышения интенсивности

Таблица 2.25. Средние величины содержания органических загрязняющих веществ (мкг/кг) в почвах СКФМ за период 2015-2019 гг. и диапазоны значений показателей за период 2009-2019 гг.

СКФМ	Опробованные почвы	Бенз(а)пирен, мкг/кг		сумма-ДДТ, мкг/кг		γ-ГХЦ, мкг/кг	
		Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.
Центральный федеральный округ							
НП Смоленское Поозерье	Дерново-подзолистые супесчаные	0,2-1,2	0,2	≤0,2-10,0	≤0,2	≤0,2-0,7	≤0,2
Приокско-Террасный БЗ	Дерново-подзолистые суглинистые	0,1-0,9	0,6	0,5-70,8	4,5	≤0,05-6,0	0,3
Воронежский БЗ	Дерново-подзолистые песчаные	0,1-18,1	0,9	0,5-77,9	21,7	≤0,05-10,2	10,2
Южный федеральный округ							
Кавказский БЗ	Горные бурые лесные суглинистые	0,08-1,4	0,2	0,5-41,1	18,5	≤0,05-5,6	0,7
Астраханский БЗ	Аллювиальные луговые и лугово-болотные суглинистые	0,08-0,45	0,1	0,3-25,1	2,9	≤0,05-13,2	1,3
Приволжский федеральный округ							
Волжско-Камский БЗ	Дерново-подзолистые суглинистые	0,1-0,3	0,2	0,5-71,4	35,6	≤0,2-4,5	1,0
Сибирский федеральный округ							
Алтайский БЗ (Яйлю)	Горно-луговые суглинистые	0,1-3,7	0,5	0,5-52,6	4,8	≤0,05-2,2	0,25
Баргузинский БЗ	Горные мерзлотно-таежные суглинистые	0,3-1,6	0,5	0,5-98,6	15,5	≤0,05-3,4	1,7
Дальневосточный федеральный округ							
Командорский БР	Подзолы песчаные	0,3/ - *	0,3	36,0	36,0	1,1	1,1
ПДК		*20*		*100*		*100*	

* - *нет данных*

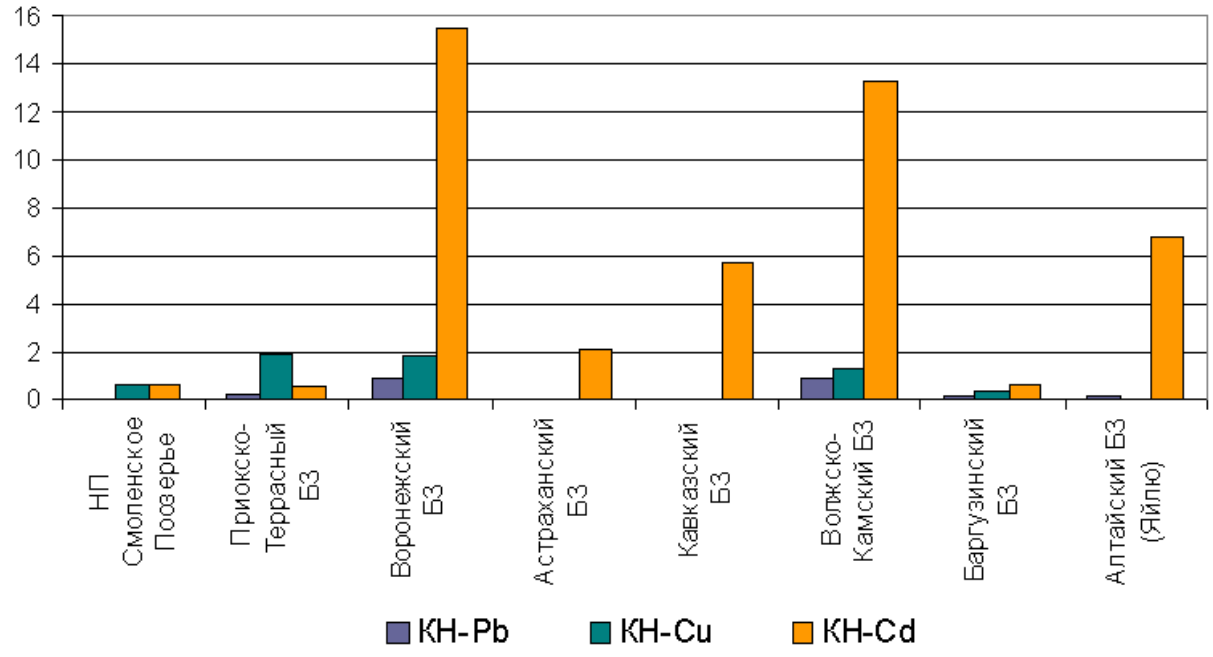


Рис. 2.35. Коэффициенты накопления свинца, кадмия и меди в растительности напочвенного покрова СКФМ

Таблица 2.26. Средние концентрации тяжелых металлов (мг/кг абсолютно сухой массы) в растительности СКФМ в 2015-2019 гг. и диапазоны значений показателей за период 2009-2019 гг.

Станция КФМ	Проба	Свинец, мг/кг		Кадмий, мг/кг		Медь, мг/кг	
		Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.
Центральный федеральный округ							
НП Смоленское Поозерье	Осина, листья	0,3-7,3	1,2	0,18-0,96	0,90	- *	5,3
	Липа, листья		3,4		0,39		9,2
	Черника, листья		0,3		0,22		8,0
	Мох		4,0		0,90		4,3
Приокско-Террасный БЗ	Береза, листья	0,1-7,3	7,3	0,15-3,50	0,46	0,7-20,0	2,8
	Разнотравье	0,5-1,5	1,0	0,16-0,71	0,32	1,9-9,0	5,0
Воронежский БЗ	Сосна, хвоя	0,5-6,2	6,2	0,17-3,00	3,00	-	0,4
	Береза, листья	-	2,1	-	4,80		6,0
	Черника, листья	-	2,2	-	0,48		3,1
	Осока	-	1,8	-	1,10		2,5
	Разнотравье	0,1-3,0	3,0	0,10-1,12	1,12		2,4
	Мох	3,1-10,3	10,3	0,40-0,90	0,90		-
Южный федеральный округ							
Астраханский БЗ	Ясень, листья	0,5-7,4	1,0	0,30-5,30	3,10	9,5-107,0	3,2
	Ветла, листья	0,6-2,7	0,6	3,50-29,70	29,70		5,6
	Тростник	0,6-3,3	0,6	0,81-0,92	0,92	3,3-98,0	4,1
	Ежевика	0,7-17,0	0,7	0,40-17,90	3,50		5,5
Кавказский БЗ	Разнотравье	0,54-2,6	1,1	0,10-2,50	0,92	2,8-24,6	24,6
Приволжский федеральный округ							
Волжско-Камский БЗ	Сосна, хвоя	1,3-2,9	2,5	0,25-0,50	0,40	3,7-18,0	4,2
	Клен, листья	-	1,9	-	1,80	-	3,8
	Рябина, листья	-	1,2	-	1,80	-	7,0
	Черника, листья	-	0,8	-	1,40	-	5,2
	Разнотравье	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	0,4-0,543	0,5	0,33-0,88	0,60	0,5-4,0	2,3
	Кедр, хвоя	0,4-1,3	0,7	0,20-0,48	0,30	1,1-2,5	1,9
	Разнотравье	0,3-1,4	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	0,8-2,6	0,8	0,19-1,50	1,50	2,4-7,2	4,0
Дальневосточный федеральный округ							
Командорский БР	Рододендрон	-	0,5	-	0,10	-	4,0

* *- нет данных*

биологической миграции кадмия требуют внимания, так как этот поллютант является высокотоксичным как для растений, поскольку подавляет их ферментативную активность, так и для человека, поскольку вызывает канцерогенез.

Сравнительный анализ величин КН контролируемых тяжелых металлов для отдельных видов растений, совместно произрастающих на площадках СКФМ, показывает, что соединения свинца, как правило, сравнительно больше накапливаются в зеленых частях мхов, чем в листьях цветковых растениях (рис. 2.36-А). Это может определяться преобладанием фолиарного поступления свинца в мохообразные растения, а также постепенным накоплением поллютанта на поверхности листьев мха в многолетнем цикле его существования. Несколько возрастают значения КН-Pb и в хвое сосны на площадках СКФМ в Воронежском и Волжско-Камском БЗ, продолжительность жизни которой колеблется от 2 до 8 лет. Таким образом, можно предположить, что растительный ярус достаточно эффективно задерживает поступающие из атмосферы соединения свинца, но лишь в незначительной степени потребляет их в процессах корневого питания. По абсолютным значениям текущие концентрации свинца в биомассе большинства видов растительных ассоциаций СКФМ близки к кларку живого вещества 1 мг/кг и несколько повышены лишь в древесных и травянистых растениях Воронежского БЗ.

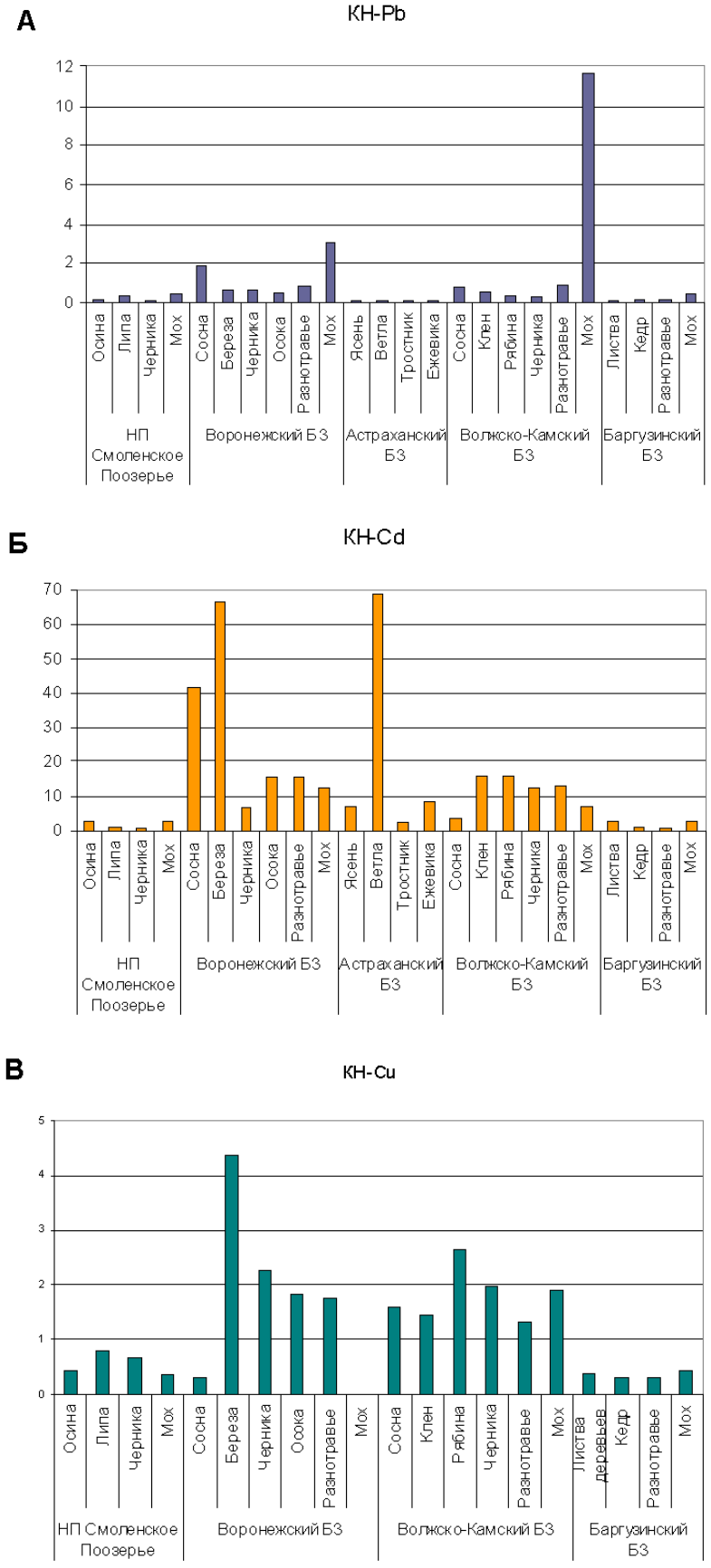


Рис. 2.36. Коэффициенты накопления свинца (А), кадмия (Б) и меди (В) в растениях СКФМ

Переход кадмия в растительность СКФМ (рис. 2.36-Б), по-видимому, является видоспецифическим процессом, причем в ряде случаев КН-Cd повышен у растительности древесного яруса, особенно отчетливо - в хвое сосны и листьях березы на площадке СКФМ Воронежского БЗ, а также в листьях ветлы на площадке СКФМ Астраханского БЗ. При этом существенное превышение измеренных на всех СКФМ абсолютных величин содержания элемента в растениях над его кларковым значением в живом веществе 0,002 мг/кг может свидетельствовать о расширении техногенного потока кадмия в настоящее время.

Медь относится к необходимым микроэлементам минерального питания растений, но при избытке доступных форм в почве становится фитотоксичным элементом. Обобщенные данные показывают, что содержание Cu в растениях из незагрязненных регионов колеблется от 1 до n·10 мг/кг абсолютно сухой массы, причем снижение концентраций ниже 2 мг/кг неблагоприятно для большинства растений. Исходя из данных мониторинговых наблюдений последнего срока, содержание соединений меди в растительности СКФМ варьирует в диапазоне 0,4-24,6 мг/кг, что соответствует фоновым характеристикам обеспеченности дикорастущих видов растительности данным микроэлементом. Величины КН-Cu, по-видимому, в большей степени определяются долей подвижных форм микроэлемента в почвах, чем видовой спецификой растений; наибольшие величины показателя отмечаются для растительности Воронежского и Волжско-Камского БЗ (рис. 2.36-В).

В целом, согласно результатам последнего опробования, для отдельных показателей фонового загрязнения компонентов растительного покрова СКФМ тяжелыми металлами максимальные уровни содержания соединений свинца (37,0 мг/кг) отмечаются в моховом покрове Волжско-Камского БЗ; кадмия (29,7 мг/кг) - в листьях ветлы Астраханского БЗ; меди (24,6 мг/кг) в разнотравье Кавказского БЗ.

Концентрации загрязняющих веществ органической природы в растительности СКФМ в целом невысоки. Содержание бенз(а)пирена в зеленых частях растений СКФМ отражает региональный уровень рассеяния поллютанта в атмосфере и незначительно зависит от жизненной формы растения и/или его видовой принадлежности. Согласно последним наблюдениям, относительно повышенные концентрации бенз(а)пирена отмечаются в растительности Приокско-Террасного БЗ и Кавказского БЗ, наименьшие значения контролируемого показателя характерны для НП Смоленское Поозерье (табл. 2.27).

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

В целом, согласно результатам последнего опробования, максимальные уровни содержания бенз(а)пирена (0,5-0,6 мкг/кг) наблюдаются в разнотравье напочвенного покрова Приокско-Террасного и Кавказского БЗ; остаточных количеств ДДТ и его метаболитов (122 мкг/кг) - в растительности мохового яруса Волжско-Камского БЗ; а остаточных количеств ɣ-ГХГЦ (4,0 мкг/кг) - в хвое сосны Волжско-Камского БЗ.

2.4.2. Фоновые массовые доли химических веществ в почвах в региональном аспекте

Для сравнения уровней загрязнения почв токсикантами промышленного происхождения (ТПП) вблизи источников промышленных выбросов с фоновыми массовыми долями соответствующих химических веществ ежегодно проводится отбор проб почв на фоновых территориях, прилегающих к техногенным. Согласно п. 2.5 СанПиН 2.1.7.1287-03, в качестве фоновых значений концентраций химических веществ следует использовать региональные показатели почв. Фоновая площадка 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 на территории фоновых площадок обследуемых городов, в которых определяются массовые доли тяжелых металлов (ТМ), нефти и нефтепродуктов (НП), фтора, нитратов, сульфатов, бенз(а)пирена (БП) и др.

В 2019 г. наблюдения за содержанием в почвах фоновых участков ТМ, НП, фтора, нитратов, сульфатов, БП проводились на территориях Центрального федерального округа (Московской области), Дальневосточного федерального округа (Приморского края), Сибирского федерального округа (Иркутской, Кеме-

Таблица 2.27. Средние концентрации органических загрязняющих веществ (мкг/кг абсолютно сухой массы) в растительности СКФМ в 2015-2019 гг. и диапазоны значений показателей за период 2009-2019 гг.

Станция КФМ	Проба	Бенз(а)пирен, мкг/кг		сумма-ДДТ, мкг/кг		γ-ГХГЦ, мкг/кг	
		Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.
Центральный федеральный округ							
НП Смоленское Поозерье	Осина, листва Липа, листва Черника Мох	0,03-1,10	0,03 0,03 0,13 0,14	≤0,5-21,0	1,1 - 11,0 7,1	≤0,05-2,0	≤0,05 - 1,0 1,7
Приокско-Террасный БЗ	Береза, листва Разнотравье	0,05-0,19 0,16-0,58	0,36 0,58	0,5-58,7 0,5-54,4	3,7 54,4	≤0,05-3,2 ≤0,05-3,8	1,7 2,4
Воронежский БЗ	Хвоя сосны	0,40	0,40	2,0-37,3	37,3	0,05-2,4	2,4
Южный федеральный округ							
Астраханский БЗ	Ясень, листва Ветла, листва Тростник Ежевика	0,12-0,30 0,18-0,37 0,12-0,27	0,20 0,18 0,37 0,19	0,77-78,7 ≤0,2-18,0 ≤0,5-28,2	118,3 4,4 18,0 28,2	0,3-2,6 нпо-0,3 нпо-4,5	0,7 0,5 нпо нпо
Кавказский БЗ	Разнотравье	0,15-0,54	0,54	≤0,5-44,2	24,8	≤0,05-4,2	0,3
Приволжский федеральный округ							
Волжско-Камский БЗ	Сосна, хвоя Разнотравье Мох	0,21-0,28 0,07 0,07-0,14	0,25 0,07 0,10	1,0–23,0 3,0 46,0-220,0	12,0 3,0 122,0	2,7-5,4 2,0 0,5-5,0	4,0 2,0 2,5
Сибирский федеральный округ							
Баргузинский БЗ	Листва деревьев Хвоя кедра Мох	0,02-0,60 0,24-0,60 0,24-0,60	0,25 0,35 0,33	3,4 13,0 -	3,4 13,0 -	1,5 3,4 -	1,5 3,4 -

ровской, Новосибирской, Омской и Томской областей), Уральского федерального округа (Свердловской области), Приволжского федерального округа (Республик: Башкортостан, Татарстан, Удмуртской; Кировской, Нижегородской, Оренбургской и Самарской областей).

В табл. 2.28 представлены значения массовых долей нитратов и водорастворимого фтора в почвах фоновых площадок на территории Новосибирской, Кемеровской, Томской, Иркутской, Самарской и Свердловской областей.

Данные, представленные в табл. 2.28 демонстрируют значительные колебания измеренного содержания в почвах нитратов и фтора за рассматриваемый период. В целом, несмотря на варьирование содержания вышеуказанных химических веществ, превышения допустимых гигиеническими нормативами значений не было выявлено.

В 2019 г. продолжились наблюдения за выпадениями фтора на снежный покров Братского района Иркутской области. Плотность выпадений соединений фтора на фоновой площадке в районе г. Братска увеличилась в 1,8 раза по сравнению с 2018 г. (5,2 кг/км^2×мес) и составила 9,5 кг/км^2×мес. По данным наблюдений 2015-2019 гг. плотность атмосферных выпадений фторидов на фоновой площадке п. Листвянка Иркутской области варьировала в диапазоне 0,46-2,41 кг/км^2×мес.

Результаты многолетних наблюдений за фоновыми валовыми и/или кислоторастворимыми (сравнимыми с валовыми) формами массовых долей кобальта, марганца, никеля, ртути в почвах отдельных регионов РФ приведены в табл. 2.29.

Фоновые значения массовых долей кислоторастворимых форм никеля в подзолистых почвах для городов Новосибирск и Томск, исследованных в 2011-2019 гг., изменялись соответственно от 8,1 до 32,3 мг/кг и от 0,45 до 25 мг/кг. В почвах этих городов в 2019 г. фоновые значения содержания марганца составили соответственно 530 и 643 мг/кг.

Фоновые массовые доли кислоторастворимых (сравнимых с валовыми) форм кадмия, меди, свинца, цинка и НП в почвах отдельных фоновых районов Российской Федерации представлены в табл. 2.30.

Результаты наблюдений, проведенных с 1999 по 2019 гг. в районе п. Мариинск Свердловской области, показали, что в подзолистых почвах фоновые массовые доли подвижных форм хрома изменялись от 0,6 до 1,1 мг/кг (кислоторастворимых форм хрома – от 18 до 110 мг/кг), свинца – от 1,0 до 19 мг/кг, марганца – от 30 до 485 мг/кг, никеля – от 0,2 до 5,0 мг/кг, цинка – от 1,6 до 137 мг/кг, меди – от 0,5 до 25 мг/кг, кобальта – от < 0,01 до 2,5 мг/кг, кадмия – от < 0,01 до 1,1 мг/кг.

Таблица 2.28. Массовые доли нитратов и водорастворимого фтора, мг/кг, в почвах фоновых площадок на территории Российской Федерации

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Нитраты	Фтор
Сибирский федеральный округ				
Западная Сибирь Новосибирск с. Прокудское	Подзолистые	1995-2019	2,0-36,5	0,2-3,5
Кемерово, д. Калинкино ЮЮЗ 55 км от ГРЭС	Серая лесная	1995-2019	6,2-87,5	0,4-3,5
г. Новокузнецк, пос. Сарбала ЮЮВ 32 км от ГРЭС	Подзолистые	1995-2019	3,8-24,6	0,2-9,5
г. Томск, с. Ярское Ю 43 км от ГРЭС-2		2001-2019	1,5-49,0	0,3-3,8
Приволжский федеральный округ				
Самарская область Волжский район Национальный парк «Самарская Лука» З 30 км от г. Самара	Чернозёмы	2006-2019	1-47	0,2-3,3
Волжский район АГМС п. Аглос ЮЗ 20 км от г. Самара		2006-2019	3-36	0,8-4,1
Уральский федеральный округ				
Свердловская область п. Мариинск ЮЗ 54 км от г. Екатеринбург	Подзолистые	1999-2019	0,2-13,2	-

На расстоянии 79 км в западном направлении и на расстоянии 60 км в южном направлении от г. Екатеринбурга содержание подвижных форм свинца в подзолистых почвах составило соответственно 3,5 и 25 мг/кг, хрома - 2,5 и 1,0 мг/кг, марганца - 210 и 52 мг/кг, никеля - 14 и 2,7 мг/кг, цинка - 13 и 12 мг/кг, меди - 1,2 и 12 мг/кг, кобальта - 0,8 и 0,4 мг/кг, кадмия - 0,8 и 0,2 мг/кг. В почве фонового участка в районе пгт. Славянка Приморского края содержание подвижных форм свинца составило 1,6 мг/кг, меди - 0,82 мг/кг, никеля - 0,12 мг/кг, цинка - 2,0 мг/кг, марганца - 16,8 мг/кг. В г. Дзержинск Нижегородской области значения массовых долей подвижных форм ТМ в почвах фонового участка составили: меди - < 0,4 мг/кг, никеля - < 1,2 мг/кг, свинца - 1,4 мг/кг, цинка - ≤ 2,1 мг/кг, кадмия - < 0,1 мг/кг. В почвах фоновой площадки в районе г. Ижевск Удмуртской Республики содержание меди составило 0,1 мг/кг, никеля - < 1,0 мг/кг, свинца - < 0,5 мг/кг, цинка - 2,8 мг/кг, кадмия - 0,1 мг/кг.

В 2019 г. содержание сульфатов в почвах фоновых площадок соответствовало: пгт. Славянка Приморского края - 13,9 мг/кг; г. Медногорска Оренбургской области - 35 мг/кг; НПП «Самарская Лука» и АГМС п. Аглос Самарской области - 27,7 мг/кг и 37,8 мг/кг соответственно; в городах Ангарск и Усолье-Сибирское Иркутской области - 72,9 мг/кг и 166,1 мг/кг соответственно.

В почвах фоновых участков г. Медногорска Оренбургской области и пгт. Славянка Приморского края значение концентрации БП соответствовало 0,018 мг/кг и <0,005 мг/кг соответственно. Также в почвах фонового участка г. Медногорска фиксировалась полихлорированные бифенилы (ПХБ) с концентрацией 0,004 мг/кг.

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

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

Таблица 2.29. Массовые доли валовых (или кислоторастворимых) форм кобальта, марганца, никеля и ртути, мг/кг, в почвах фоновых районов Российской Федерации

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Co	Mn	Ni	Hg
Центральный федеральный округ						
Московская область Ступинский район	Дерново-подзолистые	2019	2,0	385	11	-
Сибирский федеральный округ						
Иркутская область г. Ангарск	Серые лесные	2002, 2010, 2019	7-21	173-607	3-45	0,01 (2019)
г. Усолье-Сибирское	Серые лесные	1989, 2002, 2010, 2019	9,8-19	123-991	4,6-99	0,03-0,05
Дальневосточный федеральный округ						
Приморский край пгт. Славянка ЮЗ 34 км	Бурые лесные	2010, 2019	7,5 (2010)	570-829	13-13,8	0,035 (2019)
Уральский федеральный округ						
Свердловская область&. Мариинск ЮЗ 54 км от г. Екатеринбург	Дерново-подзолистые	1999-2019	4-44	77-3110	1,5-181	0,01-0,20
г. Первоуральск СЗ 47 км от г. Екатеринбург	Дерново-подзолистые	2014, 2019	13-43	660-1772	33-64	0,08 (2010)
г. Асбест З 79 км от г. Екатеринбург	Дерново-подзолистые	2014, 2019	13-15	849-1598	151-181	0,03 (2010)
г. Ревда Ю 60 км от г. Екатеринбург	Дерново-подзолистые	2019	25	1269	31	0,03
Приволжский федеральный округ						
Оренбургская область г. Медногорск	Дерново-подзолистые	1987, 2009, 2019	27 (1987)	182-390	33-50	0,02 (2019)
Нижегородская область г. Дзержинск территория городского округа г. Дзержинска		2013, 2018, 2019	1-8	77-278	10-14	0,02-0,04
Самарская область Национальный парк «Самарская Лука» З 30 км от г. Самара	Черноземы	2006-2019	-	43-515	11-87	-
АГМС п. Аглос ЮЗ 20 км от г. Самара			-	175-778	9-103	-
Удмуртская Республика В 20 км от г. Ижевск	Дерново-подзолистые	2006-2019	4-14	665-1450	21-64	0,02-0,05
Республика Татарстан г. Казань СЗ 20 км	Дерново-подзолистые	2008-2019	2-8	250-600	2-36	0,01-0,04
г. Нижнекамск г. Набережные Челны СВ, Национальный парк «Нижняя Кама»			3-9	223-390	12-29	0,01-0,05
Кировская область г. Кирово-Чепецк ЮЗ 20 км, ЮВ 30 км от АО «ОХК Уралхим» и ООО «ГалоПолимер»	Дерново-подзолистые	2008, 2018, 2019	7,8-11	513-1007	47-53	<0,02-0,03

Таблица 2.30. Массовые доли кадмия, меди, свинца, цинка и НП, мг/кг, в почвах фоновых районов Российской Федерации

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Cd	Cu	Pb	Zn	НП
Центральный федеральный округ							
Московская область Ступинский район	Дерново-подзолистые	2019	0,6	4,4	21	25,4	-
Сибирский федеральный округ							
Западная Сибирь г. Новосибирск с. Прокудское	Подзолистые	1995-2019	0,4-3,0	3-30	1,6-40	5-129	9-264
г. Кемерово д. Калинкино ЮЮЗ 55 км от ГРЭС	Серые лесные	1995-2019	0,2-6,3	4-41	5-31	18-169	6-110
г. Новокузнецк пос. Сарбала ЮЮВ 32 км от ГРЭС	Подзолистые	1995-2019	<0,1-1,3	<0,1-27	13,2-25	<0,1-133	105-510
г. Томск, с. Ярское Ю 43 км от ГРЭС-2	Подзолистые	2001-2019	<0,1-0,8	2-21,3	4,1-27	22-200	20-296
Иркутская область г. Ангарск	Серые лесные	2002, 2010, 2019	0,07-0,1	3,3-22	1,8-24	23,4-59	—
г. Усолье-Сибирское	Серые лесные	1989, 2002, 2010, 2019	0,06-0,1	8,3-27	7,1-20	23,2-71	—
Дальневосточный федеральный округ							
Приморский край пгт. Славянка ЮЗ 34 км	Бурые лесные	2010, 2019	0,1-0,3	13-14,2	15-28	59-83	—
Уральский федеральный округ							
Свердловская область п. Мариинск ЮЗ 54 км от г. Екатеринбург	Подзолистые	1999-2019	0,5-2,2	13-368	7,0-137	44-201	—
г. Первоуральск СЗ 47 км от г. Екатеринбург	Дерново-подзолистые	2014, 2019	1,0-1,6	98-111	33-45	177-217	—
г. Асбест З 79 км от г. Екатеринбург	Дерново-подзолистые	2014, 2019	0,7-1,6	27-31	21-24	74-77	—
г. Ревда Ю 60 км от г. Екатеринбург	Дерново-подзолистые	2019	2,2	87	69	100	—
Приволжский федеральный округ							
Нижегородская область г. Дзержинск территория городского округа г. Дзержинска	Дерново-подзолистые	2013, 2018, 2019	0,5-4,0	5-13	9-11	20-32	32-98
Оренбургская область г. Медногорск	Дерново-подзолистые	1987, 2009, 2019	0,2-0,6	29-46	20-24	33-96	40-52,6
Самарская область Национальный парк «Самарская Лука» З 30 км от г. Самара	Черноземы	2006-2019	0,2-2,8	7-118	8-88	35-219	9-175
АГМС п. Аглос ЮЗ 20 км от г. Самара			0,1-2,5	8-55	1-21	31-271	2,4-32,7
Удмуртская Республика В 20 км от г. Ижевск	Дерново-подзолистые	2006-2019	0,5-4,0	7-48	10-130	18-191	26-73
Республика Татарстан г. Казань СЗ 20 км	Дерново-подзолистые	2008-2019	0,1-0,5	1,2-11	3-18	9,3-180	2,3-96
г. Нижнекамск г. Набережные Челны СВ, Национальный парк «Нижняя Кама»		2008-2019	0,5-1,0	5-28	2,3-22	17-70	15,2-150
Кировская область г. Кирово-Чепецк СЗ 20 км, ЮВ 27 км от АО «ОХК Уралхим» и ООО «ГалоПолимер»	Дерново-подзолистые	2008, 2019	0,5-0,8	18-29	10-32	40-355	69-129
Республика Башкортостан г. Дюртюли ЮВ 15 км от автовокзала	Выщелоченные черноземы	2008, 2019	0,2-0,6	22-29	10-18	54-67	—
г. Янаул Ю 24 км от ж/д станции	Типичные черноземы	2006, 2013, 2019	0,03-0,1	16-27	13-19	50-210	—

2.5. Загрязнение поверхностных вод

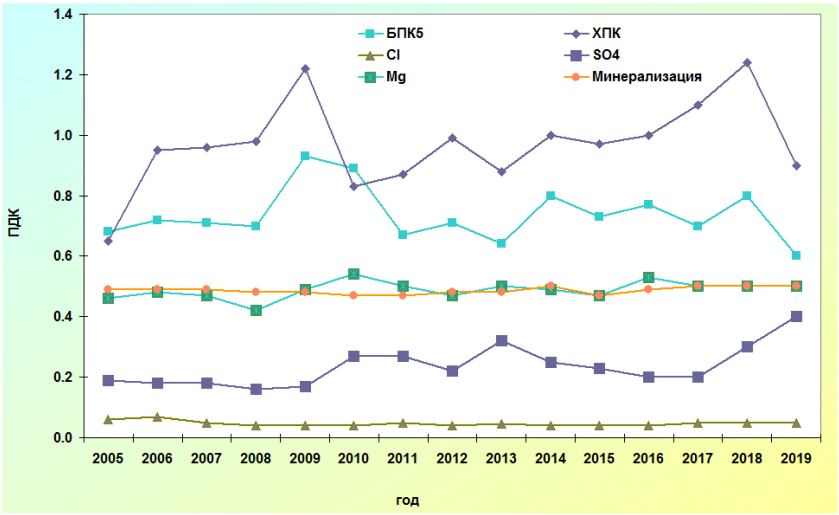
2.5.1. Фоновое загрязнение поверхностных вод по данным сети наблюдений за гидрохимическими показателями

Бассейн Азовского моря

На протяжении многолетнего периода качество воды **р. Ворона** в черте г. Уварово характеризовалось как «слабо загрязнённая», в отдельные годы - «условно чистая», в 2018 г. - «загрязнённая». В 2019 г. качество воды улучшилось до уровня «слабо загрязнённая» в результате уменьшения количества загрязняющих веществ от 7 до 5 из 11, учтённых в комплексной оценке качества воды и повторяемости случаев превышения ПДК органическими веществами (по ХПК) от 100 до 29%, органическими веществами (по $БПК_5$) от 14 до 0%. Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ не достигали, либо незначительно превышали ПДК (рис. 2.37). Максимальные концентрации аммонийного азота, соединений железа и нитритного азота регистрировались на уровне 1,5-3,5 ПДК.

Качество воды р. Лесной Воронеж, выше г. Мичуринск в многолетнем плане характеризовалось как «слабо загрязнённая», в отдельные годы - как «условно чистая». В 2019 г. уменьшилось количество загрязняющих веществ от 4 до 2 из 13, учтённых в комплексной оценке качества воды. В единичной пробе концентрация нитритного азота достигала 2 ПДК. Содержание органических веществ (по ХПК) незначительно превышало ПДК, остальных загрязняющих веществ - ниже ПДК. В 2019 г. качество воды характеризовалось как «условно чистая» (в 2018 г. - «слабо загрязнённая») (рис. 2.38).

а)



б)

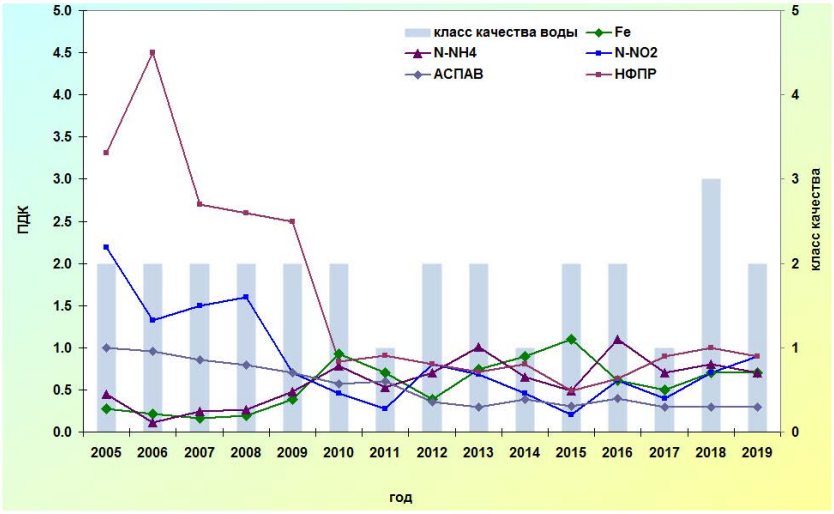


Рис. 2.37. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Ворона в черте г. Уварово за многолетний период

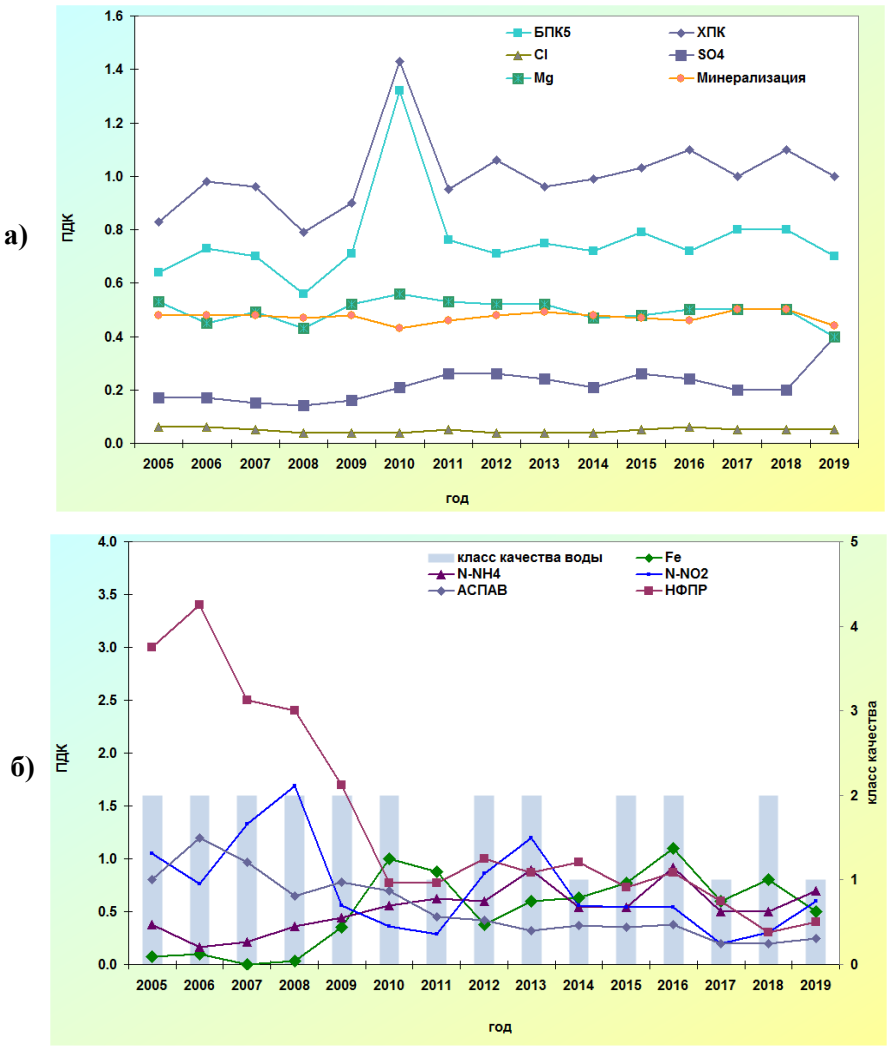


Рис. 2.38 . Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Лесной Воронеж выше г. Мичуринск за многолетний период

Бассейн Карского моря

Притоки озера Байкал. В 2019 г. гидрохимические наблюдения проводились на устьевых участках 10 рек, выбранных в качестве фоновых.

Вода рек Голоустная, Бугульдейка, Сарма, Мантуриха, Мысовка, Снежная, Выдриная, Хара-Мурин, Утулик в 2019 г. как и предыдущие годы, характеризовалась как «условно чистая». Качество воды р. Большая Сухая несколько улучшилось по сравнению с 2018 г. и характеризовалось, как и в остальных притоках озера - «условно чистыми» водами (рис. 2.39). Наблюдалось незначительное превышение концентраций: фенолов в р. Мысовка - 1,2 ПДК; соединений железа в р. Выдриная - 1,9 ПДК.

Иркутское водохранилище

Вода Иркутского водохранилища в большинстве пунктов наблюдений в 2019 г., также как в многолетнем периоде, характеризуется как «условно чистая».

Отмечается некоторое улучшение качества воды до «условно чистая» в верхнем створе водохранилища (ОГП-1 Исток Ангары) (рис. 2.40). По сравнению с прошлым годом максимальные концентрации загрязняющих веществ в воде створа регистрировались на уровне: фенолов 1,5 ПДК (в 2018 г. - 3,8 ПДК); органических веществ (по ХПК) - 2,3 ПДК (в 2018 г. - 2,4 ПДК). Содержание остальных загрязняющих веществ и показателей качества воды не превышали ПДК.

Бассейн Тихого океана

Реки о. Сахалин. В 2019 г. наблюдения проводились на р. Лютога, р. Чеховка, в черте г. Чехов, р. Углегорка, р. Очепуха, р. Рогатка, р. Правда.

Качество воды р. Лютога, 0,5 км выше п. Чапланово; р. Чеховка, г. Чехов; р. Углегорка, 1 км выше с. Краснополье; р. Очепуха в черте п. Лесное оценивалось как «слабо загрязненная» и характеризовалось незначительным превышением содержания органических веществ (по ХПК

и $БПК_5$), соединений меди, железа, марганца, что обусловлено влиянием природных факторов.

В **р. Рогатка**, левом притоке р. Красносельская, в створе 3,5 км выше г. Южно-Сахалинск, в 2019 г. в период высокой водности наблюдались разовые повышения концентраций в воде соединений марганца, железа и меди, среднегодовые концентрации, которых составляли 3, 4 и 10 ПДК соответственно. Вода оценивалась как «загрязненная» (рис. 2.41).

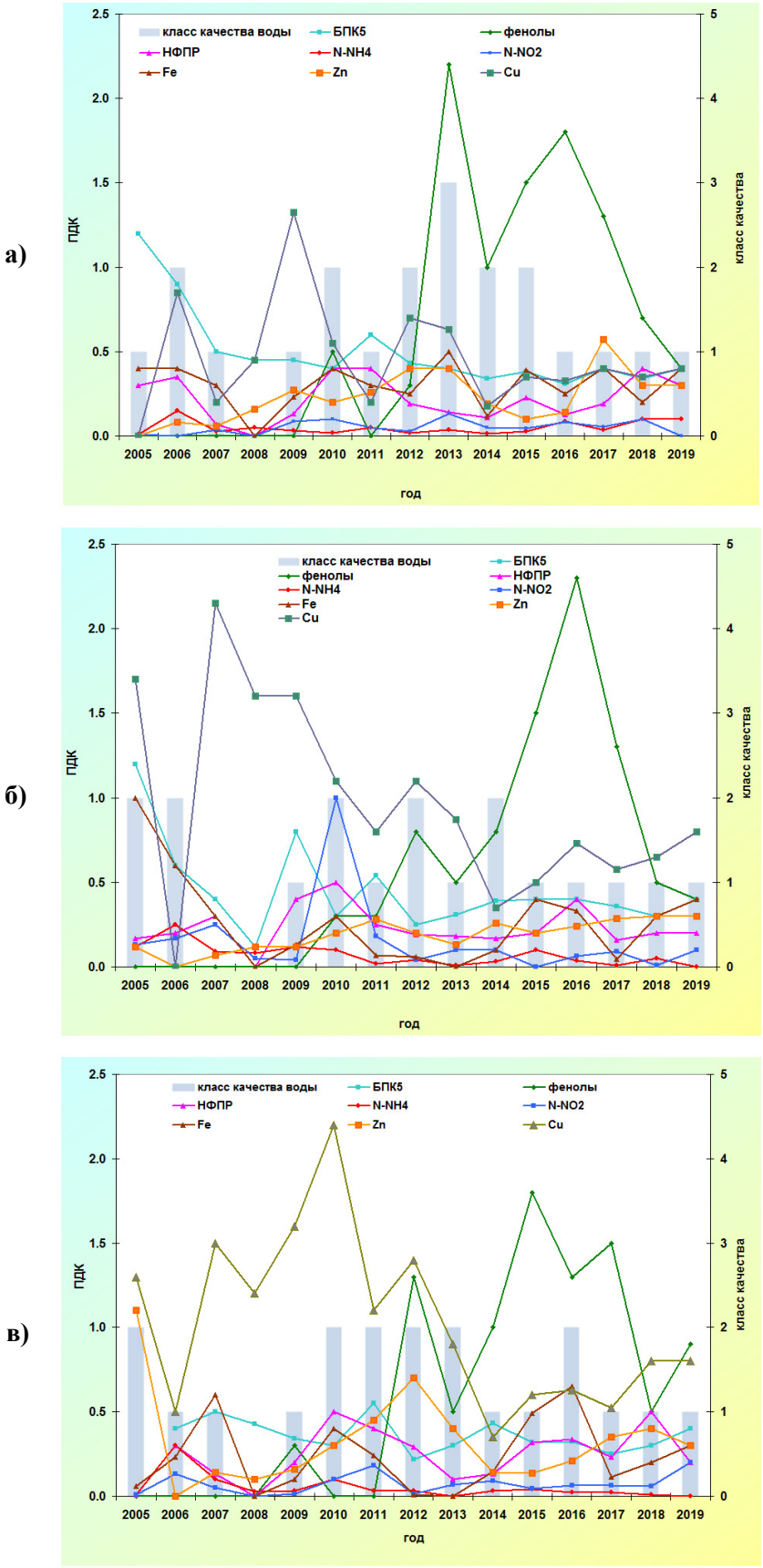
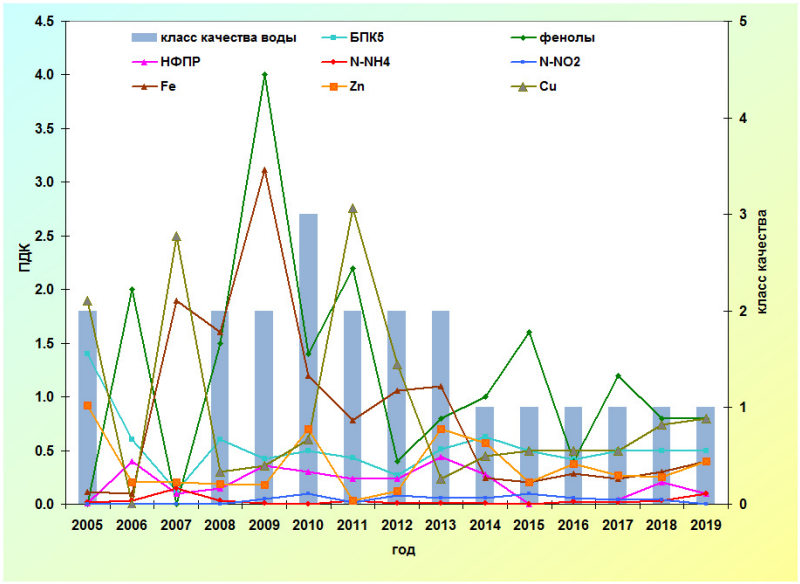


Рис. 2.39. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды а) р. Голоустная, б) р. Бугульдейка, в) р. Сарма (начало).

г)



д)

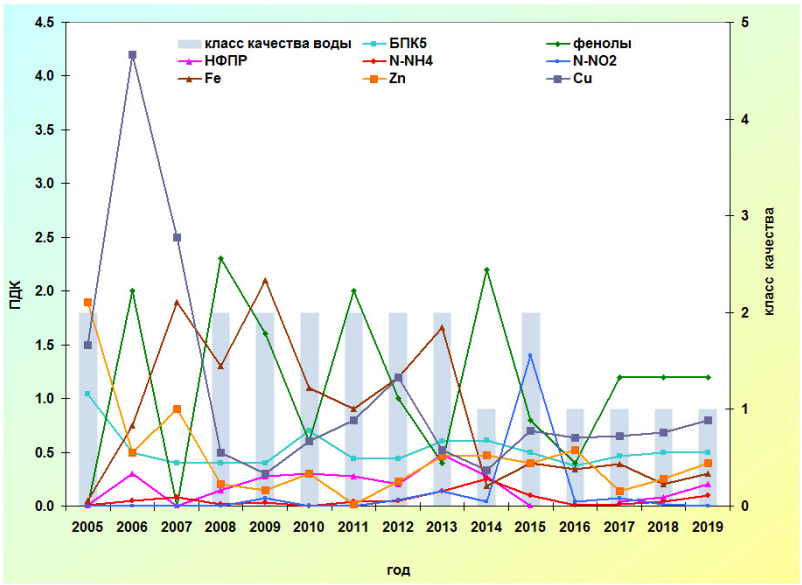


Рис. 2.39. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды г) р. Мантуриха, д) р. Мысовка за многолетний период (окончание)

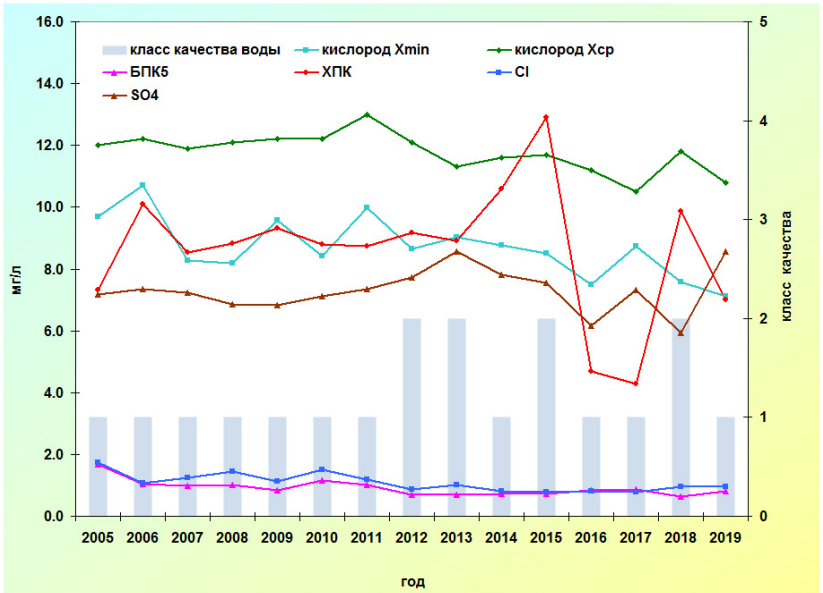


Рис. 2.40. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды Иркутского водохранилища, ОГП-1 Исток Ангары за многолетний период.

В 2019 г. качество воды **р. Правда,** как и в предыдущие годы, характеризовалось как «загрязненная». В период высокой водности в фоновом створе 0,5 км выше п. Правда, фиксировались единичные случаи повышенного содержания в воде соединений меди, марганца, органических веществ (по $БПК_5$ и ХПК) (рис. 2.42).

Реки полуострова Камчатка. В 2019 г. наблюдения проводились в фоновых створах р. Камчатка, 0,8 км к северу от с. Пущино, р. Берш, 2,5 км к западу от с. Пущино и р. Большая (Быстрая), 0,5 км выше с. Малки.

Река Камчатка в 2019 г., как и в предыдущие годы, характеризовалась как «слабо загрязненная». В воде наблюдались нефтепродукты в концентрациях до 4 ПДК, соединения меди - до 2 ПДК.

В 2019 г качество воды **р. Берш,** 2,5 км к ЮЗ от с. Пущино улучшилось и характеризовалось как «слабо загрязненная» (2016-2018 гг. - «загрязненная») (рис 2.43).

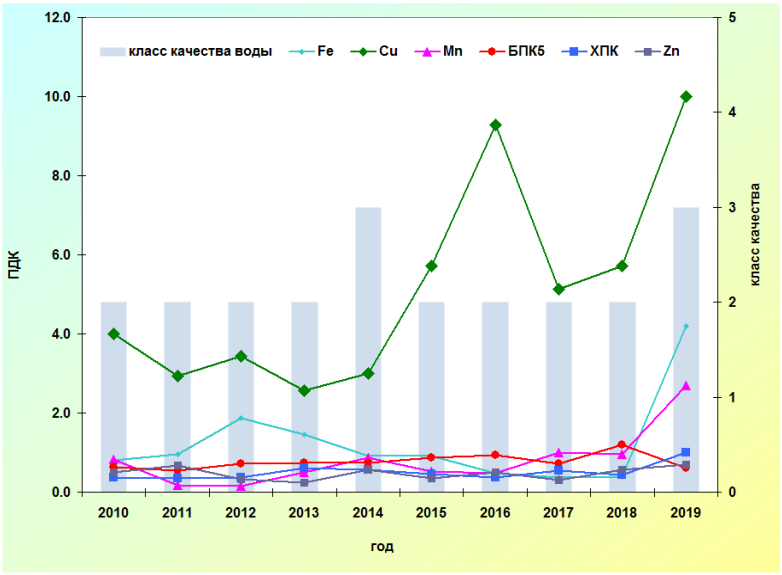


Рис. 2.41. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Рогатка в створе выше г. Южно-Сахалинск за многолетний период

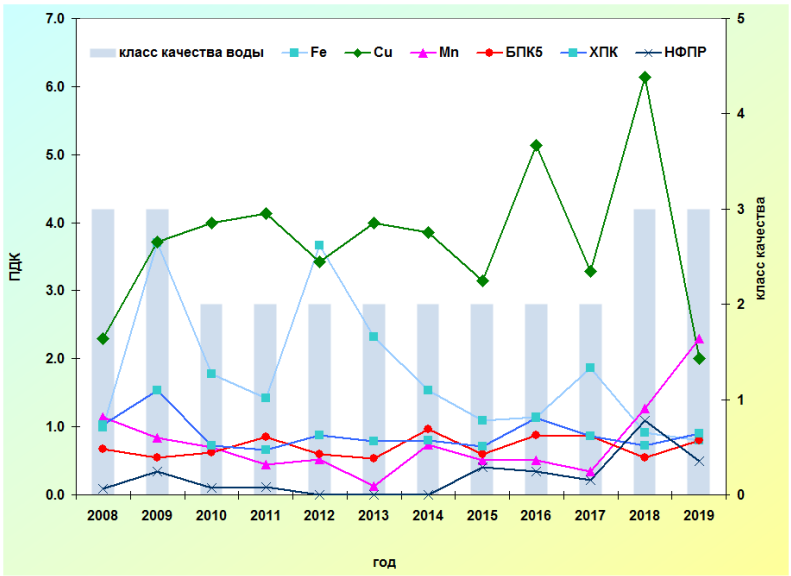


Рис. 2.42. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Правда в створе выше п. Правда за многолетний период

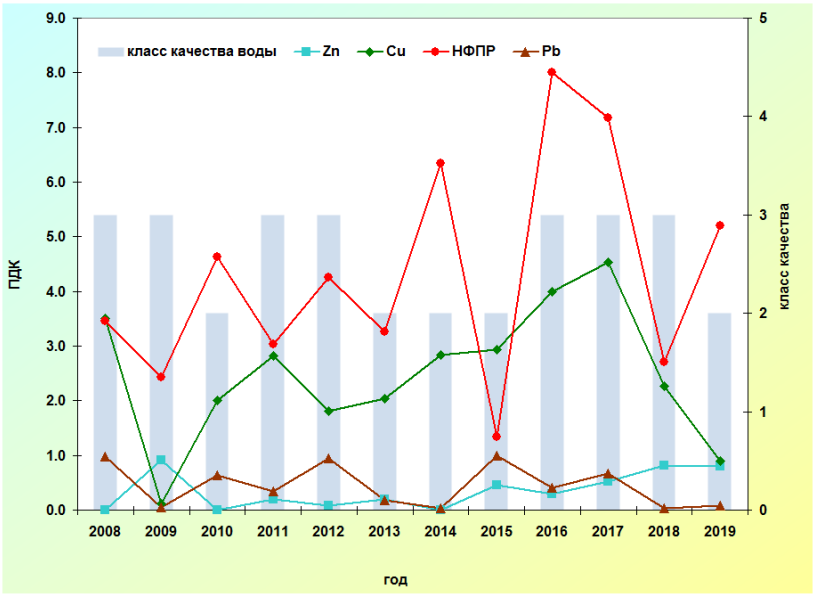


Рис. 2.43. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Берш в пункте с. Пущино за многолетний период

В 2019 г. в воде р. Берш уменьшилась концентрациия соединений меди до 2 ПДК, отмечалось увеличение содержания нефтепродуктов до 5 ПДК. Среднегодовое содержание взвешенных веществ в воде р. Берш не превышало 18,9 мг/л. Остальные загрязняющие вещества не превышали ПДК.

Река Большая (Быстрая) в фоновом створе 0,5 км выше с. Малки отличалась в 2019 г. существенным снижением содержания в речной воде фенолов, среднегодовая концентрация которых уменьшилась до 2 ПДК, максимальная, как и в предыдущем году, достигала 5 ПДК.

В воде р. Большая (Быстрая) выше с. Малки по сравнению с предыдущим годом в 2 раза снизились среднегодовые значения концентрации нефтепродуктов, а максимальные не превышали 3 ПДК. Снизилась до 43% повторяемость случаев превышения ПДК соединениями меди, концентрации которых в воде р. Большая (Быстрая) в с. Малки не превышали 2 ПДК. Загрязненность воды другими загрязняющими веществами уменьшилась, вода р. Большая (Быстрая) характеризовалась как «слабо загрязненная».

2.5.2. Фоновое загрязнение поверхностных вод (по данным сети СКФМ)

Тяжелые металлы

В 2019 г. фоновое содержание ртути, свинца, кадмия в поверхностных водах большинства фоновых районов России соответствовало интервалам величин, наблюдаемых в последние годы, и составило для ртути 0,11–1,36 мкг/л, свинца 0,39–2,46 мкг/л, кадмия 0,04–0,09 мкг/л. На Азиатской территории России фоновые концентрации тяжелых металлов, как правило, ниже, чем на ЕТР (табл. 2.31).

Пестициды и ПАУ

В 2019 г. концентрации суммы изомеров ДДТ в поверхностных водах большинства фоновых территорий составили 51,3-154,7 нг/л. Концентрации γ -ГХЦГ составили от 2 до 69,4 нг/л (табл. 2.31).

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

Таблица 2.31. Фоновое загрязнение поверхностных вод по данным сети КФМ

Заповедник	Период наблюдений	Свинец, мкг/л		Кадмий, мкг/л		Ртуть, мкг/л	
		Диапазон	2019 г.	Диапазон	2019 г.	Диапазон	2019 г.
Кавказский БЗ	1982-2019	0,2-16,0	1,06	0,004-2.5	0,04	0,03-1,4	0,49
Приокско-Террасный БЗ	1987-2019	нпо-39,4	0,39	0,03-3,5	0,07	0,03-8,7	0,31
Баргузинский БЗ	1982-2008	0,2-7,4	1,7*	0,01-1,5	0,09*	0,01-9,7	1,03*
Астраханский БЗ	1988-2019	0,08-128	2,46	0,1-413		0,01-74	1,36
Воронежский БЗ	1990-2019	0,34-50	1,27	0,01-4,6	0,09	0,003-1,0	0,12
Яйлю	2002-2019	0,01-3,6	0,43	0,01-0,7	0,08	0,01-0,44	0,11
Смоленское поозерье	2009-2016	0,15-6,0	2,058*	0,03-0,67	0,054*	0,01-3,5	0,208*
Байкальский БЗ	2011-2014	0,45-0,8*	0,61*	0,21-0,46*	0,294*	0,036-89*	17,88*
Волжско-Камский БЗ	2012-2015	0,18-0,33	0,255*	0,036-0,21	0,123*	0,005-0,008*	0,007*
Центрально-лесной БЗ	1988-2011	0,2-66,6	0,8*	0,03-5,7	0,5*	0,03-0,5	0,2*

Заповедник	Период наблюдений	Бенз(а)пирен, нг/л		сумма-ДДТ, нг/л		γ-ГХГЦ, нг/л	
		Диапазон	2019 г.	Диапазон	2019 г.	Диапазон	2019 г.
Кавказский БЗ	1982-2018	0,05-8,9	1,26*	нпо-370	38,162	нпо-188,4	16,968
Приокско-Террасный БЗ	1987-2019	0,05-12,9	0,93*	нпо-215,2	67,8	нпо-129,3	2,0
Баргузинский БЗ	1982-2008	0,05-16,3	1,0*	1,6-112,5	17,57*	нпо-86,6	38,74*
Астраханский БЗ	1988-2019	нпо-11,7	1,26*	нпо-328	154,7	нпо-101,7	34,7
Воронежский БЗ	1990-2019	0,05-5,6	0,94*	нпо-14830	51,3	нпо-151,6	69,4
Яйлю	2002-2018	0,2-3,6	0,926	нпо-311,24	85,08	нпо-258,8	13,29
Смоленское поозерье	2009-2016	0,16-0,88	0,49*	нпо-288	60,43*	нпо-29,1	9*
Байкальский БЗ	2011-2014	0,05-1,64	1,06*	1,6-112,5	17,57*	нпо-86,6	38,74*
Волжско-Камский БЗ	2012-2015	нпо-0,5	0,45*	0,8-151,7	150,30*		нпо*
Центрально-лесной БЗ	1988-2011	0,05-22,0	1,3*			нпо-15	нпо*

нпо – ниже предела обнаружения
** - последнее измерение*

2.6. Радиационная обстановка на территории России

Наиболее сильное загрязнение окружающей среды техногенными радионуклидами территории РФ и всего мира происходило в 1954-1980 гг. в процессе испытаний ядерного оружия в атмосфере. Последний ядерный взрыв в атмосфере был произведен 18 октября 1980 г. в Китае.

Дополнительное радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды на некоторых территориях РФ произошло вследствие радиационных аварий: в 1986 г. - на Чернобыльской АЭС, в 1957 г. - на ПО «Маяк», расположенном в Челябинской области. В 1967 г. из-за ветрового выноса радионуклидов с обнажившихся берегов оз. Карачай, куда сливались жидкие радиоактивные отходы ПО «Маяк», образовался Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС). Кроме того, источниками локального радиоактивного загрязнения окружающей среды являются неко-

торые предприятия ядерно-топливного цикла, такие как Сибирский химический комбинат в Томской области (СХК), Горно-химический комбинат (ГХК) в Красноярском крае, атомные электростанции (АЭС) и некоторые другие.

В 2011 г. некоторое влияние на радиационную обстановку на территории России оказали аварийные выбросы японской АЭС «Фукусима-1». Однако это воздействие было незначительным и не имело долговременных последствий.

Наблюдения за радиоактивным загрязнением компонентов природной среды на территории России осуществляются радиометрической сетью Росгидромета. В 2019 г. наблюдения за мощностью экспозиционной дозы гамма-излучения проводились на 1 274 пунктах и дополнительно измерения выполнялись на 30 постах в крупных городах. Величина экспозиционной дозы указывается в величинах амбиентного эквивалента мощности экспозиционной дозы гамма-излучения (МАЭД).

Наблюдения за радиоактивными атмосферными выпадениями проводились на 356 пунктах, за объемной активностью радионуклидов в приземном слое атмосферы - на 53 пунктах, за объемной активностью трития в атмосферных осадках - на 32 пунктах и в водах рек - на 15 пунктах, за объемной активностью ^{90}Sr в водах рек и озер - на 43 пунктах и в морях - на 10 станциях и в 10 пунктах - за содержанием гамма-излучающих радионуклидов в морском грунте.

Результаты мониторинга радиоактивного загрязнения компонентов природной среды техногенными радионуклидами в 2018-2019 гг. на территории России за пределами отдельных территорий, загрязненных в результате аварийных ситуаций, приведены в таблице 2.32.

Анализ всей совокупности данных наблюдений показал, что в последние 10 лет радиационная обстановка на территории Российской Федерации была спокойной и в 2019 г. по сравнению с 2018 г. существенно не изменилась.

В 2019 г. по сравнению с 2018 г. среднемесячная объемная активность $^{239+240}Pu$ в воздухе, измеряемая в г. Обнинске Калужской обл., увеличилась в 1,4 раза и составила $4,9\times10^{-9}$ Бк/м^3 (в 2018 г. - $3,5\times10^{-9}$ Бк/м^3).

В целом содержание техногенных радионуклидов в приземной атмосфере на территории России было на 6-7 порядков ниже значений допустимой среднегодовой объемной активности и в пресноводных водоемах на 3-4 порядка ниже уровней вмешательства, установленных нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009 для населения.

2.6.1. Радиоактивное загрязнение приземного слоя воздуха

Загрязнение атмосферы техногенными радионуклидами на территории РФ в настоящее время, в основном, обусловлено выбросами предприятий ядерного топливного цикла и вторичным поступлением радионуклидов с загрязненных в предыдущие годы территорий.

При осуществлении наблюдений за радиоактивным загрязнением приземного слоя атмосферы пробы радиоактивных аэрозолей и их выпадений на подстилающую поверхность отбирались непрерывно с суточной экспозицией, затем в них определялось содержание суммарной бета-активности радионуклидов и отдельных гамма- и бета-излучающих радионуклидов техногенного и естественного происхождения. В окрестностях некоторых радиационно-опасных объектов (РОО) в приземной атмосфере определялись концентрации альфа-излучающих радионуклидов - изотопов плутония.

В 2019 г. наблюдалось уменьшение среднегодовых значений объемной Σβ в приземном слое атмосферы в пос. Новогорный (Челябинская обл.) до $14,5\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 (в 2018 г. - $19,8\cdot10^{-5}$ Бк/м^3) и на юге ЕТР до $12,84\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 (в 2018 г. - $14,16\cdot10^{-5}$ Бк/м^3). Значительное уменьшение произошло на юге Восточной Сибири - до $29,71\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 (в 2018 г. - $48,88\cdot10^{-5}$ Бк/м^3). В центре ЕТР среднегодовое значение объемной Σβ практически не изменилось - $18,84\cdot10^{-5}$ Бк/м^3, против $19,55\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 в 2018 г. В среднем по России наблюдалось незначительное уменьшение - до $15,72\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 (в 2018 г. - $18,73\cdot10^{-5}$ Бк/м^3). Следует отметить низкий уровень объемной Σβ в Заполярье - $4,06\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 (в 2018 г. - $4,22\cdot10^{-5}$ Бк/м^3), что можно рассматривать как некоторую стабилизацию глобального техногенного фона (рис. 2.44).

По данным наблюдений за радиоактивным загрязнением атмосферы в 2019 г. на территории России было зафиксировано 32 случая кратковременного превышения над фоновыми уровнями объемной Sβ радионуклидов в аэрозолях (в 2018 г. - 86 случаев). Большинство их было зафиксировано в пунктах наблюдения Северного Кавказа в декабре.

В 2019 г. наиболее высокие значения объемной Sβ наблюдались в январе в пунктах Самара ($426,0\cdot10^{-5}$ Бк/м^3, при среднемесячном $49,0\cdot10^{-5}$ Бк/м^3), Уяр (Красноярский край) ($146,1\cdot10^{-5}$ Бк/м^3, при среднемесячном $22,4\cdot10^{-5}$ Бк/м^3), Вологда ($70,3\cdot10^{-5}$ Бк/м^3, при среднемесячном $3,3\cdot10^{-5}$ Бк/м^3), в августе в Северодвинске ($431,0\cdot10^{-5}$ Бк/м^3, при среднемесячном $3,3\cdot10^{-5}$ Бк/м^3), в ноябре в Обнинске (Калужская обл.) ($99,8\cdot10^{-5}$ Бк/м^3, при среднемесячном $17,3\cdot10^{-5}$ Бк/м^3).

В других пунктах наблюдения максимальные зафиксированные величины объемной Sβ в 2019 г. не превышали $45,0\cdot10^{-5}$ Бк/м^3.

Кратковременное превышение над фоновыми значениями объемной Sβ в 2019 г. наблюдалось: г. Вологда - 9 случаев, г. Архангельск - 6 случаев,

г. Туруханск (Красноярский край) - 5 случаев, г. Северодвинск - 4 случая, г. Красноярск и г. Обнинск (Калужская обл.) - по 2 случая и по 1 случаю в г. Колпашево (Томская обл.), г. Самара, г. Сыктывкар (Республика Коми), г. Уяр (Красноярский край).

В 2019 г. на территории России был зафиксирован 21 случай высоких значений Sβ атмосферных выпадений (в 2018 г. - 41 случай). Повышенные среднемесячные величины Sβ атмосферных выпадений наблюдались в пунктах: г. Астрахань - 6 случаев, г. Красноярск и г. Волгоград по 2 случая и по одному случаю в 11 пунктах.

Среднегодовая, взвешенная по территории России, объемная активность ^{137}Cs в воздухе в 2019 г. несколько уменьшилась по сравнению с 2018 г. и составила $1{,}4\times10^{-7}$ Бк/м^3 (в 2018 г. - $1{,}6\times10^{-7}$ Бк/м^3). Максимальная среднемесячная активность ^{137}Cs в воздухе вне загрязненных зон наблюдалась в июле в г. Курчатов (Курская обл.) - 24×10^{-7} Бк/м^3. Повышенные относительно фоновых значения наблюдались в г. Курске - $15{,}7\times10^{-7}$ Бк/м^3 в сентябре, г. Нововоронеже - $12{,}3\times10^{-7}$ Бк/м^3 в сентябре, Барнауле - $9{,}1\times10^{-7}$ Бк/м^3 во втором квартале.

В целом, наблюдавшиеся среднемесячные значения объемной активности^{137}Cs в воздухе были на шесть-семь порядков ниже допустимой объемной активности ^{137}Cs в воздухе для населения ($ДОА_{НАС}$.) по НРБ-99/2009.

Объемная активность $^{239+240}$Pu в приземном слое атмосферы, ежемесячно определяемая в г. Обнинске, в 2019 г. изменялась от $0{,}54\times10^{-9}$ Бк/м^3 в феврале до $38{,}5\times10^{-9}$ Бк/м^3 в апреле. Средняя объемная активность этих изотопов в воздухе г. Обнинска составила $4{,}9\times10^{-9}$ Бк/м^3 (в 2018 г. - $3{,}5\times10^{-9}$ Бк/м^3). Все зафиксированные величины на шесть порядков ниже допустимой объемной активности во вдыхаемом воздухе для населения по НРБ-99/2009 ($2{,}5\times10^{-3}$ Бк/м^3).

Средняя по РФ плотность выпадения ^{137}Cs из атмосферы на подстилающую поверхность в 2019 г. составила 0,13 Бк/м^2×год (в 2018 г. - 0,12 Бк/м^2×год).

Выпадения ^{90}Sr глобального происхождения на большей части территории РФ были ниже предела обнаружения (<0,2 Бк/м^2×год).

Среднемесячное содержание трития (^{3}H) в атмосферных осадках и месячные выпадения его из атмосферы с осадками в 2019 г. в разных пунктах наблюдения изменялись в диапазоне (0,24 - 4,35) Бк/л и (0,7 - 654,5) Бк/м^2×месяц соответственно. Среднее содержание трития в осадках по РФ в 2019 г. незначительно увеличилось относительно 2018 г. (1,64 Бк/л) и составило 1,79 Бк/л. Выпадение трития с осадками в 2019 г.- 73,5 Бк/м^2, в 2018 г. - 63,7 Бк/м^2.

На загрязненных в результате Чернобыльской аварии территориях Европейской территории России (Брянск, Курск) вследствие вторичного ветрового подъема до сих пор наблюдается повышенное содержание радионуклидов в воздухе. Основным дозообразующим радионуклидом на загрязненных территориях является ^{137}Cs. В 2019 г. его объемная активность в воздухе составила $5{,}110^{-7}$ Бк/м^3. (в 2018 г. - $4{,}3\times10^{-7}$ Бк/м^3).

Повышенное содержание техногенных радионуклидов в приземном слое воздуха регулярно регистрируется и в районах, расположенных в 100-км зоне вокруг ПО «Маяк» на Южном Урале. В п. Новогорный максимальная среднемесячная объемная активность ^{137}Cs ($63{,}3\times10^{-7}$ Бк/м^3) наблюдалась в декабре 2019 г., а среднемесячная за 2019 г. составила $16{,}2\times10^{-7}$ Бк/м^3 (в 2018 г. - $18{,}4\times10^{-7}$ Бк/м^3), что на шесть-семь порядков ниже $ДОА_{НАС}$ по НРБ-99/2009.

Выпадения ^{137}Cs в загрязненной зоне уменьшаются, однако до сих пор превышают фоновые уровни, характерные для незагрязненных зон. В 2019 г. выпадения ^{137}Cs в загрязненной после аварии на ЧАЭС зоне, усредненные по 10 пунктам, незначительно выросли по сравнению с 2018 г. и составили 0,87 Бк/м^2×год (в 2018 г. - 0,74 Бк/м^2×год).

В отдельных населенных пунктах загрязненных территорий выпадения ^{137}Cs были выше. Максимальные выпадения ^{137}Cs в 2019 г., как и в 2018 г., наблюдались в п. Красная Гора Брянской области и составили 4,2 Бк/м^2×год. В п. Новогорный (ПО «Маяк») годовые выпадения ^{137}Cs в 2019 г. снизились - 10,0 Бк/м^2×год (в 2018 г. - 13,0 Бк/м^2×год), что ниже уровней вмешательства для населения.

2.6.2. Радиоактивное загрязнение поверхностных вод

Основной вклад в радиоактивное загрязнение поверхностных вод на территории России вносит техногенный ^{90}Sr, выносимый с загрязненных территорий.

В 2019 г. по сравнению с 2018 г. в воде рек России средняя объемная активность ^{90}Sr незначительно изменилась и составила 3,5 мБк/л (2018 г. – 3,7 мБк/л), что на три порядка ниже уровня вмешательства для населения (4,9 Бк/л).

В 2019 г. по сравнению с 2018 г. в воде рек России средняя объемная активность ^{90}Sr не изменилась и составила 3,7 мБк/л, что на три порядка ниже уровня вмешательства для населения (4,9 Бк/л). В осреднение по РФ не включены результаты измерений ^{90}Sr в воде рек Колва (п. Чердынь), Вишера (п. Рябинино), Кама

Таблица 2.32. Радиоактивность компонентов природной среды на территории России в 2018-2019 гг.

Радионуклиды, параметры	Единицы измерений	Диапазон среднемесячных значений (минимальное – максимальное)		Допустимые уровни
		2018 г.	2019 г.	
Воздух				$ДОА_{НАС}$, Бк/м^3
Объемная активность радионуклидов в приземной атмосфере				
Σβ	10^{-5} Бк/м^3	13,48 – 29,11	12,71 – 20,47	-
^{137}Cs	10^{-7} Бк/м^3	1,01 - 2,14	1,12 – 1,57	27
^{90}Sr	10^{-7} Бк/м^3	0,07 – 7,30	0,10 – 5,0	2,7
$^{239+240}$Pu (Обнинск)	10^{-9} Бк/м^3	1,0 – 8,7	0,54 – 38,5	$2{,}5 \cdot 10^{-3}$
Радиоактивные атмосферные выпадения				
Σβ	Бк/м^2·сутки	0,06 – 8,74	0,26 – 3,91	-
^{137}Cs	Бк/м^2·квартал	0,022 - 0,039	0,023 – 0,041	-
^{3}H	Бк/м^2·мес.	34 - 122	37 - 172	-
Объемная активность радионуклидов в атмосферных осадках				
^{3}H	Бк/л	1,13 - 2,13	1,15 - 2,42	-
Вода				УВ, Бк/л
Объемная активность радионуклидов в речной воде				
^{90}Sr	мБк/л	1,5 – 11,0	1,7 - 7,6*	4,9
^{3}H	Бк/л	1,2 - 2,3	0,9 - 2,2	7 600
Объемная активность радионуклидов в морской воде				
^{90}Sr	мБк/л	1,2 – 4,8**	1,14 – 5,7**	-

Примечания: $ДОА_{НАС.}$ - допустимая объемная активность радионуклида в воздухе для населения по НРБ-99/2009
УВ - уровень вмешательства для населения (допустимая объемная активность питьевой воды) по НРБ-99/2009
** - р. Колва -14,3 мБк/л*
*** - без Таганрогского залива Азовского моря*

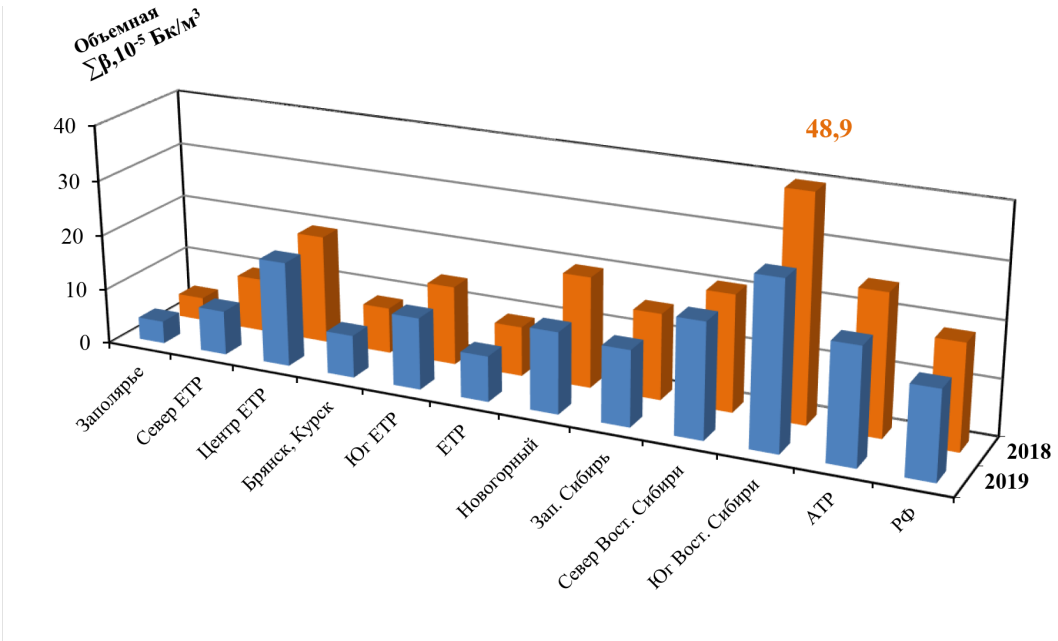


Рис. 2.44. Средние значения объемной Σβ в приземном слое атмосферы на территории РФ в 2018–2019 гг., 10^{-5} Бк/м^3

(п. Тюлькино) Пермского края, расположенных в районе взрыва трех ядерных зарядов (мощностью 15 кТ каждый), проведенного в мирных целях по проекту «Канал» в марте 1971 г. на глубине 128 м. Повышенная активность ^{90}Sr в воде р. Невы (п. Новосаратовка Ленинградской обл.), которая в 2014-2016 гг. в теплый период года составила 9,6 мБк/л, 8,8 мБк/л и 8,7 мБк/л соответственно, в 2017-2018 гг. составила 4,4 и 4,8 мБк/л, против 5,3 и 3,7 мБк/л в среднем по РФ соответственно, а 2019 г. практически сравнялась со средними значениями для рек РФ (3,5 мБк/л соответственно).

Объемная активность трития в водах рек в 2019 году, осредненная по всем пунктам наблюдения на реках, незначительно уменьшилась по сравнению с предыдущим годом и составила 1,6 Бк/л (2018 г. - 1,7 Бк/л). Средняя удельная активность ^{3}H в обследованных реках РФ в 2019 г. колебалась в пределах 0,9 – 2,2 Бк/л. Меньшее из этих значений было зафиксировано в Волге (в. п. Верхне-Лебяжье), а большее - в Индигирке (в. п. Индигирский).

Среднегодовое значение объемной активности трития в атмосферных осадках в 2019 г. составило 1,79 Бк/л (в 2018 г. - 1,65 Бк/л).

На АТР наиболее загрязнённой остается р. Теча. Хотя прямые сбросы с ПО «Маяк» в реку не производятся, радионуклиды поступают с подземными водами от водоемов-хранилищ радиоактивных отходов и из ранее загрязненных Аксановских болот. Поэтому загрязнение реки радионуклидами, в основном ^{90}Sr, до сих пор сохраняется достаточно высоким. Среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в воде р. Течи (п. Першинское Курганской обл.) в 2019 г. по сравнению с 2018 г. (4,36 Бк/л) уменьшилась и составила 3,83 Бк/л.

Приведенные значения уровня загрязнения ^{90}Sr реки Теча находятся ниже уровня вмешательства для населения по НРБ-99/2009.

В воде р. Исети (пункты Мехонское, Шадринск, Красноисетское Курганской обл.), после впадения в нее рек Течи и Миасса, среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в 2019 г. составляла 0,22 Бк/л, 0,29 Бк/л и 0,58 Бк/л, что в 8,4-22,3 раза ниже УВ (4,9 Бк/л).

Уровни загрязнения морской воды ^{90}Sr практически мало изменяются год от года. Среднегодовые объемные активности этого радионуклида в 2019 г. в поверхностных водах Белого, Баренцева, Каспийского, Охотского и Японского морей, а также в водах Тихого океана у берегов Восточной Камчатки (Авачинская губа) колебались в пределах от 1,14 мБк/л в Авачинской губе до 2,10 мБк/л в Белом море. Объемная активность ^{90}Sr в Каспийском море заметно повысилась и составила в среднем 4,51 мБк/л (в 2018 г. - 4,80 мБк/л).

Максимальное содержание ^{90}Sr в 2019 г., также, как и в 2018 г., было зафиксировано в Азовском море (Таганрогский залив) - 3,7 мБк/л, и заметно уменьшилось по сравнению с 2018 г. (5,5 мБк/л).

2.6.3. Радиационная обстановка на территориях федеральных округов

Среднегодовые значения амбиентного эквивалента мощности экспозиционной дозы (МАЭД) на территориях федеральных округов находятся в пределах 0,10 - 0,12 мкЗв/ч, что соответствует естественному радиационному фону.

Повышенные среднегодовые значения МАЭД были зафиксированы в отдельных наблюдательных пунктах на территориях ЦФО, СЗФО и СФО – 0,19 мкЗв/ч. К ним относятся: в ЦФО - пос. Красная Гора Брянской обл., расположенный на чернобыльской загрязненной территории (максимально измеренная величина – 0,21 мкЗв/ч в июне-июле и сентябре-октябре), в СЗФО – пос. Териберка (макс. – 0,24 мкЗв/ч в августе и сентябре), в СФО – пос. Монды в Республике Бурятия (макс. – 0,23 мкЗв/ч – фиксировалась ежемесячно с января по август). Среднегодовые величины МАЭД в среднем составили: в СЗФО - 0,10 мкЗв/ч, что соответствует нижней границе диапазона средних величин по федеральным округам, в ЦФО и СФО – 0,12 мкЗв/ч, что соответствует верхней границе диапазона средних величин по федеральным округам (табл. 2.33).

Даже в районах расположения радиационно-опасных объектов (РОО) среднегодовые значения МАЭД в 2019 г. не выходили за пределы колебания фонового уровня, например, в 100-км зоне Ленинградской АЭС изменялись от 0,10 до 0,14 мкЗв/ч, Кольской АЭС - от 0,08 до 0,12 мкЗв/ч.

В 2019 г. на ЕТР наиболее высокое значение среднегодовой объемной активности ^{137}Cs в приземном слое атмосферы наблюдалось в Новогорном - $16{,}2\times10^{-7}$ Бк/м^3. Наименьшее среднегодовое значение объемной активности ^{137}Cs отмечено в Казани и Ухте - $0{,}5\cdot10^{-7}$ Бк/м^3.

После зарегистрированного в 2013 г. роста среднегодового значения объемной активности ^{137}Cs в СЗФО до $5{,}5\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, обусловленного радиационным инцидентом в г. Электросталь Московской обл., в 2017-2019 гг. ее значение снизилось до характерных для округа значений - $2{,}9\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, $2{,}7\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 и $1{,}4\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 соответственно. В ряде пунктов СЗФО наблюдалось значительное уменьшение объемной активности ^{137}Cs (рис. 2.45). На порядок снизилась

активность в Сыктывкаре (с $3,3\times10^{-7}$ до $0,6\cdot10^{-7}$ Бк/м^3), в 4,8 раза в Северодвинске (с $6,7\times10^{-7}$ до $1,4\cdot10^{-7}$ Бк/м^3), в 8,2 раза в Ухте (с $3,3\times10^{-7}$ до $0,4\cdot10^{-7}$ Бк/м^3). Значительное снижение активности произошло в Вологде (с $5,9\times10^{-7}$ до $0,6\cdot10^{-7}$ Бк/м^3).

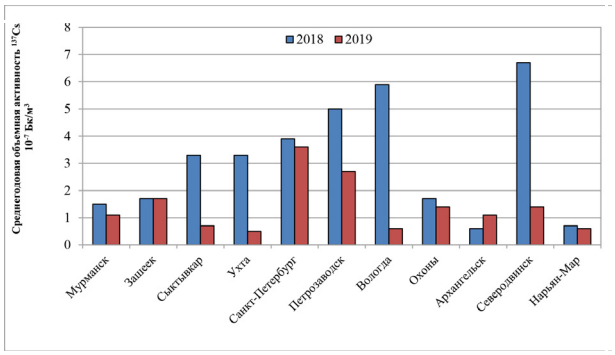


Рис. 2.45. Среднегодовая объемная активность ^{137}Cs в населенных пунктах СЗФО

Среднегодовое значение объемной активности ^{137}Cs в ПФО составило $2,1\times10^{-7}$ Бк/м^3 (в 2018 г. - $1,9\times10^{-7}$ Бк/м^3). За исключением 2011 г. (авария на АЭС "Фукусима-1"), значения среднегодовых объемных активностей ^{137}Cs по ПФО в период 2007-2016 гг. находились в пределах $(2,5-5,0)\times10^{-7}$ Бк/м^3, кроме 2017 г., когда оно составило $1,6\times10^{-7}$ Бк/м^3.

Для АТР характерна большая неравномерность распределения среднегодовой объемной активности ^{137}Cs по населенным пунктам. При этом следует учесть, что многие из пунктов СФО - Б. Мурта, Сухобузимское, Уяр (Красноярский край), Огурцово (г. Новосибирск), Колпашево (Томская обл.) - находятся вблизи РОО (рис. 2.46). Тем не менее, среднее по округу значение объемной активности ^{137}Cs составило $1,7\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 (в 2018 г. - $1,6\cdot10^{-7}$ Бк/м^3). Средневзвешенное значение по РФ в 2019 г. составило $1,4\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, что ниже значения 2018 г. - $1,7\cdot10^{-7}$ Бк/м^3.

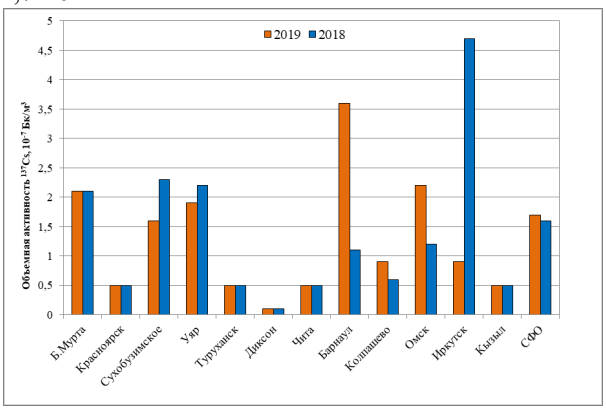


Рис. 2.46. Среднегодовая объемная активность ^{137}Cs в населенных пунктах СФО

Следует отметить, что все значения объемной активности ^{137}Cs, приведенные выше, на шесть-семь порядков ниже допустимой среднегодовой объемной активности ^{137}Cs по НРБ 99-2009.

Средняя объемная активность ^{90}Sr в приземной атмосфере в 2019 г. мало изменилась и составила $1,04\times10^{-7}$ Бк/м^3 (в 2018 г. - $1,07\times10^{-7}$ Бк/м^3), а по федеральным округам колеблется в пределах $(0,4 – 1,55)\times10^{-7}$ Бк/м^3. Наименьшие значения (без учета районов расположения радиохимических предприятий) были зафиксированы в ПФО и СЗФО, наибольшие – в СФО (табл. 2.33). Необходимо отметить, что в отдельных населенных пунктах округа среднегодовые значения объемной активности ^{90}Sr могут существенно отличаться от среднего значения по округу (рис. 2.47).

В некоторых городах ДВФО в 2019 г. объемная активность ^{90}Sr уменьшилась по сравнению с 2018 г. (рис. 2.47). Особенно заметное уменьшение произошло в Благовещенске (с $6,15\times10^{-7}$ до $2,8\times10^{-7}$ Бк/м^3), менее значительное во Владивостоке (с $1,8\times10^{-7}$ до $1,0\times10^{-7}$ Бк/м^3) и Южно-Сахалинске (с $0,75\times10^{-7}$ до $0,6\times10^{-7}$ Бк/м^3). Несколько увеличилась объемная активность ^{90}Sr в Якутске - с $1,04\times10^{-7}$ до $1,1\times10^{-7}$ Бк/м^3. Средняя объемная активность ^{90}Sr по ДВФО составила в 2019 г. $1,1\times10^{-7}$ Бк/м^3 (в 2018 г. - $1,8\times10^{-7}$ Бк/м^3).

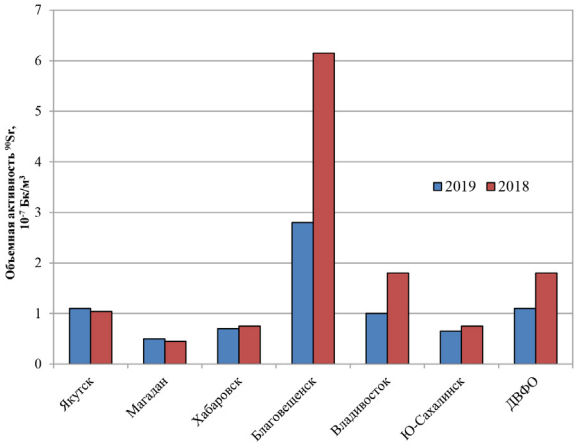


Рис. 2.47. Среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в населенных пунктах ДВФО.

Все приведенные выше значения среднегодовой объемной активности ^{90}Sr в приземном слое атмосферного воздуха на 7-8 порядков ниже допустимого по НРБ- 99/2009.

Атмосферные выпадения ^{90}Sr на подстилающую поверхность на территории большинства федеральных округов в 2019 г. были, как и в предыдущие годы, ниже предела обнаружения (<0,2 Бк/м^2 год).

Диапазон средних величин плотности атмосферных выпадений ^{137}Cs по федеральным округам в 2019 г. сравнительно небольшой (табл. 2.33). Наименьшая измеренная плотность выпадений ^{137}Cs отмечалась в СФО - 0,09 Бк/м^2×год, наибольшая в УФО - 0,85 Бк/м^2×год. В ДФО во всех субъектах федерации плотности атмосферных выпадений ^{137}Cs была ниже порога обнаружения (<0,01 Бк/м^2×год).

Таблица 2.33. Радиационная обстановка на территориях федеральных округов РФ в 2019 г.

Федеральные округа	МАЭД, мкЗв/ч	Объемная активность в воздухе		Выпадения из атмосферы	
		^{137}Cs, 10^{-7} Бк/м^3	^{90}Sr, 10^{-7} Бк/м^3	^{137}Cs, Бк/м^2·год	^{3}H, Бк/м^2·год
Дальневосточный	0,11 (0,08–0,15)*	< 0,01**	1,13 (0,5–2,8)	< 0,01	616,1 (149,8–1638,7)
Приволжский	0,11 (0,07-0,15)	2,1 (0,5–3,1)	0,42 (0,11-0,8)	0,24 (0,09–0,85)	1127,5 (779,3–1972,4)
Северо-Западный	0,10 (0,07-0,19)	1,4 (0,4-3,6)	0,41 (0,14–0,91)	0,21 (0,05–0,35)	833,9 (650,7–1065,9)
Сибирский	0,12 (0,06-0,19)	1,7 (0,1–3,6)	1,55 (0,1–4,4)	0,09	984,3 (624,9–1543,9)
Уральский	0,10 (0,07-0,13)	10,4 (4,0-16,2)	1,23 (0,15-3,18)	0,85	1242,9
Центральный	0,12 (0,08–0,19)	5,9 (3,4–11,2)	0,57 (0,42-0,84)	0,39 (0,16–0,77)	707,3 (622,1–792,5)
Южный	0,12 (0,08–0,16)	2,8 (2,3-2,7)	0,47 0,26-0,9	0,17	576,0 (228,5–923,5)

** - в скобках даны минимальные и максимальные средние значения по субъектам федерации, входящим в федеральный округ*
*** - в Якутске $0{,}9\cdot10^{-7}$ Бк/м^3*

Высокие годовые выпадения ^{137}Cs регистрировались, как и ранее, на загрязненных территориях ЦФО: п. Красная Гора Брянской обл. - 4,2 Бк/м^2×год, как и в 2018 г. Самые высокие годовые выпадения ^{137}Cs наблюдались в районе расположения ПО «Маяк» в п. Новогорном 10,0 Бк/м^2×год (в 2018 г. - 13,0 Бк/м^2).

На рис. 2.48 приведены среднегодовые объемные активности трития в атмосферных осадках на территории федеральных округов в 2018-2019 гг., кроме Северо-Кавказского федерального округа, где наблюдения за тритием не проводятся.

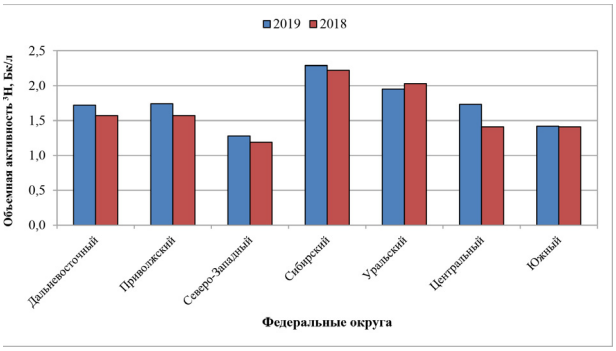


Рис. 2.48. Среднегодовая объемная активность ^{3}H в атмосферных осадках.

Наименьшие и наибольшие значения объемной активности трития в атмосферных осадках в 2018-2019 гг. отмечались в одних и тех же округах. Наименьшие наблюдались в СЗФО и составили 1,28 Бк/л, (в 2018 г. – 1,19 Бк/л), наибольшие - в СФО и составили 2,29 Бк/л (в 2018 г. – 2,2 Бк/л). Диапазон значений по отдельным пунктам наблюдения незначительно изменился – от 0,86 Бк/л в Петропавловске-Камчатском до 2,73 Бк/л в Иркутске и Сковородино. Среднегодовая активность трития в осадках для всей территории РФ в 2019 г. составила 1,76 Бк/л (в 2018 г. - 1,64 Бк/л).

Содержание трития в речных водах хорошо согласуется с его содержанием в атмосферных осадках соответствующего региона и в среднем по территории РФ по 11 рекам (15 пунктов наблюдения) в 2019 г. составило 1,64 Бк/л (в 2018 г. - 1,70 Бк/л).

Особое внимание уделяется проведению наблюдений за содержанием ^{90}Sr в реках загрязненных территорий и регионов с развитой ядерной энергетикой.

В ПФО проводятся наблюдения за содержанием ^{90}Sr в воде рек Вишера, Кама и Колва. В последние годы объемная активность ^{90}Sr в водах этих рек постоянно уменьшалась и в 2014 г. приблизилась к средним по ЕТР значениям. В 2016 г. содержание ^{90}Sr существенно увеличилось, а в 2017-2018 гг. произошло снижение. В 2019 г. в Каме (п. Тюлькино) содержание ^{90}Sr составило 7,5 мБк/л (в 2018 г. - 7,0 мБк/л). В Колве (п. Чердынь) и Вишере (п. Рябинино) произошло увеличение до 14,3 мБк/л и 9,0 мБк/л соответственно (в 2018 г. - 11,0 мБк/л и 7,0 мБк/л).

В поверхностных водах СЗФО в 2019 г. среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в воде р. Нева (Новосаратовка) заметно уменьшилась и составила 3,5 мБк/л (в 2018 г. – 4,8 мБк/л). В воде Онежского озера (Петрозаводская губа) объемная активность ^{90}Sr, как и в 2018 г., составила 2,5 мБк/л (в 2017 г. - 3,3 мБк/л), а в оз. Имандра заметно уменьшилась до 1,6 мБк/л (в 2018 году – 4,4 мБк/л).

В ЮФО объемная активность ^{90}Sr в воде рек Кубань, Волга и Дон составляла 2,6 мБк/л, 2,4 мБк/л и 3,2 мБк/л соответственно (в 2018 г. - 2,6 мБк/л, 1,4 мБк/л и 3,0 мБк/л).

В УФО в 2019 г. содержание ^{90}Sr в водах рек Обь (г. Салехард) и Пур (г. Уренгой) за пределами загрязненных территорий было сопоставимо со средним значением для рек АТР (4,8 мБк/л против 3,9 мБк/л в 2018 г.) и составило 7,6 мБк/л и 4,8 мБк/л соответственно (в 2018 г. - 6,5 мБк/л и 3,8 мБк/л).

Объемная активность ^{90}Sr в водах рек СФО изменялась от 5,0 мБк/л в истоках р. Ангары (в 2018 г - 3,4 мБк/л) до 4,7 мБк/л в р. Селенге (Улан-Удэ) (в 2018 г. - 2,3 мБк/л) при среднем значении по округу 5,1 мБк/л (в 2018 г. - 3,9 мБк/л), что несколько выше среднего значения по рекам РФ (4,4 мБк/л).

В 2019 г. средняя объемная активность ^{90}Sr в водах рек и озер ДВФО составила 3,8 мБк/л, в 2018 г. - 4,6 мБк/л. Значительное снижение содержания ^{90}Sr было зарегистрировано в р. Оленек (Якутия) - 3,7 мБк/л (в 2018 г. - 4,5 мБк/л).

Содержание ^{90}Sr в оз. Ханка Приморского края, загрязненном во время проведения ядерных взрывов в Китае, продолжило снижение в 2019 г. и составило 5,7 мБк/л (в 2018 г. - 5,9 мБк/л; в 2017 г. - 7,2 мБк/л; в 2016 г. - 7,3 мБк/л; в 2015 г. - 11,8 мБк/л).

3. Загрязнение окружающей среды регионов России

3.1. Загрязнение атмосферного воздуха населенных пунктов

3.1.1. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в России проводились в 250 городах на 677 станциях, из них регулярные наблюдения Росгидромета выполнялись в 221 городе на 611 станциях (рис. 3.1–3.2).

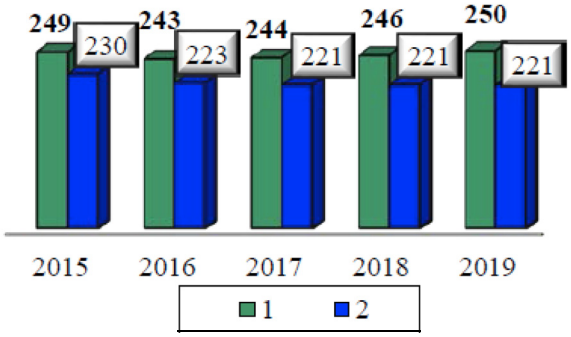


Рис. 3.1. Количество городов с наблюдениями за загрязнением воздуха (1), в том числе на сети Росгидромета (2)

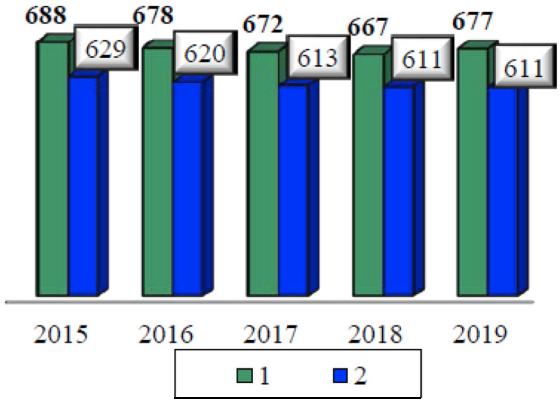


Рис. 3.2. Количество станций в городах с наблюдениями за загрязнением воздуха (1), в том числе на сети Росгидромета (2)

Для определения уровня загрязнения атмосферы используются следующие характеристики:

- ♦ средняя концентрация загрязняющего вещества (примеси), мг/м^3 или мкг/м^3 ($q_{ср}$);
- ♦ максимальная разовая концентрация примеси, мг/м^3 или мкг/м^3 ($q_м$).

Уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивается при сравнении фактических концентраций с санитарно-гигиеническими нормативами — ПДК.

ПДК — предельно допустимая концентрация примеси для населенных мест, устанавливаемая Главным санитарным врачом Российской Федерации[1)].

Средние концентрации сравниваются с ПДК среднесуточными (ПДКс.с.) и годовыми (ПДКгод), максимальные из разовых концентраций — с ПДК максимальными разовыми (ПДКм.р.).

Используются показатели качества воздуха:

ИЗА — комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей. Величина ИЗА рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций. Показатель характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха.

СИ — стандартный индекс — наибольшая измеренная разовая концентрация примеси, деленная на ПДКм.р. Определяется из данных наблюдений на станции за одной примесью, или на всех станциях рассматриваемой территории за всеми примесями за месяц или за год. В тексте приведено количество городов, в которых СИ > 5 или СИ > 10.

НП — наибольшая повторяемость, %, превышения ПДКм.р. одной из примесей по данным наблюдений на всех станциях города за год.

В соответствии с существующими методами оценки уровень загрязнения атмосферного воздуха считается низким при ИЗА менее 5, повы-

[1)] Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» (ГН 2.1.6.3492-17).

шенным при ИЗА от 5 до 6, СИ<5, НП <20%, высоким при ИЗА от 7 до 13, СИ от 5 до 10, НП от 20 до 50% и очень высоким при ИЗА равном или больше 14, СИ>10, НП>50%.

3.1.2. Тенденции изменений загрязнения атмосферного воздуха

По данным регулярных наблюдений за период 2015–2019 гг. средние за год концентрации взвешенных веществ не изменились, бенз(а)пирена увеличились на 21%, формальдегида на 3%, диоксида серы, диоксида азота, оксида азота и оксида углерода снизились на 4–16% (табл. 3.1, рис. 3.9–3.14).

Таблица 3.1. Тенденция изменений средних за год концентраций примесей в городах РФ за период 2015–2019 гг.

Примесь	Количество городов	Тенденция средних за год концентраций, %
Взвешенные вещества	209	0
Диоксид азота	231	−16
Оксид азота	136	−15
Диоксид серы	225	−4
Оксид углерода	208	−11
Бенз(а)пирен	174	+21
Формальдегид	150	+3

За пять лет количество городов, где средние за год концентрации какой-либо примеси превышают 1 ПДК, снизилось на 14 (рис. 3.3).

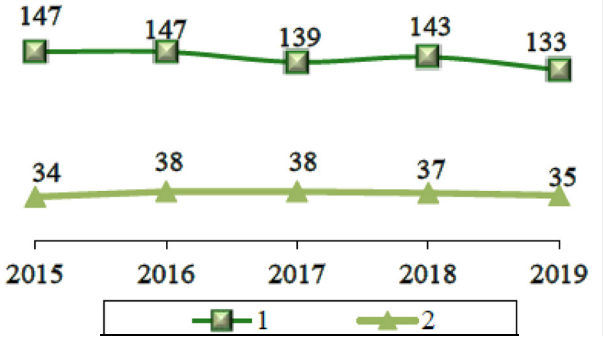


Рис. 3.3. Количество городов, в которых среднегодовые концентрации одного или нескольких веществ превысили 1 ПДК (1) и отмечались значения СИ больше 10 (2)

Количество городов, в которых максимальные концентрации превышают 10 ПДК, за пять лет увеличилось на 1 город (рис. 3.3).

Количество городов, в которых уровень загрязнения атмосферы оценивается (по показателю ИЗА) как высокий и очень высокий, за пять лет снизилось на 4 города (рис. 3.4), по сравнению с предыдущим годом — снизилось на 6 городов.

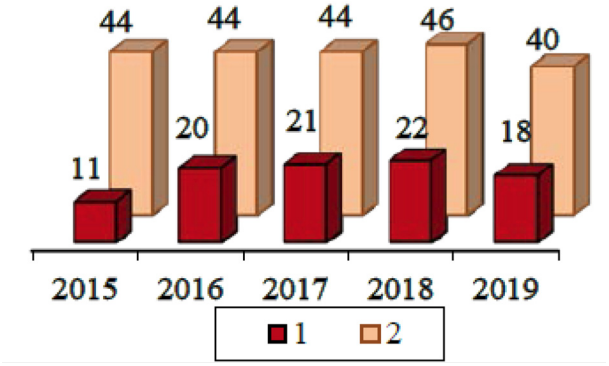


Рис. 3.4. Количество городов, в которых уровень загрязнения высокий и очень высокий (ИЗА>7) (2), в том числе городов в Приоритетном списке (1)

В список городов с наибольшим уровнем загрязнения воздуха в России в 2019 г. (Приоритетный список) включены 18 городов (рис. 3.4, табл. 3.4). За пять лет количество городов в Приоритетном списке увеличилось на 7.

Тенденция изменений загрязнения атмосферного воздуха отдельными веществами

Количество городов, где средние за год концентрации *взвешенных веществ* превысили 1 ПДК, за 5 лет увеличилось на 4 города, *бенз(а)пирена* — на 5 городов, *диоксида азота* — уменьшилось на 35 городов, *формальдегида* — на 2 города (рис. 3.5–3.8).

Количество городов, где максимальные разовые концентрации взвешенных веществ превышали 10 ПДК, за пять лет снизилось на 2 города (рис. 3.5). В 2019 г. не было отмечено высокого загрязнения воздуха диоксидом азота и формальдегидом (рис. 3.6, 3.8). Вместе с тем количество городов, где максимальные концентрации бенз(а)пирена превышали 10 ПДК, увеличилось на 8 городов (рис. 3.7).

Общий характер тенденции изменения среднегодовых концентраций взвешенных веществ, диоксида серы, оксида углерода, оксидов азота, бенз(а)пирена и формальдегида и выбросов за последние пять лет представлен на рис. 3.9–3.14.

Сведения о выбросах загрязняющих веществ от стационарных источников приводятся по данным Росстата[2)], от передвижных источников — Росприроднадзора[3)].

За период 2015–2019 гг. среднегодовые концентрации взвешенных веществ существенно не

[2)] Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (www.gks.ru, обновление по состоянию на 19.06.2019)

[3)] Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (www.rpn.gov.ru, обновление по состоянию на 02.07.2019)

изменились, выбросы от стационарных источников твердых веществ за период 2014–2018 гг. снизились на 21% (рис. 3.9).

Среднегодовые концентрации диоксида серы за последние пять лет снизились только на 4%, суммарные выбросы от стационарных и передвижных источников за период 2014-2018 гг. снизились на 10% (рис. 3.10).

Среднегодовые концентрации оксида углерода снизились на 11%, а суммарные выбросы от стационарных и передвижных источников за период 2014–2018 гг. увеличились на 7% за счет увеличения выбросов от передвижных источников (рис. 3.11).

Среднегодовые концентрации диоксида азота снизились на 16%, оксида азота — на 15%. Суммарные выбросы от стационарных и передвижных источников за период 2014–2018 гг. существенно не изменились (рис. 3.12).

Среднегодовые концентрации бенз(а)пирена повысились на 21%. Выбросы от стационарных источников за период 2014-2018 гг. существенно увеличились - на 184% (рис. 3.13).

Среднегодовые концентрации формальдегида за пятилетний период изменились незначительно, рост составил 3%. При этом количество выбросов формальдегида от стационарных источников за период 2014-2018 гг. увеличилось на 30% (рис. 3.14).

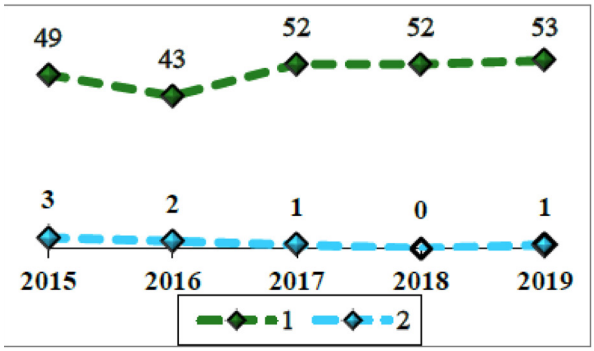


Рис. 3.5. Количество городов, в которых среднегодовые концентрации взвешенных веществ превысили 1 ПДК (1), СИ взвешенных веществ больше 10 (2)

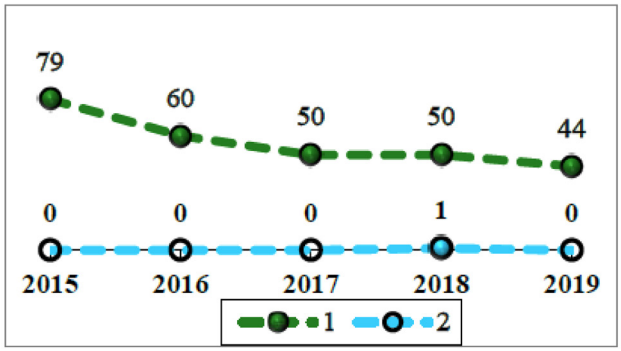


Рис. 3.6. Количество городов, в которых среднегодовые концентрации диоксида азота превысили 1 ПДК (1), СИ диоксида азота больше 10 (2)

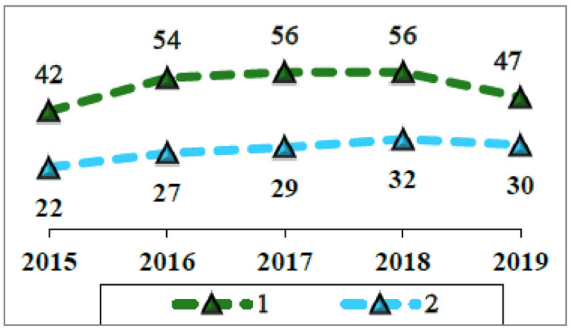


Рис. 3.7. Количество городов, в которых среднегодовые концентрации бенз(а)пирена превысили 1 ПДК (1), СИ бенз(а)пирена больше 10 (2)

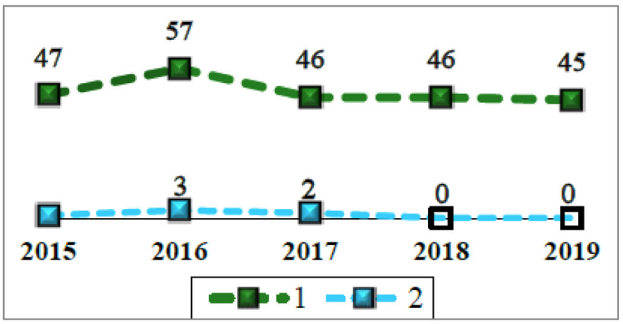


Рис. 3.8. Количество городов, в которых среднегодовые концентрации формальдегида превысили 1 ПДК (1), СИ формальдегида больше 10 (2)

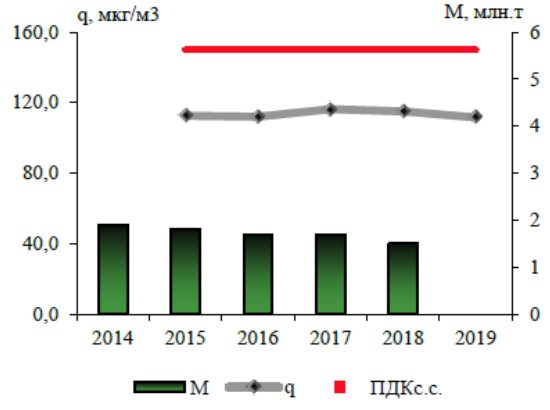


Рис. 3.9. Среднегодовые концентрации (q, мкг/м^3) взвешенных веществ и выбросы от стационарных источников (M, млн. т) твердых веществ

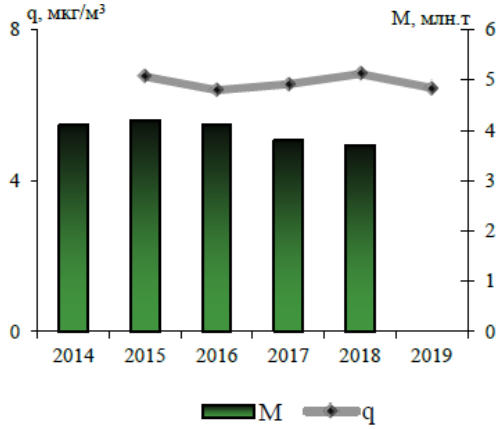


Рис. 3.10. Среднегодовые концентрации (q, мкг/м^3) и суммарные выбросы (M, млн. т) диоксида серы

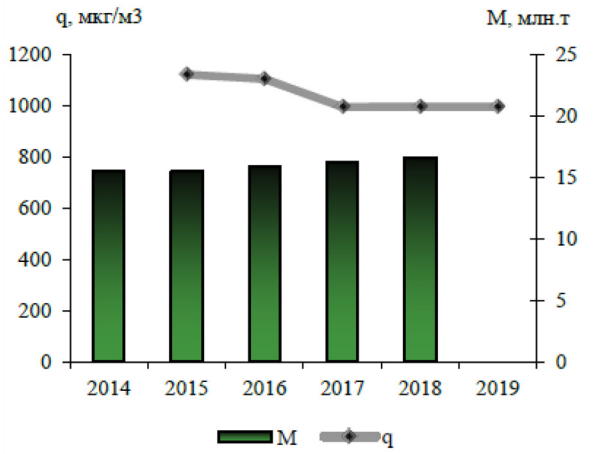


Рис. 3.11. Среднегодовые концентрации (q, мкг/м³) и суммарные выбросы (M, млн. т) оксида углерода

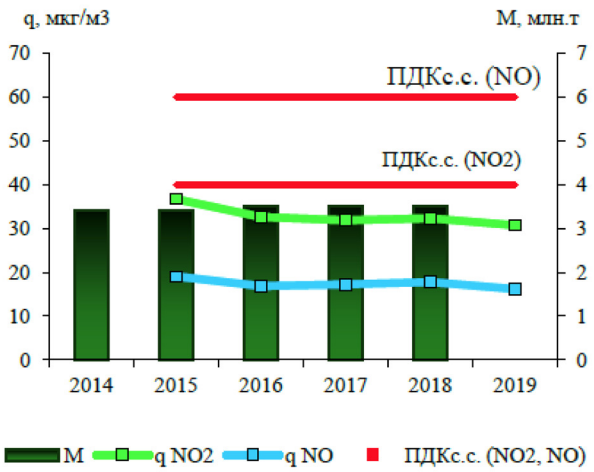


Рис. 3.12. Среднегодовые концентрации диоксида (qNO_2, мкг/м^3)и оксида азота (qNO, мкг/м^3) и суммарные выбросы (M, млн. т) NOx (в пересчете на NO_2)

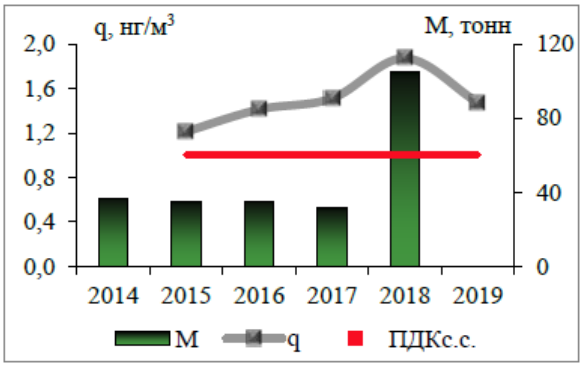


Рис. 3.13. Среднегодовые концентрации бенз(а)пирена (q, нг/м^3) и выбросы от стационарных источников (M, тонн)

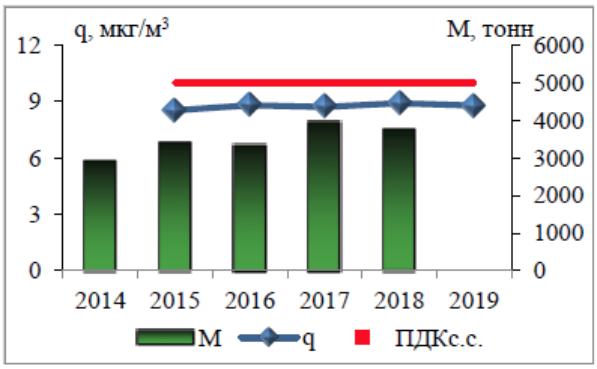


Рис. 3.14. Среднегодовые концентрации формальдегида (q, мкг/м^3) и выбросы от стационарных источников (M, тонн)

3.1.3. Общая оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах

Средние за год ($q_{ср}$) и средние из максимальных концентрации ($q_м$) основных загрязняющих веществ, а также бенз(а)пирена и формальдегида, полученные по данным регулярных наблюдений в 2019 г. в городах России, представлены в табл. 3.2.

В **40** городах (18% городов) уровень загрязнения воздуха оценивается как очень высокий и высокий (рис. 3.15), в 65% городов — как низкий.

В городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха проживает 10,6 млн. человек, что составляет 10% городского населения (рис. 3.16, табл. 3.4, 3.5).

На рис. 3.17 показаны средние за год концентрации наиболее распространённых примесей в целом по городам России. Средняя за год концентрация бенз(а)пирена выше ПДК в 1,5 раз, концентрации других веществ не превышают 1 ПДК.

В целом по городам России средние из максимальных концентраций всех рассматриваемых примесей, кроме диоксида серы и оксида азота, превышают 1 ПДК. Средние из максимальных концентрации аммиака, диоксида азота, оксида углерода, фторида водорода, формальдегида, фенола, взвешенных веществ, сероводорода и сероуглерода составили 1,0–2,0 ПДК, хлорида водорода и этилбензола были выше ПДК в 2,4–2,9 раза и бенз(а)пирена — в 6,6 раз (рис. 3.18).

В **133** городах (**53**% городов, где проводятся наблюдения) средние за год концентрации какого-либо вещества превышают 1 ПДК. В этих городах проживает 50,6 млн. чел. (рис. 3.19).

Средние за год концентрации взвешенных веществ превышают 1 ПДК в 53 городах, бенз(а)пирена — в 47 городах, формальдегида — в 45 городах, диоксида азота — в 44 городах.

Таблица 3.2. Средние концентрации примесей в атмосферном воздухе городов России по данным регулярных наблюдений в 2019 г.

Примесь	Число городов	Средние концентрации (мкг/м^3)	
		$q_{ср}$	$q_м$
Взвешенные вещества	229	114	821
Диоксид азота	244	30	214
Оксид азота	177	16	190
Диоксид серы	241	7	158
Оксид углерода	232	1009	6100
Бенз(а)пирен (нг/м^3)	180	1,5	6,6
Формальдегид	163	9	73

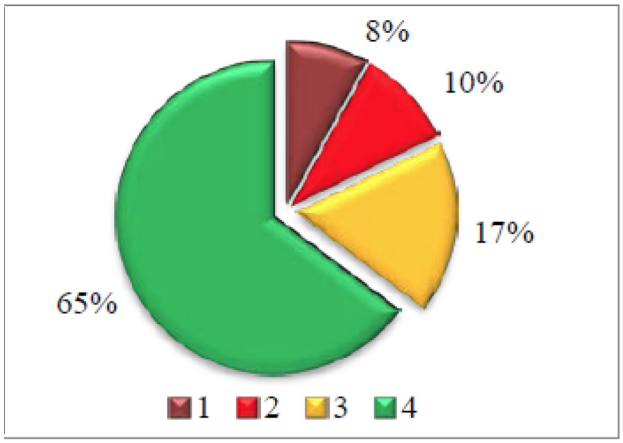


Рис. 3.15. Количество городов (%), где ИЗА≥14 (1), 7–13 (2), 5–6 (3), ≤5 (4)

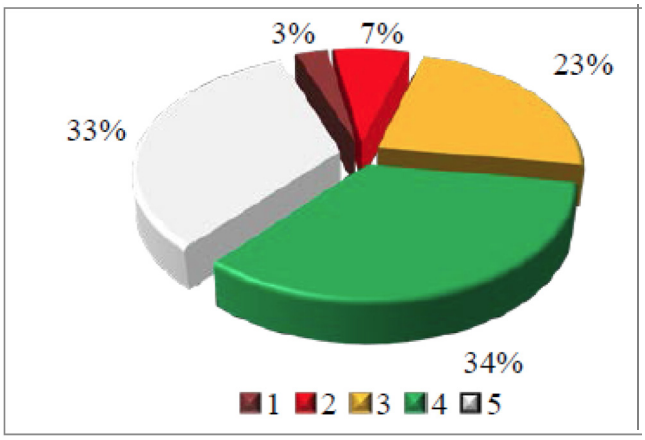


Рис. 3.16. Численность населения (%) в городах, где ИЗА≥14 (1), 7–13 (2), 5–6 (3), ≤5 (4), ИЗА не рассчитывался из-за отсутствия наблюдений или их недостаточного количества (5)

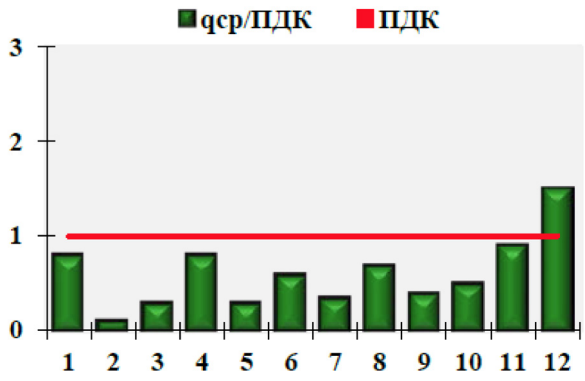


Рис. 3.17. Средние за год концентрации примесей в городах России
1 – взвешенные вещества (229), 2 – диоксид серы (241), 3 – оксид углерода (232), 4 – диоксид азота (244), 5 – оксид азота (177), 6 – сероуглерод (4), 7 – фенол (10), 8 – фторид водорода (30), 9 – хлорид водорода (39), 10 – аммиак (78), 11 – формальдегид (163), 12 – бенз(а)пирен (180).
Цифры в скобках указывают количество городов, в которых проводились регулярные наблюдения за данной примесью.

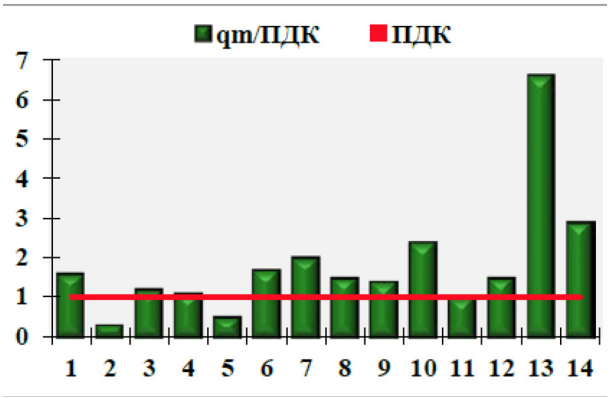


Рис. 3.18. Средние из максимальных концентрации примесей в городах России
1 – взвешенные вещества, 2 – диоксид серы, 3 – оксид углерода, 4 – диоксид азота, 5 – оксид азота, 6 – сероводород, 7 – сероуглерод, 8 – фенол, 9 – фторид водорода, 10 – хлорид водорода, 11 – аммиак, 12 – формальдегид, 13 – бенз(а)пирен, 14 – этилбензол

Максимальные концентрации загрязняющих веществ превышают 10 ПДК в 35 городах (табл. 3.3). В них проживает 10,7 млн. чел. (рис. 3.20). Концентрации бенз(а)пирена превышают 10 ПДК в 30 городах с населением 8,4 млн. чел., 5 ПДК — в 45 городах с населением 12,1 млн. чел. Максимальные концентрации превышают 10 ПДК сероводорода в 2 городах, диоксида серы, фенола, свинца и взвешенных веществ — в 1 городе. Всего за год отмечено 139 случаев превышения 10 ПДК различных загрязняющих веществ.

Кроме случаев, приведенных в табл. 3.3, отмечены максимальные из разовых концентрации этилбензола в Екатеринбурге, сероводорода — в Уфе, хлорида водорода — в Красноярске и Томске, а также среднемесячная концентрация бенз(а)пирена в Назарово, достигающие почти 10 ПДК.

Приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения в 2019 г. (табл. 3.4) включает 18 городов с общим числом жителей в них 3,3 млн. человек. В этот список включены города с очень высоким уровнем загрязнения воздуха, для которых комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), учитывающий из полного перечня определяемых в городе 5 загрязняющих веществ, вносящих наибольший вклад в уровень загрязнения, равен или выше 14. При формировании перечня городов учитываются также показатели, характеризующие уровень кратковременного воздействия загрязненного воздуха (стандартный индекс — СИ и наибольшая повторяемость превышения ПДК — НП).

Все города Приоритетного списка расположены на Азиатской территории России, которая характеризуется особо неблагоприятными для рассеивания загрязняющих веществ метеорологическими условиями.

По сравнению с 2018 г. из Приоритетного списка в связи со снижением уровня загрязнения воздуха с очень высокого до высокого (табл. 3.5), в основном за счет снижения концентраций бенз(а)пирена в период отопительного сезона, исключены 5 городов. Зима 2019 г. стала аномально теплой, что позволило частично снизить нагрузку на отопительную систему городов. Четыре города расположены на территории Сибирского федерального округа — Ангарск (Иркутская область), Барнаул (Алтайский край), Искитим (Новосибирская область) и Красноярск (Красноярский край), и один в Дальневосточном ФО ─ Петровск-Забайкальский (Забайкальский край).

В Красноярске по сравнению с предыдущим годом выявлено существенное снижение концентраций ряда загрязняющих веществ — взвешенных веществ (12%), оксида азота (36%), фенола (30%), фторида водорода (50%), формальдегида (13%) и бенз(а)пирена (40%), а также снижение количества случаев высокого загрязнения бенз(а)пиреном с 24 до 15. Одной из причин данного факта являются метеорологические условия года, способствовавшие более активному очищению атмосферного воздуха, особенно в холодный период года (январь-март, октябрь-декабрь). Отмечено снижение повторяемости приземных инверсий, застоев, слабого ветра, которые способствуют накоплению загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, и одновременно увеличение количества дней с осадками. Кроме того, комплексные мероприятия с целью улучшения экологической обстановки в период подготовки и проведения в Красноярске зимней Универсиады-2019, в том числе замена угля при отоплении частного сектора на альтернативные виды топлива, также позволили добиться снижения уровня загрязнения атмосферы.

В Приоритетный список опять включен Южно-Сахалинск (Сахалинская область.), который с 2015 г. из-за значительного снижения концентраций взвешенных веществ, бенз(а)пирена, сажи, а также формальдегида был из него исключен. В 2019 г. отмечены рост концентраций взвешенных веществ, меди и особенно резкое увеличение концентраций формальдегида. Среднегодовые концентрации бенз(а)пирена, формальдегида, взвешенных веществ, диоксида азота и углерода (сажи) превысили гигиенические нормативы (ПДКс.с). Максимальные из разовых концентрации 8-ми веществ превысили ПДКм.р.

Тенденция изменения среднегодовых концентраций формальдегида в Южно-Сахалинске за период 2000–2019 гг. показывает выраженное их снижение до 2015 г. и резкий рост за последние 4 года, достигая в 2019 г. - 62 мкг/м^3 (рис. 3.21).

Остальные города, составляющие Приоритетный список в 2018 году, сохранились в нем и в 2019 году, в том числе г. Норильск, где наибольшие в России объемы выбросов диоксида серы.

Очень высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Норильска подтверждается данными наблюдений за химическим составом атмосферных осадков. Как и в предыдущие годы, в 2019 г. на территории Российской Федерации самые загрязненные атмосферные осадки сульфатами, составившими 56,5 мг/л (50% от суммарного состава ионов осадков) были зарегистрированы в Норильске. Выполненная оценка выпадений серы с осадками в наиболее загрязненных населенных пунктах Российской

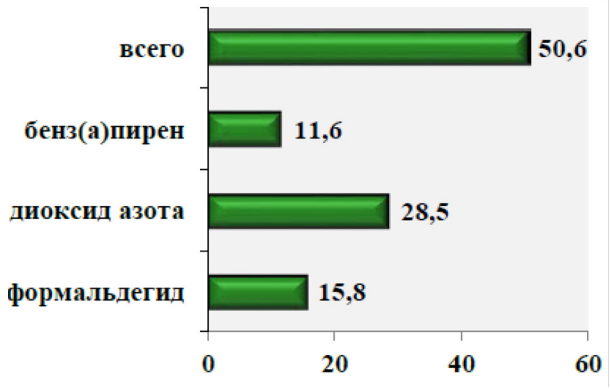


Рис. 3.19. Число жителей в городах (млн.), находящихся под воздействием средних концентраций примесей в воздухе выше 1 ПДК

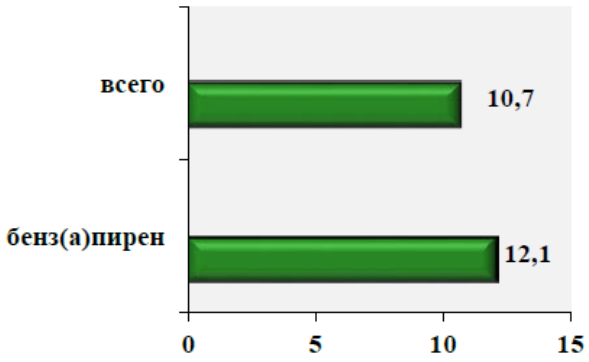


Рис. 3.20. Число жителей в городах (млн.), находящихся под воздействием максимальных концентраций примесей в воздухе выше 10 ПДК (всего) и 5 ПДК бенз(а)пирена

Таблица 3.3. Перечень городов Российской Федерации, в которых были зарегистрированы случаи высокого загрязнения атмосферного воздуха (максимальные разовые концентрации отдельных примесей более 10 $ПДК_{м.р.}$) в 2019 г.

Города	Примесь	Кол-во случаев	Макс. конц. ПДК[1]	Город	Примесь	Кол-во случаев	Макс. конц. ПДК[1]
Абакан	бенз(а)пирен[3]	**4**	88,2	Новосибирск	бенз(а)пирен[3]	1	14,7
Ангарск	бенз(а)пирен[3]	2	11,5	Петровск-Забайкальский	бенз(а)пирен[3]	1	16,9
Архангельск	бенз(а)пирен[2]	2	29,8				
Барнаул	бенз(а)пирен[3]	5	15,5	Рязань (п. Турлатово)	сероводород	1	>10
Бийск	бенз(а)пирен[3]	2	11,8		фенол	1	>10
Братск	бенз(а)пирен[3]	4	31,6	Самара	сероводород	1	>12,5
Зима	бенз(а)пирен[3]	4	44,2	Саянск	бенз(а)пирен[3]	1	11,5
Иркутск	бенз(а)пирен[3]	5	16,5	Свирск	бенз(а)пирен[3]	5	62,7
Кемерово	бенз(а)пирен[3]	1	14,6	Селенгинск	бенз(а)пирен[3]	4	25,6
Комсомольск-на-Амуре	бенз(а)пирен[3]	1	20,0	Улан-Удэ	бенз(а)пирен[3]	10	43,5
Красноярск	бенз(а)пирен[3]	15	22,0	Усолье-Сибирское	бенз(а)пирен[3]	8	19,7
Курган	бенз(а)пирен[3]	1	11,4	Уссурийск	бенз(а)пирен[3]	1	11,9
Кызыл	бенз(а)пирен[3]	5	51,3	Чегдомын	бенз(а)пирен[3]	1	14,8
Лесосибирск	бенз(а)пирен[3]	4	31,6	Черемхово	бенз(а)пирен[3]	8	31,7
Магнитогорск	свинец[2]	1	13,0	Черногорск	бенз(а)пирен[3]	4	40,2
Минусинск	бенз(а)пирен[3]	4	82,5	Чита	бенз(а)пирен[3]	14	58,7
Никель	диоксид серы	3	>10	Шелехов	бенз(а)пирен[3]	4	19,1
Новодвинск	бенз(а)пирен[2]	2	52,8	Южно-Сахалинск	взвешенные вещества[2]	1	13,3
Новокузнецк	бенз(а)пирен[3]	8	37,6				

[1] *Приведены наибольшие разовые концентрации примесей, деленные на максимальную разовую* $ПДК_{м.р.}$
[2] *Приведены среднесуточные концентрации, деленные на* $ПДК_{с.с.}$
[3] *Приведены среднемесячные концентрации, деленные на* $ПДК_{с.с.}$

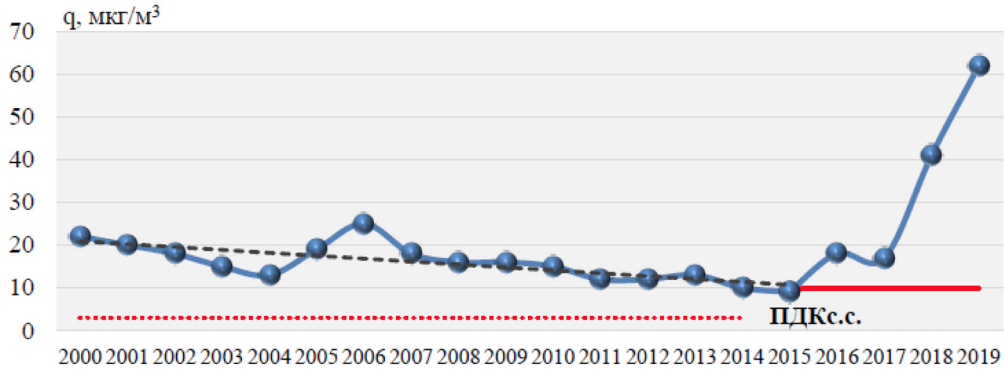


Рис. 3.21. Средние за год концентрации (q, мкг/м^3) формальдегида в Южно-Сахалинске за период 2000–2019 гг.

Федерации с установленными значениями критической нагрузки серы сульфатной на окружающую среду (2 т/км^2 год) показала, что влажные выпадения серы в Норильске (9,1 т/км^2 год) превысили критическое значение нагрузки в 4,6 раза, что является наибольшим значением среди загрязненных населенных пунктов Российской Федерации.

В Улан-Удэ, Селенгинске и Южно-Сахалинске среднегодовые концентрации пяти и в Шелехове четырех загрязняющих веществ превысили санитарно-гигиенические нормативы. Кроме того, в Улан-Удэ среднегодовая концентрация приземного озона превысила ПДКс.с. Во всех городах Приоритетного списка вклад в очень высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха вносит бенз(а)пирен, в больших количествах поступающий в воздух в результате сжигания твердого топлива.

Существенный вклад в уровень загрязнения воздуха в 11 городах вносят также сверхнормативные среднегодовые концентрации взвешенных веществ, в 4 городах — диоксида азота, в 3 городах — формальдегида, в 3 городах — приземного озона, в 3 городах — взвешенных частиц PM10.

В Приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха вошли: 12 городов, где основными источниками выбросов являются предприятия топливно-энергетического комплекса, 3 города — предприятия черной, цветной и алюминиевой промышленности, 4 города — угольной и горнодобывающей промышленности, предприятия машиностроения, лесной и деревообрабатывающей, химической и нефтеперерабатывающей, а также целлюлозно-бумажной промышленности по 2 города.

Список городов с высоким уровнем загрязнения атмосферы в 2019 г. (табл. 3.5) включает 22 города с общим числом жителей в них 7,3 млн. человек. В него включены города, для которых значение комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) равно или выше 7, а также наблюдается высокая повторяемость максимальных разовых концентраций загрязняющих веществ, превышающих ПДК (НП >20%), или случаи высокого загрязнения атмосферного воздуха (максимальные концентрации загрязняющих веществ более 10 ПДК).

Большинство городов (15) из этого списка расположены на территории Азиатской территории России. В Сибирском федеральном округе находятся 8 городов с высоким уровнем загрязнения, в Дальневосточном ФО — 7 городов, в Уральском ФО и Южном ФО — по 3 города, в Северо-Кавказском ФО — 1 город.

Существенный вклад в уровень загрязнения воздуха в 14 городах вносят сверхнормативные среднегодовые концентрации бенз(а)пирена, в 10 городах — взвешенных веществ, в 9 городах — диоксида азота, в 9 городах — формальдегида, в 3 городах — фторида водорода и в 2 городах — углерода (сажи). Кроме того, по одному городу имеют существенный вклад в уровень загрязнения воздуха сверхнормативные среднегодовые концентрации оксида углерода, приземного озона, твердых фторидов и взвешенных частиц PM10.

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ превысили гигиенические нормативы: в Искитиме - 4 вещества, в Ачинске, Гусиноозерске, Каменске-Уральском, Кургане, Магнитогорске, Махачкале, Новочеркасске, Ростове-на-Дону и Чегдомыне — 3 вещества, в Ангарске, Барнауле, Бийске, Владивостоке, Кемерово, Комсомольске-на-Амуре, Красноярске и Новоалександровске — 2 вещества, в Астрахани, Петровске-Забайкальском, Саянске и Уссурийске — 1 вещество.

На территории музея-усадьбы «Ясная Поляна», где наблюдения проводятся по специальной программе, при оценке качества воздуха с учетом экологического норматива (ПДК$_{леса}$) уровень загрязнения воздуха характеризуется как высокий.

Таблица 3.4. Города с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы (ЗА) и вещества, его определяющие, в 2019 г.

Города	Вещества, определяющие уровень ЗА	Города	Вещества, определяющие уровень ЗА
Абакан	**БП**, NO_2, CO, ВВ, Ф	Свирск	**БП**, **ВВ**, NO_2, SO_2, CO
Братск	**БП**, **ВВ**, **CS_2**, Ф, HF	Селенгинск	**БП**, **O_3**, **PM2.5**, **PM10**, **ВВ**
Зима	**БП**, NO_2, HCl, Ф, CO	Улан-Удэ	**БП**, **PM2.5**, **PM10, ВВ**, **Ф**
Иркутск	**БП**, **ВВ, NO_2,** Ф, NO	Усолье-Сибирское	**БП**, ВВ, NO_2, Ф, SO_2
Кызыл	**БП**, **ВВ**, **NO_2**, Ф, CO	Черемхово	**БП, NO_2, ВВ**, SO_2, NO
Лесосибирск	**БП**, **ВВ**, **Ф**, NO_2, CO	Черногорск	**БП**, NO_2, Ф, ВВ, CO
Минусинск	**БП**, NO_2, Ф, ВВ, CO	Чита	**БП**, **ВВ**, **фенол**, NO_2, Ф
Новокузнецк	**БП**, ВВ, HF, NO_2, NH_3	Шелехов	**БП**, **O_3**, **ВВ**, **PM10,** NO_2
Норильск*	**SO_2**, NO, NO_2, ВВ, БП	Южно-Сахалинск	**Ф**, **БП**, **NO_2**, **углерод (сажа)**, **ВВ**

БП — бенз(а)пирен, ВВ — взвешенные вещества, PM — взвешенные частицы фракций PM10 и PM2.5, Ф — формальдегид, CO — оксид углерода, CS_2 — сероуглерод, HCl — хлорид водорода, HF — фторид водорода, NH_3 — аммиак, NO_2 — диоксид азота, NO — оксид азота, O_3 — приземный озон, SO_2 — диоксид серы.
Выделены вещества с наибольшим вкладом в уровень ЗА.
** С учетом значительных объемов выбросов диоксида серы и данных наблюдений за химическим составом осадков*
Города Приоритетного списка н е р а н ж и р у ю т с я по уровню загрязнения воздуха

Таблица 3.5. Города с высоким уровнем загрязнения атмосферы (ЗА) и вещества, его определяющие, в 2019 г.

Города	Вещества, определяющие уровень ЗА	Города	Вещества, определяющие уровень ЗА
Ангарск	**БП**, **NO_2**, NO, PM10, Ф	Красноярск	**БП**, **Ф,** NH_3, NO_2, ВВ
Астрахань	**Ф,** NO_2, ВВ, медь, NH_3	Курган	**БП**, **Ф**, **углерод (сажа),** CO, NO_2
Ачинск	**БП**, **Ф, NO_2**, NO, ВВ	Магнитогорск	**БП, Ф**, **ВВ**, NO_2, CO
Барнаул	**БП**, **ВВ,** NO_2, Ф, CO	Махачкала	**ВВ**, **NO_2, HF,** CO, $HF_{тв.}$,
Бийск	**БП**, **NO_2,** ВВ, CO, Ф	Новоалександровск	**NO_2, углерод (сажа),** ВВ, CO, SO_2
Владивосток	**Ф, NO_2**, NO**,** БП, ВВ	Новочеркасск	**ВВ**, **Ф**, **NO_2,** CO, NO
Гусиноозерск	**O_3, PM10**, **ВВ**, PM2.5, NO_2	Петровск-Забайкальский	**БП**, ВВ, SO_2, NO_2, CO
Искитим	**БП**, **ВВ**, **CO**, **NO_2,** NO	Ростов-на-Дону	**HF**, **ВВ, Ф,** NO_2, NH_3
Каменск-Уральский	**HF, $HF_{тв.}$, ВВ,** NO_2, БП	Саянск	**БП**, Ф, HCL, NO_2, CO
Кемерово	**БП**, **NO_2,** NH_3, Ф, CO	Уссурийск	**БП**, NO_2, ВВ, NO, CO
Комсомольск-на-Амуре	**БП**, **ВВ**, Ф, NO_2, CO	Чегдомын	**БП**, **Ф, ВВ**, CO, NO_2
		Ясная поляна*	**Ф, ВВ, NH_3, метанол,** NO_2

БП — бенз(а)пирен, ВВ — взвешенные вещества, PM — взвешенные частицы фракций PM10 и PM2.5, Ф — формальдегид, CO — оксид углерода, HCl — хлорид водорода, HF — фторид водорода, HFтв — твердые фториды, NH_3 — аммиак, NO_2 — диоксид азота, NO — оксид азота, O_3 — приземный озон, SO_2 — диоксид серы.
Выделены вещества с наибольшим вкладом в уровень ЗА.
**Установлено с учетом $ПДК_{леса}$.*

3.1.4. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха на территориях субъектов и федеральных округов Российской Федерации

Количество городов и станций в каждом из 77 субъектов Российской Федерации, где проводятся наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы, а также общее количество городов со значениями основных показателей загрязнения: ИЗА>7, Q>ПДК (Q — средняя за год концентрация любого вещества), СИ>10 и НП> 20 приведено в таблице 3.6.

В 40 городах РФ (18% городов) уровень загрязнения воздуха характеризуется как высокий и очень высокий (ИЗА>7). В среднем по стране 10% городского населения испытывают воздействие высокого и очень высокого уровня загрязнения воздуха.

Сравнение уровней загрязнения воздуха в городах на территориях федеральных округов показывает, что больше половины (22 из 40) городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения расположены в Сибирском федеральном округе.

На территории Республики Бурятия имеется 3 города с высоким и очень высоким уровнем загрязнения, в Красноярском крае — 4 города, в Иркутской области — 9 городов. В 6 субъектах РФ уровень загрязнения воздуха высокий и очень высокий во всех городах, где проводятся наблюдения.

В 17 субъектах РФ 10% и более городского населения находится под воздействием высокого и очень высокого загрязнения воздуха; в Астраханской области, Республике Бурятия и Таймырском АО — более 75% городского населения.

В 59 субъектах РФ высокий и очень высокий уровень загрязнения воздуха городов не отмечен.

В 133 городах РФ средняя за год концентрация одного или нескольких веществ превышает ПДК (Q>1 ПДК). На территориях Дальневосточного, Сибирского и Уральского федеральных округов в большинстве городов концентрации загрязняющих веществ превышают ПДК. В Республике Крым и Оренбургской области имеется по 4 таких города, в Московской, Свердловской (и Екатеринбург) и Ульяновской областях — 5 городов, в Красноярском крае и Сахалинской области — 6 городов, в Ростовской области — 10 городов, в Иркутской области — 14 городов.

В городах 18 субъектов Российской Федерации максимальная концентрация какого-либо вещества превышала 10 ПДК (СИ>10). В республиках Бурятия и Хакасия, в Алтайском, Забайкальском и Хабаровском краях, в Архангельской и Кемеровской областях имеется по 2 таких города, в Красноярском крае — 3 города, в Иркутской области — 9 городов.

Загрязнение атмосферного воздуха в городах-участниках федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология»

Разработанный по исполнению Указа Президента Российской Федерации В.В. Путина от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.» федеральный проект «Чистый воздух» национального проекта «Экология» (далее – Проект) направлен на снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в 12 городах: Братске, Красноярске, Липецке, Магнитогорске, Медногорске, Нижнем Тагиле, Новокузнецке, Норильске, Омске, Челябинске, Череповце и Чите с целью кардинального снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха в указанных городах.

Результаты проводимого Росгидрометом мониторинга загрязнения атмосферного воздуха по данным инструментальных наблюдений необходимы для оценки достижения целевого показателя Проекта «Количество городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха».

В 12 городах-участниках Проекта программы наблюдений включают перечень из 34 загрязняющих веществ (в разбивке по классам опасности, по ГН 2.1.6.3492-17), приведенный в таблице 3.7.

По сравнению с базовым 2017 г. в 2019 г. уровень загрязнения атмосферного воздуха в 7 городах снизился, в 5 городах — не изменился (рис. 3.22 и табл. 3.8).

В 2019 г. во всех **12** городах-участниках Проекта наибольший вклад в уровень загрязнения атмосферного воздуха внесли **среднегодовые** концентрации **бенз(а)пирена** и **взвешенных веществ** (пыли), в 9 городах — диоксида азота и формальдегида, в 5 городах — аммиака, в 3 городах— оксида углерода и фторида водорода, в 2 городах— диоксида серы и сероуглерода, в 1 городе — фенола, этилбензола и оксида азота.

Среднегодовые концентрации трех загрязняющих веществ превышали $ПДК_{с.с.}$ в Братске, Магнитогорске и Чите, двух загрязняющих веществ — в Красноярске, Нижнем Тагиле и Челябинске, 1 загрязняющего вещества — в Медногорске, Новокузнецке и Норильске. Наименования загрязняющих веществ, среднегодовые концентрации которых превышали гигиенические нормативы $ПДК_{с.с.}$, выделены в таблице 3.8 полужирным шрифтом. В городах Липецк, Омск и Череповец средние за год кон-

центрации загрязняющих веществ не превышали гигиенических нормативов.

В 4 городах-участниках Проекта были превышены значения критериев высокого загрязнения (СИ≥10 бенз(а)пирена), в Красноярске — СИ≥10 хлорида водорода, в Магнитогорске — СИ≥10 свинца. НП более 20% сероводорода была отмечена в Норильске.

По сравнению с 2018 г. в 2019 г. уровень загрязнения атмосферного воздуха изменился только в 2 городах:

- в Красноярске — с «очень высокого» до «высокого» уровня загрязнения;

- в Нижнем Тагиле — с «низкого» до «повышенного» уровня загрязнения.

Причины снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха в г. Красноярске приведены выше.

Повышение уровня загрязнения атмосферного воздуха в г. Нижний Тагил обусловлено ростом концентраций бенз(а)пирена. За последние 5 лет уровень запыленности в Нижнем Тагиле увеличился на 18%. В 2019 г. по сравнению с 2018 г. возросла средняя за год концентрация взвешенных веществ на 22%, бенз(а)пирена — на 50%.

Таблица 3.6. Характеристики уровня загрязнения воздуха на территориях субъектов и федеральных округов Российской Федерации в 2019 г.

Субъекты РФ	Количество						Население (%) в городах
	городов	станций	городов, в которых				
	с регулярными наблюдениями за загрязнением воздуха		ИЗА>7	Q >ПДК	СИ >10	НП >20	с В и ОВ уровнем ЗВ
1	2		3	4	5	6	7
Центральный федеральный округ							
г. Москва	1	17	0	1	0	0	0
Белгородская обл.	3	8	0	1	0	0	0
Брянская обл.	1	4	0	1	0	0	0
Владимирская обл.	1	4	0	0	0	0	0
Воронежская обл.	1	6	0	1	0	0	0
Ивановская обл.	2	3	0	2	0	0	0
Калужская обл.	1	2	0	1	0	0	0
Костромская обл.	2	5	0	0	0	0	0
Курская обл.	1	4	0	1	0	0	0
Липецкая обл.	1	6	0	0	0	0	0
Московская обл.	10	20	0	5	0	0	0
Орловская обл.	1	4	0	1	0	0	0
Рязанская обл.	1	5	0	0	1	0	0
Смоленская обл.	1	4	0	1	0	0	0
Тамбовская обл.	1	4	0	1	0	0	0
Тверская обл.	1	1	0	1	0	0	0
Тульская обл.	3	10	0	3	0	0	0
Ярославская обл.	3	8	0	1	0	0	0
Всего по округу	35	115	0	21	1	0	0
Северо-Западный федеральный округ							
г. Санкт-Петербург	1	21	0	1	0	0	0
Республика Карелия	3	3	0	0	0	0	0
Республика Коми	4	9	0	0	0	0	0
Архангельская обл.	4	8	0	0	2	0	0
Вологодская обл.	2	6	0	0	0	0	0
Калининградская обл.	1	5	0	0	0	0	0
Ленинградская обл.	9	10	0	0	0	0	0
Мурманская обл.	9	20	0	1	1	0	0
Новгородская обл.	3	5	0	0	0	0	0
Псковская обл.	2	2	0	0	0	0	0
Ненецкий АО	-	-	-	-	-	-	-
Всего по округу	38	89	0	2	3	0	0

1	2	3	4	5	6	7	8
Южный федеральный округ							
г. Севастополь	1	1	0	0	0	0	0
Республика Адыгея	-	-	-	-	-	-	-
Республика Калмыкия	-	-	-	-	-	-	-
Республика Крым	5	11	0	4	0	0	0
Астраханская обл.	7	12	1	1	0	0	78
Волгоградская обл.	3	6	0	0	0	0	0
Ростовская обл.	12	21	2	10	0	1	45
Краснодарский край	3	8	0	2	0	1	0
Всего по округу	31	59	3	17	0	2	18
Северо-Кавказский федеральный округ							
Республика Дагестан	1	3	1	1	0	1	43
Республика Ингушетия	-	-	-	-	-	-	-
Кабардино-Балкарская Республика	-	-	-	-	-	-	-
Карачаево-Черкесская Республика	1	1	0	0	0	0	0
Республика Северная Осетия - Алания	1	2	0	1	0	0	0
Чеченская Республика	-	-	-	-	-	-	-
Ставропольский край	5	9	0	1	0	0	0
Всего по округу	8	15	1	3	0	1	12
Уральский федеральный округ							
Курганская обл.	1	5	1	1	1	1	61
Свердловская обл.	5	18	1	5	0	2	5
Тюменская обл.	2	8	0	1	0	0	0
Челябинская обл.	3	16	1	3	1	0	14
Ханты-Мансийский АО — Югра	7	8	0	3	0	0	0
Ямало-Ненецкий АО	1	1	0	0	0	0	0
Всего по округу	19	56	3	13	2	3	9
Приволжский федеральный округ							
Республика Башкортостан	5	20	0	1	0	1	0
Республика Марий Эл	-	-	-	-	-	-	-
Республика Мордовия	1	4	0	1	0	0	0
Республика Татарстан	3	18	0	3	0	0	0
Удмуртская Республика	1	6	0	1	0	0	0
Чувашская Республика	2	4	0	1	0	0	0
Пермский край	4	14	0	3	0	0	0
Кировская обл.	2	6	0	0	0	0	0
Нижегородская обл.	5	17	0	0	0	0	0
Оренбургская обл.	5	13	0	4	0	0	0
Пензенская обл.	1	4	0	1	0	0	0
Самарская обл.	9	34	0	1	1	0	0
Саратовская обл.	2	9	0	2	0	0	0
Ульяновская обл.	6	11	0	5	0	0	0
Всего по округу	46	160	0	23	1	1	0
Сибирский федеральный округ							
Республика Алтай	-	-	-	-	-	-	-
Республика Тыва	1	3	1	1	1	0	68
Республика Хакасия	3	4	2	2	2	0	69
Алтайский край	2	8	2	2	2	1	63
Красноярский край	6	18	4	6	3	0	59
Таймырский АО (в сост. Красноярского края)	1	2	1	1	0	1	99
Иркутская обл.	18	38	9	14	9	0	71
Кемеровская обл.	3	18	2	3	2	0	47
Новосибирская обл.	3	13	1	3	1	0	3
Омская обл.	1	8	0	0	0	0	0
Томская обл.	1	7	0	0	0	0	0
Всего по округу	39	119	22	32	20	2	41

1	2	3	4	5	6	7	8
Дальневосточный федеральный округ							
Республика Бурятия	3	6	3	3	2	0	81
Республика Саха (Якутия)	4	7	0	2	0	0	0
Забайкальский край	3	7	2	2	2	0	49
Камчатский край	2	6	0	0	0	0	0
Приморский край	5	10	2	2	1	1	52
Хабаровский край	4	10	2	2	2	0	24
Амурская обл.	3	3	0	3	0	0	0
Магаданская обл.	1	3	0	1	0	0	0
Сахалинская обл.	6	9	2	6	1	3	52
Еврейская авт. обл.	1	1	0	1	0	0	0
Чукотский АО	2	2	0	0	0	0	0
Всего по округу	34	64	11	22	8	4	35
Всего по РФ	250	677	40	133	35	13	10

Прочерк в таблице обозначает отсутствие в городах субъекта РФ государственной наблюдательной сети за загрязнением атмосферного воздуха.
Выделены регионы, в которых более 75 % городского населения испытывает воздействие высокого и очень высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха.



Рис. 3.22. Динамика целевого показателя Проекта «Количество городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха (ед.)» по плану и фактически

Таблица 3.7. Перечень включенных в программы наблюдений в городах-участниках Проекта загрязняющих веществ в разбивке по классам опасности

Классы опасности веществ			
1	**2**	**3**	**4**
Бенз(а)пирен*	Бензол	Взвешенные вещества	Аммиак
Кадмий	Водород цианистый	(пыль)	Оксид углерода
Озон	Сероводород	Диоксид серы	Кумол
Свинец	Сероуглерод	Диоксид азота	Метилмеркаптан
Хром	Серная кислота	Оксид азота	
	Фенол	Ксилол	
	Фториды твердые	Толуол	
	Фторид водорода	Углерод (сажа)	
	Формальдегид	Хлорбензол	
	Хлорид водорода	Этилбензол	
	Никель	Железо	
	Медь	Цинк	
	Марганец	Магний	

** индикатор содержания в атмосферном воздухе группы канцерогенных полициклических углеводородов*

Таблица 3.8. Динамика уровня загрязнения атмосферного воздуха в 2017–2019 гг. и вещества, его определяющие в 2019 г., в городах, включенных в федеральный проект «Чистый воздух»

Город	Субъект РФ	Уровень загрязнения атмосферного воздуха (УЗВ)*			Загрязняющие вещества в 2019 г.			
		год			определяющие УЗВ**			измеряемые на стационарных пунктах наблюдений ***
		2017	2018	2019	Комплексный $ИЗА_5$	СИ≥10	НП≥20	
Братск	Иркутская обл.	ОВ	ОВ	ОВ	БП, CS_2, ВВ, Ф, HF	БП	-	ВВ, CO, NO_2, H_2S, CS_2, тв. фториды, HF, Ф, БП, NO, SO_2, метилмеркаптан, ТМ (железо, марганец, медь, никель, хром, цинк, свинец)
Красноярск	Красноярский край	ОВ	ОВ	В	БП, Ф, NO_2, NH_3, ВВ	БП, HCl	-	ВВ, CO, NO_2, NO, фенол, HF, HCl, NH_3, Ф, БП, ксилол, этилбензол, кумол, бензол, толуол, SO_2, H_2S, хлорбензол, ТМ (железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк)
Новокунецк	Кемеровская обл.	ОВ	ОВ	ОВ	БП, ВВ, HF, NO_2, NH_3	БП	-	ВВ, БП, NO_2, CO, H_2S, фенол, HF, Ф, NO, NH_3, SO_2, углерод (сажа), ТМ (железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк), цианид водорода
Норильск****	Таймырский АО (в сост. Красноярского края)	ОВ	ОВ	ОВ	SO_2, NO_2, NO, ВВ, БП	-	H_2S	NO_2, SO_2, NO, ВВ, БП, H_2S, CO
Чита	Забайкальский край	ОВ	ОВ	ОВ	БП, ВВ, фенол, Ф, NO_2	БП	-	ВВ, БП, Ф, фенол, CO, H_2S, углерод (сажа), NO_2, NO, NH_3, SO_2, ТМ (железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк)
Магнитогорск	Челябинская обл.	ОВ	В	В	БП, Ф, ВВ, NO_2, CO	свинец	-	ВВ, БП, Ф, фенол, CO, H_2S, этилбензол, SO_2, NH_3, NO_2, NO, бензол, ксилол, толуол, ТМ (свинец, железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, хром, цинк)
Челябинск	Челябинская обл.	В	П	П	БП, Ф, NO_2, HF, ВВ	-	-	ВВ, БП, Ф, NO_2, NO, фенол, CO, H_2S, HF, NH_3, этилбензол, SO_2, бензол, ксилол, толуол, ТМ (марганец, свинец, медь, железо, кадмий, магний, никель, хром, цинк)
Липецк	Липецкая обл.	П	Н	Н	ВВ, CO, NO_2, Ф, БП	-	-	ВВ, БП, NO_2, фенол, CO, H_2S, Ф, NO, SO_2, ТМ (железо, марганец, медь, никель, хром, цинк, свинец)
Медногорск	Оренбургская обл.	П	Н	Н	SO_2, БП, ВВ, NO_2, CO	-	-	ВВ, SO_2, БП, NO_2, H_2S, CO, кислота серная, HF, ТМ (свинец, железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, хром, цинк)
Нижний Тагил	Свердловская обл.	В	Н	П	БП, Ф, NH_3, ВВ, ЭБ	-	-	БП, Ф, фенол, CO, H_2S, NH_3, этилбензол, цианид водорода, ВВ, SO_2, NO_2, NO, бензол, ксилол, толуол, ТМ (железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк)
Омск	Омская обл.	Н	Н	Н	ВВ, Ф, БП, NH_3, NO_2	-	-	ВВ, БП, NO_2, NO, CO, Ф, фенол, NH_3, HCl, бензол, ксилол, этилбензол, H_2S, углерод (сажа), SO_2, толуол, ТМ (железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, хром, цинк, свинец)
Череповец	Вологодская обл.	П	Н	Н	БП, Ф, CS_2, ВВ, NH_3	-	-	ВВ, БП, Ф, CO, CS_2, NH_3, H_2S, фенол, NO_2, NO, SO_2, углерод(сажа), ТМ (железо, марганец, медь, никель, хром, цинк, свинец)

·* Уровень загрязнения воздуха оценивается одной из четырех категорий («низкий» - Н, «повышенный» - П, «высокий» - В и «очень высокий» - ОВ уровень загрязнения воздуха), установленных по базовым показателям.
ГОРОДА НЕ РАНЖИРУЮТСЯ ПО ЧИСЛОВЫМ ЗНАЧЕНИЯМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ($ИЗА_5$, СИ, НП) ВНУТРИ ГРУППЫ С ОДИНАКОВЫМ УРОВНЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА.
** Выделены загрязняющие вещества с наибольшим вкладом в уровень загрязнения атмосферы.
***Выделены загрязняющие вещества, максимальные концентрации которых больше или равны 1 ПДК.
****УЗВ установлен с *учетом значительных объемов выбросов диоксида серы и данных наблюдений за химическим составом осадков*
БП — бенз(а)пирен, ВВ — взвешенные вещества, Ф — формальдегид, CO — оксид углерода, CS_2 — сероуглерод, HF — фторид водорода,
H_2S — сероводород, NH_3 — аммиак, NO_2 — диоксид азота, NO — оксид азота, SO_2 — диоксид серы, HCl – хлорид водорода, ТМ – тяжелые металлы.

3.2. Загрязнение почвенного покрова

3.2.1. Загрязнение почв токсикантами промышленного происхождения

В 2010-2019 гг. наблюдения за уровнем загрязнения почв токсикантами промышленного происхождения (ТПП) - тяжёлыми металлами (ТМ), фтором, нефтью и нефтепродуктами (НП), сульфатами, нитратами, бенз(а)пиреном (БП) и другими - проводились на территориях республик: Башкортостан, Татарстан, Удмуртской, Приморского края, Иркутской, Кемеровской, Кировской, Московской, Нижегородской, Новосибирской, Омской, Оренбургской, Самарской, Свердловской и Томской областей. Для каждой территории наблюдений определён свой перечень ТПП, измеряемых в почве. В 2019 г. наблюдения за загрязнением почв ТПП проводились в районах 40 населённых пунктов. Для определения в почвах содержания массовых долей ТМ, мышьяка, НП, фтора, сульфатов, БП, полихлорбифенилов (ПХБ) и нитратов было обследовано 29, 3, 22, 18, 7, 5, 1 и 14 населённых пунктов, соответственно.

В 2019 г. на содержание ТПП были обследованы почвы на территориях Дальневосточного, Приволжского, Сибирского, Уральского и Центрального федеральных округов (ФО). Доля обследованных населенных пунктов по Федеральным округам представлена на рис. 3.23.

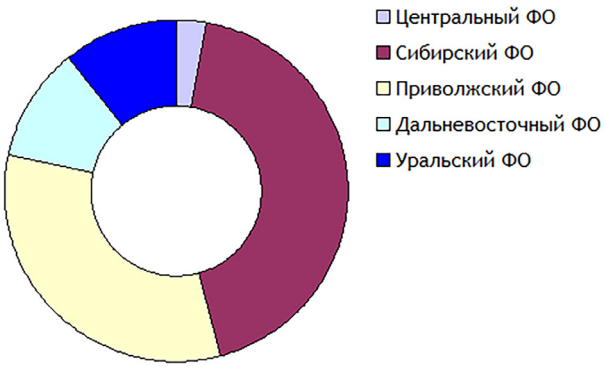


Рис. 3.23. Доля обследованных в 2019 г. населенных пунктов по Федеральным округам

Загрязнение почв металлами и мышьяком

Наблюдения за загрязнением почв металлами проводятся, в основном, в районах источников промышленных выбросов металлов в атмосферу. В качестве источника загрязнения может выступать одно предприятие, группа предприятий или город в целом.

Высокая неоднородность (пятнистость) загрязнения почв ТМ вблизи источников промышленных выбросов, медленный процесс самоочищения, консервативность почв и другие факторы в большинстве случаев не позволяют достоверно утверждать об изменениях уровней массовых долей ТМ в почвах за пятилетний или даже за более продолжительный период наблюдений. В целом почвы территорий промышленных центров и районов, к ним прилегающих, загрязнены ТМ, которые могут накапливаться при постоянном техногенном воздействии загрязняющих веществ, поступающих из атмосферы и другими путями.

В 2019 г. в почвах измерялись массовые доли алюминия, железа, кадмия, кобальта, магния, марганца, меди, никеля, свинца, ртути, олова, хрома, цинка и мышьяка в различных формах (валовых (в), подвижных (п), кислоторастворимых (к, извлекаемых 5 н азотной кислотой), водорастворимых (вод).

Приоритетными при выборе пунктов наблюдений за загрязнением почв ТМ являются районы, в которых расположены предприятия цветной и чёрной металлургии, машиностроения и металлообработки, топливной и энергетической, химической и нефтехимической промышленностей, предприятий по производству стройматериалов, строительной промышленности.

Оценка степени опасности загрязнения почв комплексом ТМ проводится по показателю загрязнения Zф (с учётом фонов) и/или Zк (с учётом кларков), являющимися индикаторами неблагоприятного воздействия на здоровье человека. Динамика усреднённых за несколько лет показателей загрязнения почв (Zф, Zк) вокруг предприятий разных отраслей промышленности представлена на рис. 3.24.

Данные многолетних наблюдений, представленные на рис. 3.24, демонстрируют, что к умеренно опасной и опасной категориям загрязнения относятся почвы населенных пунктов, расположенных вблизи предприятий черной и цветной металлургии. Следует отметить, что в последние годы наблюдений количество населенных пунктов с опасной и умеренно опасной категорией загрязнения почв снижается.

Перечень населённых пунктов с опасной и умеренно опасной категорией загрязнения почв ТМ представлен в табл. 3.9.

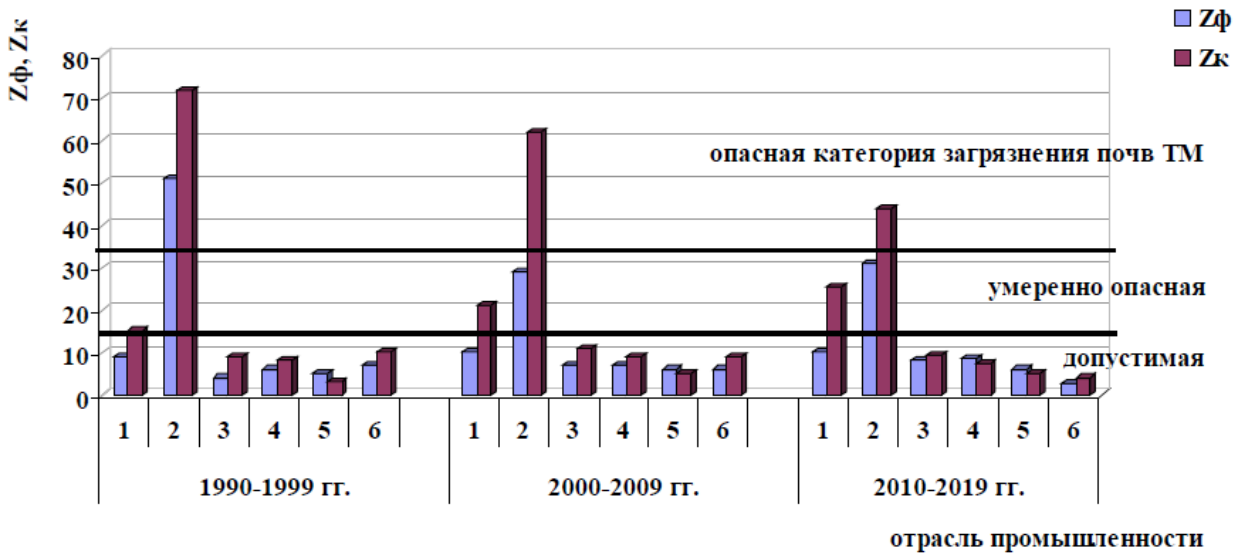


Рис. 3.24. Динамика усреднённых за несколько лет показателей загрязнения почв комплексом ТМ Zф и Zк вокруг предприятий черной металлургии (1), цветной металлургии (2), машиностроения и металлообработки (3), топливной и энергетической промышленности (4), химической и нефтехимической промышленности (5), строительной промышленности и производства стройматериалов (6)

Таблица 3.9. Перечень населённых пунктов РФ с умеренно опасной и опасной категорией загрязнения почв металлами (2010-2019 гг.)

Республика, край, область, населённый пункт	Год наблюдений	Зона обследования радиусом, км, вокруг источника	Приоритетные техногенные металлы
Опасная категория загрязнения почв 32≤ Zф<128			
Иркутская область г. Свирск	2010 2016	УМН-1; 0,5*	Свинец, медь, цинк, кадмий
Свердловская область г. Кировград	2013 2018	От 0 до 5	Свинец, медь, цинк, кадмий
г. Ревда	2010 2014	УМН, 1 От 0 до 1*	Медь, свинец, кадмий, цинк
г. Реж	2013 2018	От 0 до 5	Никель, кадмий, хром, кобальт, цинк
Республика Северная Осетия-Алания г. Владикавказ	2015	От 0,2 до 2	Кадмий, свинец, медь, цинк, ртуть
Красноярский край г. Норильск	2018	Территория города	Медь, никель, кобальт
Умеренно опасная категория загрязнения, 16≤ Zф<32 и 13≤ Zф≤ 15 при Zк≥20			
Иркутская область г. Свирск	2010 2014 2016	УМН, 4 Территория города* УМН-1*, 5	Свинец, цинк, медь Свинец, кобальт, кадмий Свинец, медь, кадмий
г. Слюдянка	2013	Территория города	Никель, кобальт, свинец
г. Черемхово	2014	Территория города	Свинец, медь, цинк
Кировская область г. Кирово-Чепецк	2018 2019	От 0,5 до 5,5	Свинец, кадмий
Нижегородская область г. Дзержинск	2011 2013	Территория городского округа	Свинец, цинк
г. Нижний Новгород	2014	Заречная часть	Цинк, медь, железо
Новосибирская область г. Новосибирск	2019	Территория города	Свинец, олово
Оренбургская область г. Орск	2016	Территория города	Медь, свинец, кадмий
г. Медногорск	2019	Территория города	Кадмий, медь, свинец, цинк
Приморский край г. Дальнегорск	2016	От 0 до 20 от города*	Цинк, свинец, кадмий
с. Рудная Пристань	2016	От 0 до 1 от села*	Свинец, кадмий, цинк
п. Славянка	2010	Территория посёлка	Цинк, медь, свинец
Республика Башкортостан г. Баймак	2011	От 0 до 1*	Медь, цинк, свинец, кадмий

г. Белорецк	2011	От 0 до 1	Медь, цинк, свинец
г. Давлеканово	2014	ТГ	Кадмий, свинец
г. Сибай	2011	От 0 до 1*	Медь, кадмий, цинк, свинец
г. Кумертау	2018	От 0 до 5	Медь, кадмий, цинк, свинец, никель
г. Учалы	2011	От 0 до 1	Цинк, медь, кадмий, свинец
Свердловская область	2014	Территория города	Никель, хром, кадмий
г. Асбест	2019	0 до 10	Никель, хром, кобальт
г. Верхняя Пышма	2017	От 0 до 1*	Медь, никель, свинец
г. Ревда	2014	0 до 5 *	Медь, свинец, кадмий, цинк
	2016	УМН*	
	2019	0 до 10*	
г. Первоуральск	2014	Территория города*	Свинец, медь, цинк, кадмий
г. Полевской	2013	От 0 до 1	Никель, хром, кобальт, цинк
Томская область г. Томск	2019	Территория города	Медь, свинец, кадмий, цинк
Удмуртская Республика г. Ижевск	2019	Территория города	Свинец, никель, кадмий, медь
** По показателю Zк почвы относятся к опасной категории загрязнения*			

Результаты наблюдений с 2010 по 2019 гг. показали, что к опасной категории загрязнения почв металлами, согласно Zф ($32 \leq Zф < 128$), относятся почвы УМН-1 г. Свирск Иркутской области (Zф=44), почвы г. Норильска Красноярского края (Zф=123), почвы двухкилометровой зоны от ОАО «Электроцинк» в г. Владикавказ (Zф=112), почвы однокилометровой зоны от ОАО «СУМЗ» в г. Ревда (Zф=52), почвы городов Кировград (Zф=46) и Реж (Zф=49) Свердловской области.

За период 2015-2019 гг. к опасной категории загрязнения почв относится 3,1%, а к умеренно опасной категории 9,3% населенных пунктов, что несколько лучше показателей 2010-2014 гг. - 5,5% и 10% соответственно. Хотя отдельные участки населенных пунктов могут иметь более высокую категорию загрязнения ТМ, чем в целом по городу. Динамика количества населенных пунктов, относящихся к разной категории загрязнения почв за период 2010-2019 гг., представлена на рис. 3.25.

Следует отметить, что в 2017 г. и 2019 гг. не было ни одного населенного пункта с опасной категорией загрязнения почв.

В 2019 г. в соответствии с показателем загрязнения почв Zф наиболее загрязнены комплексом ТМ почвы городов Медногорск (Zф=24,5), Ижевск (Zф=24), Томск (Zф=30). Содержание некоторых ТМ в почвах г. Медногорска и г. Ижевска в разные годы наблюдений представлено на рис. 3.26, 3.27.

Данные, представленные на рис. 3.26, 3.27, показывают, что в последние годы наблюдений прослеживается тенденция к снижению содержания ТМ в почвах обследованных населенных пунктов.

Динамика средних значений массовых долей ТМ в почвах территорий отдельных городов или пунктов многолетних наблюдений (ПМН), обследованных в 2019 г., приведена в табл. 3.10.

В основном, с 2010 г. явного увеличения общего содержания ТМ в обследованных в 2019 г. почвах городов и их окрестностей не наблюдается.

Показатель загрязнения почв Zф не является универсальным, учитывающим уровень загрязнения почв каждым отдельным ТМ. Основным критерием гигиенической оценки загрязнения почв каждым отдельным металлом является ПДК и /или ОДК ТМ в почве. Почвы, в которых обнаружено превышение 1 ПДК ТМ, не могут быть отнесены к допустимой категории загрязнения. Сравнение уровней массовых долей ТМ в очагах загрязнения почв ТМ, для которых не разработаны ПДК и ОДК, проводится с их фоновыми массовыми долями (Ф). Значение массовой доли ТМ, составляющее от 3 до 5 Ф и более (в каждом конкретном случае) служит показателем загрязнения почв данным ТМ. Опасность загрязнения тем выше, чем выше концентрация ТМ в почве и выше класс опасности ТМ.

За последние пять лет наблюдений отмечается значительное загрязнение почв ТМ (среднее значение не ниже 3 ПДК, 3 ОДК или 9 Ф). При неоднократном обследовании почв города за этот период приведены уровни загрязнения последнего года наблюдений. Здесь и далее первая цифра в скобках обозначает среднюю массовую долю ТМ или иного ТПП в почвах обследованной площади, вторая цифра - максимальную массовую долю.

С 2015 по 2019 гг. выявлено загрязнение почв: **кадмием** - в городах Владикавказ (в 94 и 324 ОДК), Кировград (к 4 и 9 ОДК, п 10 и 28 Ф), Ревда (ПМН к 6 и 10 ОДК, п 8 и 18 Ф), Реж (к 7 и 49 ОДК, п 24 и 135 Ф); **марганцем** - в г. Нижний Тагил (п 3 и 6 ПДК); **медью** - в городах Верхняя

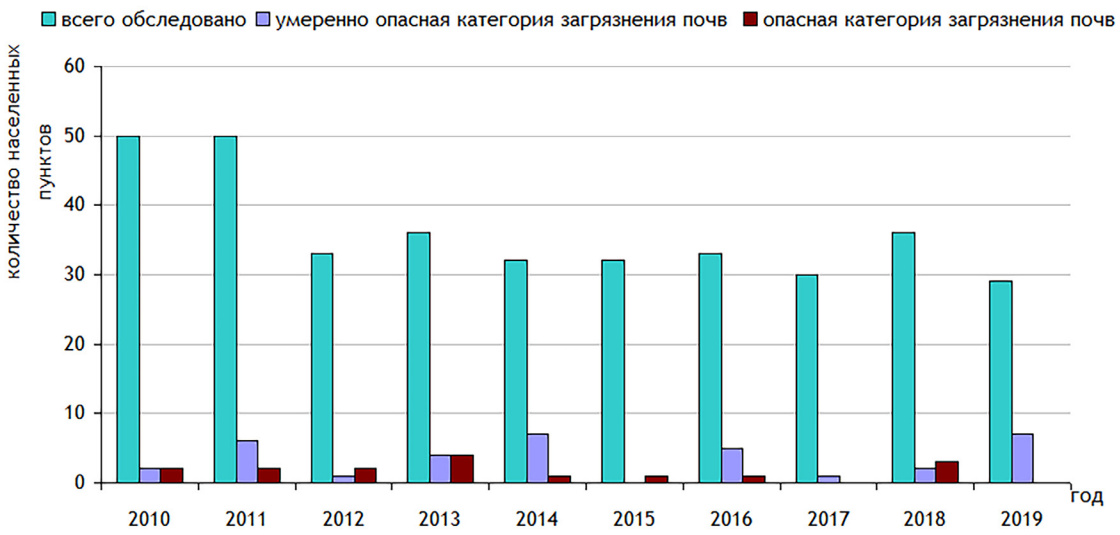


Рис. 3.25. Динамика количества населенных пунктов, относящихся к разной категории загрязнения почв

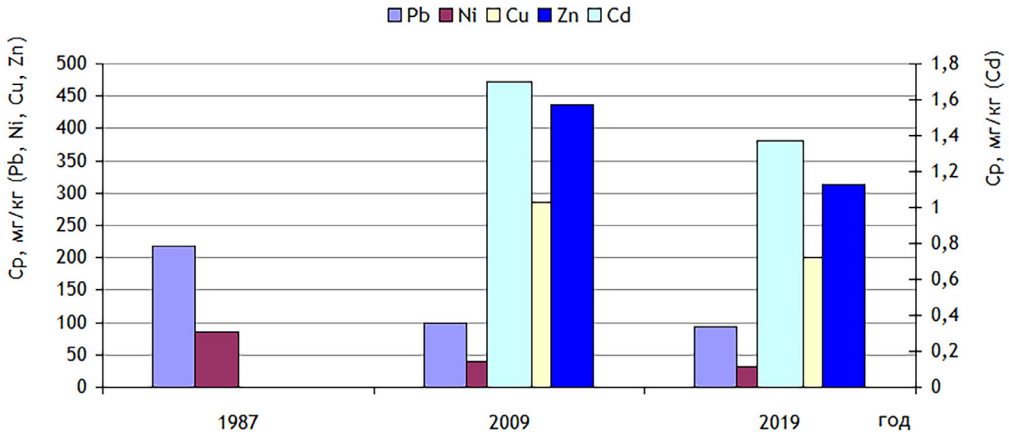


Рис. 3.26. Содержание ТМ в почвах г. Медногорска

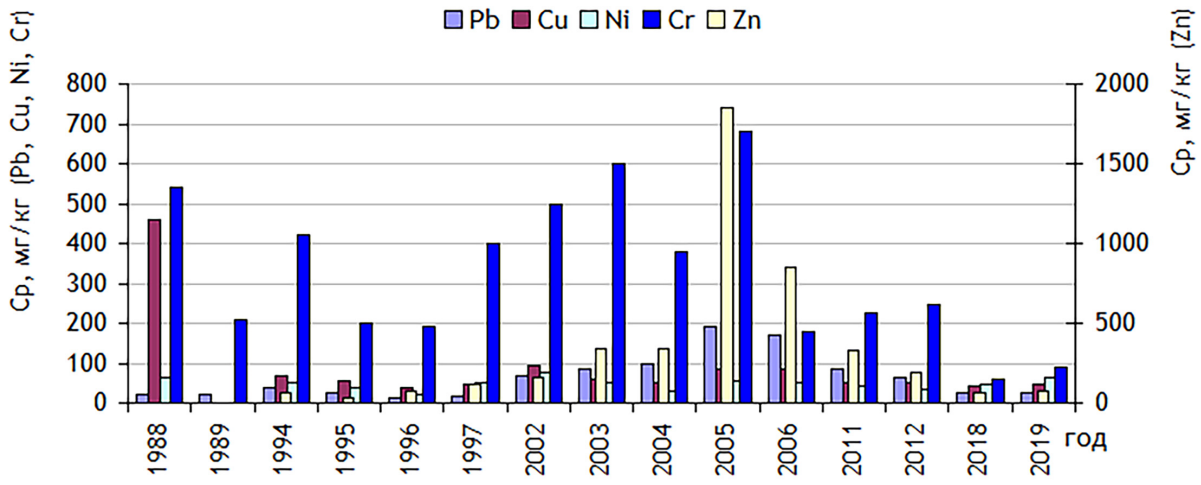


Рис. 3.27. Динамика изменений содержания некоторых ТМ в почвах г. Ижевска

Таблица 3.10. Динамика средних значений массовых долей металлов, мг/кг, в почвах территорий или пунктов многолетних наблюдений отдельных городов

Наименование города, субъекта РФ	Год наблюдений	Измеряемая форма	Pb	Mn	Ni	Zn	Cu	Cr	Co	Cd
Дальневосточный федеральный округ										
пгт. Славянка, Приморский край	2010	к	58,3	557	12,4	889,3	108,3	-	8,2	< 0,3
	2019	к	42,2	454,3	10,7	173,1	23,2	-	-	0,49
	2010	п	4,2	88,1	-	44,3	< 0,8	-	-	-
	2019	п	4,2	23,6	0,7	7,4	0,6	-	-	-
	2010	вод	-	0,23	-	0,48	< 0,2	-	-	-
	2019	вод	0,06	0,26	-	0,25	0,14	-	-	-
Приволжский федеральный округ										
Янаул, Республика Башкортостан	2006	к	29	-	90	270	35	-	-	0,3
	2012	к	8	642	60	67	24	-	12	1
	2019	к	30	-	72	103	31	-	-	0,2
Ижевск, Удмуртская Республика	1995	к	26	280	38	30	54	200	4,3	0,3
	1996	к	11	310	22	70	37	190	2	0,4
	2002	к	69	1100	77	160	92	500	14	-
	2003	к	83	1200	49	340	58	600	9,7	-
	2005	к	190	2760	55	1850	86	680	21	-
	2006	к	170	780	53	850	84	180	11	-
	2011	к	83	667	41	330	50	226	6,9	< 4
	2012	к	63	506	32	192	49	247	6,7	< 4
	2018	к	< 24	963	45	61	41	58	< 9	< 0,5
	2019	к	< 25	1169	63	74	47	91	< 9	< 1,1
Нижнекамск, Республика Татарстан ПМН	2015	к	14	516	44	59	27	-	-	1,3
	2016	к	14	514	46	71	28	-	-	1,1
	2017	к	16	388	35	53	24	-	-	0,8
	2018	к	17,7	438	41,6	61,6	33,2	-	-	1,1
	2019	к	5,8	389	32,7	52,7	16,5			0,7
Медногорск, Оренбургская область	1987	к	218	765	86	-	-	195	36,8	-
	2009	к	99	396	39	437	285	-	-	1,7
	2019	к	93,1	413	31,2	313,2	200,2	-	-	1,4
Сибирский федеральный округ										
Ангарск, Иркутская область	1994	к	33	560	47	110	28	120	22	-
	2002	к	43	430	47	160	30	110	10	-
	2010	к	32	380	37	94	18	-	14	0,14
	2019	к	4,8	272	4	26,2	5	-	7,6	0,11
Томск, Томская область ПМН	2015	к	23,1	-	22,6	95	23,3	-	-	0,5
	2016	к	17,6	-	12	49,3	14,1	-	-	0,7
	2017	к	24,8	499	24,1	113,5	22,1	-	-	0,3
	2018	к	18,8	475	18,1	166,3	25,7	-	-	0,5
	2019	к	73	497	20,8	261,3	221,2	27	10	2,1
Уральский федеральный округ										
Асбест, Свердловская обл.	1994	к	27	560	413	69	41	162	-	-
	1999	к	40	658	540	125	56	265	31	1,4
	2004	к	39	718	409	181	44	419	29	1,1
	2009	к	53	617	500	144	49	243	31	1,8
	2014	к	39	619	470	95	32	284	29	1,8
	2019	к	22	666	504	115	39	184	27	0,2
	1994	п	3,7	118	22	6,9	0,9	0,08	-	-
	1999	п	5,0	136	27	12	1,4	3,2	0,9	0,2
	2004	п	12	139	34	20	3,2	3,0	2	0,4
	2009	п	5,2	73	15	16	3	1,3	0,9	0,4
	2014	п	7,1	163	13	24	3,9	1,7	1,7	0,4
	2019	п	8,4	127	39	28	1,8	4,4	2,4	0,4

Пышма (однокилометровая зона вокруг источника к 3 и 8 ОДК, п 32 и 109 ПДК), Верхняя Пышма территория города (п 24 и 115 ПДК), Владикавказ (в 7 и 33 ОДК), Кировград (к 7 и 24 ОДК, п 61 и 287 ПДК), Первоуральск (п 13 и 63 ПДК) Полевской (пятикилометровая зона вокруг ОАО «СТЗ» п 3 и 11 ПДК), Ревда (к 3 и 15 ОДК, п 18 и 80 ПДК), Ревда (ПМН к 14 и 28 ОДК, п 105 и 245 ПДК); **никелем** - в городах Верхняя Пышма (п 3 и 8 ПДК), Полевской (пятикилометровая зона вокруг ОАО «СТЗ» п 3 и 11 ПДК), Реж (к 10 и 51 ОДК, п 9 и 38 ПДК); **свинцом** - в городах Верхняя Пышма (п 4 и 17 ПДК), Владикавказ (в 64 и 294 ПДК), Дальнегорск (30-километровая зона к 7 и 52 ПДК, п 7 и 20 ПДК), Зима (к 3 и 6 ПДК), Иркутск (пятикилометровая зона вокруг города к 5 и 9 ПДК), Каменск-Уральский (п 4 и 10 ПДК), Кировград (к 11 Ф, п 18 и 65 ПДК), Медногорск (к 3 и 12 ПДК), Невьянск (п 4 и 6 ПДК), Ревда (к 5 и 66 ОДК, п 4 и 18 ПДК), Ревда (ПМН к 5 и 25 ПДК, п 9 и 28 ПДК), Свирск (УМН-1 к 36 и 46 ПДК, УМН-3 к 11 и 18 ПДК), с. Рудная Пристань (к 23 и 80 ПДК); в п. Хрустальный (к 4 и 6 ПДК); **цинком** - в городах Верхняя Пышма (однокилометровая зона вокруг источника п 3 и 7 ПДК), Владикавказ (в 7 и 10 ОДК), Дальнегорск (к 3 и 7 ОДК, п 3 и 6 ПДК), Кировград (к 6 и 20 ОДК, п 19 и 88 ПДК), Невьянск (п 3 и 5 ПДК), Ревда (ПМН к 3 и 7 ОДК, п 12 и 14 ПДК), в п. Хрустальный (к 3 и 6 ОДК).

В 2019 г. наблюдения за загрязнением почв мышьяком проводились в г. Медногорске Оренбургской области, а также в городах Новосибирске и Томске. Среднее и максимальное содержание токсиканта на обследованной территории г. Медногорска составило 0,7 и 1,1 ПДК соответственно, в г. Новосибирске - 1,1 и 4,5 ОДК. В г. Томске содержание мышьяка в почвах не превышало допустимых гигиеническими нормативами значений.

Загрязнение почв фтором

Наблюдения за загрязнением почв водорастворимыми соединениями фтора в 2019 г. проводились в Иркутской, Кемеровской, Новосибирской, Оренбургской, Самарской и Томской областях, за загрязнением атмосферных выпадений фтористыми соединениями - в Иркутской области.

Загрязнение почв водорастворимыми соединениями фтора выявлено в почвах г. Новокузнецка, среднее содержание соответствовало 3,5 ПДК, максимальное - 8,4 ПДК. Средние концентрации соединений фтора в почвах городов Усолье-Сибирское и Ангарск не превышали ПДК, максимальные превысили ПДК в 2 и 2,7 раза соответственно.

За последние пять лет (с 2015-2019 гг.) зафиксировано загрязнение водорастворимыми формами фтора выше 1 ПДК отдельных участков почв в районе и/или на территории городов Новокузнецк и Братск. Тенденция к накоплению водорастворимых соединений фтора в почвах не выявлена. Динамика изменений содержания водорастворимых соединений фтора в почвах городов Западной Сибири за последние пять лет представлена на рис. 3.28.

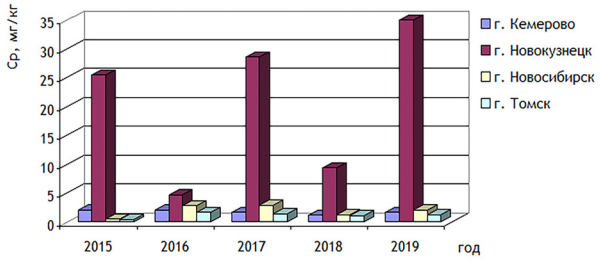


Рис. 3.28. Динамика содержания водорастворимых соединений фтора в почвах городов Западной Сибири

Концентрация фторидов в обследованных почвах городов Новосибирск, Кемерово и Томск за последние пять лет существенно не изменилась, тогда как в почвах г. Новокузнецка содержание соединений фтора в разные годы наблюдений изменялось в диапазоне от 4,7 до 35 мг/кг.

В 2019 г. в Иркутской области в районах расположения ПАО «РУСАЛ Братск» и его филиала продолжились наблюдения за атмосферными выпадениями фтористых соединений. Результаты наблюдений показали, что в п. Листвянка (фоновая площадка) среднегодовое значение плотности выпадений фторидов увеличилось по сравнению с 2018 г. в 4 раза и составило 2,41 кг/км^2×мес. (в 2018 г. - 0,62 кг/км^2×мес). Средняя плотность выпадений фторидов в городах Братск, Иркутск и Шелехов составила соответственно 18,2 Ф, 1,2 Ф и 15,3 Ф, максимальная 51 Ф (в мае), 47 Ф (в январе) и 36 Ф (в июле). Наибольшая среднегодовая плотность выпадений фтористых соединений была отмечена в 12 км от ПАО «РУСАЛ Братск» в центральной части г. Братск в районе Телецентра (среднее значение 25 Ф, максимальное - 51 Ф).

На территории Иркутской области (в городах Ангарск, Братск, Усолье-Сибирское и их окрестностях) в 2019 г. продолжились наблюдения за загрязнением снежного покрова соединениями фтора. По результатам многолетних наблюдений прослеживается тенденция к повышению плотности выпадения фторидов на обследованных участках (рис. 3.29).

По данным анализа снежного покрова за пятилетний период (2015–2019 гг.) в районе г. Братска наблюдаются значительные колеба-

ния плотности выпадений водорастворимых соединений фтора, как в фоновом районе (1,2-9,5 кг/км^2×мес), так и на пробных площадках (3,0-23,4 кг/км^2×мес) в зоне влияния выбросов ПАО «РУСАЛ Братск».



Рис. 3.29. Плотность атмосферных выпадений соединений фтора (Р, кг/км^2·мес) по данным обследования снежного покрова в городах Ангарск и Усолье-Сибирское Иркутской области

Загрязнение почв нефтепродуктами и бенз(а)пиреном

В 2019 г. наблюдения за массовой долей НП в почвах проводились на территориях Западной Сибири, Республик Татарстан и Удмуртской, а также Иркутской, Нижегородской, Оренбургской и Самарской областей. Почвы обследовались как вблизи наиболее вероятных мест импактного загрязнения (вблизи добычи, транспортировки, переработки и распределения НП), так и в районах населённых пунктов и за их пределами.

Загрязнение почв НП (среднее содержание выше 500 мг/кг) было зарегистрировано в г. Казань Республики Татарстан (908 мг/кг или 16 Ф, Ф 58 мг/кг), в Центральном административном округе г. Омска (825 мг/кг или 20 Ф, Ф 40 мг/кг). Высокое содержание НП выявлено в почвах г. Медногорска (480 мг/кг или 9 Ф, Ф 53 мг/кг) и г. Ижевска (434 мг/кг или 8 Ф, Ф 52 мг/кг).

В 2019 г. продолжились наблюдения за загрязнением почв НП в районе аварии, произошедшей в марте 1993 г. на 654 км нефтепровода «Красноярск-Иркутск» вблизи п. Тыреть Заларинского района Иркутской области. По сравнению с результатами обследования, проведенного в 2016 г., отмечается значительное снижение содержания нефтепродуктов в почвах зоны нефтяного пятна (в 5 раз) и зоны за пределами первоначального разлива нефти (в 3 раза). Динамика содержания НП в почвах в районе п. Тыреть приведена на рис. 3.30.

Наблюдения за загрязнением почв бенз(а)пиреном (БП) в 2019 г. осуществлялись в районе пгт. Славянка, п. Андреевка, п. Безверхово, п. Зарубино Приморского края, а также на территории г. Медногорск Оренбургской области.

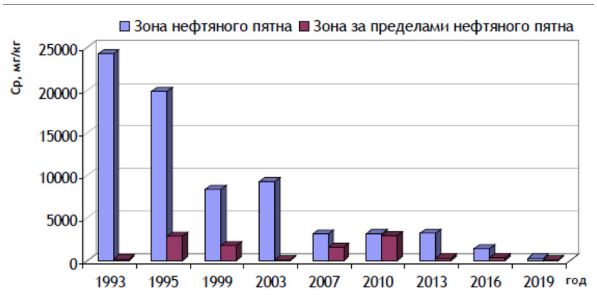


Рис. 3.30. Многолетняя динамика изменений содержания нефтепродуктов в почвах Заларинского района (п. Тыреть)

В результате обследования выявлено загрязнение БП почв пгт. Славянка (среднее содержание соответствовало 1,7 ПДК, максимальное - 2,6 ПДК). Высокое содержание БП также зарегистрировано в почвах поселков Зарубино (14,4 ПДК) и Безверхово (2,9 ПДК). В почвах г. Медногорска средняя и максимальная концентрации БП составили 1,7 и 5,3 ПДК соответственно.

Кроме того, в г. Медногорске средняя концентрация полихлорированных бифенилов (ПХБ), которые включены в список стойких загрязняющих веществ Стокгольмской конвенции, в почвах соответствовала 0,7 ОДК, максимальная - 1,8 ОДК.

Загрязнение почв нитратами и сульфатами

В результате обследования почв на территориях Западной Сибири, Самарской, Оренбургской и Свердловской областей загрязнение почв нитратами было выявлено разово на уровне 1 ПДК в Кировском районе г. Новосибирска. В целом наблюдается тенденция к уменьшению нитратов в почвах или сохранению их на уровне содержания за последние пять лет.

Наблюдения за загрязнением почв сульфатами осуществлялись на территориях Приморского края, Иркутской, Оренбургской и Самарской областей. В г. Медногорске среднее содержание сульфатов в почвах соответствовало 1,4 ПДК, максимальное - 6 ПДК. В пгт. Славянка средняя концентрация сульфатов не превышала ПДК, максимальная составила 2,2 ПДК. В одной пробе почвы УМН-1 (5 км от ЗАО «Алкоа СМЗ») на территории Самарской области содержание сульфатов составило 1 ПДК. В городах Ангарск и Усолье-Сибирское Иркутской области среднее содержание обменных сульфатов зафиксировано на уровне 1 ПДК, максимальное - 1,5 и 1,9 ПДК соответственно. В фоновом районе Иркутской области (г. Усолье-Сибирское) отмечалось повышенное содержание сульфатов в почвах (1 ПДК).

3.2.2. Загрязнение почв остаточными количествами пестицидов

Основным источником поступления пестицидов в почву является их применение в сельскохозяйственном производстве. В соответствии с Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов на территории Российской Федерации разрешены к применению более тысячи средств защиты растений, в основе которых около 300 действующих веществ. Также в почвах сохраняются остаточные количества (ОК) ранее применявшихся персистентных пестицидов, в том числе входящих в список Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях.

В 2019 г. были выборочно обследованы почвы различного типа на территории 38 субъектов Российской Федерации, общая обследованная площадь составила 32,2 тыс. га. Обследовались сельскохозяйственные угодья, отдельные лесные массивы, зоны отдыха на территории 118 районов, в 161 хозяйствах. На территории 7 субъектов Российской Федерации были обследованы почвы вокруг 7 складов и мест захоронения пестицидов, непригодных или запрещенных к применению.

В 2019 г. участки, почва которых загрязнена пестицидами выше установленных гигиенических нормативов, были обнаружены на территории 13 субъектов Российской Федерации (в 2018 г. - на территории 8 субъектов). Несмотря на то, что препараты с ДДТ давно не применяются на территории России, данный пестицид является основным загрязнителем сельскохозяйственных угодий (рис. 3.31). Также выявлены участки, загрязненные далапоном, гербицидами 2,4-Д и ТХАН.

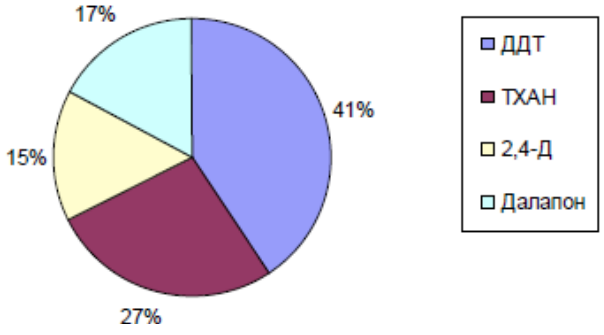


Рис. 3.31. Доля площади, загрязненной различными пестицидами по данным наблюдений в 2019 г.

В 2019 г. доля почв, загрязненных пестицидами выше установленных гигиенических нормативов, составила весной 3,3% и осенью 5,8% (2018 г. - 1,6% весной и 1% осенью; 2017 г. - 7,7% весной и 2,2% осенью). Динамика изменения загрязнения почв пестицидами представлена на рис. 3.32. Следует отметить, что в 2019 г. увеличились территории, загрязненные гербицидами 2,4-Д, ТХАН, далапоном. Для 2,4-Д зафиксировано увеличение величины максимальной концентрации (табл. 3.11).

Стоит отметить, что максимальное содержание хлорорганических пестицидов, так же, как и в предыдущие годы, наблюдалось на территориях садов и зон отдыха, почва которых не подвергается механической обработке.

Центральный федеральный округ. В 2019 г. на территории ЦФО были обследованы почвы Белгородской, Брянской, Владимирской, Воронежской, Костромской, Курской, Липецкой, Московской, Рязанской, Тамбовской, Тульской и Ярославской областей общей площадью 4659 га. В почвах определялось содержание хлорорганических инсектицидов, 2,4-Д, триазиновых гербицидов и трифлуралина.

В 2019 г. на территории ЦФО из 1868 га обследованных почв - 9,5% были загрязнены суммарным ДДТ, из них 69,1 га - сады Курской области, где содержание данного пестицида стабильно находится на высоком уровне. В 2019 г. среднее содержание варьировало от 0,390 мг/кг - весной до 0,281 мг/кг - осенью (годовой максимум - 5,6 ПДК), (в 2018 г. средняя концентрация не превышала 0,127 мг/кг, а годовой максимум - 2,2 ПДК). Высокие значения содержания ДДТ в почве были обнаружены в садах Тамбовской области, на 20 га обследованных почв ОК ДДТ составило 0,442 мг/кг - весной и 0,485 мг/кг - осенью при годовом максимуме - 6,6 ПДК. В обследованных почвах Воронежской и Белгородской областей ОК ДДТ не превышали 0,004 мг/кг.

Содержание суммарного ГХЦГ в почвах не превышало 0,15 ПДК, что соответствует значениям, наблюдавшимся в последние годы. Наличие ОК разрешенных к применению гербицидов трифлуралина, прометрина наблюдалось в почвах практически всех обследованных областей. Если в 2018 г. превышения ПДК были выявлены пестицидом 2,4-Д, то в 2019 г. загрязнения почв этим гербицидом не было выявлено. ОК 2,4-Д были зафиксированы только на территории Липецкой области. Содержание анализируемых гербицидов не превышало установленных гигиенических нормативов, максимальные уровни соответствовали для трифлуралина 0,8 ОДК, 2,4-Д - 0,16 ПДК, прометрина - 0,06 ПДК. Пестицид симазин в почвах на территории ЦФО не был обнаружен.

Южный федеральный округ. В 2019 г. на территории ЮФО проводились наблюдения за загрязнением почв ОК пестицидов в Астраханс-

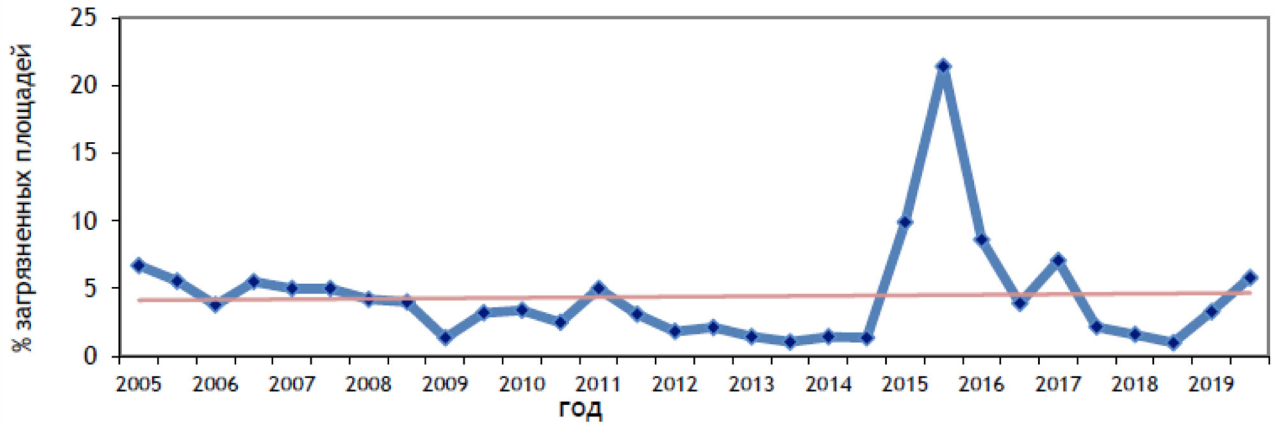


Рис. 3.32. Доля загрязненных почв, % от обследованной площади

Таблица 3.11. Выявленное загрязнение ДДТ, ТХАН, 2,4-Д на обследованной территории Российской Федерации в период 2017-2019 гг.

Год	ДДТ		2,4-Д		ТХАН	
	Субъектов с првышением ПДК	Максимальное значение в ПДК	Субъектов с превышением ПДК	Максимальное значение в ПДК	Субъектов с превышением ПДК	Максимальное значение в ПДК
2017	9	5,7	2	3,8	1	4,5
2018	7	5,8	3	3,2	3	1,5
2019	9	6,6	6	9	5	6

кой, Волгоградской, Ростовской областях и Краснодарском крае. Всего весной и осенью было обследовано 4473 га сельскохозяйственных угодий. Так же, как и в предыдущие годы, содержание ни одного из 13 определяемых пестицидов не превышало ПДК или ОДК. В почвах сельскохозяйственных угодий наблюдались следовые количества хлорорганических пестицидов, паратион-метила (метафоса), гербицидов 2,4-Д, ТХАН, трифлуралина. Пестициды прометрин, симазин, семерон, пропазин, фозалон на обследованной территории ЮФО не обнаружены.

Средняя концентрация суммарного ДДТ и его метаболитов на обследованной территории составила 0,002 мг/кг, максимальная - 0,07 ПДК. Средняя концентрация ГХЦГ в течение года находилась на одном уровне - 0,002 мг/кг.

Содержание других пестицидов в почве было низким, а максимальные концентрации соответствовали для трефлана - 0,03 ОДК, ТХАН - 0,02 ОДК, 2,4-Д - 0,03 ПДК, метафоса - 0,05 ПДК.

Северо-Кавказский федеральный округ. В 2019 г. на территории СКФО были обследованы почвы Ставропольского края и Карачаево-Черкесской Республики по 130 га весной и осенью на содержание 13 действующих веществ пестицидов. На обследованной территории, загрязненные ядохимикатами почвы, не были выявлены. Средние ОК суммарного ДДТ и ГХЦГ соответствовали 0,02 ПДК. Средние концентрации для метафоса, 2,4-Д, трефлана не превышали 0,03 доли от установленных нормативов, а для ТХАН 0,01 доли. ОК триазиновых гербицидов и фозалона в почве не было выявлено. В 2019 г. по сравнению с прошедшим годом наблюдается тенденция снижения значения средних и максимальных концентраций этих пестицидов в почве.

Приволжский федеральный округ. В 2019 г. в ПФО были выборочно обследованы почвы Республик: Башкортостан, Марий Эл, Мордовии, Удмуртской и Чувашской; областей: Кировской, Нижегородской, Оренбургской, Пензенской, Самарской, Саратовской и Ульяновской общей площадью 8458 га на содержание 14 действующих веществ пестицидов, а также полихлорированных бифенилов (ПХБ). Также в 2019 г. было продолжено обследование почв в местах складирования и захоронения пестицидов.

На территории ПФО регулярно фиксируется загрязнение почв ОК суммарного ДДТ. В 2019 г.

количество областей с превышением ПДК сократилось, загрязнение наблюдалось только в Самарской и Саратовской областях. Следует отметить, что в 2017-2018 гг. превышения ПДК суммарным ДДТ в Саратовской области не наблюдалось. Максимальное содержание ДДТ - 1 ПДК было выявлено весной на участке под подсолнечником в Самарской области, осенью 1,3 ПДК - на участке под просом. Количество загрязненных почв в течение года снизилось с 2,5% до 0,6%.

В республиках: Башкортостан, Чувашия, Марий Эл, Удмуртской, а также Нижегородской области ОК пестицида ДДТ весной и осенью наблюдались на уровне десятых долей ПДК (максимум - 0,4 ПДК в Канашском районе Чувашской Республики). На территории Кировской области, Республики Мордовия суммарного ДДТ в отобранных пробах почвы не было обнаружено.

В 2019 г. на территории ПФО загрязнения почв ГХЦГ не было зарегистрировано. Следовые ОК ГХЦГ в почве были выявлены в Оренбургской, Самарской, Саратовской, Ульяновской, Пензенской областях и Республике Башкортостан. В почвах обследованных пунктов в республиках Марий Эл, Мордовии, Удмуртской, Чувашской, в Кировской и Нижегородской областях изомеры ГХЦГ и ГХБ не были обнаружены. На территории ПФО ГХБ был выявлен во всех областях, при этом превышений ПДК выявлено не было. Максимальное содержание ОК - 0,8 ОДК было зафиксировано осенью в Самарской области на участке под подсолнечником.

В 2019 г. на выборочно обследованной территории ПФО загрязнение почв метафосом, разрешенного к применению и используемого в сельскохозяйственном производстве, выше ПДК не было обнаружено. Среднее содержание метафоса на обследованной площади весной не превышало тысячных долей, к осени в Ульяновской и Саратовской областях выросло до 0,005 мг/кг и 0,003 мг/кг соответственно.

Гербицид 2,4-Д является одним из наиболее широко применяемых средств защиты растений. Участки общей площадью 131,5 га, загрязненные этим действующим веществом, были выявлены весной в Нижегородской, Самарской, Саратовской, Ульяновской областях. Максимальные содержания составили соответственно 9 ПДК, 1,7 ПДК, 5,1 ПДК и 1,5 ПДК. К осени площадь загрязнения выросла до 296,5 га за счет Оренбургской и Пензенской областей. Весной среднее содержание 2,4-Д варьировало от 0,023 мг/кг (Оренбургская область) до 0,261 мг/кг (Саратовская область). Осенью среднее содержание изменялось в диапазоне от 0,002 мг/кг (Нижегородская область) до 0,697 мг/кг (Оренбургская область).

В Кировской области, на территории республик Башкортостан, Мордовии, Удмуртской остаточного количества 2,4-Д не было зафиксировано.

На всей обследованной территории ПФО фиксировались ОК далапона, который в настоящее время не входит в перечень разрешенных к использованию пестицидов. В 2019 г. из 286 га обследованных весной почв в ПФО 61 га были загрязнены этим гербицидом. Загрязнение было обнаружено на территориях Оренбургской, Пензенской, Самарской областей. Осенью площадь загрязнения возросла до 200 га, превышения ПДК отмечались также в Саратовской и Ульяновской областях. Максимальное значение фиксировалось весной - 1,7 ПДК в Оренбургской области, а осенью - 1,5 ПДК в Самарской и Оренбургской областях.

На содержание трифлуралина в почвах ПФО было обследовано 858 га весной и 896 га осенью. Весной гербицид фиксировался в почвах Самарской области (средняя концентрация - 0,007 мг/кг), а осенью - в Самарской, Оренбургской, Ульяновской областях (средняя концентрация - 0,005 мг/кг). Максимальные концентрации весной составили 0,98 ОДК в Самарской области, осенью 0,2 ОДК в Оренбургской и Самарской областях.

В 2019 г. по сравнению с прошлым годом увеличились площади почв по превышению ОДК ТХАН. Весной загрязнение наблюдалось на 11,6% от обследованной площади в 285 га. Превышение ОДК было зарегистрировано на территории Самарской области со средним содержанием 0,198 мг/кг. Осенью содержание этого гербицида увеличилось на порядок во всех обследованных областях, за исключением Самарской, где произошло небольшое снижение. ОДК был превышен на 64% площади обследования, среднее содержание осенью практически во всех обследуемых областях превышало норматив и варьировало от 0,134 мг/кг (Самарская область) до 0,399 мг/кг (Пензенская область). Максимальное содержание весной в Самарской области составило 2,5 ОДК, осенью - 2,3 ОДК в Пензенской области.

Триазиновые гербициды: прометрин, симазин, атразин в почвах обследованных участков в Кировской, Нижегородской областях, республике Удмуртия не были обнаружены. На территориях Пензенской, Самарской, Саратовской, Оренбургской, Ульяновской областей триазиновые гербициды были обнаружены во всех анализируемых пробах. Весной среднее содержание

прометрина в почве не превышало 0,015 г/кг (Оренбургская область), осенью концентрация его снизилась и не превышала 0,002 мг/кг (Пензенская область). ОК симазина на территории ПФО фиксируются регулярно, несмотря на запрет его применения. Весной 18 га Пензенской области, засеянные подсолнечником, оказались загрязненными данным пестицидом, осенью - 10 га Самарской области под кукурузой. Среднее содержание симазина весной изменялось от 0,012 мг/кг в Саратовской до 0,099 мг/кг в Ульяновской областях, а осенью содержание значительно снизилось - от 0,003 мг/кг в Саратовской до 0,032 мг/кг в Самарской областях.

Одновременно с обследованием почв на содержание хлорорганических пестицидов наблюдалось содержание в почвах полихлорированных бифенилов (ПХБ), которые включены в список стойких загрязняющих веществ Стокгольмской конвенции. В 2019 г. ПХБ были обнаружены в почве отдельных участков сельхозугодий в Кстовском районе Нижегородской области и Котельническом районе Кировской области и соответствовали допустимому уровню.

Уральский федеральный округ. В 2019 г. на территории УФО наблюдения за содержанием пестицидов в почве проводились в Курганской области в Белозерском, Далматовском, Кетовском, Шадринском районах. Для расширения охвата территории наблюдениями обследуемые районы были изменены по сравнению с предыдущим годом. Весной и осенью было обследовано 3492 га сельскохозяйственных угодий, что составляет 0,26% от общей посевной площади Курганской области и в 1,2 раза больше, чем в 2018 г. Кроме того, были продолжены наблюдения за почвами на территории детского оздоровительного лагеря им. Коли Мяготина в Белозерском районе, а также впервые были обследованы почвы лесных массивов на территории двух детских оздоровительных лагерей в Кетовском районе. В пробах определялось содержание ДДТ и его метаболита ДДЕ, изомеров ГХЦГ и гербицида 2,4-Д.

В 2019 г. как и в предыдущие годы, ОК суммарного ГХЦГ как на сельхозугодиях области, так и на территориях зон отдыха в почвах обнаружено не было. На полях области также не было обнаружено ДДТ и его метаболитов. Остаточные количества пестицидов были обнаружены в почвах всех обследованных зон отдыха, что объясняется проводившейся обработке леса от энцефалитного клеща. В Кетовском районе средняя концентрация на обследованной лесной территории составила 0,033 мг/кг весной и 0,038 мг/кг осенью. Превышения нормативов зафиксированы весной - 2,7 ПДК, а осенью - 3,9 ПДК.

Многолетние наблюдения за динамикой содержания ДДТ в загрязненной почве на территории детского оздоровительного лагеря им. Коли Мяготина показывают, что самоочищение не подвергающейся вспашке серой лесной почве в климатических условиях Кургана проходит медленно. После последней санкционированной обработки территории лагеря препаратом ДДТ в 1997 г. до настоящего времени содержание ДДТ в почве превышает ПДК. В 2019 г. максимальные значения фиксировались весной на уровне 7,1 ПДК, осенью - 15,8 ПДК. Результаты исследований подтверждают, что полное самоочищение почв не достигнуто.

Была подтверждена миграция ДДТ и метаболитов в глубину почвенного профиля на загрязненном участке. ДДТ и ДДЭ были обнаружены во всех слоях разреза до глубины 1,5 м. Результаты многолетних наблюдений показывают, что максимальные концентрации суммарного ДДТ чаще всего сосредоточены в первом (Аоп, 0-0,1 м) и втором (А1, 0,1-0,5 м) горизонтах. В 2019 г. территория лагеря для борьбы с энцефалитным клещем обрабатывалась препаратом «Циперт-рин» (действующее вещество циперметрин). Измерения ОК циперметрина в почве не проводились.

В 2019 г. остаточные количества 2,4-Д в почвах обследованной территории Курганской области не превышали гигиенического норматива. ОК 2,4-Д фиксировались весной в почвах Далматовского района со средней концентрацией 0,016 мг/кг (максимум - 0,95 ПДК), а осенью средние концентрации находились в пределах 0,02-0,08 ПДК.

Сибирский федеральный округ. В 2019 г. на территории СФО были обследованы почвы Алтайского края, Иркутской, Кемеровской, Новосибирской, Омской и Томской областей общей площадью 10146 га на содержание 9 действующих веществ пестицидов, а также pH и содержание нитратов. Также были обследованы территории, прилегающие к 4 складам устаревших пестицидов, и территория оздоровительного лагеря «Лесная сказка» в Новосибирской области (пункт многолетних наблюдений), а также водные объекты на участках комплексных наблюдений.

Если в 2018 г. загрязнений и по одному из пестицидов выявлено не было, то в 2019 г. в Иркутской, Кемеровской и Омской областях были найдены участки, не соответствующие установленным нормативам по содержанию в почвах ДДТ.

В Омской области почвы обследовались в пяти районах: Большереченском, Калачинском, Одесском, Оконешниковском и Павлоградском. Как и в предыдущем году, в 2019 г. произошла ротация обследуемых районов. Обследовались почвы под парами, зябью и стерней. Содержание суммарного п,п'-ДДТ, превышающие значения ПДК (ОДК), было зафиксировано весной 2019 г. в почвах Оконешниковского района с максимумом - 0,195 мг/кг (1,9 ПДК). В почве обследованных районов содержание ГХЦГ, ГХБ и трифлуралина в количествах, превышающих ПДК (ОДК) не было обнаружено. Остаточные количества суммарного ГХЦГ весной наблюдалось во всех районах, кроме Большереченского, а осенью наблюдались только следовые количества. Максимальные концентрации составили весной 0,02 ПДК, осенью - 0,01 ПДК. В 2019 г. следовые количества ГХБ были выявлены осенью в Оконешниковском, Одесском, Павлоградском районах, максимальные концентрации не превышали 0,07 ОДК. Пестицид трефлан с максимальным значением - 0,6 ПДК был зафиксирован осенью в Калачинском районе под парами.

В Иркутской области для определения пестицидов были исследованы почвы на сельскохозяйственных угодьях в Балаганском, Баяндаевском, Иркутском, Киренском, Тулунскоми и Эхирит-Булаганском районах. ОК суммарного ДДТ были обнаружены осенью в почвах всех районах, кроме Тулунского. Из 2970 га, обследованных осенью 87,3 га водосборов р. Куда и р. Ушаковка Иркутского района не соответствовали нормативам, максимум составил 3,4 ПДК. В Иркутском районе средняя концентрация ДДТ на обследованной территории составила 0,024 мг/кг, в остальных районах не превышала 0,001 мг/кг.

В почвах Иркутского района максимальное содержание суммы изомеров ГХЦГ составило 0,23 ПДК (Тотонский залив). Единичные остаточные количества ГХБ были выявлены в почвах Балаганского, Иркутского и Эхирит-Булаганского районов. Случаев превышения ОДК зафиксировано не было, максимум составил 0,17 ОДК.

В 2019 г. в Алтайском крае обследование почв проводилось осенью на территории г. Барнаула, в Заринском, Зональном, Змеиногородском, Славгородском, Поспелихинском и Рубцовском районах под зерновыми, масличными, картофелем, стерней. Были выявлены ОК суммарного ДДТ с концентрацией, не превышающей 0,03 ПДК, а максимальное ОК суммарного ГХЦГ -0,05 ПДК зафиксировано осенью на территории ООО «Славгородское» под кукурузой (20,0 га) ОК трифлуралина наблюдался в следовых количествах (0,01 ОДК). Остаточные количества широко применяющегося гербицида 2,4-Д с максимальным содержанием - 0,03 ПДК были зафиксированы в Зоняльном районе на почвах, засеянных ячменем, среднее содержание составило 0,001 мг/кг.

В Кемеровской области осенью 2019 г. были обследованы почвы двух хозяйств в Крапивинском и Мариинском районах на площади 118 га. Содержание суммарного ДДТ на уровне 1,02 ПДК было зафиксировано в почвах пастбища в Крапивинском районе. Среднее содержание данного пестицида на территории области составило 0,045 мг/кг. В почвах присутствовали ОК ГХЦГ с максимальным содержанием 0,2 ПДК, а средняя концентрация была на уровне 0,003 мг/кг. Максимальное содержание трифлуралина в почве в Мариинском районе составило 0,1 ОДК.

В Новосибирской области были исследованы почвы в Баганском, Здвинском, Искитимском, Коченевском, Карагатском, Карасукском, Маслянинском, Новосибирском и Ордынском районах на площади в 2043 га. Превышений содержания суммарного ДДТ в почвах Новосибирской области не было выявлено. Максимальное значение 0,43 ПДК было зарегистрировано весной под пшеницей на площади 20 га на территории Новосибирского района и 0,18 ПДК под стерней (20,0 га) на территории Каргатского района. В 2019 г. продолжились многолетние наблюдения на территории детского оздоровительного центра «Лесная сказка» в Искитимском районе. Максимальное значение содержания ДДТ - 0,08 ПДК было зафиксировано осенью. ОК ГХЦГ находились на уровне 0,004 мг/кг весной, а осенью соответствовали 0,89 ПДК.

Остаточные количества трифлуралина в почвах Новосибирской области наблюдались на отдельных участках, максимум был зафиксирован весной в Ордынском районе и соответствовал 0,04 ОДК, осенью - 0,03 ОДК в Искитимском районе.

В 2019 г. были продолжены многолетние наблюдения на территории агрофирмы «Лебедевская». Из всех определяемых пестицидов в почве осенью был зафиксирован суммарный ДДТ в количестве 0,002 мг/кг.

В Томской области наблюдения проводились на площади 125 га в трех хозяйствах на территории 3 районов и вблизи 1 склада пестицидов. Превышений гигиенических нормативов содержания пестицидов в почве не было зарегистрировано. Наблюдались остаточные присутствия в почвах ДДТ и ДДЭ, их суммарное содержание не превышало 0,16 ПДК. Остаточные количества трефлана наблюдались в почве, площадью0,6 га на уровне 0,02 ОДК. На сель-

скохозяйственных угодьях ГХЦГ не было выявлено.

Дальневосточный федеральный округ

В 2019 г на территории ДФО обследование почвы проводилось осенью на территории Приморского края, в 6-ти районах (Уссурийский, Октябрьский, Ханкайский, Черниговский, Кировский, Чугуевский) на землях сельхозназначения общей площадью 781 га, что составило 0,23% от общей посевной площади Приморского края (348,9 тыс. га). В почвах определялись галоидорганические пестициды - ДДТ и его метаболиты; изомеры ГХЦГ и гербицид трифлуралин.

Среднее содержание суммарного ДДТ по Приморскому краю под всеми видами культур (зернобовыми, зерновыми, овощами) составило 0,049 мг/кг. В 2019 г. не соответствовали санитарным нормам 117 га почв, из них 97 га расположены в Кировском районе, максимальное значение суммарного ДДТ составило 1,6 ПДК; 20 га расположены на территории Чугуевского района (максимум - 1,3 ПДК). В целом по Приморскому краю доля почв с зафиксированным превышением ПДК составила 13% от обследованной площади.

В Приморском крае ОК ГХЦГ единично было обнаружено в почве на уровне 0,01 ПДК. В обследованных почвах наблюдалось присутствие трифлуралина, среднее содержание соответствовало 0,01 ОДК, максимальное - 0,03 ОДК.

Продолжились многолетние наблюдения за содержанием пестицидов в почве пункта в с. Халкидон Черниговского района. Анализ средних значений ОК пестицидов в почве показывает, что содержание суммарного ДДТ в 2019 г. по сравнению с 2018 г. увеличилось в 3,4 раза и составило 0,084 мг/кг. Содержание суммарного ГХЦГ сохранилось на прежнем уровне, как и для трифлуралина концентрация которого в почве соответствовала 0,002 мг/кг.

Состояние участков, прилегающих к местам хранения пестицидов. В 2019 г. продолжились наблюдения за почвами, прилегающими к местам хранения и захоронения устаревших пестицидов. В соответствии с ратифицированной Российской Федерацией Стокгольмской конвенцией о стойких органических загрязнителях (СОЗ), необходимо обеспечить хранение отходов, содержащих СОЗ, экологически безопасным образом. В перечень СОЗ входят такие пестициды как ДДТ, ГХБ, ГХЦГ, а также ПХБ. В местах хранения и захоронения пестицидов также могут находиться препараты на основе других действующих веществ. Наибольшую опасность с точки зрения возможного распространения загрязнения представляют водорастворимые пестициды, способные мигрировать с водными потоками. К таким относятся, в том числе, ТХАН, 2,4-Д, триазиновые гербициды. Для оценки возможного распространения пестицидов от мест хранения в 2019 г. было проведено обследование вокруг 7 складов неликвидных пестицидов в 7 субъектах Российской Федерации.

В Костромской области на полях, расположенных рядом с заброшенными складами хранения удобрений и пестицидов на территории ОПХ «Минское», загрязнений почвы хлорорганическими пестицидами не было выявлено. Максимальный уровень суммарного ДДТ соответствовал 0,08 ПДК, суммарного ГХЦГ - 0,12 ПДК, трифлуралина - 0,3 ОДК. Обследование состояния почв рядом с этими складами проводилось и ранее, распространения загрязнения не было зафиксировано. Содержание определявшихся пестицидов несколько снизилось по сравнению с предыдущим годом.

В Удмуртской Республике продолжалось обследование почв в местах складирования и захоронения пестицидов в с. Дебессы Дебесского района. Результаты анализа показали, что содержание суммарного ДДТ, суммарного ГХЦГ, ГХБ, трефлана и ПХБ в почве было ниже пределов обнаружения. Содержание 2,4-Д было выявлено в количестве 0,1 ПДК.

На территории, прилегающей к складу на землях Зерновского муниципального образования Дергачевского муниципального района Саратовской области, расстояниях от 0 до 500 м от склада пестицидов были обнаружены превышения норм содержания в почве ТХАН и далапона. Среднее содержание ТХАН составило 2,1 ПДК, максимальное (3,1 ПДК) обнаружено в 200 м от территории склада в северном направлении. Среднее содержание далапона составило 1,3 ПДК, максимальное - 1,4 ПДК обнаружено вблизи склада с северной стороны. ДДТ, 2,4-Д; прометрин и симазин обнаружены в незначительных количествах. Изомеры ГХЦГ, ГХБ, метафос, трифлуралина, а также ДДЭ в пробах почвы не выявлены.

В Самарской области были обследованы почвы вокруг склада пестицидов, расположенного в с. Рысайкино Похвистневского района по четырем румбам на расстоянии от 5 до 500 м. В почве наблюдались превышения норм содержания ДДТ, 2,4-Д и далапона. Максимальное содержание ДДТ 14,3 ПДК было обнаружено в 5 м от территории склада в южном направлении. Среднее содержание в проанализированных пробах 2,4-Д, а также далапона составляло 2,2 ПДК. ГХЦГ, ГХБ, метафос, атразин, прометрин, симазин, трифлуралина и ТХАН присутствовали в почве в незначительных количествах.

В 2019 г. была обследована территория вблизи бывшего склада хранения пестицидов в Томском районе Томской области. В почвах присутствовал ДДТ, содержание не превышало 0,12 ПДК. Содержания в почве ГХЦГ не было выявлено, а содержание трифлуралина не превышало 0,32 ОДК.

Были продолжены наблюдения за состоянием почв вблизи склада пестицидов в пос. Новостройка Кемеровской области. В почве были зарегистрированы ДДТ и ДДЭ в количестве от 0,27 до 1,5 ПДК. Для ГХЦГ единичное значение составило 0,01 ПДК, а для трифлуралина варьировало от 0,05 до 0,07 ОДК. С 2017 г. наблюдается тенденция увеличения содержания ДДТ в почве этого участка.

В Иркутской области были обследованы участки, прилегающие к складам пестицидов, а также на удалении до 1 км в разных направлениях от складов в Баяндаевском и Эхирит-Булагатском районах, содержание ХОП и 2,4-Д. не было выявлено.

В 2019 г., так же, как и в предыдущие годы, результаты обследований свидетельствуют, что в большинстве случаев распространения загрязнения от складов пестицидов не происходит, а выявленное загрязнение носит локальный характер.

3.3. *Загрязнение поверхностных вод*

3.3.1. Качество поверхностных вод по гидрохимическим показателям на территориях субъектов и федеральных округов Российской Федерации

Анализ динамики качества поверхностных вод на территории Российской Федерации представлен на основе статистической обработки данных государственной наблюдательной сети Росгидромета за загрязнением поверхностных вод суши (по гидрохимическим показателям) в 2019 г. по наиболее характерному для каждого водному объекту показателям.

Качество поверхностных вод оценено с использованием комплексных оценок (по гидрохимическим показателям). Проведена классификация степени загрязненности воды, т.е. условное разделение всего диапазона состава и свойств поверхностных вод в условиях антропогенного воздействия на различные интервалы с постепенным переходом от «условно чистой» к «экстремально грязной». При этом были использованы следующие классы качества воды: 1 класс - «условно чистая»; 2 класс - «слабо загрязненная»; 3 класс - «загрязненная»; 4 класс - «грязная»; 5 класс - «экстремально грязная».

Поверхностные воды Северо-Запада

Загрязнение бассейна р. Преголя, основной водной системы Калининградской области, связано с поступлением сточных вод промышленных предприятий, канализационных систем населенных пунктов и многочисленных сельскохозяйственных объектов. В 2019 г. в воде реки наблюдалось увеличение минерализации до 3759 мг/л, сульфатов до 250 мг/л, хлоридов до 2623 мг/л. В многолетнем плане вода р. Преголя характеризуется как «загрязненная»: основными загрязняющими веществами по течению реки являются органические вещества (по ХПК), нитритный азот, соединения железа, магния, хлориды, сульфаты. Качество воды участка реки, находящегося в промышленной зоне г. Калининград, в 2019 г. стабилизировалось на уровне «грязная», содержание в воде нитритного азота достигало критического уровня - 6 ПДК, соединений меди - 5 ПДК.

На протяжении ряда лет на гидрохимический режим р. Неман существенное влияние оказывают сточные воды предприятий, расположенных в гг. Советск и Неман. Река характеризуется повышенным содержанием в воде органических веществ (по $БПК_5$ и ХПК), нитритного азота, соединений железа, концентрации которых в среднем за год не превышают 2 ПДК; вода оценивается как «загрязненная».

Общий уровень загрязненности воды трансграничных водотоков в 2019 г. существенно не изменился и характеризовался водой - рукава Мамонтовка и р. Шешупе - «загрязненной». Основными загрязняющими веществами являются органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), нитритный азот, соединения железа, превышения ПДК (около 4 ПДК) которых составило 100%, а соединениями железа 50-100%.

Качество воды р. Нева и ее притоков сохраняется стабильным. В 2019 г. вода большинства створов характеризовалась как «загрязненная». Характерными загрязняющими веществами воды бассейна Невы являются органические

вещества (по $БПК_5$ и ХПК), соединения меди, цинка, железа, марганца, реже нефтепродуктов, аммонийный и нитритный азот, концентрации которых находились ниже 5 ПДК, а максимальные варьировали в диапазоне от 4 до 15 ПДК; концентрации соединения меди составляли 25 ПДК, цинка - 23 ПДК, марганца - 50 ПДК.

В 2019 г. в воде р. Нева были зарегистрированы случаи высокого загрязнения: соединениями марганца 33 и 47 ПДК, цинка - 23 ПДК, нитритным азотом - 11 ПДК.

Самым загрязненным притоком р. Нева на протяжении десятилетий сохраняется **р. Охта** в створе г. Санкт-Петербург, воды которой оцениваются как «грязные» (рис. 3.33). В течение 2019 г. было зарегистрировано 5 случаев высокого загрязнения воды соединениями марганца (до 34-50 ПДК).

Основными источниками загрязнения водных объектов Волховского бассейна является сточные воды многочисленных предприятий Новгородской и Ленинградской областей. Качество воды рек в многолетнем плане находилось в диапазоне от «загрязненной» до «грязной». В целом в 2019 г. в бассейне превалировали «загрязненные» воды; **рр. Питьба, Кересть** сохранились «грязными».

В многолетнем плане наблюдается загрязненность воды р. Волхов по всей длине соединениями железа, меди, марганца, органическими веществами. В 2019 г. высокий уровень загрязненности воды регистрировался в рр. **Волхов** и **Большая Вишера** соединениями марганца (37-43 ПДК), р. Питьба - аммонийным азотом (24 ПДК), всех притоков собственного бассейна р. Волхов - соединениями железа до 12-22 ПДК. Поверхностные воды на территории Новгородской области отличаются повышенным содержанием органических веществ (по ХПК), концентрации которых на протяжении многих лет в воде ниже г. Кириши достигали критического уровня (100-164 мг/л в 2013-2018 гг., 149 мг/л в 2019 г.).

Малые реки Кольского полуострова. К характерным загрязняющим веществам вод малых рек Кольского полуострова относятся соединения никеля, железа, меди, марганца, молибдена, дитиофосфат крезиловый.

В 2019 г. на 14 водных объектах Мурманской области было зарегистрировано 88 случаев высокого загрязнения и 42 - экстремально высокого загрязнения. Загрязнения были связаны с высоким содержанием соединений молибдена, меди, никеля, марганца, ртути, дитиофосфата крезилового, органических веществ (по $БПК_5$), аммонийного и нитритного азота, сульфатов. Регистрировались случаи однократного превышения ВЗ соединениями цинка и фосфора фосфатов, ЭВЗ - соединениями ртути, органическими веществами (по $БПК_5$) и по запаху.

Негативное влияние на водные объекты Мурманской области оказывают сточные воды предприятий горнодобывающей, горнообрабатывающей и металлургической промышленности: АО «Кольская ГМК» - рр. Нюдуай (комбинат «Североникель»), Хауки-лампи-йоки и Колос-йоки (комбинат «Печенганикель»); ОА «Ковдорский ГОК» - рр. Можель и Ковдора; ООО «Ловозерский ГОК» - р. Сергевань; АО «Олкон» - р. Белая и оз. Большой Вудъявр. На р. Нюдуай было зарегистрировано наибольшее количество высокого и экстремально высокого загрязнения (11 ЭВЗ и 23 ВЗ) соединениями никеля, меди, ртути, сульфатами и pH.

В 2019 г. вода рр. Роста, Белая и Нюдуай, Колос-йоки, Луоттн-йоки, Хауки-лампи-йоки, Можель, Протоки без названия и оз. Большой Вудъявр характеризовалась как «грязная». В течение десятилетий вода руч. Варничный характеризуется как «экстремально грязная», что обусловлено высоким содержанием в воде органических веществ (по $БПК_5$ и ХПК), нефтепродуктов, аммонийного азота, фосфора фосфатов, а также соединений меди, железа, цинка и марганца.

В бассейне р. Печенга на протяжении многолетнего периода наиболее загрязненной сохраняется р. Хауки-лампи-йоки (рис. 3.34), что связано со сточными водами комбината «Печенганикель» АО «Кольская ГМК» и хозяйственно-бытовыми стоками МУП «Городские сети г. Заполярный». В 2019 г. в воде р. Хауки-лампи-йоки было зарегистрировано 12 случаев ВЗ соединениями никеля, 1 случай высокого загрязнения дитиофосфатом крезиловым и один случай ЭВЗ соединениями ртути.

Загрязнение воды малых рек Кольского полуострова, испытывающих постоянную нагрузку сточными водами промышленных комплексов и населенных пунктов при низкой способности к самоочищению в условиях Арктики в течение ряда десятилетий носит хронический характер, что подтверждается повторяющимися случаями ВЗ и ЭВЗ, высоким средним уровнем содержания вредных веществ в воде, накоплением их в донных отложениях водных объектов.

Бассейн р. Северная Двина. Верхнее течение р. Северная Двина загрязнено сточными водами предприятий гг. Великий Устюг, Красавино, Котлас, льяльными водами судов речного флота и водой притоков рр. Сухона и Вычегда.

С 2010 г. вода на участке р. Северная Двина у г. Красавино (Вологодская область) стабильно оценивается как «грязная» (рис. 3.35).

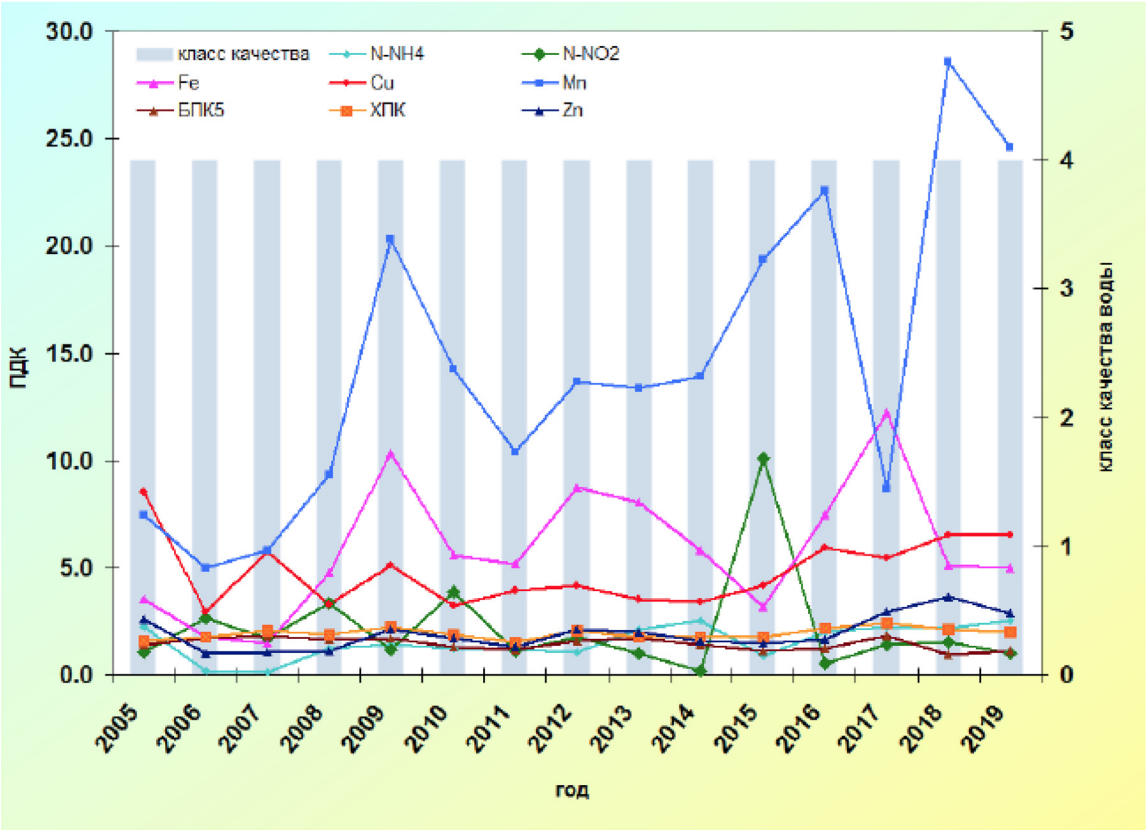


Рис. 3.33. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Охта, 0,05 км выше устья, в черте г. Санкт-Петербург

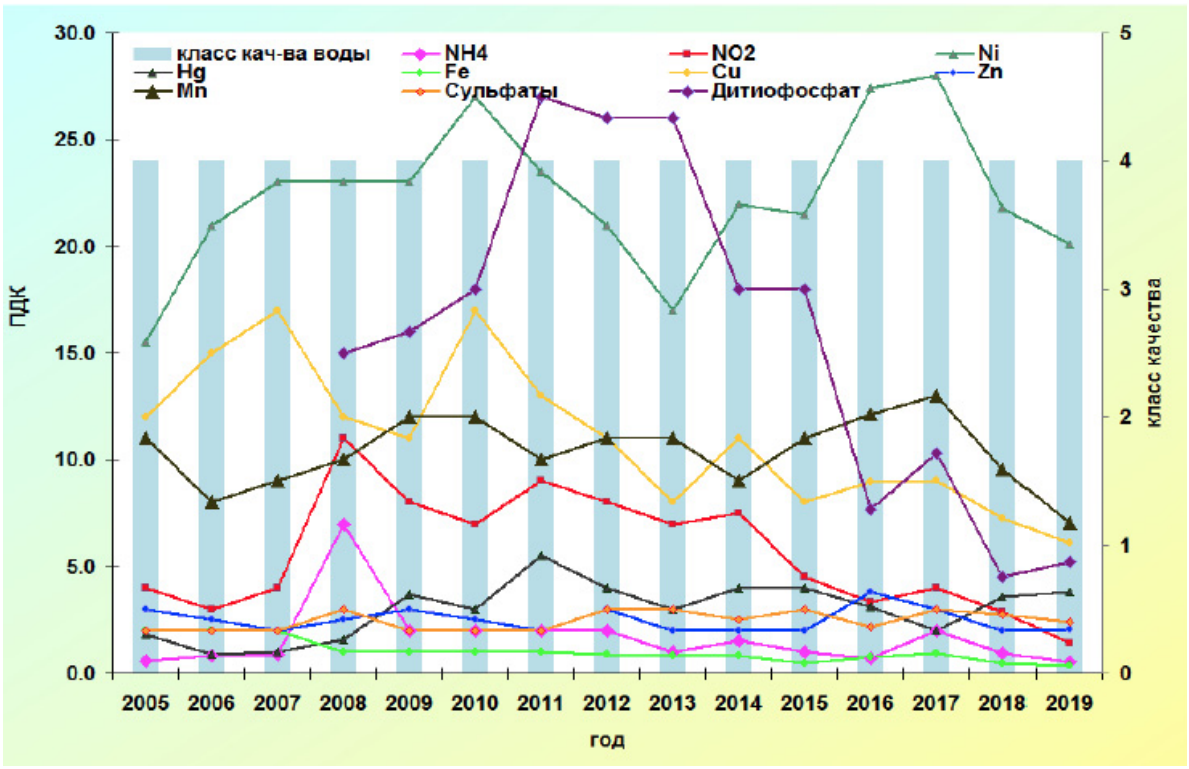


Рис. 3.34. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Хауки-лампи-йоки, г. Заполярный за многолетний период

В 2019 г. в среднем, нижнем течение и в устье Северной Двины (Архангельская область), вода реки стабильно характеризуется как «загрязненная».

Основными источниками загрязнения рек бассейна Северной Двины продолжают оставаться сточные воды предприятий целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности, жилищно-коммунального хозяйства, льяльные воды судов речного и морского флота.

В дельте Северной Двины (рук. Никольский, Мурманский, Корабельный, протоков Маймакса и Кузнечиха существенных изменений в качестве воды не произошло, вода характеризовалась как «загрязненная».

На фоне низкой водности в марте 2019 г. в протоках Кузнечиха (4 км выше устья) и Маймакса наблюдались случаи нагонных явлений, сопровождающиеся проникновением морских вод в дельту реки, вследствие чего минерализация воды в этот период достигала концентраций 1,1-3,5 г/дм^3, хлоридов - 0,8-1,8 г/дм^3, ионов натрия - 0,5-1,0 г/дм^3 и сульфатов - 0,2-0,3 г/дм^3.

Вода р. Сухона в пунктах наблюдений г. Великий Устюг и г. Сокол продолжила характеризоваться «грязной», у г. Тотьма и в районе впадения р. Пельшма - «загрязненной». Загрязненность воды реки соединениями меди и цинка в среднем составляла 1-3 ПДК, соединениями органическими соединениями (по ХПК) - 3-4 ПДК, соединениями железа - 4-6 ПДК, соединениями марганца - 3 ПДК - в районе впадения р. Пельшма, 7 ПДК у г. Великий Устюг и 11 ПДК у г. Сокол.

Негативное влияние на формирование химического состава воды р. Пельшма оказывают недостаточно очищенные сточные воды ОАО «Сокольский ЦБК» и объединенных очистных сооружений г. Сокол. Вода реки в многолетнем плане стабильно характеризуется как «экстремально грязная».

Критическими показателями загрязненности воды реки сохраняются органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), лигносульфонаты и соединения железа, максимальные концентрации которых достигали 16, 6, 18, 21 ПДК соответственно. Критически низким оценивалось содержание в воде р. Пельшма растворенного кислорода (1,85 мг/л) (рис. 3.36).

В 2019 г. вода р. Вычегда в верхнем и среднем течении ниже д. Гавриловка, в районе г. Сыктывкар, у с. Малая Кужба, в нижнем течении реки в створах выше г. Коряжма и в черте г. Сольвычегодск оценивалась как «загрязненная». В створе 4,9 км ниже г. Коряжма вода оценивалась как «грязная».

Вода р. Вычегда (Республика Коми) варьировала в диапазоне от «загрязненной» у г. Сыктывкар и д. Гавриловка до «грязной» у с. Малая Кужба. По сравнению с предыдущим годом в воде реки возросло содержание соединений железа до 4-8 ПДК, снизилось - соединений марганца до 3-6 ПДК, сохранилось - органических веществ (по ХПК) на уровне 2-3 ПДК и соединений алюминия - 1-3 ПДК.

Бассейн р. Волга. Поверхностные воды бассейна р. Волга испытывают антропогенную нагрузку разного масштаба и степени опасности. Загрязнение бассейна р. Волга связано с поступлением сточных вод промышленных предприятий, канализационных систем населенных пунктов и многочисленных сельскохозяйственных объектов. Наибольшие объемы загрязненных сточных вод приходятся на долю городов Москва, Самара, Нижний Новгород, Ярославль, Саратов, Уфа, Волгоград, Балахна, Тольятти, Ульяновск, Череповец, Набережные Челны и т.д. Уровень загрязненности воды большинства водотоков бассейна р. Волга в многолетнем плане не испытывал значительных изменений.

В 2008-2018 гг. вода Верхне-Волжских водохранилищах оценивалась как «загрязненная». В 2019 г. относительно 2017-2018 гг. качество воды на наиболее неблагоприятном участке Рыбинского водохранилища ниже г. Череповец (Вологодская область, Северо-Западный ФО), находящегося под влиянием сточных вод предприятий г. Череповец (ПАО «Северсталь», АО «Апатит», МУП «Водоканал»), снизилось до уровня 2010-2016 гг. и характеризовалось как «грязная». К наиболее характерным загрязняющим веществам воды р. Волга у г. Ржев и Верхне-Волжских водохранилищ относились: органические вещества (по ХПК), соединения железа, меди и цинка, среднегодовые концентрации которых не превышали 1-3 ПДК, максимальные были ниже 10 ПДК, за исключением соединений меди, достигающих на участках р. Волга ниже г. Ржев и Иваньковского водохранилища в районе г. Тверь и г. Конаково (Тверская область) 15-26 ПДК. На участке Рыбинского водохранилища ниже г. Череповец к выше перечисленным характерным загрязняющим веществам воды добавились соединения алюминия, концентрации которого составили: максимальная - 11 ПДК, среднегодовая - до 2 ПДК.

Качество воды Чебоксарского водохранилища на протяжении многих лет варьировало от «загрязненных» до «грязных». Наиболее часто к категории «грязных» относились воды на участках водохранилища у г. Кстово и г. Нижний Новгород, реже - ниже г. Кстово и г. Балахна. В

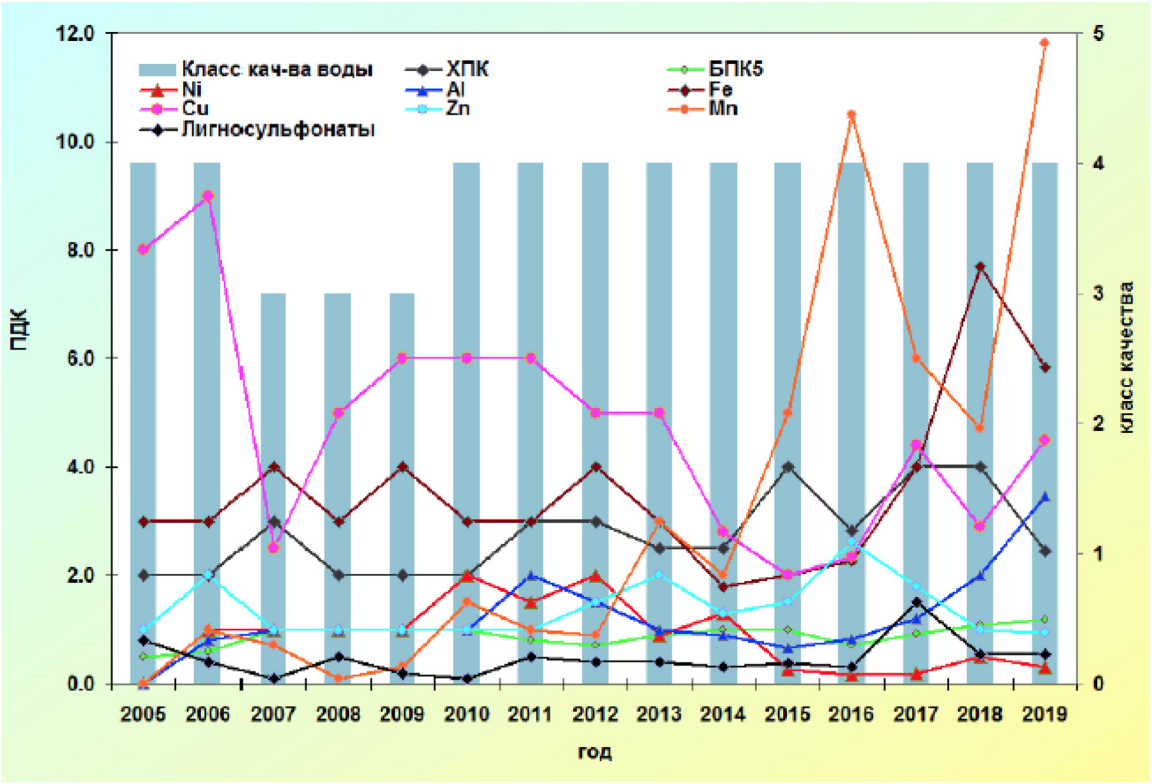


Рис. 3.35. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Северная Двина, г. Красавино, 3,5 км ниже города за многолетний период

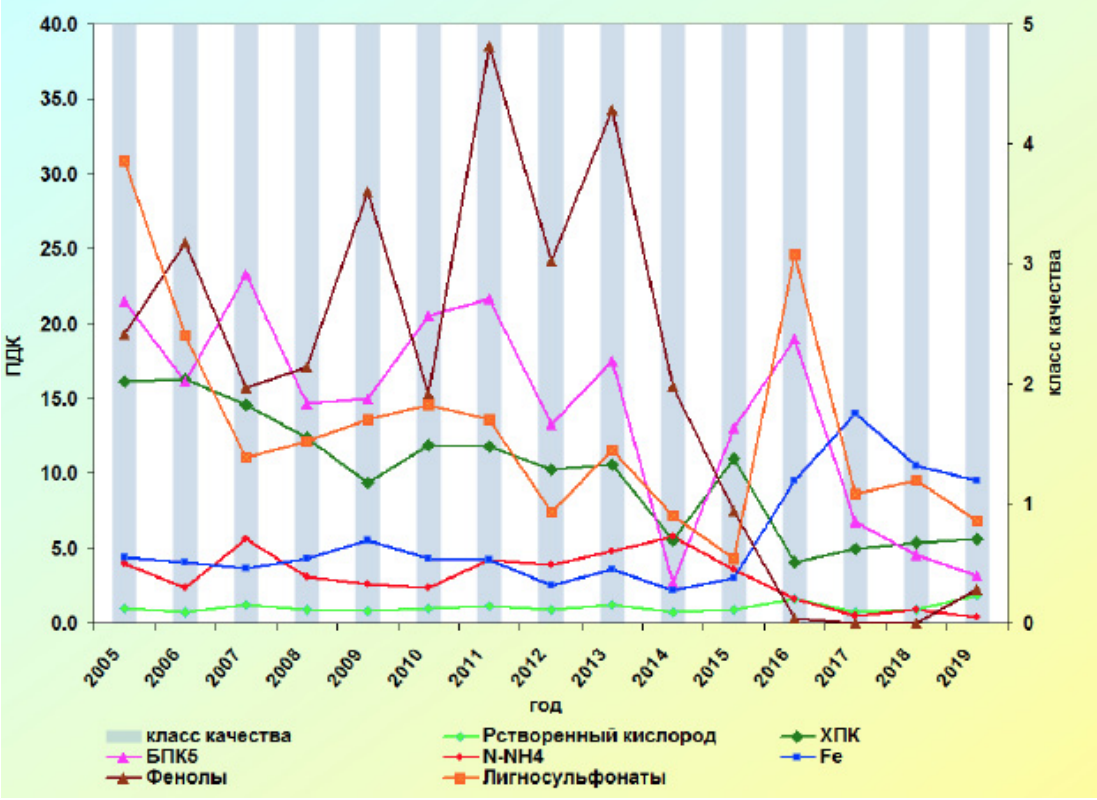


Рис. 3.36. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Пельшма, г. Сокол за многолетний период

2019 г. по сравнению с периодом 2015-2018 гг. качество воды ниже г. Нижний Новгород улучшилось до «загрязненных» (рис. 3.37). Наиболее распространенными загрязняющими веществами по акватории Чебоксарского водохранилища на территории Нижегородской области (Приволжский ФО) являются соединения меди и органические вещества (по ХПК), среднегодовые концентрации которых составляли 1-5 и 2 ПДК соответственно. Сточные воды Нижегородской станции аэрации повышают содержание аммонийного и нитритного азота в воде у правого берега водохранилища, их максимальные значения достигали 8 ПДК. В последние годы наблюдается увеличение среднегодовых концентраций: аммонийного азота до 2 ПДК (2016-2019 гг.), нитритного до 3-4 ПДК (2015-2017 гг.) (рис. 3.37). На этом участке водохранилища наблюдались значительные вариации изменения среднего уровня загрязненности воды соединениями меди: от 4-6 ПДК в большую часть рассматриваемого периода до 2 и 1 ПДК в последние два года; соединений цинка от 1-2 ПДК до значений ниже ПДК в 2016-2019 гг. В течение последних 15-ти лет содержание органических веществ (по ХПК и $БПК_5$) находилось на уровне 2 и 1 ПДК соответственно; фенолы, нефтепродукты и фосфаты были ниже ПДК. Единичные случаи загрязненности воды водоема метанолом в концентрациях до 1-2 ПДК были фиксированы в районе г. Нижний Новгород и г. Кстово.

В многолетнем плане в Куйбышевском и Саратовском водохранилищах преобладают «загрязненные» воды. В 2019 г. вода Куйбышевского водохранилища ниже г. Зеленодольск (Республика Татарстан, Приволжский ФО) характеризовалась как «грязная» из-за высокого уровня загрязненности воды нитритным азотом и соединениями цинка (до 9 и 10 ПДК соответственно). Характерными загрязняющими веществами Куйбышевского и Саратовского водохранилищ являются органические вещества (по ХПК) и соединения меди, содержание которых в 2019 г. распределялось относительно равномерно по акватории водохранилища и в среднем не превышало 1-2 ПДК. На территории Республики Татарстан в Куйбышевском водохранилище по-прежнему регистрируются повышенные концентрации соединений марганца до 9-29 ПДК и алюминия до 2-9 ПДК, среднегодовые значения которых соответственно составляли: 1-4 ПДК и 1 ПДК.

Вода Волгоградского водохранилища и р. Волга у г. Волгоград в 2010-2019 гг. стабильно оценивалась как «загрязненная». Характерными загрязняющими веществами являются органические вещества (по ХПК) и соединения меди, среднегодовые концентрации которых составляли 1 и 2-3 ПДК, а максимальные 2-3 и 4-6 ПДК соответственно. В августе 2019 г. в черте г. Волжский у левого и правого берегов и на середине водоема наблюдался всплеск повышенной загрязненности воды водохранилища нефтепродуктами от 17 до 30 ПДК.

Перечень характерных загрязняющих веществ р. Волга ниже г. Астрахань расширился до 7-ми: органические вещества (по ХПК и $БПК_5$), фенолы, нефтепродукты, соединения меди, железа, цинка. В течение многолетнего периода среднегодовое содержание загрязняющих веществ варьировало: нефтепродуктами от 1 до 2-4 ПДК (2015-2019 гг.); соединениями меди от 9 ПДК (2005 г.) с постепенным снижением до 3-4 ПДК (2013-2019 гг.); соединениями железа от 2-3 до 1 ПДК (2018-2019 гг.). Среднегодовое содержание аммонийного азота в течение многолетнего периода было ниже ПДК, органических веществ (по $БПК_5$ и ХПК), цинка и фенолов варьировало в пределах 1-2 ПДК. В 2019 г. по сравнению с 2008-2018 гг. качество воды р. Волга ниже г. Астрахань улучшилось от «грязных» до «загрязненных» (рис. 3.38).

Качество воды большинства притоков Верхне-Волжских водохранилищ варьируется от «загрязненных» до «грязных». Как «грязные» характеризуется вода реки на территории Московской области - Лама, Дубна, Сестра и Кунья; Вологодской области - Кошта, Ягорба, Андога; Ярославской области - Сить; Тверской области - Остречина и Гжать.

Максимальные концентрации характерных загрязняющих веществ воды рек Московской области не превышали 2-8 ПДК. Основным источником загрязнения р. Кошта являются сточные воды предприятий г. Череповец (АО «Апатит»). Критическими показателями загрязненности воды реки являются нитритный азот и соединения марганца, максимальные концентрации которых достигали 10 и 18 ПДК, а среднегодовые 4 и 10 ПДК соответственно. Сохранилась хронической загрязненность воды реки соединениями алюминия до 4 ПДК (в среднем 3 ПДК), хлорорганическими пестицидами до 2 ПДК (как по среднегодовым, так и максимальным значениям). В 2019 г. критическими показателями загрязненности воды отдельных водотоков были: р. Гжать - аммонийный азот и легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$); р. Остречина - органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК); р. Андога - органические вещества (по ХПК); р. Ягорба - соединения марганца, максимальные концентрации которых приближались или достигали уровня ВЗ.

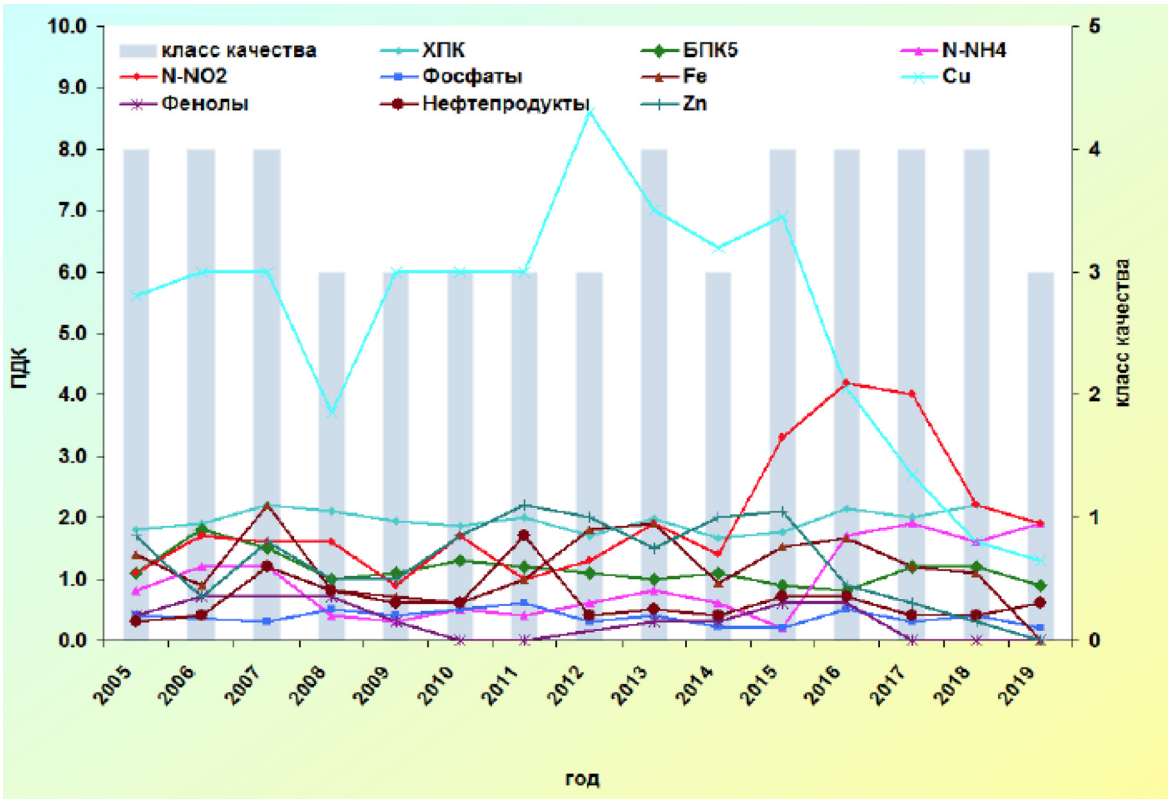


Рис. 3.37. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды Чебоксарского водохранилища, 4,2 км ниже г. Нижний Новгород за многолетний период

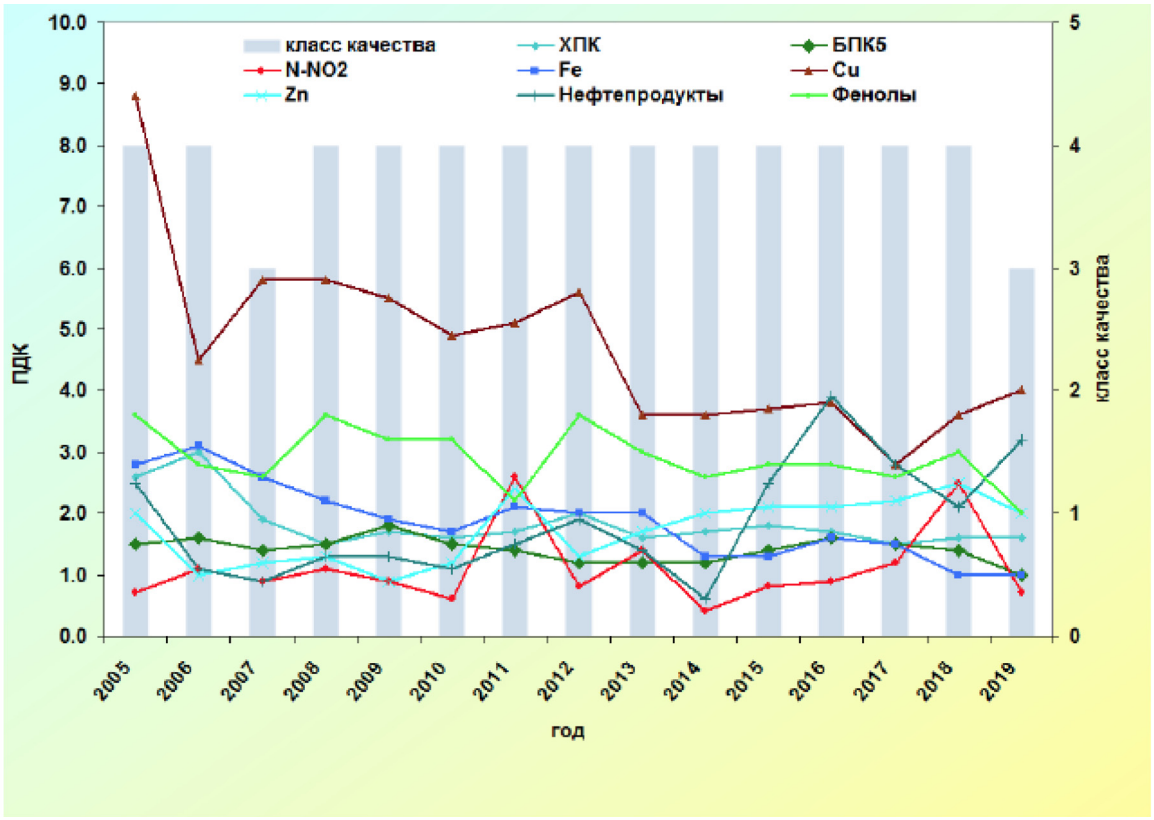


Рис. 3.38. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Волга, 5,5 км ниже г. Астрахань за многолетний период

В бассейне Чебоксарского водохранилища по-прежнему к «грязным» отнесены воды отдельных рек: в Республике Мордовия - рр. Инсар и Нуя; Нижегородской области - рр. Пыра, Кудьма. Реки Кудьма, Сундовик и Пьяна - правые притоки водохранилища, отличаются высокой минерализацией воды до 1028-1483 мг/л и повышенным на уровне критического содержания в воде сульфатных ионов до 635-792 мг/л. Критический уровень загрязненности воды р. Пыра соединениями железа и марганца соответственно до 30 и 50 ПДК (в среднем 17 ПДК) обусловлен природными факторами формирования качества воды. Сточные воды различных предприятий являются причиной высокого уровня загрязненности воды рек Инсар и Нуя аммонийным и нитритным азотом до 23-25 и 1-14 ПДК соответственно. Содержание остальных загрязняющих веществ воде водотоков в 2019 г. было ниже 10 ПДК.

Большинство водотоков **Куйбышевского** и **Саратовского водохранилищ** характеризуются сульфатно-магниевым составом воды повышенной минерализации и повышенным содержанием соединений марганца, обусловленное природными условиями. Реки **Карла, Казанка, Большой Черемшан**, нижнее течение рек **Самара, Съезжая, Чапаевка и Чагра** выделяются среди остальных водотоков более высоким уровнем загрязненности воды соединениями марганца до 20-27 ПДК, в среднем 6-9 ПДК. В бассейнах Куйбышевского и Саратовского водохранилищ преобладают «загрязненные» воды. Как «грязная» оценивается вода отдельных водотоков на территории Республики Татарстан - р. Казанка; Самарской области - рр. Падовая, Чапаевка, Самара в черте г. Самара. В 2019 г., как и в предыдущем году, критическими показателями загрязненности воды р. Падовая являлись аммонийный и нитритный азот, максимальные концентрации которых приближались к уровню ВЗ, среднегодовые составляли 7 и 5 ПДК соответственно. В **р. Чапаевка** ниже г. Чапаевск сохранился повышенный уровень загрязненности воды легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$) до 7 ПДК, аммонийным и нитритным азотом до 10 и 6 ПДК соответственно, формальдегидом до 3 ПДК. Среднегодовое содержание хлорорганических пестицидов (α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДТ) в р. Чапаевка ниже г. Чапаевск, как и в 2018 г., было ниже ПДК, максимальное составляло 2-3 ПДК.

Бассейн р. Ока. В течение многолетнего периода вода верхнего течения р. Ока от г. Орел до г. Алексин оценивается как «загрязненная». В воде реки у г. Алексин качество воды снизилось до уровня «грязная» за счет возрастания содержания органических веществ (по $БПК_5$ и ХПК) максимальные значения которых достигали 5 и 6 ПДК, а среднегодовые находились на уровне 3 ПДК. Ниже по течению реки вода варьировала от «загрязненной» до «грязной». В 2019 г. по сравнению с 2008-2017 гг. число створов наблюдений, соответствующих категории «грязных» вод, уменьшилось; к ним относились пять створов: ниже городов Серпухов, Кашира и Коломна; выше и ниже г. Рязань.

Характерными загрязняющими веществами воды реки являются: органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК) и соединения меди практически для всего течения реки; нитритный азот - ниже городов Орел и Калуга, а также во всех створах наблюдений на территории Московской и Рязанской областей; аммонийный азот - ниже гг. Калуга, Серпухов, Коломна, выше и ниже г. Рязань; соединения цинка - на территории Московской области. В 2019 г. были зарегистрированы случаи высокого загрязнения воды: нитритным азотом ниже городов Серпухов, Коломна и Рязань (12-15 ПДК); аммонийным азотом ниже г. Коломна (11 ПДК). На территории Московской области сохраняется хроническая загрязненность воды реки соединениями цинка до 5-7 ПДК, в среднем 2-3 ПДК. В апреле 2019 г. на участке реки, протекающей по территории Московской области, регистрировались случаи загрязненности воды нефтепродуктами в концентрациях выше 10 ПДК при максимальном значении 22 ПДК ниже г. Кашира. Высокое содержание загрязняющих веществ в воде реки ниже г. Коломна обусловлено не только сбросом сточных вод жилищно-коммунального хозяйства города, но и загрязненными водами р. Москва, хотя в 2019 г. наметилась тенденция снижения среднегодовой концентрации нитритного азота до 5 ПДК (10-13 ПДК в 2014-2018 гг.), аммонийного азота до 2 ПДК (7-10 ПДК в 2014-2016 гг.). Среднегодовое содержание органических веществ (по $БПК_5$ и ХПК) в течение многолетнего периода варьировало в пределах 1,5-3 ПДК; соединений цинка - от значений ниже ПДК до 2-3 ПДК в 2016-2019 гг. (рис. 3.39).

В 2019 г. вода притоков р. Ока характеризовалась: в 40% створов как «загрязненная», 47% - как «грязная» и 4,9% - как «экстремально грязная», в остальных створах - «слабо загрязненная».

Наиболее загрязненными притоками верхнего течения р. Ока, относящихся к категории «грязных», являются водные объекты Тульской области: рр. Упа, Воронка, Мышега и Шатское водохранилище. В 2019 г. по сравнению с предыдущим годом возрос средний уровень загряз-

ненности воды водных объектов органическими веществами (по ХПК) до 3-4 ПДК, р. Мышега до 5 ПДК. В течение года неоднократно регистрировались случаи ВЗ: нитритным азотом - рр. Упа и Мышега (до 14 и 25 ПДК соответственно); легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$) - р. Упа и Шатского водохранилища (до 12 и 19 ПДК соответственно); случаи ЭВЗ органическими веществами (по ХПК) - р. Мышега (до 16 ПДК).

Сохраняется неудовлетворительным качество воды рек Нара и Лопасня - левых притоков Оки на территории Московской области, в которых загрязненность воды легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$) (до 8-6 ПДК соответственно), аммонийным азотом (до 19 и 14 ПДК) и нитритным (до 14 и 27 ПДК) оценивается как критическая.

Качество воды р. Москва снижалось по течению и, как правило, изменялось от «загрязненной» в верхнем течении д. Барсуки - п. Ильинское до «грязной» на участке от г. Москва до устья. На протяжении ряда лет критическими показателями загрязненности воды как р. Москва, так и ее притоков (рр. Медвенка, Закза, Пахра, Рожая, Нерская и Яуза) являются аммонийный и нитритный азот, легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$), концентрации которых в течение 2019 г. неоднократно превышали критерии ВЗ (рис. 3.40).

В течение многолетнего периода вода притоков р. Ока на территории областей: Рязанской - р. Верда ниже г. Скопин, Владимирской - р. Гусь ниже г. Гусь-Хрустальный оценивается как «грязная». В воде р. Верда ниже г. Скопин наблюдался высокий уровень загрязненности легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$), нитритным азотом, концентрации которых превышали уровень ВЗ (до 17 и 15 ПДК соответственно). В 2018-2019 гг. по сравнению с предыдущим десятилетним периодом качество воды р. Цна ниже г. Тамбов понизилось от уровня «загрязненная» до «грязная».

В 2019 г. по сравнению с 2016-2018 гг. в результате снижения эффективности работы очистных сооружений «Экоаэросталкер» и возрастания среднего уровня загрязненности воды легкоокисляемыми органическими веществами, фосфатами до 4 ПДК, аммонийным и нитритным азотом до 5 и 9 ПДК соответственно, качество воды р. Клязьма ниже г. Щелково ухудшилось от «грязной» до «экстремально грязной». В течение 2019 г. на этом участке в воде неоднократно регистрировались случаи ВЗ легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$) (до 15 ПДК), фосфатами (10 ПДК), аммонийным и нитритным азотом (до 13 и 24 ПДК соответственно).

Наиболее загрязненными притоками р. Клязьма являются р. Воймега в Московской области, качество воды которой ухудшилось от «грязной» в 2009-2012 гг. до «экстремально-грязной» в 2013-2019 гг., р. Ундолка (Владимирская область), характеризующейся в 2016-2017 гг. как «экстремально грязная» и в 2019 г. как «грязная». Критическими показателями загрязненности воды р. Воймега ниже г. Рошаль являлись: аммонийный и нитритный азот, органические вещества (по ХПК и $БПК_5$), соединения железа; р. Ундолка - аммонийный азот, легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$), фенолы; в течение года содержание которых неоднократно превышало уровень ВЗ.

Бассейн р. Кама Развитые на территории бассейна р. Кама водоемкие отрасли промышленности, сельское хозяйство обусловливают высокую степень использования поверхностных вод, тем самым оказывая негативное влияние на формирование химического состава и качество воды. Особенно такое влияние сказывается в промышленно развитых регионах Пермского края, Кировской области, республик Удмуртия, Башкортостан, Чувашия, Татарстан, Марий Эл и Коми и частично Вологодской, Костромской, Нижегородской, Оренбургской, Свердловской, Челябинской областей, где сосредоточены предприятия металлургической, химической и горнодобывающей промышленности.

Наблюдения за качеством воды р. Кама, ее водохранилищ и рек ее бассейна свидетельствуют о том, что существенных изменений химического состава в многолетнем плане не произошло. Наиболее распространенными загрязняющими веществам воды р. Кама и ее водохранилищ являются соединения марганца, меди, железа, органические вещества (по ХПК), повторяемость превышения ПДК которыми в 2019 г. в целом по бассейну составляла 93, 90, 71, 78% соответственно.

Повышенное содержание соединений железа и марганца и меди природного происхождения в большинстве водных объектов бассейна р. Кама обуславливает устойчивую загрязненность воды этими металлами.

В 2019 г., как и за многолетний период, по всему течению вода р. Кама и каскада ее водохранилищ характеризовалась как «загрязненная».

Химический состав воды Нижнекамского водохранилища в пункте д. Андреевка в значительной степени определяется влиянием р. Белая и характеризовался в 2019 г., как и в предыдущие годы, критическим уровнем загрязненности воды соединениями марганца (рис. 3.41). Сохраняется повышенной загрязненность воды органическими веществами (по ХПК) до 30,0 мг/л, соединениями меди до 6 ПДК.

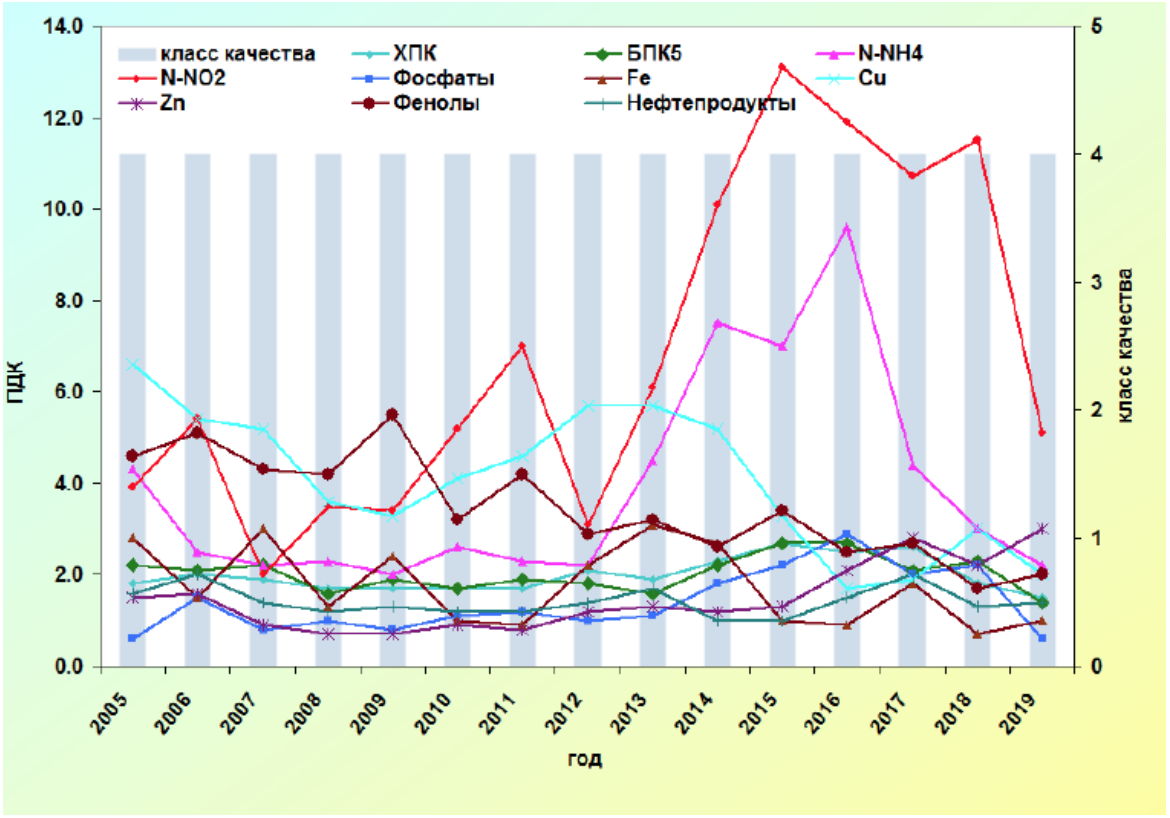


Рис. 3.39. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Ока ниже г. Коломна за многолетний период

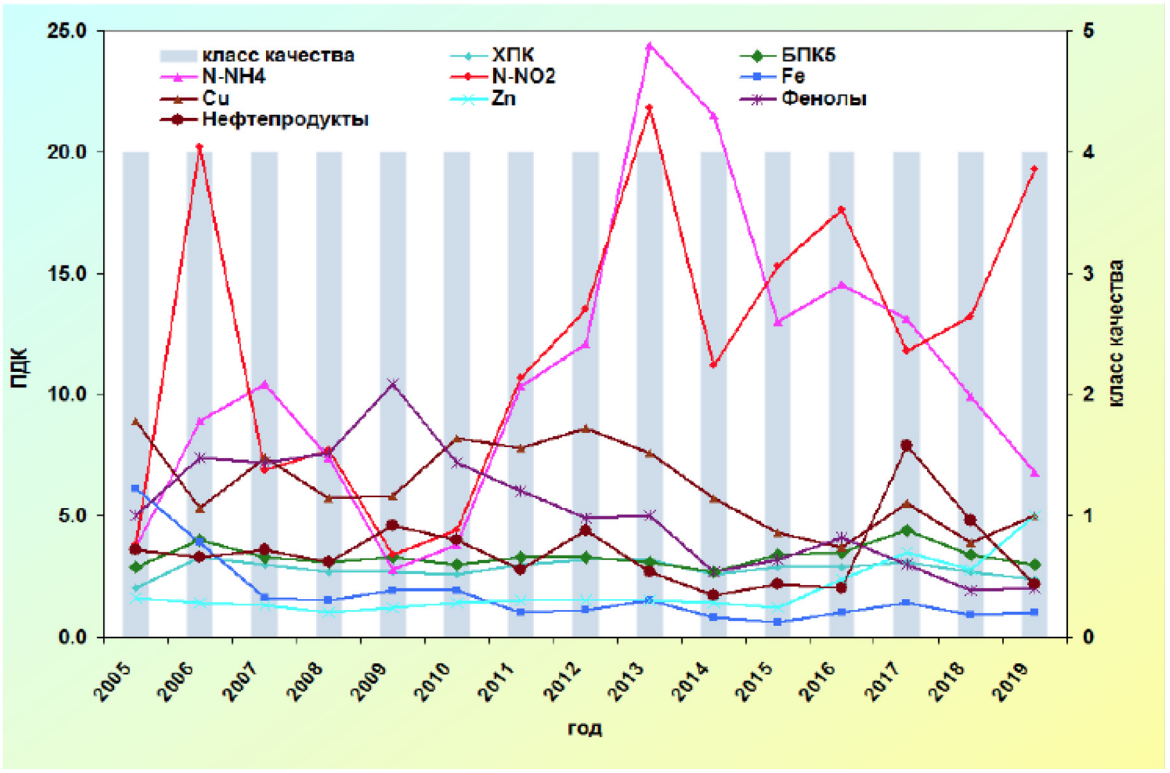


Рис. 3.40. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Москва, г. Москва выше Бесединского моста МКАД за многолетний период

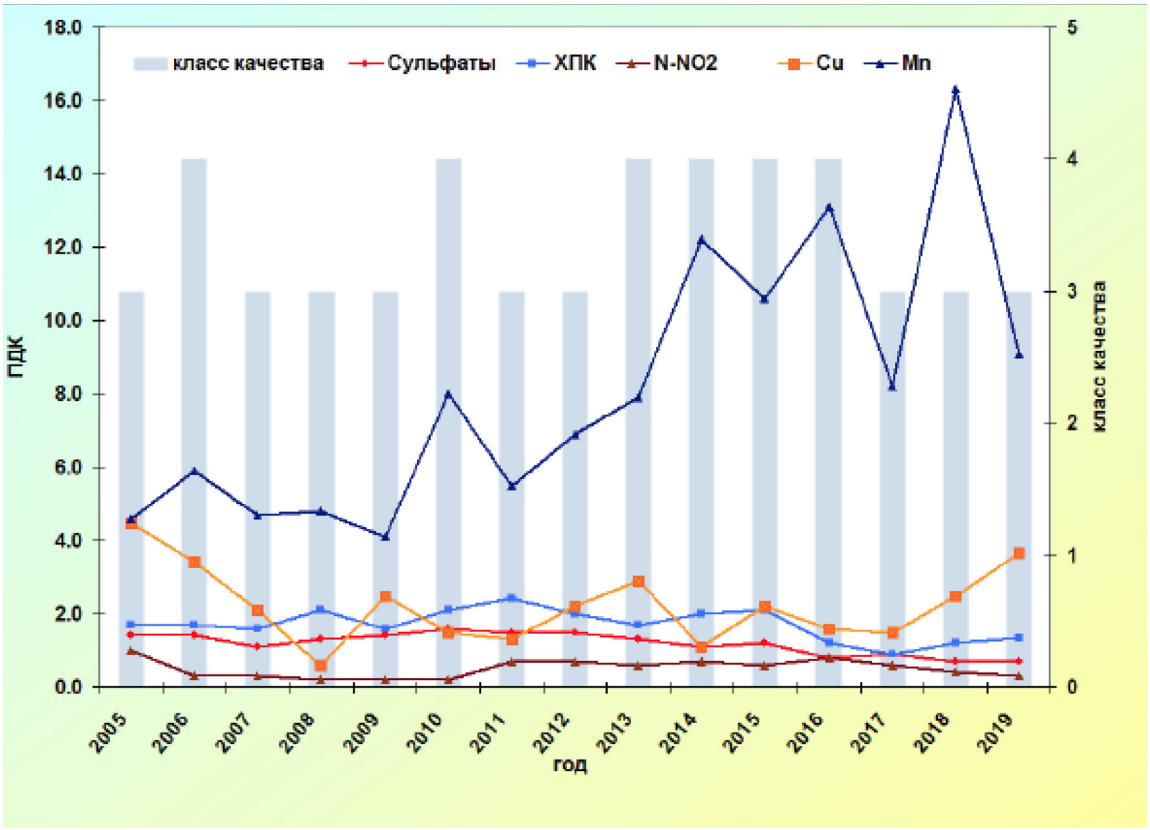


Рис. 3.41. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды Нижнекамского водохранилища в пункте д. Андреевка за многолетний период

Качество воды большинства притоков р. Кама (без бассейна р. Белая) в многолетнем плане сохранилось на уровне «загрязненная». По-прежнему высокой остается загрязненность рек Косьва, Чусовая, Северушка, Иж, вода которых характеризуется как «грязная».

Как и в предыдущие годы, качество воды р. Косьва в створе 0,3 км ниже г. Губаха подвержено влиянию самоизливающихся шахтных вод закрытых шахт Кизеловского угольного бассейна, что обусловлено наличием в воде фенолов, соединений железа, меди, марганца, аммонийного азота, органических веществ (по ХПК). В 2019 г. здесь зарегистрирован один случай ЭВЗ фенолами (145 ПДК), а также один случай ЭВЗ (84 ПДК) и три случая ВЗ (38-49 ПДК) соединениями железа.

Многие годы **р. Чусовая** выделяется в бассейне р. Кама высокой комплексностью загрязненности воды, характеризуется повышенным на отдельных участках количеством (до 14) загрязняющих веществ; к характерным относятся соединения железа, меди, цинка, марганца, шестивалентного хрома, нефтепродукты, реже сульфаты, фосфаты, органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), нитритный азот, фенолы и др., среднегодовые концентрации которых варьировали в течение 2019 г. от величин ниже ПДК до 16 ПДК.

В течение ряда лет сохраняется критический уровень загрязненности воды р. Чусовая, на территории Свердловской области в районе г. Первоуральск соединениями меди, марганца, взвешенными веществами. На участке реки 1,7 и 17 км ниже г. Первоуральск содержание соединений марганца в 2019 г достигало высокого уровня загрязнения (до 32-34 ПДК) (рис. 3.42).

Перечень загрязняющих воду **р. Северушка** веществ в последние годы расширился до 11-ти, характерными являются: органические вещества (по ХПК и $БПК_5$), нитритный азот, соединения меди, марганца, фенолы, нефтепродукты, фториды, среднегодовые концентрации которых не превышали 6 ПДК. Сохраняется устойчивой загрязненность воды реки соединениями железа до 2 ПДК и цинка до 3 ПДК. В 2019 г. зарегистрировано четыре случая ВЗ (30-42 ПДК) и один ЭВЗ (61 ПДК) соединениями марганца. Взвешенные вещества присутствуют в воде в концентрациях, не превышающих 27 мг/л.

Река **Иж** загрязняется сточными водами Ижевского промузла, среди которых преобладают сбросы машиностроительной, оборонной, электротехнической промышленности и коммунального хозяйства. В многолетнем плане наблюдается характерная загрязненность воды органическими веществами (по ХПК и $БПК_5$), аммонийным и нитритный азотом, соединениями

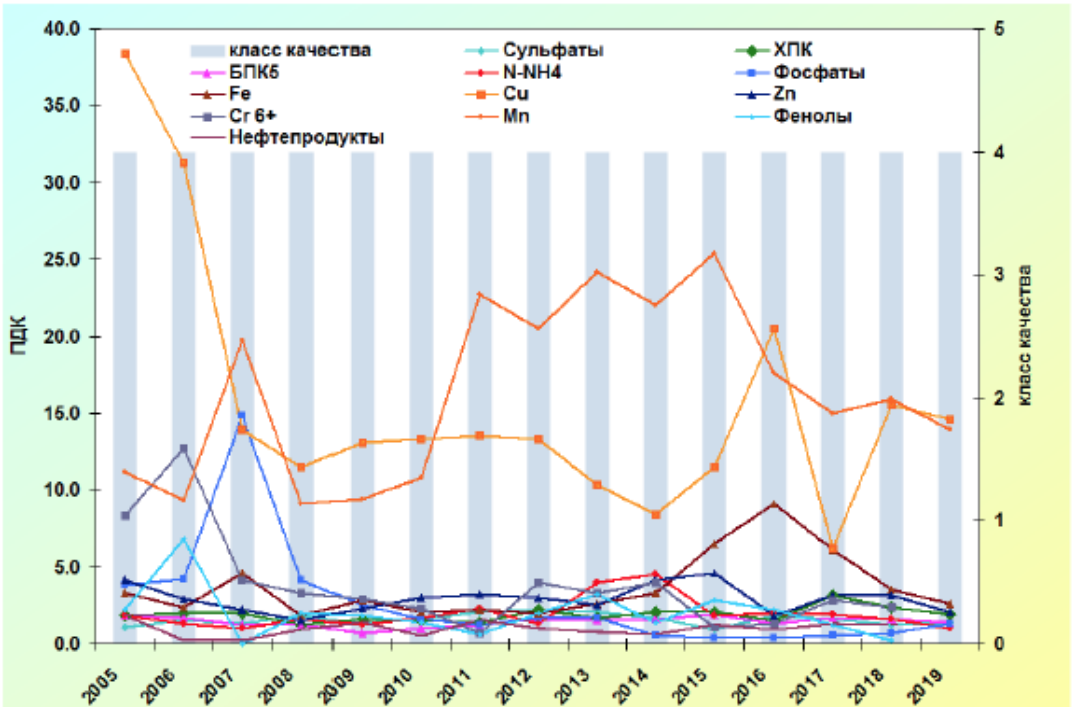


Рис. 3.42. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Чусовая, 1,7 км ниже г. Первоуральск за многолетний период

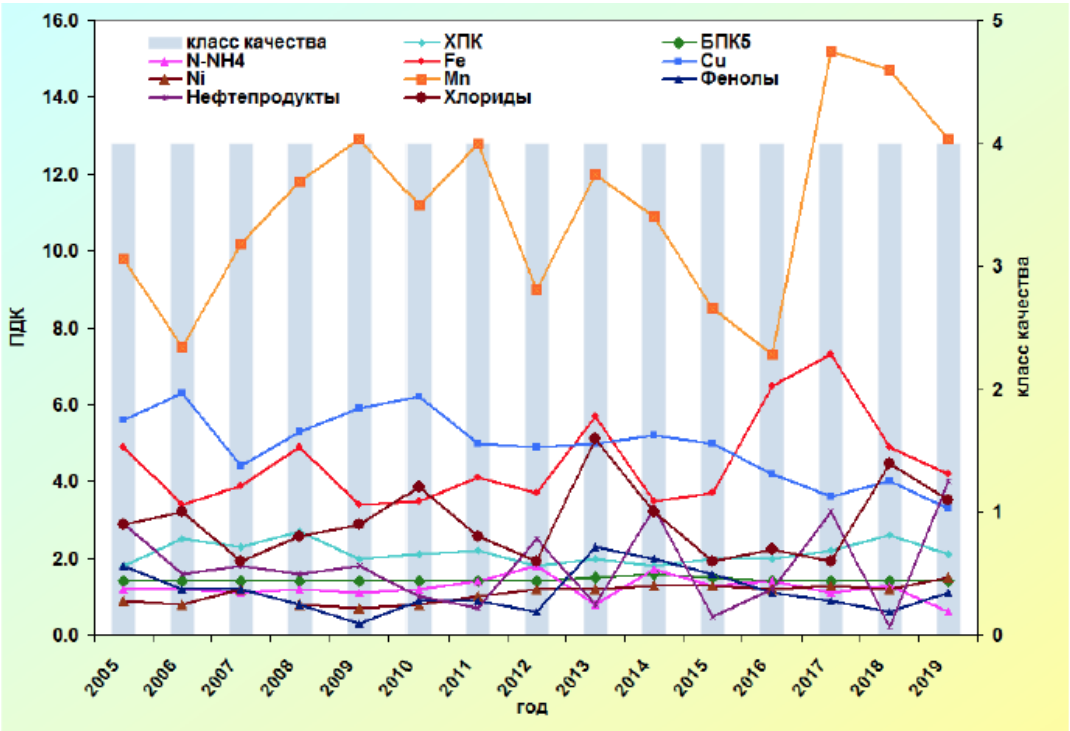


Рис 3.43. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Белая, 10,5 км ниже г. Стерлитамак за многолетний период

меди, железа, фосфатами, фенолами, среднегодовое содержание которых не превышает 5 ПДК.

Бассейн р. Белая расположен на территории республики Башкортостан, где качество поверхностных вод формируется под влиянием сточных вод предприятий топливно-энергетического, нефтехимического, нефтеперерабатывающего, металлургического и других комплексов, жилищно-коммунального хозяйства и др.

В 2018-2019 гг. качество воды большинства створов р. Белая характеризовалось как «загрязненная». Хронически «грязной» сохранилась вода в створах ниже г. Ишимбай и в районе г. Стерлитамак, которая находится под влиянием сточных вод предприятий химической, нефтедобывающей и пищевой промышленности, машиностроения и жилищно-коммунального хозяйства. Изменение содержания в воде р. Белая основных загрязняющих веществ за многолетний период в зоне влияния г. Стерлитамак в створе 10,5 км ниже города, показано на рисунке 3.43.

В многолетнем плане р. Белая характеризуется на всём протяжении повышенным содержанием в воде соединений марганца до 16-27 ПДК, меди до 4-8 ПДК, железа до 2-3 ПДК, в верхнем течении до 8-9 ПДК, органических веществ (по ХПК) до 43,0 мг/л, среднегодовое содержание которых для р. Белая в целом в 2019 г. составляло 10, 3, 2, 1,2 ПДК соответственно. На участках реки в районе гг. Салават, Стерлитамак, р.п. Прибельский фиксировались случаи превышения предельно допустимого содержания соединений никеля в 1,5 раза в 43, 100, 14% отобранных проб воды.

В 2019 г. на участке р. Белая г. Мелеуз - г. Стерлитамак возросла загрязненность воды нефтепродуктами (2-4 ПДК), максимальные концентрации которых достигали 20 ПДК.

В бассейне р. Белая в 2019 г. превалировали створы, вода которых оценивалась как «загрязненная». Стабильно «грязной» сохраняется вода притоков на территории Челябинской области - р. Уфалейка, в створах 3 и 30 км ниже г. Верхний Уфалей и р. Ай, ниже г. Златоуст. Наблюдается характерная загрязненность воды рек органическими веществами (по ХПК), соединениями железа, меди, цинка и марганца реже соединениями никеля и нефтепродуктами, в р. Ай добавляются аммонийный и нитритный азот. В воде этих рек ежегодно фиксируются критические уровни загрязненности соединениями марганца (до 20-30 ПДК), в 2018-2019 гг. р. Ай - нитритным азотом до 16-14 ПДК.

Сточные воды жилищно-коммунальных предприятий Республики Татарстан обуславливают низкое качество воды рек **Степной Зай** и **Зай**, соответствующих категории «грязная». В 2019 г. в реках были зарегистрированы случаи высокого загрязнения воды нитритным азотом (от 10 до 20 ПДК).

В 2019 г. вода рек бассейна **р. Вятка** - наиболее крупного притока Камского участка Куйбышевского водохранилища - характеризовалась как «загрязненная», р. Вятка ниже г. Киров, р. Хлыновка и р. Шошма - как «грязная». Максимальные концентрации большинства загрязняющих веществ в воде р. Вятка и ее притоков, как правило, находились в пределах 2-4 ПДК, соединений железа в верхнем течении р. Вятка 12-13 ПДК, нитритного азота и соединений марганца в р. Шошма ниже г. Лызи 10 и 29 ПДК соответственно, нефтепродуктов в р. Хлыновка - 10 ПДК.

Бассейн р. Дон. Качество воды р. Дон за период 2005-2019 гг. колеблется от "слабо загрязнённой" до "грязной", в 2019 г. от "условно чистой" до "грязной". В 2019 г. качество воды р. Дон не изменилось в большинстве (64%), незначительно ухудшилось в 10% и улучшилось в 26% створов.

В многолетнем плане наиболее загрязнённой и оцениваемой как "грязная" сохраняется вода р. Дон в верхнем течении в районе г. Донской (ЦФО) и в нижнем течении на участке г. Ростов-на-Дону - г. Азов (ЮФО). Основными источниками загрязнения р. Дон в верховье являются сточные воды: выше г. Донской - ООО "Новомосковский городской водоканал"; ниже г. Донской - ООО "Коммунальные ресурсы ДОН", ЗАО "ЕЗСК - Сервис"; ООО "Новомосковкий городской водоканал" и др.

В 2019 г. количество загрязняющих веществ на этом участке реки практически не изменилось и составляло 10 ингредиентов из 14, используемых в оценке качества воды. Наблюдалось небольшое снижение в воде среднегодового и максимального содержания аммонийного азота до 2,5 и 6 ПДК в створе выше г. Донской и увеличение соединений меди до 6 и 19 ПДК - ниже г. Доской. Несколько ухудшился режим растворённого в воде кислорода ниже г. Донской, минимальная концентрация которого снижалась в 2019 г. до 3,79 мг/л. Мало изменилось среднегодовое содержание фенолов, нитритного азота, соединений железа и органических веществ (по $БПК_5$, ХПК) в обоих створах города соединений меди, фосфора фосфатов - выше г. Донской, аммонийного азота - ниже г. Донской и колебалось в пределах 1,5-4 ПДК, превышение ПДК фиксировалось в большинстве отобранных проб воды. Критический уровень загрязнённости воды реки в створах г. Донской в 2019 г. дости-

гался органическими веществами (по $БПК_5$) и нитритным азотом выше города; органическими веществами (по $БПК_5$) - ниже города, максимальные концентрации которых достигали уровня ВЗ - 16, 11 и 5 ПДК соответственно и были обусловлены сбросом сточных вод ООО "Новомосковкий городской водоканал".

В 2019 г. в воде р. Дон ниже по течению на участке г. Данков - г. Задонск снизилось количество загрязняющих веществ от 8-9 до 1-2 в фоновых створах г. Данков и г. Лебедянь, от 6-10 до 3-4 в остальных створах этого участка; а также уменьшилось содержание соединений меди до значений ниже или в пределах ПДК. Вода реки в фоновых створах г. Данков и г. Лебедянь оценивалась как "условно чистая", в остальных створах на участке г. Данков-г. Задонск - как "слабо загрязнённая".

Вода большинства остальных створов верхнего течения р. Дон на участке г. Воронеж - с. Новая Калитва и ниже г. Воронеж (ЦФО) оценивалась как "загрязнённая". В створах г. Нововоронеж отмечалось снижение содержания в воде соединений железа до значений, не превышающих ПДК. Характерными загрязняющими веществами воды реки являлись в основном органические вещества, соединения меди (кроме створа выше г. Нововоронеж), в отдельных створах к ним добавлялся нитритный азот, среднегодовые концентрации которого колебались в пределах 1-3 ПДК.

Качество воды среднего течения р. Дон (ст-ца Казанская - г. Калач-на-Дону) сохранилось на уровне 2018 г. и оценивалось как "загрязнённая". Для воды на этом участке характерна загрязнённость органическими веществами (по $БПК_5$, ХПК), соединениями железа, меди, к ним добавлялся нитритный азот у ст-цы Казанская; среднегодовые концентрации колебались на уровне 1-3 ПДК.

Сохранилось качество воды нижнего течения р. Дон на участке г. Ростов-на-Дону - г. Азов. Вода в течении 3-5 лет стабильно оценивалась как "грязная". В отдельных створах реки уменьшилось содержание и число случаев превышения ПДК соединениями железа до 1 ПДК и 61%; меди - до значений ниже ПДК и 8-22%, фосфатами - до 2 ПДК и 75%. Загрязняющими были 10 ингредиентов из 13, используемых в оценке качества воды. В 2019 г. для воды устьевого участка р. Дон характерной сохранилась загрязнённость органическими веществами (по $БПК_5$, ХПК), нефтепродуктами, сульфатами, в большинстве створов к ним добавлялся нитритный азот, в отдельных створах соединения железа, ниже г. Азов - фосфаты; среднегодовые концентрации колебались в пределах 1-3 ПДК, максимальные 3-8 ПДК. Загрязнённость соединениями меди воды большинства створов г. Ростов-на-Дону была на уровне 2 ПДК и носила устойчивый характер. Регистрировались наиболее высокие концентрации в воде нижнего течения р. Дон: нефтепродуктов (8 ПДК) - выше г. Ростов-на-Дону; соединений меди (11 ПДК), и сульфатов (4 ПДК) - в черте города, на уровне нового водозабора; соединений железа (7,5 ПДК) и фосфатов (4 ПДК) - ниже г. Азов, нитритного азота (5 ПДК) - ниже г. Ростов-на-Дону.

В течение последних 3-х лет (2017-2019 гг.) вода р. Дон ниже г. Ростов-на-Дону стабильно характеризуется как "грязная" (рис. 3.44).

Наиболее минерализована вода р. Дон остаётся, как и в предыдущие годы, в верхнем течении у г. Донской и в нижнем течении на участке г. Семикаракорск - р.п. Багаевский, где среднегодовые величины составляли 0,995-1140 мг/л, максимальные достигали 1250-1230 мг/л. Наименее минерализована (464 мг/л) вода р. Дон выше г. Воронеж.

Существенное негативное влияние на качество воды р. Дон оказывает р. Северский Донец, берущая начало в Белгородской области (ЦФО), протекающая по территории Украины и впадающая в р. Дон на территории Ростовской области (ЮФО). Наименее загрязнен в многолетнем плане участок реки у с. Беломестное (Белгородская область), вода которого характеризуется как "загрязнённая", среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в воде были ниже или в пределах ПДК, за исключением нитритного азота, соединений меди и марганца - в 2-3 раза превышающих ПДК.

Качество воды Белгородского водохранилища в течение многих лет характеризуется «грязным» водами. В 2019 г. наблюдалась тенденция улучшения качества воды, что обусловлено снижением количества загрязняющих веществ от 11-12 до 9-10 из 16-ти, используемых в оценке качества воды и уменьшением среднегодовой концентрации нитритного азота в обоих створах до 5 и 8 ПДК. Уменьшилось количество случаев ВЗ нитритным азотом: в створе 6 км ниже г. Белгород от 7 до 2 (17-25 ПДК) и 21 км ниже г. Белгород от 5 до 3 (10-32 ПДК). Причиной высокого уровня загрязнённости воды Белгородского водохранилища нитритным азотом является сброс сточных вод ГУП "Белводоканал". В 2019 г. улучшился режим растворённого в воде водохранилища кислорода, концентрация которого не снижалась ниже 5,60 и 6,88 мг/л в обоих створах г. Белгород.

Вода р. Северский Донец на территории Ростовской области в 2019 г. в многолетнем плане стабильно характеризуется как "грязная" на всем протяжении реки.

В 2019 г. для р. Северский Донец была характерной загрязнённость: в верховье (с. Беломестное) - органическими веществами (по ХПК), соединениями меди и марганца; в Белгородском водохранилище - органическими веществами (по $БПК_5$, и ХПК), нитритным азотом, соединениями меди; в нижнем течении (х. Поповка - устье) - органическими веществами (по $БПК_5$ и ХПК), нефтепродуктами, соединениями железа, магния, нитритным азотом, сульфатами, в отдельных створах добавлялись фенолы; среднегодовые концентрации которых колебались в основном в пределах 1-5 ПДК, за исключением нитритного азота в Белгородском водохранилище 6 км ниже г. Белгород - 8 ПДК.

В течение многолетнего периода вода притоков верхнего течения р. Северский Донец - р. Оскол, г. Старый Оскол (контрольные створы), р. Осколец (ниже г. Губкин) (ЦФО) и всех притоков нижнего течения - рек Большая Каменка, Глубокая, Калитва, Быстрая Кундрючья (ЮФО) характеризуется как «грязная».

В 2019 г. наблюдалось снижение содержания нитритного азота в воде р. Болховец до 3 ПДК, р. Короча до 1 ПДК, р. Оскол, г. Старый Оскол (контрольные створы) до 2 и 3 ПДК и увеличение соединений марганца - р. Оскол (г. Старый Оскол) до 5-8 ПДК, р. Осколец (выше г. Губкин) до 4 ПДК.

В 2019 г. были зарегистрированы случаи высокой загрязненности воды аммонийным азотом 10-18 ПДК (р. Оскол, 7 км ниже г. Старый Оскол) и 10-11 ПДК (р. Оскол, 25 км ниже г. Старый Оскол); нитритным азотом 12 ПДК (р. Оскол, 25 км ниже г. Старый Оскол), 13-34 ПДК (р. Оскол, пгт Волоконовка), 11-12 ПДК (р. Осколец, 9 км ниже г. Губкин; 13-30 ПДК и 11-15 ПДК (р. Нежеголь, выше и ниже г. Шебекино), причиной которых являлся сброс сточных вод МУП «Водоканал» г. Старый Оскол, Губкинский МУП «Водоканал», ОАО Лебединский ГОК; МУП «Городское ВКХ» г. Шебекино и поступление загрязняющих веществ с водосборной площади.

В воде большинства притоков верхнего течения р. Северский Донец критическим показателем загрязненности воды являлся нитритный азот; р. Оскол (контрольные створы г. Старый Оскол) - аммонийный азот, притоков нижнего течения реки - сульфаты, ниже г. Миллерово (р. Глубокая) к ним добавлялся аммонийный азот, среднегодовые концентрации которых варьировали в пределах 2-10 и 7-8 ПДК, 4-7 и 5 ПДК соответственно.

Бассейн р. Кубань. В 2019 г. вода р. Кубань на всем протяжении реки характеризовалась как «загрязненная». В створах г. Невинномысск возросло среднегодовое содержание соединений железа до 12 и 9 ПДК, г. Армавир - 8 и 11 ПДК; г. Кропоткин - 9 ПДК, ст-цы Ладожская - 8 ПДК, 30 км ниже г. Краснодар - 7 ПДК; максимальные концентрации достигали 27 и 17,5, 19 и 28, 18, 36,5, 26 ПДК соответственно.

В 2019 г. наблюдалось незначительное снижение содержания соединений меди в воде р. Кубань 24,5 км ниже г. Краснодар до 2 ПДК в среднем и уменьшение повторяемости случаев превышения ПДК от 92 до 50%. Качество воды сохранилось как «загрязненная» (рис. 3.45).

Характерными загрязняющими веществами воды верхнего и среднего течения р. Кубань (г. Невинномысск, г. Краснодар) являлись соединения меди, железа, в отдельных створах к ним добавлялись органические вещества (по $БПК_5$), нитритный азот и сульфаты, среднегодовые концентрации которых колебались в пределах 1-5 ПДК, соединений железа 4-12 ПДК.

Наименее загрязненной сохраняется устьевая часть р. Кубань (г. Тиховский - г. Темрюк), вода которой в многолетнем плане вода характеризуется как «загрязненная». Среднегодовые концентрации большинства загрязняющих веществ в воде реки не достигали или незначительно превышали ПДК, органических веществ (по ХПК) и соединений меди (г. Темрюк) в 1,5-2 раза превышали ПДК.

В 2019 г. вода большинства притоков р. Кубань оценивалась как «загрязненная, р. Псекупс ниже г. Горячий Ключ и р. Абин, г. Абинск как «слабо загрязненная». Увеличилось среднегодовое и максимальное содержание соединений железа в воде рек: Большой Зеленчук (г. Невинномысск) до 12,5 и 35 ПДК, Лаба (выше и ниже г. Лабинск, х. Догужиев) 8-11 и 21-35 ПДК, Белая (п. Гузерипль, г. Майкоп, а. Адамий) 8-14 и 12-38 ПДК, Пшиш (г. Хадыженск, х. Фокин) 10-11 и 30-36 ПДК, Афипс, Абин, Адагум - 4-5 и 6-11 ПДК. Снижение содержания в воде соединений меди отмечалось в р. Псекупс (выше и ниже г. Горячий Ключ) до 2 и 3 ПДК, р. Пшиш (г. Хадыженск, х. Фокин) до 2 ПДК, р. Адагум выше г. Крымск до 2 ПДК в среднем, соединений цинка до значений, не превышающих ПДК - р. Адагум ниже г. Крымск.

Характерными загрязняющими веществами воды притоков р. Кубань являлись соединения железа и меди, в отдельных створах к ним добавлялись органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК).

Реки Крыма, впадающие в Чёрное море. В 2019 г. в воде большинства рек Крыма, впадающих в Чёрное море, возросли среднегодовые концентрации: соединений меди от 1 до 3 ПДК,

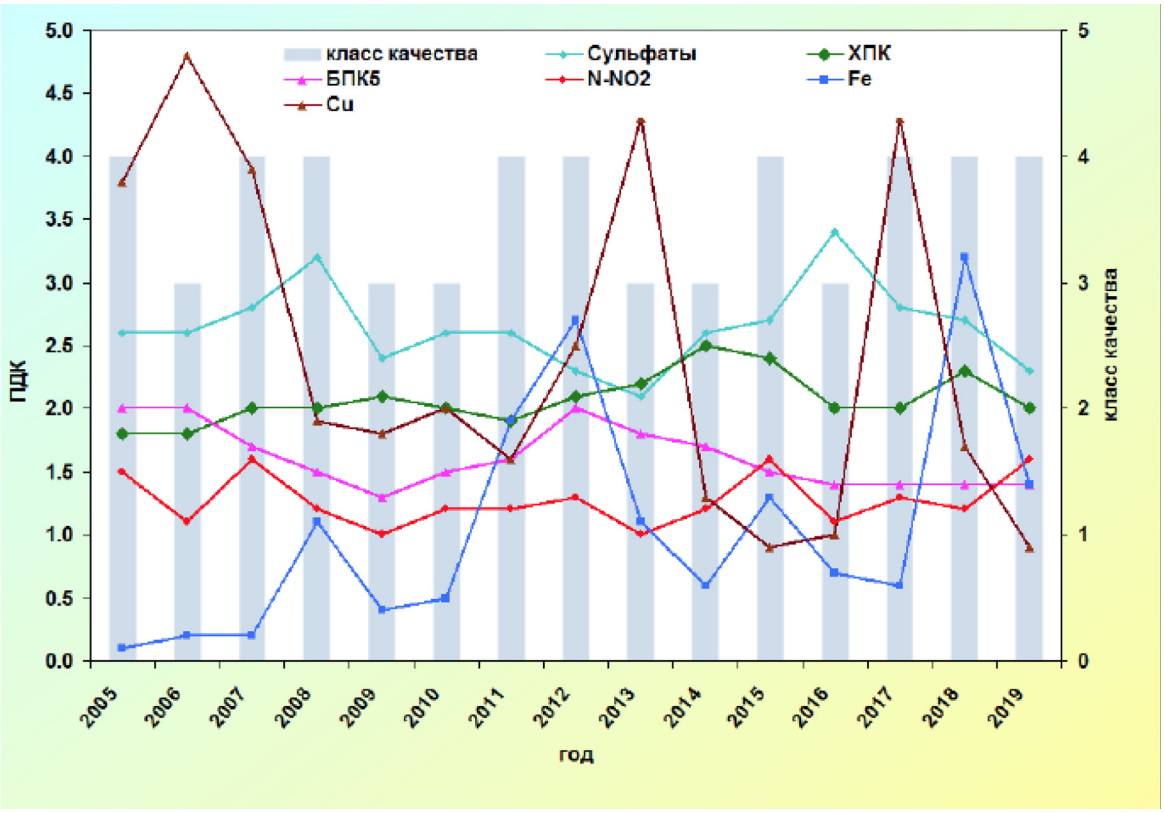


Рис. 3.44. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Дон, ниже г. Ростов-на-Дону за многолетний период

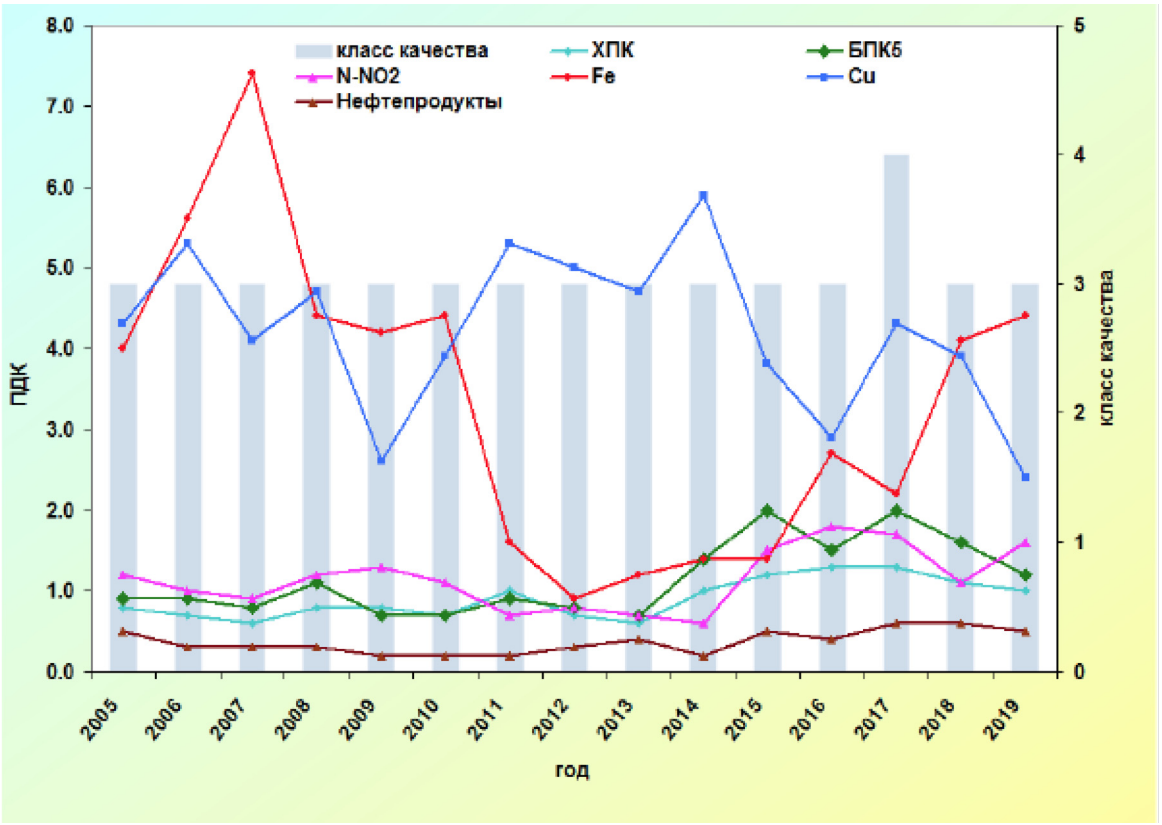


Рис. 3.45. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Кубань, 24,5 км ниже г. Краснодар за многолетний период

максимальные достигали 7 ПДК - р. Улу-Узень и 8 ПДК - р. Кача; нитритного азота от величины ниже ПДК до 2 ПДК в воде р. Таракташ (пгт Судак); органических веществ (по $БПК_5$) от значений ниже ПДК до 2 ПДК - р. Ускут (с. Приветное); органических веществ (по ХПК) от величины ниже ПДК до 3 ПДК - р. Черная (с. Хмельницкое), максимальные концентрации достигали 4, 2 и 7 ПДК соответственно. В 2019 г. понизилось качество воды рр. Кача, Черная, Дерекойка до уровня «загрязненная»; сохранилось на уровне 2018 г. и характеризовалось как «загрязненная» - рр. Ускут, Демерджи, Альма и Таракташ. Сохранилась на уровне «условно чистая» вода р. Кучук-Узенбаш (с. Многоречье), р. Биюк-Узенбаш (с. Счастливое); «слабо загрязненная» - р. Бельбек (с. Фруктовое) и р. Улу-Узень (0,2 км к СВ от с. Солнечногорское).

Как «загрязненная» оценивалась вода р. Таракташ, р. Ускут и р. Демерджи, где загрязняющими веществами были 6 ингредиентов из 12, используемых в оценке качества воды.

Характерными загрязняющими веществами воды этих рек являлись соединения меди, органические вещества (по ХПК), к которым добавлялись нитритный азот - р. Таракташ и р. Демерджи, органические вещества (по $БПК_5$) - р. Таракташ и р. Ускут, сульфаты - р. Таракташ и соединения железа - р. Ускут; среднегодовые концентрации которых колебались в пределах 1-3 ПДК, максимальные 2-6 ПДК.

В 2019 г. «условно чистой» оценивалась вода вдхр. Счастливое (с. Счастливое), «слабо загрязненной» - вдхр. Партизанское (с. Партизанское) и вдхр. Чернореченское (с. Озёрное).

Реки Крыма, впадающие в Азовское море. В течение 2016-2019 гг. вода р. Салгир, у с. Пионерское, стабильно характеризуется как «слабо загрязненная», а у с. Двуречье произошло ухудшение качества воды до уровня «грязная», где загрязняющими являлись 7 ингредиентов из 12, используемых в оценке качества воды. Наиболее характерными загрязняющими веществами являлись органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), фосфаты, соединения меди и нитритный азот, среднегодовые концентрации которых колебались в пределах 2-3 ПДК, нитритного азота - 4,5 ПДК. Критического уровня загрязненности воды достигали соединения нитритного азота, максимальная концентрация которых составляла 7 ПДК. В 2019 г. вода р. Малый Салгир характеризовалась как «загрязненная», р. Биюк-Карасу - «слабо загрязненная». В воде большинства створов наблюдался рост среднегодовой концентрации соединений меди от 1 до 3 ПДК, максимальные концентрации достигали 10 ПДК в створах г. Симферополь (р. Малый Салгир) и ниже пгт ГРЭС (р. Салгир).

В 2019 г. качество воды Феодосийского водохранилища сохранилось на уровне «загрязненная», а Симферопольского водохранилища несколько улучшилось до уровня «слабо загрязненная», за счет снижения в воде содержания органических веществ (по $БПК_5$) до значений, не превышающих ПДК. Характерными для обоих водохранилищ являлись соединения меди на уровне 2 ПДК. Качество воды Аянского водохранилища сохранилось на уровне прошлого года как «условно чистая».

Бассейн р. Обь. В 2019 г. в верхнем течении **р. Обь**, на участке от с. Фоминское до г. Каменьна-Оби (Алтайский край) качество воды по-прежнему оценивается как «загрязненная», реже - «грязная». Характерными загрязняющими веществами для этого участка реки являются органические вещества (по $БПК_5$), нефтепродукты, соединения железа, фенолы и нитритный азот.

Качество воды в среднем течении р. Обь и в Новосибирском водохранилище (Новосибирская область) характеризуется, как и в предыдущие годы «грязными» водами, за исключением «загрязненных» вод в пределах г. Колпашево. Характерными загрязняющими веществами в среднем течении р. Обь являются нефтепродукты, фенолы, соединения марганца, алюминия, в отдельных створах соединения меди и цинка.

Вода р. Обь в районе с. Александровское (Томская область) и в нижнем течении (Ханты-Мансийский АО) от г. Нижневартовск до г. Салехард - в большинстве створов с 2008 г. стабильно характеризуется как «грязная» (рис. 3.46).

На территории Ямало-Ненецкого автономного округа, в створах, расположенных в г. Салехард (4 км к западу от города и 5,1 км ниже города), качество воды характеризовалось как «грязная». В пределах нижнего течения р. Обь характерными загрязняющими веществами являются органические вещества (по ХПК), соединения меди, цинка, марганца, реже фенолы, в некоторых створах добавляются нефтепродукты и аммонийный азот. Критического уровня загрязненности воды достигали соединения марганца, железа, цинка и меди; в районе пгт Октябрьское, как и в 2017-2018 гг., наблюдался глубокий дефицит растворенного в воде кислорода, минимальное содержание которого снижалось до 1,06 мг/л.

В 2019 г. в р. Обь было зарегистрировано 9 случаев ВЗ соединениями алюминия (11-15 ПДК), 23 - соединениями марганца (31-48 ПДК), по одному случаю - соединениями цин-

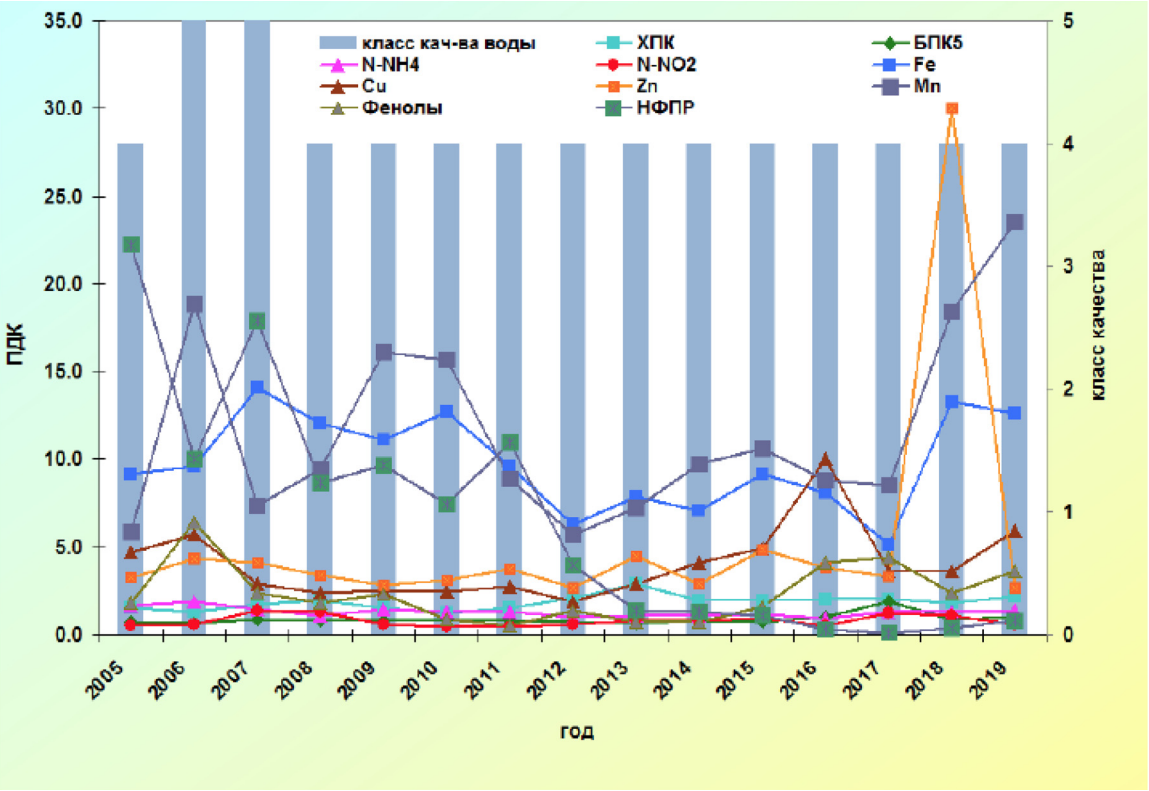


Рис. 3.46. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Обь ниже г. Салехард за многолетний период

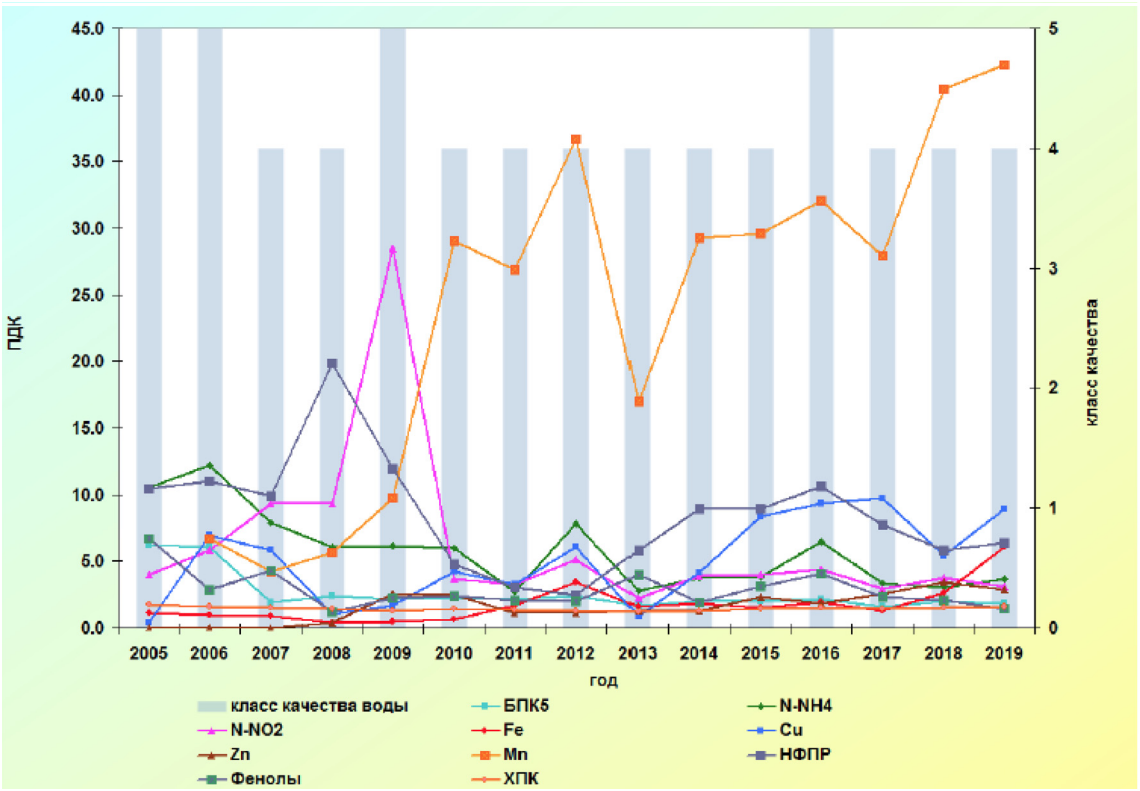


Рис. 3.47. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Каменка за многолетний период

ка (15 ПДК) и железа (31 ПДК); а также 9 случаев ЭВЗ соединениями марганца (55-160 ПДК), 1 - соединениями алюминия (54 ПДК).

Вода р. Полуй, притока Оби в нижнем течении, на протяжении многих лет характеризовалась низким качеством, оцениваемым в 2019 г. как «грязная». Сохраняется высоким уровень загрязненности воды соединениями железа (17-18 ПДК) и марганца (31-40 ПДК). Характерными загрязняющими веществами в обоих створах являлись органические вещества (по ХПК и $БПК_5$), нефтепродукты, фенолы. Повторяемость случаев превышения ПДК загрязняющими веществами изменялась от 58 до 100%. В р. Полуй в обоих створах г. Салехард наблюдался глубокий дефицит растворенного в воде кислорода, минимальное содержание которого снижалось до 1,00 мг/л, зафиксированы случаи ВЗ соединениями цинка (11-12 ПДК) и марганца (52-150 ПДК).

Как и в предыдущие годы, в 2019 г. малые реки, протекающие в районе г. Новосибирск, характеризовались высоким уровнем загрязненности. Вода рек Нижняя Ельцовка, Камышенка, Тула, Ельцовка I и Ельцовка II оценивалась как «грязная» (рис. 3.47). Критического уровня загрязненности воды во всех реках достигали соединения марганца, в отдельных реках нефтепродукты, соединения цинка, аммонийного и нитритного азота.

В р. Плющиха наблюдалась тенденция ухудшения качества воды от «грязной» до «экстремально грязной» из-за высокого уровня загрязненности воды реки соединениями марганца (60 ПДК), железа (10 ПДК), цинка (5 ПДК) алюминия (11 ПДК) и аммонийного азота (3 ПДК). Повторяемость случаев превышения ПДК составляла 58-100%. В реках Тула, Ельцовка I, Ельцовка II, Плющиха, Каменка регистрировались случаи ВЗ соединениями марганца - 51-78 ПДК.

В целом по бассейну Оби качество воды оценивалось как: «слабо загрязненная» - 8%, «загрязненная» - 35%, «грязная» - 55%, «экстремально грязная» - 2% створов.

Бассейн р. Иртыш. Ежегодно поступающая из Казахстана на территорию России вода р**. Иртыш** оценивается как «загрязненная». В 2019 г. по сравнению с предыдущим годом, в створах г. Омск качество воды несколько улучшилось до «слабо загрязненной». Ниже по течению, на территории Омской области, качество воды р. Иртыш характеризуется как «загрязненная», за исключением створа, расположенного в пределах г. Омск (0,5 км ниже впадения р. Омь), где вода оценивается как «грязная». Здесь же наблюдался глубокий дефицит растворенного в воде кислорода, минимальное содержание которого снижалось до 1,60 мг/л. На этом участке реки характерными загрязняющими веществами являются органические вещества (по ХПК), соединения меди, марганца, в некоторых створах добавляются фенолы. В 2019 г. был зарегистрирован 1 случай ВЗ соединениями меди (31 ПДК), 3 случая ЭВЗ соединениями марганца (61-87 ПДК) и 1 случай ЭВЗ альфа-ГХЦГ (7 ПДК).

В пределах Тюменской области вода р. Иртыш оценивается как «грязная». Характерными загрязняющими веществами являются: органические вещества (по ХПК), соединения меди, марганца, в отдельных створах добавляются легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$), соединения железа. Критического уровня загрязненности воды достигали соединения марганца. В 2019 г. в створах г. Тобольск было зарегистрирован 1 случай ВЗ альфа-ГХЦГ (4 ПДК), 2 случая ВЗ соединениями меди (31-32 ПДК), три случая ЭВЗ соединениями марганца (52-169 ПДК).

На территории Ханты-Мансийского автономного округа качество воды р. Иртыш характеризуется как «грязная». Критического уровня загрязненности достигали соединения железа, меди, цинка, марганца. В створах нижнего течения Иртыша зарегистрированы: 1 случай ВЗ соединениями марганца (33 ПДК), 1 случай ВЗ соединениями железа (38 ПДК).

В многолетнем плане на территории Свердловской, Курганской, Тюменской и Челябинской областей наиболее загрязненными сохраняются реки Исеть, Миасс и Пышма.

Вода **р. Исеть,** протекающая на территории Свердловской, Курганской и частично Тюменской областей, на протяжении длительного периода оценивается низким качеством как «грязная». В верхнем течении, в районе г. Екатеринбург (7 км и 19,1 км ниже) на протяжении последних 8 лет вода стабильно характеризуется как «экстремально грязная» (рис. 3.48). Критического уровня загрязненности воды достигали легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$), нитритный и аммонийный азот, соединения марганца, фосфаты, нефтепродукты. 10 из 15 ингредиентов, используемых в оценке качества воды, являлись загрязняющими. Повторяемость случаев превышения ПДК составляла 83-100%. В 2019 г. в черте с. Исетское был зарегистрирован 1 случай ВЗ нефтепродуктами (47 ПДК).

В 2019 г. качество воды **р. Миасс,** протекающей в Челябинской области оценивается как «грязная». Характерными загрязняющими веществами являются соединения марганца (7-12 ПДК),

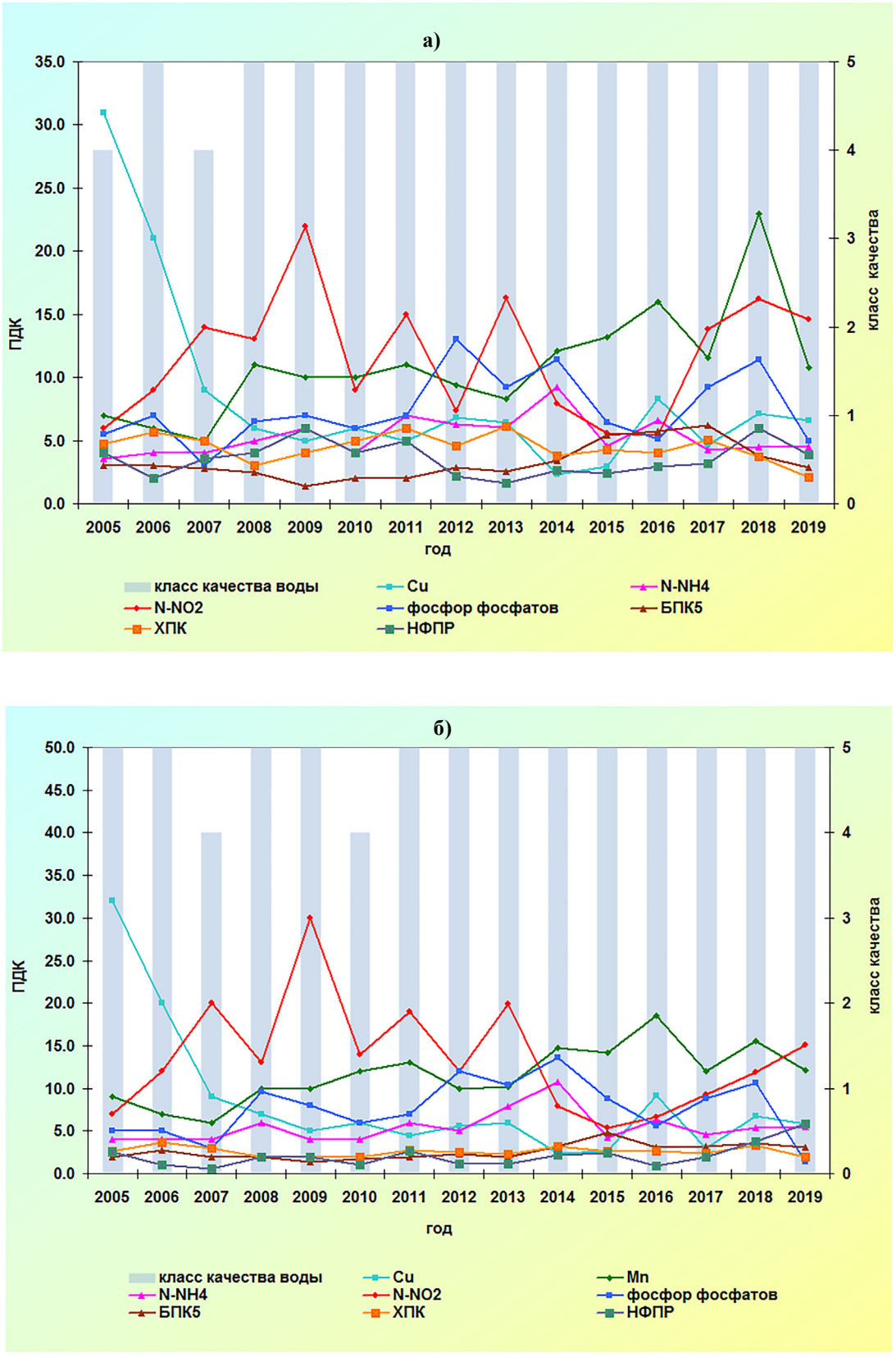


Рис. 3.48. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Исеть
а) 7 км ниже г. Екатеринбург, б) 19,1 км ниже г. Екатеринбург за многолетний период

меди (2-3 ПДК), цинка (3-4 ПДК), реже органические вещества (по ХПК), нефтепродукты. Критического уровня загрязненности воды достигали в разных створах соединения марганца, нефтепродукты, аммонийный азот. Повторяемость случаев превышения ПДК составляла 58-100%. В среднем течении, в ряде створов (в пределах Аргазинского и Шершневского водохранилищ, а также в створе выше пос. Полетаево) вода характеризовалась как «загрязненная». Критического уровня загрязненности воды достигало содержание в створе Аргазинского водохранилища (г. Карабаш) соединений меди, цинка, марганца. Наиболее загрязнена р. Миасс в пределах г. Челябинск («грязная»), где критическими показателями качества воды являлись легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$), фосфаты, соединения цинка, в створе 23 км ниже города добавлялись нефтепродукты.

В 2019 г. **р. Пышма**, протекающая преимущественно по территории Свердловской области, в многолетнем плане в фоновом и контрольном створах г. Березовский характеризуется «экстремально грязной» водой. Критическими загрязняющими веществами являлись аммонийный и нитритный азот, органические вещества (по $БПК_5$), соединения марганца, меди, цинка, никеля, фосфаты. В некоторых створах вода характеризовалась как «загрязненная» и «грязная». Критическим показателем качества воды, характерным только для нижнего течения р. Пышма, являлись соединения марганца, с повторяемостью случаев превышения ПДК 92-100%. В 2019 г. в черте пгт. Богандинский (Тюменская область) был зарегистрирован 1 случай ВЗ соединениями марганца (45 ПДК).

В целом по бассейну Иртыша качество воды оценивалось как: «слабо загрязненная» - 2%, «загрязненная» - 33%, «грязная» - 62%, «экстремально грязная» - 3% створов.

Бассейн р. Енисей. В 2019 г. качество воды **р. Енисей** в верхнем и среднем течении (на территории Республик Тыва, Хакасия и Красноярского края) в большинстве створов (84%) оценивается как «загрязненная»; в створах г. Абакан - как «слабо загрязненная». Наибольший вклад в загрязнение поверхностных вод вносят: соединения железа (до 4 ПДК), алюминия (2 ПДК), фенолы (до 3 ПДК), в створах Красноярского водохранилища (в районе р.п. Усть-Абакан) добавляются соединения кадмия, ниже по течению органические вещества (по ХПК). В нижнем течении р. Енисей, на территории Красноярского края и Таймырского автономного округа (г. Дудинка) вода характеризуется как «загрязненная» и «грязная».

В качестве воды **притоков р. Енисей** в 2019 г. изменений не произошло, вода характеризовалась от «загрязненной» (рр. Тапса, Абакан, Аскиз, Уйбат, Туим, Мана, Кызыл, Оя, Туба, Казыр, Кизир, Джебь, Кан, Рыбная, Бузим, Подкаменная Тунгуска, Елогуй, Ерачимо, Большой Аев, оз. Большое Кызыкульское) до «грязной» (рр. Кебеж, Ирба, Сыда, Кача, Уярка, оз. Шира).

В 2019 г. в бассейне р. Енисей было зарегистрировано 6 случаев ВЗ соединениями меди (31-43 ПДК), 4 - соединениями цинка (11-14 ПДК), 1 - соединениями марганца (33 ПДК).

Как и в предыдущие годы, качество воды р. Нижняя Тунгуска (2,6 км ниже пос. Тура) характеризовалось как «грязная». В 2019 г. здесь было зарегистрировано 2 случая ВЗ соединениями меди (36-43 ПДК) и 1 - соединениями цинка (14 ПДК).

Всего по бассейну р. Енисей в 2019 г. были зарегистрированы случаи ВЗ: соединениями марганца (33 ПДК) - р. Кача; меди (31-43 ПДК) - рр. Карабула, Каменка, Чадобец, Богучанское водохранилище; 1 случай ЭВЗ соединениями меди - 55 ПДК.

Сохранилось хорошее качество воды **Братского** и **Усть-Илимского водохранилищ.** Вода большинства створов **Братского** водохранилища оценивается как «условно чистая»; в створах в районе г. Братск - «слабо загрязненная»; в Усть-Илимском **водохранилище** - как «условно чистая» в пунктах Энергетик, Седаново, Шаманка, Эдучанка, в остальных пунктах - как «слабо загрязненная»; в контрольных створах с. Усть-Вихорева и п. Игирма, в обоих створах п. Суворовский - как «загрязненная».

Вода **р. Вихорева** в 2019 г. в районе г. Вихоревка характеризуется как «загрязненная»; у п. Чекановский - «слабо загрязненная»; в районе с. Кобляково – сохранилась на уровне - «грязная». Критического уровня загрязненности воды достигали: в р. Вихорева в районе с. Кобляково и в черте г. Вихоревка водорастворимый сульфатный лигнин; в районе с. Кобляково - добавлялись аммонийный азот, органические вещества (по ХПК).

В 2019 г. на территории Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района были возобновлены наблюдения за загрязнением поверхностных вод в **бассейне р. Пясина**. Качество воды рек бассейна характеризуется как «загрязненная» и «грязная». В рр. Далдыкан, Амбарная и Норильская были зарегистрированы случаи ВЗ соединениями никеля (12-36 ПДК), кадмия (3 ПДК). Вода р. Щучья (г. Норильск, мост через ул. Горная) оценивается как «загрязненная», где зафиксировано 9 случаев ВЗ соеди-

нениями никеля, 2 - соединениями кадмия и 3 случая ЭВЗ нефтепродуктами.

Бассейн р. Лена и р. Колыма. Водные объекты бассейнов рек Лена и Колыма расположены на территории Сибирского федерального округа, ведущей отраслью которого являются черная и цветная металлургия, химическая, нефтехимическая, металлообрабатывающая, электроэнергетическая и др. отрасли промышленности. На формирование поверхностных вод бассейнов рек Лена и Колыма, кроме сброса сточных вод значительное влияние оказывают болота и подземные воды.

Бассейн р. Лена. Характерными загрязняющими веществами воды р. Лены и ее бассейна на протяжении последних лет являются органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), соединения металлов: железа, меди, цинка, в отдельных створах к ним добавляются соединения марганца, фенолы, нефтепродукты. Среднегодовые концентрации большинства показателей качества в 2019 г. варьировали в пределах 1-4 ПДК. При этом максимальные концентрации были значительными и составляли: органических веществ (по ХПК) - 9 ПДК; соединений железа - 7 ПДК, меди - 15 ПДК, цинка - 10 ПДК, фенолов - 24 ПДК. Вода р. Лена, г. Якутск стабильно оценивается как «загрязненная» (рис. 3.49).

В 2019 г. в р. Лена г. Якутск по ряду ингредиентов наблюдалось превышение ПДК: органических веществ (по ХПК) - 52%; соединений марганца - 25%, цинка - 30%, железа - 32%, меди - 78%.

Вода р. Лена в районе р.п. Пеледуй оценивается как «загрязненная».

Как «грязная» характеризуется вода участка р. Лена в районе г. Олекминск, где среднегодовые концентрации составляли: органических веществ (по ХПК) и соединений меди 2 ПДК; цинка - 4 ПДК, фенолов - 5 ПДК; максимальное содержание при этом достигало 6, 4, 9, 10 ПДК соответственно; число случаев превышения ПДК которыми изменялось от 57% (органические вещества (по ХПК) и соединения меди) до 71% (соединения цинка) и 86% (фенолы).

В 2019 г. качество воды р. Лена в створах г. Киренга, с. Усть-кут, р.п. Качуг характеризуется как «слабо загрязненная».

Река Колыма. В 2019 г. качество поверхностных вод бассейна Колымы варьировало, как и в предыдущие годы от уровня «загрязненная» (р. Кулу, п. Кулу; р. Ола, п. Ола) до уровня «грязная» вода (р. Колыма, п. Усть-Среднекан; р. Оротукан п. Оротукан; р. Тенке, п. Нелькоба; р. Омчак, п. Транспортный; р. Дебин, п. Ягодное; р. Тауа, с Талок). В районе п. Среднекан вода р. Колыма характеризуется низким качеством и оценивается как «грязная» (рис. 3.50).

Характерными загрязняющими веществами воды р. Колыма и рек её бассейна являлись соединения железа, меди, цинка, нефтепродуктов, в отдельных реках соединения свинца.

В бассейне р. Колыма в различные фазы весеннего половодья ежегодно регистрируются случаи высокого и экстремально высокого уровня загрязнения воды соединениями металлов: меди, марганца, свинца; взвешенными веществами. В 2019 г. в воде р. Колыма, ниже п. Усть-Среднекан концентрации соединений свинца достигали 3 ПДК, марганца - 59 ПДК; р. Омчак, п. Транспортный соединений марганца - 36 ПДК, меди - 48 ПДК; р. Оротукан п. Оротукан соединений марганца - 45, 65, 83, 85 ПДК, свинца - 5, 6 ПДК, взвешенных веществ - 307, 391 мг/л; р. Ола, п. Ола соединений меди - 45 ПДК; р. Тауй, п. Талок соединений свинца - 3,8 ПДК, марганца - 35 ПДК, меди - 105 ПДК; р. Тенке, п. Нелькоба взвешенных веществ - 203 мг/л, соединений свинца - 7,5 ПДК; меди - 54 ПДК; р. Кулу, п. Кулу взвешенных веществ - 280 мг/л.

Бассейн р. Амур. Качество поверхностных вод бассейна р. Амур и его притоков формируется в существенно различающихся по территории бассейна природных условиях. Антропогенная нагрузка, включающая влияние рудоносных и коллекторно-дренажных вод, сточных вод золото- и угледобывающих предприятий, промышленных центров и др., распределена по бассейну неравномерно.

Последние годы сохраняется тенденция к стабилизации и снижению загрязненности воды большинства водных объектов в бассейне р. Амур. В 2019 г. увеличилось количество створов, в которых вода характеризовалась как «загрязненная», несколько реже фиксировались створы, вода в которых оценивалась как «грязная» и лишь в единичных створах как «экстремально грязная».

К наиболее характерным загрязняющим веществам бассейна в 2019 г. относились соединения алюминия, железа, марганца, меди и органические вещества (по ХПК), превышение ПДК которыми наблюдали в 82, 80, 69, 64 и 71% проб соответственно.

Река Амур. В последние десятилетие наблюдается снижение содержания соединений металлов в большинстве створов наблюдений. Многолетняя динамика уровня загрязненности р. Амур в районе г. Амурск основными загрязняющими веществами показана на рис. 3.51.

Качество воды р. Амур практически по всему течению стабилизировалась, начиная с 2011 г.,

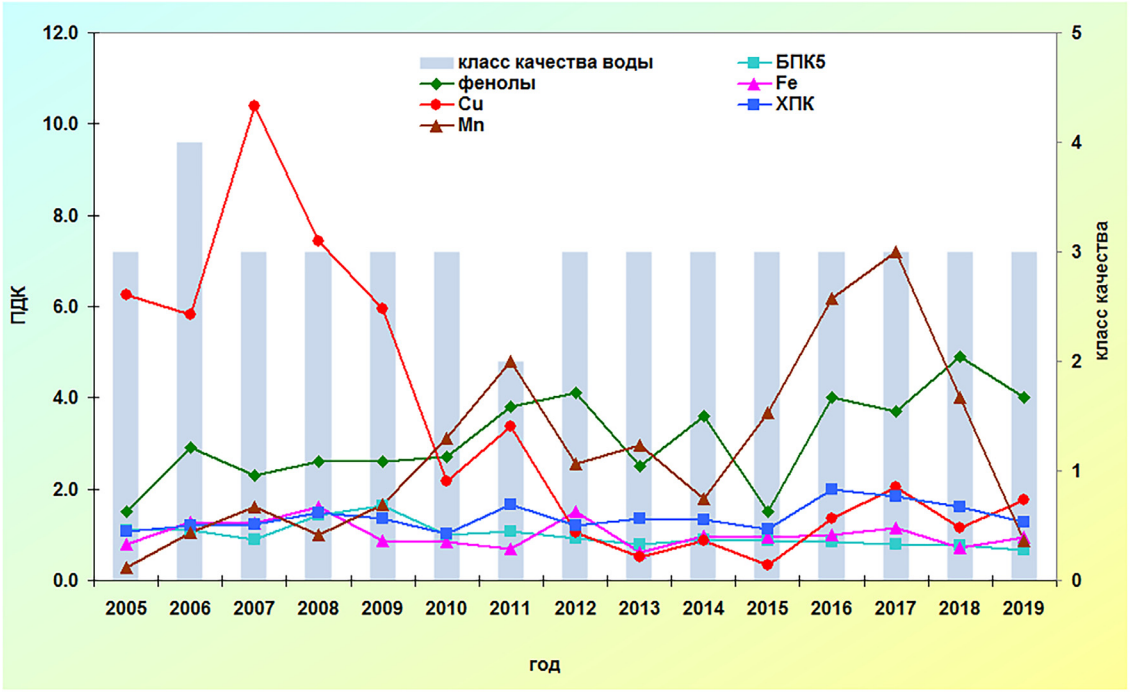


Рис. 3.49. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Лена, г. Якутск за многолетний период

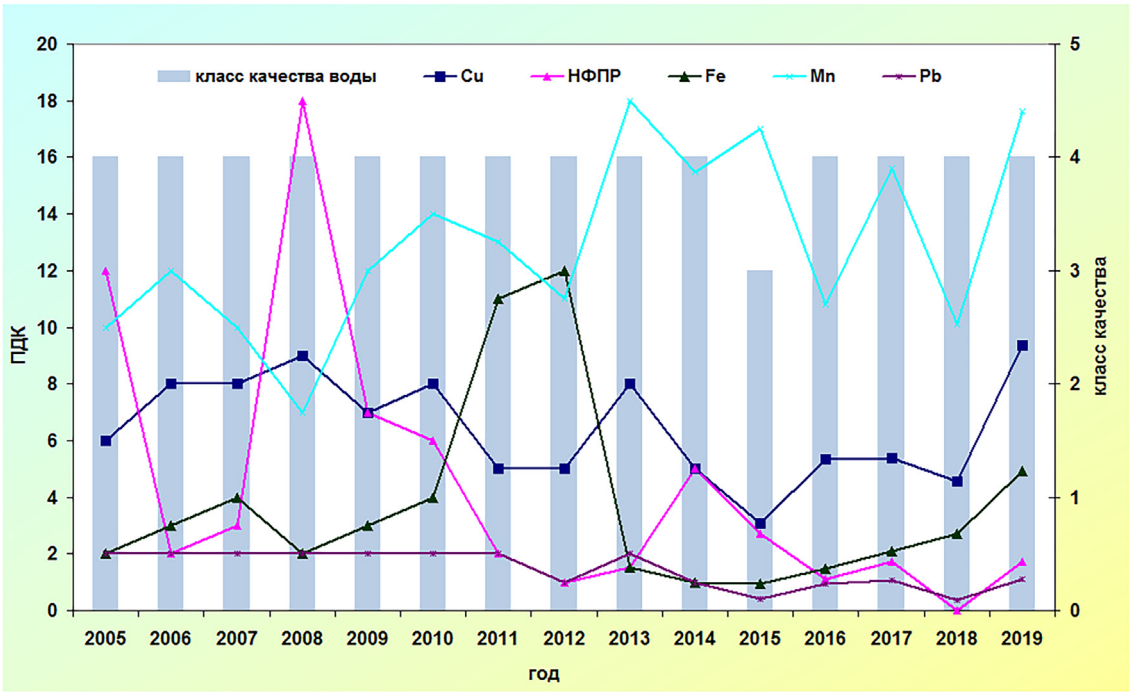


Рис. 3.50. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Колыма, п. Усть-Среднекан за многолетний период

на уровне «загрязненная». Максимальные концентрации наиболее характерных загрязняющих веществ не превышали соединений железа 11 ПДК, алюминия - 16 ПДК, марганца - 18 ПДК, меди достигали в контрольном створе 7 км ниже г. Николаевск-на-Амуре в единичной пробе уровня высокого загрязнения 37 ПДК.

В 2019 г. качество воды **р. Чита** (приток р. Ингода в ее среднем течении) в створе 0,2 км выше устья, где осуществляется сброс сточных вод, г. Чита характеризовалось как «грязная», что обусловлено высоким содержанием нитритного азота, максимальная концентрация которого достигала 25 ПДК, среднегодовая превышала ПДК в 5 раз.

Река Березовая в Хабаровском крае на участке ниже с. Федоровка относится к малым водным объектам с хроническим высоким уровнем загрязненности воды. В 2019 г. вода по-прежнему характеризовалась как «грязная». Критического уровня достигала загрязненность воды р. Березовая в пункте ниже с. Федоровка нитритным азотом и соединениями алюминия, максимальные концентрации которых достигали уровня высокого загрязнения и составляли 13 и 11 ПДК соответственно.

Река Черная ниже с. Сергеевка многие годы находится под влиянием сбросов сточных вод предприятиями ЖКХ г. Хабаровск. В 2019 г. загрязненность воды реки несколько снизилась, вода из «экстремально грязная» перешла в категорию «грязная». По-прежнему «экстремально высокой» сохранилась загрязненность воды р. Черная аммонийным азотом, среднегодовая концентрация которого достигала 6 ПДК, а максимальная - 26 ПДК.

Вода **р. Дачная** в бассейне р. Уссури в зоне влияния г. Арсеньев на протяжении многолетнего периода оценивается как «экстремально грязная», что связано с высокой загрязненностью органическими веществами по $БПК_5$ до 23,1 мг/л. Загрязняющими веществами являлись 11 из 17 наблюдаемых ингредиентов (рис. 3.52).

В целом, в бассейне р. Уссури в 2019 г. превалировали «загрязненные» воды, несколько реже «грязные».

Бассейн Японского моря

Степень загрязненности рек бассейна Японского моря отличается значительной контрастностью. В 2019 г. в бассейне фиксировались водные объекты от «слабо загрязненная» вода (верхнее течение р. Рудная, р. Постышевка и др.) до «грязная» (р. Кневичанка, ниже сброса сточных вод предприятий г. Артем).

В 2019 г. в бассейне преобладали «загрязненные» (42,5% створов) и «грязные» (36,5% створов) поверхностные воды. Загрязняющие вещества в зависимости от створа находились в широком интервале от 4 до 13 ингредиентов. В р. Рудная на участке 1 км ниже р.п. Краснореченский и 1 км выше п. Горелое, как и в прошлом году, была зафиксирована очень высокая загрязненность воды соединениями цинка, в среднем 59 и 17 ПДК. Концентрации соединений кадмия достигали 4 и 2 ПДК, соединений марганца (в створе 1 км ниже р.п. Краснореченский) - 49 ПДК.

Качество воды р. Кневичанка в створе 1 км ниже г. Артем, как и в предыдущие годы, характеризовалось «грязной» водой, где критического уровня загрязненности достигали нитритный и аммонийный азот. Максимальные концентрации нитритного азота достигали 12 ПДК, соединений железа - 16 ПДК, органических веществ (по $БПК_5$) - 9,40 мг/л, минерализации - 5041 мг/л.

Реки Комаровка и Раковка, которые находятся в зоне влияния г. Уссурийск, по-прежнему характеризуются «загрязненной» водой. 11-12 ингредиентов из 15, используемых в оценке качества воды, являлись загрязняющими. В отдельных пробах р. Раковка и р. Комаровка значения $БПК_5$ воды составляли 5,90 и 5,20 мг/л, концентрации в воде АСПАВ достигали 6 и 7 ПДК.

Реки о. Сахалин. В 2019 г. вода 72,5% створов в Сахалинской области характеризовалась как «загрязненная».

Характерными загрязняющими веществами поверхностных вод острова являются соединения железа, меди и марганца, повторяемость превышения ПДК, которыми в 2019 г. достигала 73, 71, и 70% соответственно. В 47% проб регистрировались случаи загрязненности речной воды органическими веществами (по ХПК).

В целом для рек о. Сахалин среднегодовые значения концентраций составляли: соединений железа - 4 ПДК, меди и марганца - 3 ПДК. Максимальные разовые концентрации соединений железа достигали 17-27 ПДК - в р. Охинка в пункте г. Оха, р. Бирюкан в черте п. Восточный, р. Черная в черте г. Поронайск, р. Пугачевка, выше п. Пугачево, р. Рогатка, выше г. Южно-Сахалинск; соединений меди - 23 ПДК - в р. Вал, единичной пробе в р. Охинка - 54 ПДК, соединений марганца - 27 ПДК в отдельных пробах в воде р. Красная, р. Найба, р. Сусуя. В р. Охинка в пункте г. Оха в 2019 г., как и в предыдущие десятилетия, фиксировалась экстремально высокая загрязненность воды нефтепродуктами до 416 ПДК при среднегодовом значении 89 ПДК.

Реки полуострова Камчатка. В течение 2010-2019 гг. качество воды большинства наблюдаемых рек полуострова Камчатка харак-

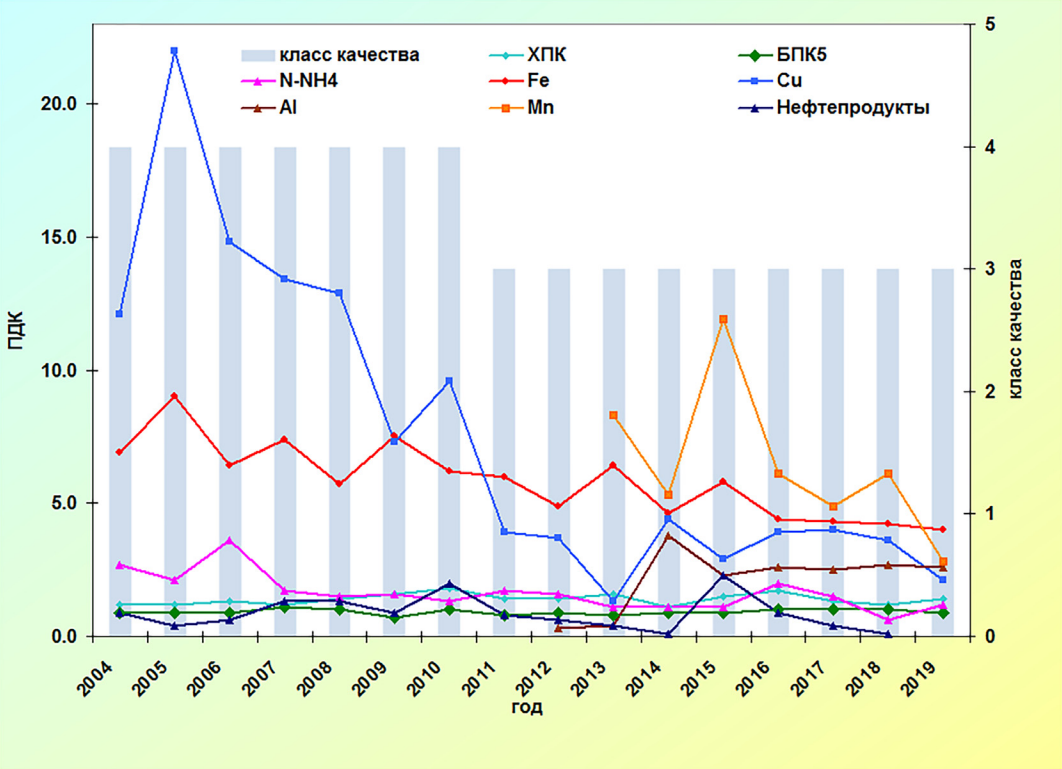


Рис. 3.51. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Амур, в пункте г. Амурск за многолетний период

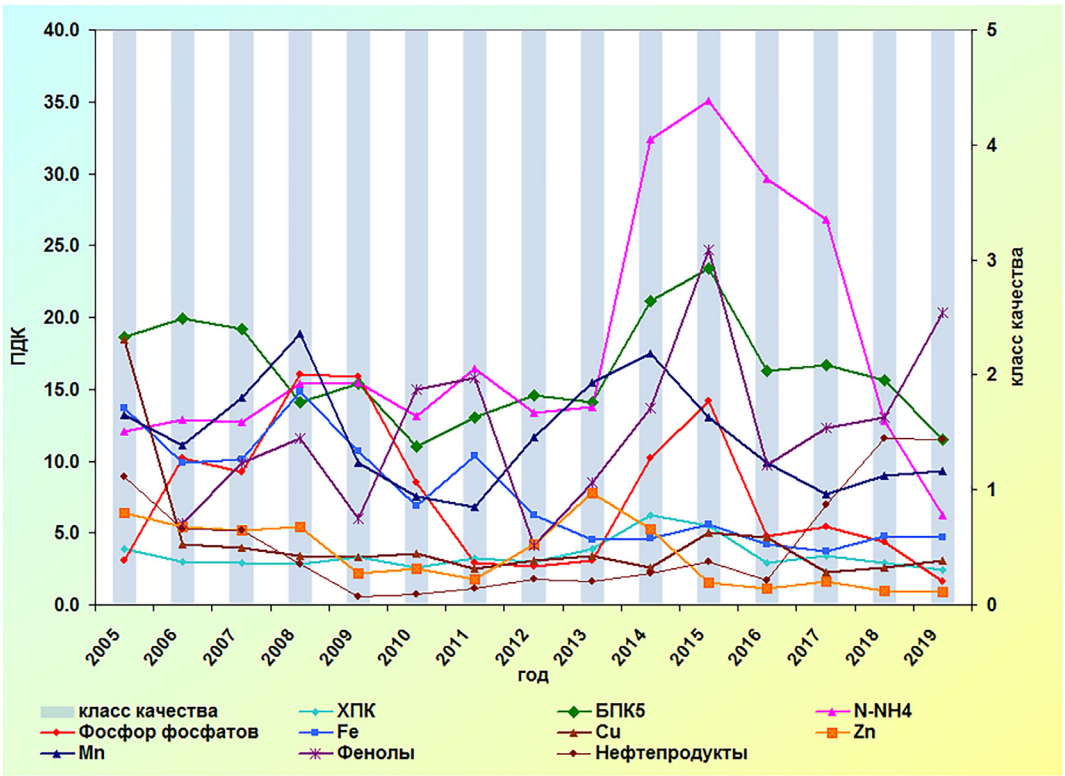


Рис. 3.52. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Дачная, в черте г. Арсеньев за многолетний период

теризовалось как «загрязненная». Характерными загрязняющими веществами являются нефтепродукты. Наиболее загрязнена нефтепродуктами вода в бассейнах р. Камчатка и р. Озерная, от 2 ПДК в реках 1-я Мутная, Ключевка, Плотникова, Красная и др. до уровня экстремально высокого загрязнения водных объектов бассейна р. Озерная.

В 2019 г. в реках Авача, 1-я Мутная, Паратунка, Быстрая и др., а также в р. Камчатка на участке от п. Козыревск до устья фиксировались случаи высокого загрязнения воды фенолами.

Для рек полуострова характерными загрязняющими веществами на протяжении многих лет сохраняются соединения меди.

Уровень загрязненности поверхностных вод на территории Федеральных округов Российской Федерации и входящих в них субъектов Федерации (скорректированные данные за 2018 г.)

Промышленные предприятия, сбрасывающие в водные объекты неочищенные или недостаточно-очищенные сточные воды, содержащие огромное количество загрязняющих веществ различной степени токсичности, создают антропогенную нагрузку на качество водных объектов страны.

В **Центральном федеральном округе (ЦФО)** сохраняется напряженная экологическая ситуация на водных объектах Владимирской, Московской, Рязанской, Тульской областей, качество воды оценивается как «грязная», составляющих соответственно 76,5; 56,7; 40; 71,4% створов. Качество воды большинства водных объектов (53-96% створов) Белгородской, Брянской, Воронежской, Ивановской, Калужской, Костромской, Липецкой, Орловской, Рязанской, Смоленской, Тамбовской, Тверской, Ярославской областей оценивается как «загрязненная». «Экстремально-грязной» водой характеризуются 3% створов: р. Воймега, Московской обл.; р. Ундолка, Владимирской обл.

В **Северо-Западном федеральном округе (СЗФО)** в многолетнем плане большинство водных объектов характеризуются «загрязненными» водами. Наиболее высоким уровнем загрязненности воды оцениваются водные объекты Вологодской области: 72,2% - «грязные», 2,8% - «экстремально грязные» (р. Пельшма, г. Сокол). Малые реки Мурманской области стабильно оцениваются низким качеством воды: 1,7% створов - «экстремально грязные».

В **Южном федеральном округе (ЮФО)** водные объекты Астраханской и Ростовской областей (90,9 и 79,7% соответственно) характеризуются как «грязные». Удовлетворительным качеством воды характеризуется большинство водных объектов Республики Адыгея, Краснодарского края и Волгоградской области, хорошим качеством оцениваются водотоки и водоёмы Республики Крым, где 23,1% створов - «условно чистые», а 30,8% - «слабо загрязненные».

Наименее загрязнены водные объекты **Северо-Кавказского федерального округа (СКФО).** Большинство створов на водных объектах Дагестана (60%) и Кабардино-Балкарской Республики (71,4%) оцениваются как «загрязненные».

Для поверхностных вод Республики Северная Осетия-Алания характерен широкий диапазон качества воды от «условно чистой» (47,1%), «слабо загрязненной» (17,7%), «загрязненной» (11,8%) до «грязной» (23,5%); Ставропольского края - от «слабо загрязненной» (27,8%) до «экстремально грязной» (5,5%).

На территории **Приволжского федерального округа (ПФО)** качество вод большинства водных объектов оценивалось как «загрязненная», составляющие в Республиках: Башкортостан - 75%, Марий Эл - 66,7%, Мордовия - 60%, Татарстан - 80%, Удмуртской - 84,6%, Чувашской - 100%; Пермском крае - 93,3%; в областях: Кировской - 89,7%, Нижегородской - 49,5%, Оренбургской - 87,5%, Пензенской - 72,7%, Самарской - 51,5%, Саратовской - 76,9%, Ульяновской - 92,9%. Водные объекты с «грязной» водой составляли в Республиках Башкортостан - 13,5%, Марий Эл - 33,3%, Мордовия - 40%, Татарстан - 20%, Удмуртской - 15,4%; Пермского края - 6,7%; областей: Нижегородской - 20,5%, Оренбургской - 8,34%, Пензенской - 27,3%, Самарской - 48,5%, Саратовской - 23,1%, Ульяновской - 7,10% створов.

Уральский федеральный округ (УФО) в многолетнем плане характеризуется наиболее высоким уровнем загрязненности поверхностных вод. Все водные объекты, расположенные на территории Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов, а также Курганской (93%), Свердловской (69%), Тюменской (78%), Челябинской (53%) областей в многолетнем плане оцениваются как «грязные». В Свердловской области 5% водных объектов: р. Исеть 7 и 10 км ниже г. Екатеринбург; р. Пышма, 13,1 выше и 2,6 км ниже г. Березовский оцениваются как «экстремально грязные».

В **Сибирском федеральном округе (СФО)** как «грязные» оцениваются поверхностные воды Новосибирской – 82% и Томской – 68% областей. Большинство водных объектов Республик: Тыва (67%), Хакасия (65%); краёв: Алтайского (68%), Красноярского (81%); областей: Кемеровской (72%), Омской (75%) характеризуются «загрязненной» водой. «Условно чистыми» или «слабо загрязненными» водами оцениваются поверх-

ностные воды на территории Республик: Алтай (66%) и Хакасия (25%), а также областей: Иркутской (84%) и Кемеровской (18%).

На территории **Дальневосточного федерального округа (ДФО)** как «грязные» оцениваются поверхностные воды в Приморском и Хабаровском краях, а также в Сахалинской области, «экстремально грязными» являются соответственно 2,2, 2,0, 2,5% створов. Качество вод большинства водных объектов оценивалось как «загрязненная», составляющие в Республиках: Бурятия – 69%, Саха (Якути) – 85,4%; краев: Забайкальского - 75% и Камчатского – 89,7%; Еврейской автономной области - 61,5%; областей: Магаданской – 67,9% и Сахалинской – 65% створов.

3.3.2. Гидробиологическая оценка состояния пресноводных объектов

Гидробиологические наблюдения за состоянием пресноводных экосистем проводятся по основным экологическим показателям: фитопланктона, зоопланктона, перифитона и зообентоса. Каждый из них наблюдается по ряду параметров, позволяющих получать информацию о количественном и качественном составе экосистем поверхностных вод различных регионов России.

По данным наблюдений рассчитываются обобщенные гидробиологические индексы, на основе которых проводится оценка качества вод по пятибалльной шкале: от 1-го класса - «условно чистые» до 5-го класса - «экстремально грязные».

Влияние загрязнения на водные объекты можно выразить также через категории экологических градаций, в которых могут находиться экосистемы. При этом по мере роста нагрузки загрязнения на водную среду наблюдается последовательное изменение состояния водных экосистем. В зависимости от нагрузки на водную среду, различают следующие последовательные градации состояния экосистем:

- экологическое благополучие;
- антропогенное экологическое напряжение;
- антропогенный экологический регресс;
- антропогенный метаболический регресс.

Применение при оценке качества поверхностных вод различных подходов - по шкале качества вод и категории экологических градаций состояния экосистем дает возможность объективно оценивать состояние водных объектов суши.

Оценка состояния пресноводных экосистем по гидробиологическим показателям в 2019 г. проведена на 123 водных объекта, в 202 гидробиологических пунктах и 300 створах. Наблюдения за состоянием поверхностных вод суши по гидробиологическим показателям в 2019 г. осуществлялись в 17 субъектах Российской Федерации, в том числе в 9 областях (Амурская, Астраханская, Иркутская, Ленинградская, Псковская, Мурманская, Нижегородская, Самарская, Еврейская АО), в Республиках Бурятия, Карелия, Татарстан, Саха (Якутия), в Забайкальском, Красноярском и Хабаровском краях, а также в г. Санкт-Петербург.

Основными объектами наблюдения являлись: каскад водохранилищ на р. Волга, реки Лена, Енисей, Ангара, Амур и Селенга, водные объекты городов: Санкт-Петербург, Казань, Астрахань, Тольятти, Мурманск, Красноярск, Чита, Самара, Нижний Новгород и Петрозаводск, а также трансграничные водные объекты: Псковское и Чудское озера, реки Паз и Амур.

В 2019 г. прослеживаются следующие изменения в состоянии и загрязнении водных объектов по гидрографическим регионам.

Баренцевский гидрографический район. Качество вод большинства водных объектов региона на протяжении 2008-2019 гг. сохранялось неизменным и варьировалось от «условно чистых» до «слабо загрязненных» с межгодовыми колебаниями в пределах класса качества.

В 2019 г. по показателям фитопланктона, зоопланктона и макрозообентоса воды рек Нота, Вите, Нива, Вува соответствовали «условно чистым» и «слабо загрязненным» водам. Воды озера Чунозеро и р. Лотта по показателям фитопланктона и зоопланктона характеризовались как «условно чистые» и «слабо загрязненные», по характеристикам зообентоса - как «грязные».

Биоценозы рек Патсо-Йоки, Колос-Йоки, Нама-Йоки, Луоттн-Йоки, Печенга, Акким, Лотта, Кола, Кица; Верхнетуломского водохранилища и озер Имандра, Большое, Семеновское, Ледовое, Колозеро характеризовались «слабо загрязненными» водами в поверхностных слоях, придонные горизонты этих водных объектов по характеристикам зообентоса относились к «загрязненным» и «экстремально грязным». Экосистемы этих водных объектов находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения. В характеристике придонного слоя Протоки Сальми-Ярви наметилась тенденция к улучшению ее качества, так в 2019 г. ее воды соответствовали «слабо загрязненным», в то время как в предыдущем году охарактеризованы «грязными». Воды реки Роста по показателям фитопланктона и зоопланктона соответствовали «загрязненным», по характеристикам макрозообентоса - «грязным». Экосистема реки испытывает антропогенный экологический регресс.

Балтийский гидрографический район. Наиболее загрязненным водоемом района по показателям зообентоса является Петрозаводская губа Онежского озера, вода придонного слоя которой в 2018-2019 гг. характеризовалась как «загрязненная» (в 2017 г. - «грязная»). Онежское озеро относится к ксенотрофным водоемам, в которых фактически отсутствуют отложения органического вещества в осадках, что не позволяет полноценно развиваться фауне макрозообентоса. По показателям фитопланктона качество вод Чудского и Псковского озер улучшилось от «слабо загрязненных» до «условно чистых», аналогичная тенденция отмечена в классе качества поверхностного слоя Онежского озера по показателям зоопланктона. По показателям зоопланктона качество вод Чудского и Псковского озер сохраняется неизменным и соответствует «слабо загрязненным» (2015-2019 гг.).

В 2019 г. качество вод рек Неглинка, Шуя и Лососинка (в районе г. Петрозаводск) - водотоков, питающих Онежское озеро, сохранялось на уровне «слабо загрязненных».

Каспийский гидрографический район. Наблюдения проводились на каскаде водохранилищ р. Волга и ее крупных притоках. По показателям фитопланктона воды Горьковского и Чебоксарского водохранилищ в 2017-2019 гг. характеризовались как «слабо загрязненные».

Воды Саратовского и Куйбышевского водохранилищ по показателям фитопланктона, зоопланктона и перифитона в 2017-2019 гг. оценивались как «слабо загрязненные». Придонные слои воды, оцениваемые по показателям зообентоса, в 2019 г. отразили изменение качества вод в отдельных створах. Так, в створах Саратовского водохранилища в районе г. Тольятти качество вод улучшилось от «загрязненных» в 2018 г. до «слабо загрязненных» в 2019 г. Улучшение качества вод по показателям зообентоса было отмечено на реках Кондурча, Чагра, Самара, Кривуша, Сок, Большой Кинель и Зай. Ухудшение качества вод - на реке Чапаевка: по показателям зообентоса было отмечено в створе Куйбышевского водохранилища в районе г. Зеленодольск от «слабо загрязненных» в 2018 г. до «загрязненных» в 2019 г.

Качество вод в районе г. Астрахань в 2017-2019 гг. по показателям состояния фитопланктона не изменилось. Воды рукавов Камызяк, Бузан, Кривая Болда, Кигач, Ахтуба характеризуются как «слабо загрязненные». Качество вод по показателям состояния зообентоса соответствует «загрязненным».

В целом значительных изменений состояния рассмотренных водных экосистем не произошло. Состояние экосистем Волжского каскада водохранилищ характеризовалось как антропогенное экологическое напряжение с элементами экологического регресса.

Карский гидрографический район. В период 2015-2019 гг. по состоянию зоопланктона, зообентоса и перифитона воды р. Енисей (в районе г. Красноярска) и р. Березовка характеризовались как «слабо загрязненные».

По показателям зоопланктона и перифитона воды р. Енисей в районе г. Дивногорск в 2018-2019 гг. соответствовали «слабо загрязненным», а по показателям макрозообентоса - «загрязненным».

Воды устьевых участков рек Мана, Базаиха и Есауловка в 2015-2019 гг. по показателям зообентоса характеризовались как «условно чистые», а по показателям зоопланктона и перифитона - как «слабо загрязненные». В фоновом сегменте воды р. Базаиха по показателям зоопланктона и перифитона характеризовались как «слабо загрязненные», по показателям зообентоса – как «условно чистые». В реке Березовка качество вод по всем наблюдаемым показателям сохранилось и соответствовало «слабо загрязненным» в 2018-2019 гг.

По показателям зообентоса наиболее загрязненным водным объектом данного гидрографического района является р. Кача: ее воды в придонном слое характеризовались как «грязные». По показателям перифитона и зоопланктона сохраняются «слабо загрязненными». Изменений в состоянии экосистемы в 2015-2019 гг. не было выявлено.

В 2019 гг. воды Иркутского и Братского водохранилищ в поверхностном слое по показателям фитопланктона характеризовались как «слабо загрязненные», по показателям зоопланктона - как «условно чистые». Качество вод р. Ангара в районе городов Иркутск и Ангарск по всем наблюдаемым показателям сохранилось на прежнем уровне, поверхностный слой по показателям зоопланктона характеризовался как «условно чистые», по состоянию фитопланктона в придонном слое и зообентоса - как «слабо загрязненные».

Изменений в состоянии экосистем Иркутского и Братского водохранилищ, а также р. Ангары в 2014-2019 гг. не было выявлено.

В 2017-2019 гг. наблюдалось ухудшение качества вод р. Джида по показателям зоопланктона от «условно чистых» до «слабо загрязненных», для реки Большая речка по показателям зообентоса от «условно чистых» до «слабо загрязненных». Аналогичная динамика отмечена на р. Турка по показателям зоопланктона и зообентоса. Противоположная динамика (от «слабо загрязненных» вод до «условно чистых») зареги-

стрирована на р. Уда по показателям зообентоса и фитопланктона.

В целом состояние биоценозов большинства водоемов и водотоков данного гидрографического района сохраняется без существенных изменений качества воды, варьируя в пределах класса и сложившегося состояния экологической обстановки - от экологического благополучия до экологического регресса. Выявлены положительные тенденции изменения качества вод на реках Тыя, Турка и состояния экосистем ряда притоков р. Енисей — Березовка, Есауловка и Базаиха.

Восточно-Сибирский гидрографический район. В 2019 г. наиболее загрязненными водными объектам района являлись залив Неелова и р. Лена на двух наблюдаемых пунктах. Качество вод р. Лена на всем протяжении было однородным: придонные воды характеризовались как «загрязненные», поверхностный слой - «слабо загрязненные», аналогичная ситуация была характерна для вод залива Неелова. В 2019 г. качество придонного слоя залива улучшилось от «грязных» до «загрязненных». Качество вод реки Лена снизилось в районе пос. Кюсюр от «условно чистых» до «загрязненных» по показателям зообентоса, а в районе станции Хабарова - от «слабо загрязненных» до «загрязненных».

На р. Копчик-Юрэгэ качество воды по показателям фитопланктона характеризовалось как «слабо загрязненные», по показателям зообентоса - ухудшилось от «условно чистых» до «слабо загрязненных». В оз. Мелкое состояние экосистемы не изменилось, воды в поверхностном и придонном слоях характеризовались как «слабо загрязненные» (поверхностный слой в 2018 г. - «условно чистые»). Состояние экосистем соответствует экологическому благополучию с элементами антропогенного напряжения.

Состояние водных экосистем р. Лена и залива Неелова соответствовало экологическому антропогенному напряжению и экологическому регрессу соответственно.

Тихоокеанский гидрографический район. В 2019 г. качество вод р. Амур от г. Благовещенск до г. Николаевск-на-Амуре по состоянию зоопланктона не изменилось: вода оценивалась как «условно чистая» в сворах, выше городов и как «слабо загрязненная» в створах, расположенных по течению ниже городов.

На протяжении многих лет воды Зейского водохранилища, рек Тунгуски, Ивановки и Чирки, а также протоки Амурской по показателям зоопланктона относятся к «условно чистым» - «слабо загрязненным».

Воды р. Зея по состоянию зоопланктона оцениваются как «условно чистые» выше г. Зея и как «слабо загрязненные» в черте города. Качество вод р. Зея во всех створах у г. Благовещенск незначительно ухудшилось и соответствовало «слабо загрязненным».

Качество вод р. Сита по показателям фитопланктона не изменилось, воды реки характеризуются как «слабо загрязненные».

В 2019 г. водные экосистемы бассейна р. Амур по показателям фитопланктона и зоопланктона находились в состоянии экологического благополучия с элементами антропогенного экологического напряжения.

3.3.3. Водные объекты с наибольшими уровнями загрязнения, аварийные ситуации

В 2019 г. экстремально высокие уровни загрязнения (ЭВЗ[1)]) поверхностных пресных вод на территории Российской Федерации отмечались на 141 водном объекте в 734 случаях (в 2018 г. - на 133 водных объектах в 631 случае), высокие уровни загрязнения (ВЗ[2)]) - на 346 водных объектах в 2361 случае (в 2018 г. - на 312 водных объектах в 2112 случаях). Всего в 2019 г. было зарегистрировано 3095 случаев ЭВЗ и ВЗ по 37 загрязняющим веществам и показателям качества воды. Следует отметить, что в течение периода 2010-2019 гг. суммарное количество случаев ВЗ и ЭВЗ практически не менялось: отклонение годового значения показателя от среднего за 10 лет не превышало 6% (рис. 3.53).

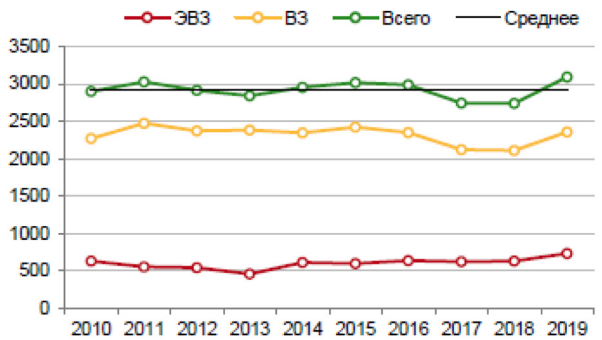


Рис. 3.53. Динамика количества случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод суши на территории Российской Федерации

1) *Экстремально высокое загрязнение поверхностных вод – уровень загрязнения, превышающий ПДК в 5 и более раз для веществ 1 и 2 классов опасности и в 50 и более раз для веществ 3 и 4 классов*

2) *Высокое загрязнение поверхностных вод – уровень загрязнения, превышающий ПДК в 3-5 раз для веществ 1 и 2 классов опасности, в 10-50 раз для веществ 3 и 4 классов, в 30-50 раз для нефтепродуктов, фенолов, ионов марганца, меди и железа*

Анализ внутригодового распределения количества случаев ВЗ и ЭВЗ за 10-летний период показал, что их максимум приходится на апрель-май (рис. 3.54). Как и в 2017-2018 гг., в 2019 г. суммарное количество ВЗ и ЭВЗ достигло максимума в мае, однако максимум ЭВЗ (91 случай, из них 55 - соединениями марганца) пришелся на март.

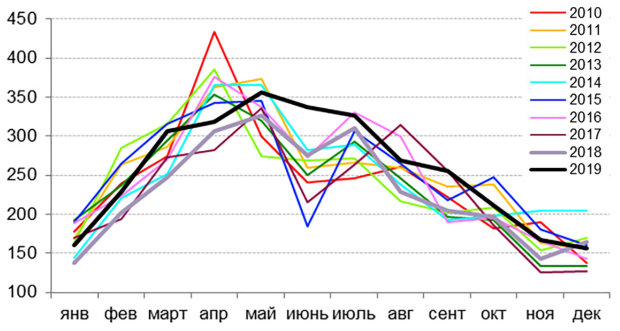


Рис. 3.54. Динамика внутригодового распределения количества случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод суши на территории Российской Федерации за период 2010-2019 гг.

Как и в предыдущие годы, максимальную нагрузку от загрязнения испытывали бассейны рек Волга, Обь и Амур, на долю которых в 2019 г. приходился 71% всех случаев ВЗ и ЭВЗ (рис. 3.55). По сравнению с прошлым годом в бассейне р. Волга суммарное количество случаев ВЗ и ЭВЗ выросло на 15%; в бассейне р. Амур - снизилось на 28%; в бассейне р. Обь данный показатель остался практически неизменным. В табл. 3.12 приведено количество случаев ВЗ и ЭВЗ, зарегистрированных в 2019 г. в бассейнах рек Российской Федерации. В течение последних 5 лет отмечался резкий рост количества случав ЭВЗ в бассейне р. Днепр в связи неэффективной работой очистных сооружений на р. Вязьма (левом притоке р. Днепр) в районе г. Вязьма.

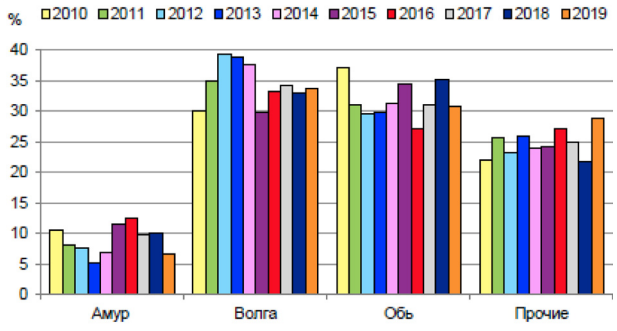


Рис. 3.55. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по бассейнам рек (в % от общего количества случаев за год на территории Российской Федерации) за период 2010-2019 гг.

В 2019 г. ВЗ и ЭВЗ поверхностных пресных вод было зафиксировано в 55 субъектах[3)] Российской Федерации. Наибольшее суммарное количество случаев ВЗ и ЭВЗ (свыше 100) было отмечено на водных объектах в 10 регионах: Свердловской, Московской, Нижегородской, Мурманской, Смоленской, Челябинской, Новосибирской и Тульской областях, Хабаровском крае, Ямало-Ненецкого автономном округе, что в совокупности составило 62% случаев ВЗ и ЭВЗ в стране (рис. 3.56). В 8 субъектах было зарегистрировано от 50 до 100 случаев ВЗ и ЭВЗ, в 18 - от 10 до 50, в 19 - менее 10. На протяжении последних десяти лет на Свердловскую область приходилось наибольшее среди субъектов Российской Федерации количество случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных пресных вод, тем не менее, по сравнению с 2015 г., когда был достигнут максимум за период 2010-2019 гг., этот показатель сократился - на 27%.

По сравнению с предыдущим годом в 2019 г. в Кировской и Иркутской областях суммарное количество случаев ВЗ и ЭВЗ увеличилось в 2 раза и составило 97 и 89 случаев соответственно, в Тульской области - в 3 раза (100 случаев), в Республике Коми - в 4 раза (26), в Республике Бурятия - в 5 раз (23), Псковской области - в 6 раз (28), Красноярском крае - в 7 раз (51), в Камчатском крае - в 21 раз (42). С 2014 г. продолжает наблюдаться устойчивый тренд роста количества случаев загрязнения водных объектов Смоленской области. В Ханты-Мансийском автономном округе и Магаданской области отмечалось снижение суммарного количества случаев ВЗ и ЭВЗ, приходящихся на регион, в 2 и 2,5 раза (52 и 11 случаев) соответственно, в Астраханской области - до нуля. В остальных регионах Российской Федерации величина показателя в 2019 г. изменилась незначительно по сравнению с прошлым годом.

Экстремально высокие и высокие уровни загрязнения поверхностных пресных вод на территории Российской Федерации были зафиксированы в 2019 г. по 37 загрязняющим веществам и показателям качества воды. Суммарный вклад взвешенных веществ, соединений марганца и цинка, нитритного азота, а также дефицита растворенного в воде кислорода до 3 мг/л и увеличение биохимического потребления кислорода ($БПК_5$) до 10 мг/л в загрязнение поверхностных вод составил 75% всех случаев (рис. 3.57), при этом доля загрязнения тяжелыми металлами (Mn, Zn, Cu, Ni, Fe, Hg, Mo, Pb, Cd) снизилась на 4% по сравнению с 2018 г. и составила 33% от об-

[3)] без выделения городов федерального значения в качестве субъектов Российской Федерации

Таблица 3.12. Экстремально высокое и высокое загрязнение поверхностных пресных вод Российской Федерации в 2019 г.

Бассейны рек	Число случаев			Субъекты Российской Федерации*
	ВЗ	ЭВЗ	Сумма	
Волга	954	89	1043	Кировская, Московская (включая г. Москву), Нижегородская, Рязанская, Свердловская, Тверская, Тульская, Челябинская области, Пермский край, Республика Мордовия, Удмуртская Республика
Обь	660	297	957	Курганская, Новосибирская, Омская, Свердловская, Тюменская, Челябинская области, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий авт. округа
Амур	172	30	202	Амурская область, Забайкальский, Приморский и Хабаровский края
Днепр	11	135	146	Смоленская область
Енисей	108	23	131	Иркутская область, Красноярский край, Республика Бурятия
Урал	35	17	52	Оренбургская и Челябинская области
Терек	35		35	Республика Северная Осетия - Алания
Дон	34		34	Белгородская область
Печора	12	18	30	Республика Коми
Колыма	10	8	18	Магаданская область
Прочие	330	117	447	г. Санкт-Петербург, Мурманская, Новосибирская, Псковская, Сахалинская области, Камчатский, Красноярский и Приморский края
Итого	2361	734	3095	

** Приведены субъекты Российской Федерации, для которых суммарное количество случаев ВЗ и ЭВЗ больше 10*

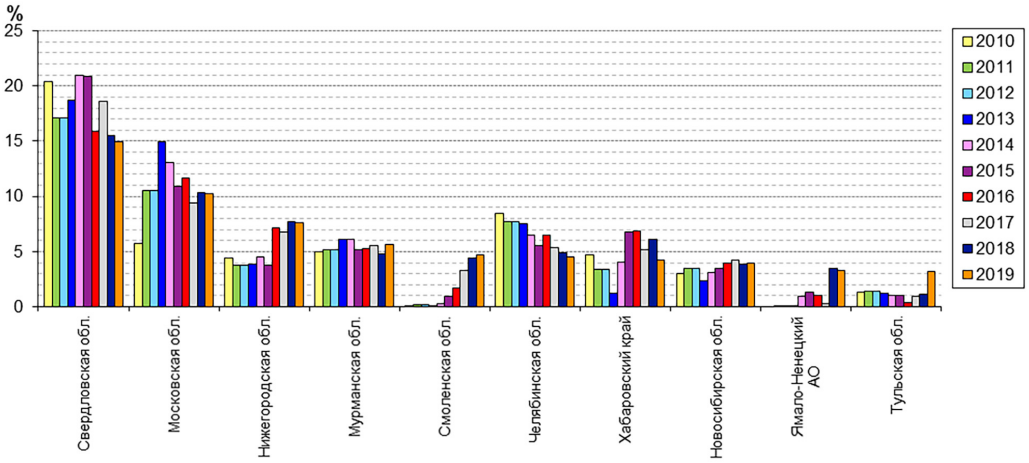


Рис. 3.56. Динамика количества случаев ВЗ и ЭВЗ по субъектам Российской Федерации, в которых регистрировалось наибольшее количество случаев ВЗ и ЭВЗ в 2019 г.
(в % от общего количества случаев ВЗ и ЭВЗ на территории Российской Федерации)

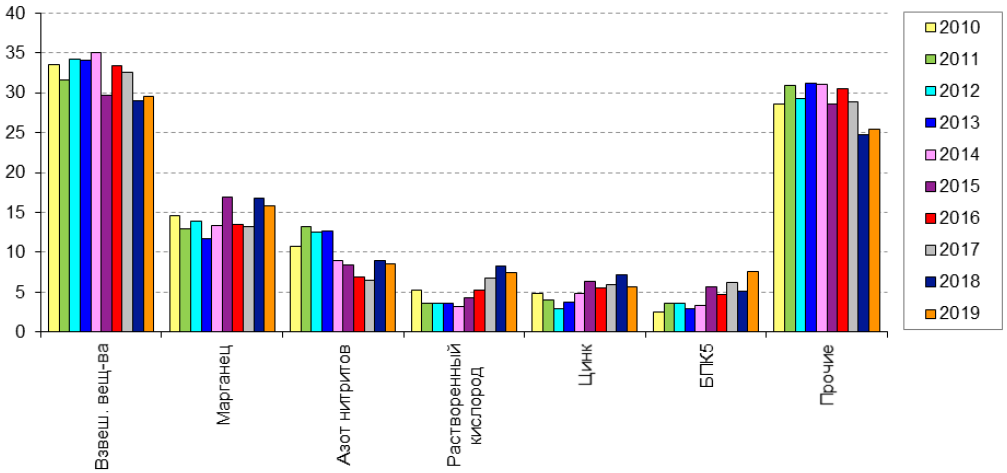


Рис. 3.57. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных пресных вод по загрязняющим веществам и показателям качества воды
(в % от общего количества случаев ВЗ и ЭВЗ на территории Российской Федерации)

щего числа случаев ВЗ и ЭВЗ (рис. 3.58). Единичный случай экстремально высокого загрязнения соединениями вольфрама был зарегистрирован на оз. Глухое (г. Кировград) в Свердловской области; 2 случая ЭВЗ соединениями хрома шестивалентного - на р. Пахотка (г. Первоуральск) Свердловской области; 9 случаев ВЗ и ЭВЗ соединениями мышьяка - 7 на р. Пышма (г. Березовский) Свердловской области и 2 на р. Блява (г. Медногорск) Оренбургской области. В 2019 г. по сравнению с предыдущим годом количество случаев загрязнения поверхностных пресных вод ртутью уменьшилось более чем в 3 раза, органическими веществами (по ХПК), соединениями железа и цинка - на 32, 20 и 12% соответственно, при этом количество случаев загрязнения нефтепродуктами возросло в 2,4 раза, соединениями никеля - в 1,5 раза, легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$), соединениями алюминия и меди - на 68, 30 и 27% соответственно. Следует отметить, что с 2014 г. наблюдается устойчивая тенденция роста количества случаев дефицита растворенного в воде кислорода.

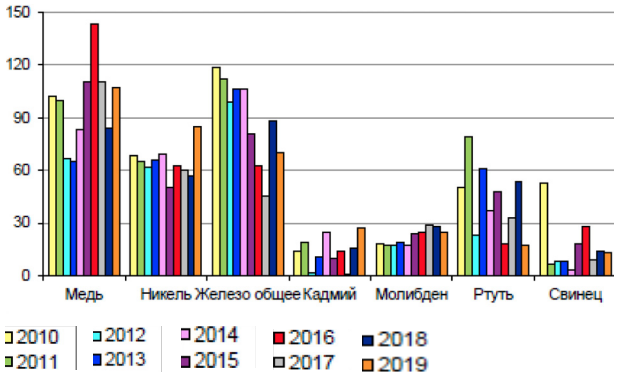


Рис. 3.58. Динамика количества случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных пресных вод некоторыми тяжелыми металлами на территории Российской Федерации

В 229 случаях наблюдалось снижение концентрации в воде растворённого кислорода до 3 мг/л и ниже, в 142 случаях из них его содержание было менее 1 мг/л. Минимальное значение концентрации растворённого в воде кислорода, 0,03 мг/л, было зафиксировано в июне 2019 г. в р. Рязанка (г. Богородск, Нижегородская область). Увеличение биохимического потребления кислорода ($БПК_5$) до 10 мг/л и выше было зарегистрировано 234 раза. Максимальное содержание легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$), 200 мг/л, наблюдалось в ноябре 2019 г. в р. Рязанка (приток р. Великая и р. Кудьма, г. Богородск, Нижегородская область).

В 2019 г. случаи ЭВЗ были зафиксированы на 177 пунктах наблюдения, ВЗ - на 495 пунктах. Максимальное число повторений случаев ВЗ и ЭВЗ - 144 раза наблюдалось на пункте р. Вязьма, г. Вязьма (Смоленская область), 139 из них было связано с дефицитом растворенного в воде кислорода, который регистрировался с мая по октябрь 2019 г.

В 2019 г. было зарегистрировано 10 аварий на поверхностных пресноводных объектах Российской Федерации, из них в бассейне р. Волга - 4, р. Енисей - 2, р. Урал - 2, р. Днепр - 1, р. Обь - 1. В 4 случаях источник загрязнения не был установлен, 2 случая были связаны со сбросом неочищенных сточных вод очистных сооружений, 1 случай - с разрушением дамбы технологического водоема, 1 - с вытеканием отходов производства со шламоотвала, 1 - с затоплением дебаркадера, 1 - при транспортировке. В 4 случаях аварии привели к разливу нефтепродуктов; в 1 из них наблюдалось образование обширного нефтяного пятна на водной поверхности шириной 50 м и протяженностью 2 км, в 2 - отдельные масляные и нефтяные пятна.

Последствием 2 аварийных ситуаций стал замор рыбы, 4 - ЭВЗ и/или ВЗ водных объектов.

В 2019 г. аварии на нефтяных скважинах и при несанкционированной врезке в нефтепроводы не наблюдались.

3.3.4. Загрязнение поверхностных водных объектов в результате трансграничного переноса химических веществ

Качество воды трансграничных водных объектов, расположенных на участках границы Российской Федерации с 12 государствами, оценивалось по результатам режимных наблюдений, проведенных в 2019 г. на 53 водных объектах (48 рек, 2 протоки, 2 озера, 1 водохранилище) в 68 пунктах, 68 створах, на 73 вертикалях. На границе с Эстонией открыта дополнительная вертикаль на оз. Чудское, а также возобновлена работа во втором створе пункта г. Ивангород на р. Нарва.

Наиболее распространенными загрязняющими веществами в воде водных объектов на границе России с сопредельными государствами являлись: с Норвегией - соединения никеля, меди, цинка, марганца, ртути и дитиофосфаты; с Финляндией - трудноокисляемые органические вещества по ХПК (далее ОВ), соединения меди, железа, ртути; с Эстонией - ОВ, соединения меди, цинка; с Литвой - ОВ, легкоокисляемые органические вещества по $БПК_5$ воды (далее ЛОВ), соединения железа; с Польшей - ОВ, ЛОВ, нитритный азот, соединения железа; с

Белоруссией - ОВ, ЛОВ, соединения железа, меди, марганца; с Украиной - ОВ, ЛОВ, соединения железа, марганца, сульфаты, главные ионы (по сумме), нитритный азот; с Азербайджаном - соединения меди, нефтепродукты, сульфаты; с Казахстаном - ОВ, ЛОВ, соединения меди, марганца, сульфаты; с Монголией - ОВ, соединения меди, марганца, нефтепродукты; с Китаем - ОВ, ЛОВ, соединения железа, меди, марганца, алюминия, ванадия.

Критические показатели загрязненности трансграничных водных объектов установлены для 14 пунктов наблюдений, расположенных на 12 водных объектах. На границе с Норвегией критическими показателями являлись соединения меди, никеля и дитиофосфаты (2 пункта), с Белоруссией - соединения марганца (2 пункта), с Украиной - сульфаты (3 пункта) и нитритный азот (2 пункта), с Казахстаном - соединения марганца (3 пункта), с Китаем - соединения цинка и алюминия (по 1 пункту).

Нарушение норм качества воды в пограничных районах России, в основном, находились в пределах от 1 до 10 ПДК; 50 ПДК достигали на границе с Норвегией - соединениями никеля (р. Колос-йоки пгт. Никель), с Казахстаном - соединениями марганца (р. Уй г. Троицк и с. Усть-Уйское); 30 ПДК - на границе с Украиной нитритным азотом (р. Оскол пгт. Волоконовка, вдхр. Белгородское), с Казахстаном - соединениями марганца (р. Тобол с. Звериноголовское), с Китаем - соединениями марганца (протока Прорва п. Молоканка) и нитритным азотом (р. Аргунь с. Кути).

Наименее загрязнены участки рек, в основном, на западной части границы России: с Норвегией (р. Патсо-йоки ГЭС Хеваскоски), с Финляндией (реки Патсо-йоки, Лендерка и Вуокса), с Эстонией (р. Нарва с. Степановщина), вертикали 5 и 10 оз. Чудско-Псковского), с Белоруссией (р. Ипуть д. Добродеевка), с Украиной (реки Десна, Сейм и Псел). На юге границы наименее загрязнены участки рек на границе с Грузией (р. Терек г. Владикавказ) и Азербайджаном (р. Самур с. Усухчай). Качество воды р. Патсо-йоки в пункте ГЭС Кайтакоски оценивалось как «условно чистая», в остальных пунктах - как «слабо загрязненная».

Наиболее загрязненные участки рек, вода которых характеризовалась как «грязная», отмечены на границе с Норвегией (р. Колос-йоки и протока без названия), с Польшей (р. Мамоновка), с Белоруссией (р. Днепр), с Украиной (реки Оскол, Северский Донец, Кундрючья, Большая Каменка, Миус и вдхр. Белгородское), с Казахстаном (реки Уй г. Троицк и с. Усть-Уйское, Тобол с. Звериноголовское), с Китаем (р. Амур, с. Черняево, протока Прорва). В остальных пунктах наблюдений качество воды оценивалось как «загрязненная».

В течение 2015-2019 гг. вода в пунктах наблюдений на реках Лендерка, Патсо-йоки (ГЭС Кайтакоски, Янискоски и Раякоски) на границе с Финляндией, Патсо-йоки (ГЭС Хеваскоски) на границе с Норвегией, Псел и Сейм на границе с Украиной, Терек на границе с Грузией характеризовалась как «условно чистая» или «слабо загрязненная».

Наиболее загрязненной в этот период была вода рек на границе с Норвегией (р. Колос-йоки), на границе с Украиной (реки Северский Донец, Большая Каменка, Кундрючья, Миус), на границе с Казахстаном (реки Уй (с. Усть-Уйское) и Тобол), на границе с Китаем (протока Прорва). В большинстве пунктов наблюдений качество воды характеризовалось как «грязная». В остальных пунктах наблюдений качество воды варьировало от «условно чистой» до «грязной».

Расчет переноса химических веществ по результатам наблюдений на 33 реках в районе пересечения границы с Финляндией, Польшей, Белоруссией, Украиной, Грузией, Азербайджаном, Казахстаном, Монголией и Китаем приведен за предыдущий 2018 г., что обусловлено регламентом поступления необходимой гидрологической информации.

Наибольшее количество водной массы было внесено на территорию России через границу с Казахстаном и Финляндией (соответственно 38 и 33%), вынесено с территории России в Белоруссию и Украину (соответственно 41 и 32%).

Максимальное количество органических веществ, главных ионов, минерального азота, кремния, соединений цинка, никеля, хрома, фенолов, Σ ДДТ и Σ ГХЦГ поступило в 2018 г. с речным стоком на территорию России из Казахстана; соединений меди - из Финляндии; общего фосфора, сульфатов и хлоридов - из Украины, соединений железа - из Китая; нефтепродуктов - из Монголии.

В 2018 г. максимальное количество органических веществ, нитратного азота, соединений железа, меди, цинка, хрома, нефтепродуктов и фенолов были перенесены речным стоком из России на территорию Белоруссии; главных ионов, аммонийного и нитритного азота, общего фосфора, кремния и соединений никеля - на территорию Украины; Σ ДДТ и Σ ГХЦГ - в Монголию и Казахстан соответственно.

В 2019 г. максимальные количества переносимых отдельными реками химических веществ уменьшались в следующей последовательности: сумма главных ионов - 5620,5 тыс. т; органиче-

ские вещества - 311,2 тыс. т; биогенные элементы (кремний - 70,6, минеральный азот - 15,24, соединения железа - 2,18, общий фосфор - 0,868 тыс. т); нефтепродукты - 417 т.; соединения меди - 184,8 т; цинка - 122,7 т.; фенолы - 18,87 т; соединения никеля - 2,41 т; соединения хрома - 2,02 т; хлорорганические пестициды (Σ ДДТ - 78,1 кг; Σ ГХЦГ - 66,0 кг) (табл. 3.13).

Таблица 3.13. Количество химических веществ, перенесенных на территорию Российской Федерации отдельными реками через границу с сопредельными государствами в 2019 г.
(тыс. тонн; соединений меди, цинка, фенолов - тонн)

Река, пункт	Водный сток, км^3	Органические вещества	Сумма ионов	Сумма азота минерального	Фосфор общий	Кремний	Железо общее	Медь	Цинк	Нефтепродукты	Фенолы
Финляндия											
Патсо-йоки, пгт. Кайта-коски	5,27	40,4	92,09	0,148	0	21,1	0,194	7,8	14,2	0,051	Нд
Вуокса, пгт. Лесогорский	16,0	234,4	777,5	1,92	0,08	11,2	0,92	50,8	Нд	0,2	Нд
Польша											
Лава, г. Знаменск	1,06	25,1	412,9	1,10	0,146	4,95	0,187	Нд	Нд	Нд	Нд
Мамоновка, г. Мамоново	0,058	1,47	20,11	0,088	0,023	0,363	0,019	Нд	Нд	Нд	Нд
Украина											
Миус, с. Куйбышево	0,171	4,49	288,5	0,071	0,024	0,448	0,058	0,011	0,009	0,010	0,26
Северский Донец, х. Поповка*	3,27	81,0	4643,6	1,51	0,38	14,8	0,97	0	0	0,262	4,7
Грузия											
Терек, г. Владикавказ	1,26	6,47	339,7	1,52	0,057	7,10	0,165	0,67	4,96	0,006	0
Казахстан											
Ишим, с. Ильинка	2,93	58,0	2035	0,82	0,131	6,74	0,277	7,66	5,54	0,139	3,99
Иртыш, с. Татарка	29,0	311,2	5620,5	15,24	0,868	70,6	1,38	184,8	92,7	0,316	18,87
Тобол, с. Звериноголовское	0,632	17,66	1434	1,14	0,147	4,53	0,177	6,36	6,2	0,152	0,02
Монголия											
Селенга, п. Наушки	9,15	206,9	1968,6	0,809	0,169	38,8	0,42	14,2	122,7	0,417	10,16
Онон, с. Верхний Ульхун	5,42	98,5	434	0,394	0,132	17,64	0,315	4,37	15,35	0,059	16,23
Китай											
Раздольная, с. Новогеоргиевка	2,74	17,1	321,7	4,33	0,079	14,2	2,18	5,3	27,6	0,035	0,002

Примечание. Нд – нет данных.
**Перенос веществ рассчитан по среднемноголетнему водному стоку в пункте г. Белая Калитва.*

Кроме перечисленных веществ, с водой р. Вуокса в 2015-2019 гг. было перенесено через границу повышенное количество органических веществ (16,884 млн. т), соединений железа (10,32 тыс. т) и меди (371,0 т); р. Северский Донец - главных ионов (23,886 млн. т); р. Иртыш - общего фосфора (5,274 тыс. т) и соединений хрома (34,4 т); р. Ишим - соединений никеля (41,37 т) и Σ ГХЦГ (29 кг); р. Селенга - кремния (196,8 тыс. т), нефтепродуктов (1,272 тыс. т), соединений цинка (494,4 т), фенолов (37,24 т); р. Онон - Σ ДДТ (58 кг); р. Раздольная - минерального азота (22,04 тыс. т).

Изучение динамики поступления в Россию определяемых химических веществ в 2015–2019 гг. свидетельствует о следующем: со стоком р. Патсо-йоки из Финляндии в Россию в 2015-2017 гг. наблюдалось уменьшение переноса органических веществ, минерального азота, нефтепродуктов, соединений железа и цинка; в 2017-2019 гг. отмечалась стабилизация переноса органических веществ; с 2018 г. - снижение переноса главных ионов и нефтепродуктов. Динамика поступления в Россию других определяемых веществ с водой этой реки в разные годы была неоднозначна. Перенос изомеров ГХЦГ был отмечен лишь в 2015 г, общего фосфора - в 2016 г. Поступление химических веществ со стоком р. Вуокса имело сложный характер: в 2015-2018 гг. наблюдалось увеличение переноса через границу органических веществ и кремния, в 2019 г. - уменьшение переноса общего фосфора, соединений железа и минерального азота. Перенос фенолов был отмечен лишь в 2015 г., нефтепродуктов - в 2018 и 2019 гг. Динамика стока главных ионов и соединений меди была разнонаправленной.

Динамика поступления определяемых химических веществ в Россию из Польши со стоком рек Лава и Мамоновка была более сложной. Максимальное количество химических веществ с водой перечисленных рек было перенесено через границу в самом многоводном 2017 г., минимальное - в маловодном 2015 г., минимальное количество минерального азота перенесено со стоком р. Лава в 2018 г., со стоком р. Мамоновка - в 2019 г.

Со стоком р. Миус в 2015-2018 гг. наблюдалась тенденция увеличения переноса с территории Украины органических веществ, главных ионов; в 2015-2017 гг. - уменьшение переноса минерального азота, нефтепродуктов, а с 2018 г. - увеличение переноса этих химических веществ за счет возрастания водного стока; в 2018-2019 гг. - уменьшение переноса общего фосфора. В 2015-2019 гг. динамика стока кремния, фенолов и соединений железа и цинка была разнонаправленной. Перенос соединений меди отмечался в 2016 г. и в 2019 г.

Со стоком р. Северский Донец в 2015-2018 гг. наблюдалось увеличение переноса с территории Украины органических веществ, главных ионов, минерального азота, кремния и соединений железа, а в 2019 г. - незначительное уменьшение поступления этих химических веществ на фоне снижения водного стока; с 2016 г. - уменьшение переноса соединений цинка. В 2015-2019 гг. динамика стока общего фосфора, соединений цинка, меди, нефтепродуктов и фенолов была разнонаправленной. Максимальное количество органических веществ, главных ионов, минерального азота, кремния и нефтепродуктов поступило в Россию со стоком р. Северский Донец в самом многоводном 2018 г., других определяемых веществ - в разные по водности годы.

На границе с Грузией отмечена тенденция увеличения переноса с водой р. Терек в Россию в 2015 – 2017 гг. органических веществ, общего фосфора, соединений железа; в 2017 – 2018 гг. – стабилизация переноса нефтепродуктов; с 2015 г. – прекращение переноса фенолов. Самое большое количество органических веществ, главных ионов, кремния, соединений железа и меди перенесено через границу со стоком р. Терек в наиболее многоводном 2019 г. Динамика переноса в Россию других химических веществ была неоднозначна.

В 2015-2017 гг. со стоком р. Ишим наблюдалось увеличение переноса из Казахстана органических веществ, главных ионов, общего фосфора, нефтепродуктов и фенолов. Резкий рост водности реки в 2017 г. обусловил существенное увеличение переноса через границу всех определяемых химических веществ, кроме хлорорганических пестицидов. Минимальное количество большей части веществ, за исключением главных ионов, нефтепродуктов, поступило в Россию в самом маловодном 2018 г. В 2019 г. незначительно увеличился сток реки, и несколько возросло количество переносимых органических веществ, общего фосфора, соединений меди и фенолов. В 2017-2019 гг. наблюдалось уменьшение переноса нефтепродуктов. Динамика переноса химических веществ с водой р. Ишим в 2015-2019 гг. имела сложный характер.

С водой самой многоводной р. Иртыш в 2015-2017 гг. наблюдалась тенденция уменьшения поступления органических веществ, соединений железа, меди и цинка; в 2017-2019 гг. - увеличение поступления соединений железа и меди. Максимальное количество органических веществ, главных ионов, минерального азота, общего фосфора, соединений железа, цинка,

нефтепродуктов и фенолов поступило на территорию России из Казахстана в самом многоводном 2016 г. В 2016 и 2017 гг. отмечалась стабилизация переноса Σ ДДТ. Динамика переноса других определяемых веществ была за этот период неоднозначна.

Со стоком р. Тобол в 2015-2017 гг. наблюдалось снижение переноса из Казахстана органических веществ и минерального азота, в 2016-2018 гг. - главных ионов, общего фосфора, кремния и соединений меди, в 2017-2019 гг. - значительное снижение переноса соединений цинка и фенолов. В 2015-2017 гг. отмечался рост количества переносимых с водным стоком нефтепродуктов. Динамика поступления других определяемых химических веществ была сложной и разнонаправленной. Максимальное количество органических веществ, главных ионов, минерального азота, общего фосфора, кремния, фенолов и соединений меди поступило на территорию России в самом многоводном 2016 г. Минимальное количество определяемых веществ поступило из Казахстана в самых маловодных 2018-2019 гг., в 2019 г. отмечался минимальный перенос фенолов и соединений цинка.

Изучение динамики переноса химических веществ из Монголии со стоком многоводной р. Селенга показало, что самое большое количество органических веществ, главных ионов, минерального азота, кремния, соединений железа, меди и цинка транспортировалось в Россию в наиболее многоводном 2016 г., нефтепродуктов и фенолов - в среднем по водности 2018 г., общего фосфора - в маловодном 2015 г. Минимальное количество химических веществ перенесено в Россию в маловодные годы: органических веществ, главных ионов, минерального азота, общего фосфора, кремния, фенолов, соединений меди - в 2017 г., нефтепродуктов и соединений цинка - в 2015 г. Минимальное количество соединений железа перенесено в среднем по водности 2019 г. С 2015 г. произошло значительное уменьшение переноса через границу соединений никеля и хрома. В 2018-2019 гг. отмечалось значительное увеличение переноса органических веществ и соединений цинка при небольшом снижении водного стока.

В 2018 г. резкое увеличение водности р. Онон обусловило существенный рост переноса из Монголии большей части определяемых веществ. Максимальное количество превалирующей части химических веществ перенесено через границу с водой этой реки в самом многоводном 2018 г., общего фосфора, соединений цинка и фенолов - во втором по водности 2019 г., соединений меди и Σ ГХЦГ - в маловодном 2016 г. Минимальное количество определяемых веществ поступило в Россию со стоком этой реки в 2015 и 2016 гг. (маловодные годы). С 2015-2018 гг. со стоком р. Онон отмечался рост поступления в Россию органических веществ, главных ионов, минерального азота, общего фосфора, кремния, соединений железа; с 2017 г. - увеличение поступления Σ ДДТ; с 2016-2018 гг. - снижение поступления фенолов. В течение 2015-2019 гг. перенос соединений никеля со стоком р. Онон наблюдался лишь в 2016 и в 2019 гг., соединений хрома - в 2017 г.

Максимальное количество органических веществ, кремния, соединений железа, меди, никеля и хрома, фенолов поступило на территорию России из Китая со стоком р. Раздольная в многоводном 2016 г., главных ионов, общего фосфора и нефтепродуктов - в наиболее многоводном 2018 г., соединений цинка - в самом маловодном 2015 г. Минимальное количество главных ионов, кремния, соединений железа, цинка и нефтепродуктов было перенесено через границу с водой этой реки в самом маловодном 2017 г. Минимальное количество органических веществ, общего фосфора, соединений меди и фенолов поступило на территорию России в среднем по водности 2019 г. Перенос Σ ДДТ со стоком р. Раздольная отмечался в 2015 г.

Общим для всех рек, кроме Патсо-йоки, Северского Донца, Ишима, Иртыша, Онона и Раздольной было отсутствие переноса через границу в 2015-2019 гг. хлорорганических пестицидов.

Определяющим фактором в существенном изменении величин переноса отдельных химических веществ для рек Вуокса, Северский Донец, Терек, Иртыш, Селенга был уровень загрязненности воды этими веществами, для рек Патсойоки, Лава, Мамоновка, Миус, Ишим, Тобол, Онон, Раздольная - как водный сток, так и концентрация их в воде.

3.3.5. Загрязнение морских вод Российской Федерации по гидрохимическим показателям

Каспийское море

Северный Каспий. Приоритетными загрязняющими веществами акватории Северного Каспия в 2019 г. являлись нефтяные углеводороды, фенолы и СПАВ. Средняя годовая концентрация фосфатов на большей части акватории (вековые разрезы III и IIIа) составляла 0,1 ПДК, а в южной части в районе свала глубин - 0,2 ПДК, что свидетельствует о незначительном поступлении остатков фосфатных удобрений со стоком Волги. Концентрация азота аммонийного

на разрезах III и IIIа в среднем не превышала 0,1 ПДК, в южной - возрастала до 0,6 ПДК.

Уровень загрязнения нефтяными углеводородами (НУ) прилегающей к устью Волги западной части акватории (разрез IIIа) составил 2,8 ПДК, а в центральной части (разрез III) - 3,6 ПДК. После кратковременного уменьшения до 1,0-1,6 ПДК в 2018 г. содержание НУ в водах западной и центральной частей акватории Северного Каспия возросло и приблизилось к уровню 2017 г. (табл. 3.14). В 2019 г. было выполнено сравнение многолетнего хода средних годовых значений концентрации НУ (мг/дм^3) в водах р. Волга у с. Верхнелебяжье, в центральной (разрез III), западной (разрез IIIа) и южной на границе со Средним Каспием (разрез IV) частях акватории Северного Каспия. В результате была выявлена связь между концентрациями НУ в стоке Волги и на разрезах III и IIIа (коэффициент корреляции около 0,75), что подтверждает влияние стока Волги (около 50%) в межгодовую изменчивость уровня загрязнения НУ вод западной и центральной частей Северного Каспия. В южной части мелководья на границе со Средним Каспием значение среднегодовой концентрации НУ находились на уровне 1 ПДК. При этом, если коэффициент корреляции между многолетним ходом содержания НУ на разрезах IIIа и III достигал 0,97, то какая–либо связь между разрезами IIIа и IV отсутствовала. Можно предположить, что попавшие в Северный Каспий НУ в незначительных количествах переносились в более южные районы.

Концентрации фенолов и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) сохранились на уровне 2014-2018 гг. и составляли в среднем 1,0-2,4 ПДК и 0,8-0,9 ПДК соответственно. Другими приоритетными загрязняющими веществами воды Северного Каспия были металлы (рис. 3.59). Содержание наиболее токсичных металлов - ртути и кадмия оставалось ниже допустимого предела, а железа, никеля и цинка сохранились на уровне прошлых лет - (2,8 ПДК - 4,8 ПДК). В период 2009–2019 гг. на разрезе IIIа наблюдалось снижение средней концентрации железа и меди (в 2019 г. - 0,8 – 1,0 ПДК). Не исключено, что высокая концентрация металлов в водах Северного Каспия обусловлена естественными процессами, а не промышленным загрязнением.

Кислородный режим в 2019 г. оставался в пределах установленного норматива.

В целом качество воды Северного Каспия в 2019 г. заметно ухудшилось и характеризовалось: в западной части акватории (разрез IIIа) - «загрязненными», в центральной (разрез III) - «грязными», на южной границе Северного Каспия - «умеренно загрязненными» водами.

Воды **Дагестанского взморья** в 2019 г. характеризовались как «загрязненные» и только у п. Избербаш - как «умеренно загрязненные». Наибольший уровень загрязнения отмечался на взморье р. Терек и у Каспийска. Приоритетными загрязняющими веществами в водах от п. Лопатин на севере до взморья р. Самур у границы с Азербайджаном на юге сохранились фенолы: средние значения их концентрации варьировали от 2,6 ПДК у Избербаша до 3,1 ПДК у Лопатина и Каспийска (рис. 3.60); максимальные значения повсеместно составляли 4-5 ПДК. Заметно меньший вклад в общее загрязнение вносили НУ - их среднее содержание составляло 0,9-1,0 ПДК. Средняя концентрация аммиачного азота сохранилась на уровне 0,6-0,8 ПДК, а ее максимальная - в пределах норматива. Кислородный режим не был нарушен.

Таблица 3.14. Средняя годовая концентрация НУ (мг/дм^3) в водах р. Волга у с. Верхнелебяжье, в центральной (разрез III), западной (разрез IIIа) и южной (на границе со Средним Каспием, разрез IV) частях акватории Северного Каспия в период 2009-2019 гг.

Годы	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Волга	0,07	0,07	0,079	0,08	0,06	0,02	0,13	0,24	0,15	0,10	0,16
Разрез III	0,07	0,05	0,05	0,09	0,06	0,08	0,12	0,17	0,23	0,05	0,18
Разрез IIIа	0,08	0,05	0,07	0,11	0,06	0,06	0,09	0,16	0,24	0,06	0,14
Разрез IV	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04

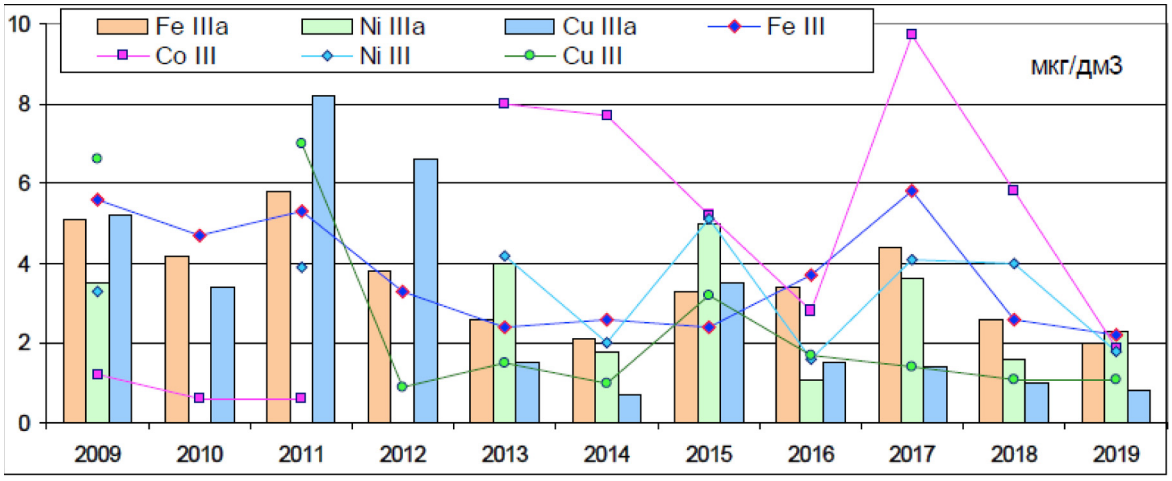


Рис. 3.59. Многолетняя динамика средней годовой концентрации железа (Fe), никеля (Ni) и меди (Cu) на разрезах III (Sec III) и IIIa (Sec IIIa).

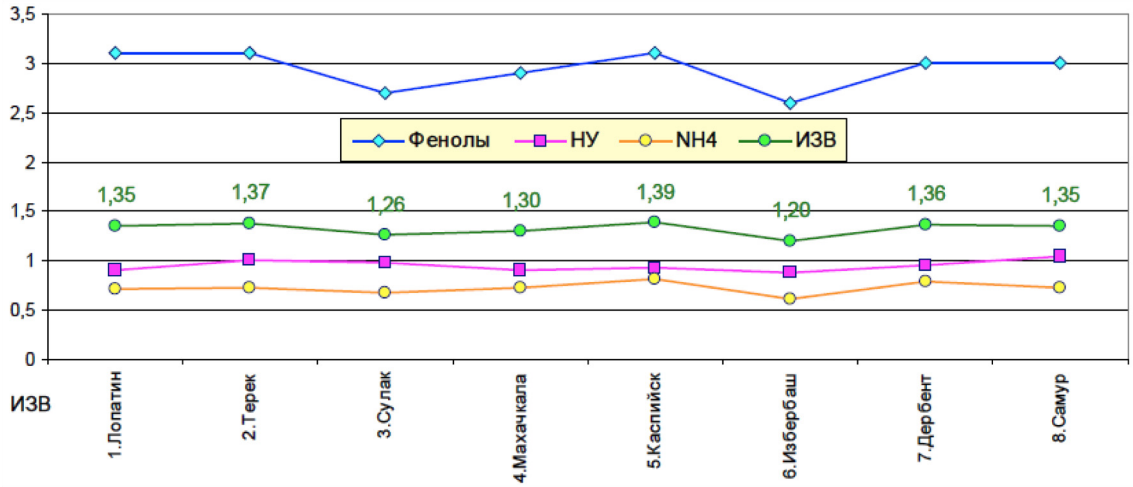


Рис. 3.60. Средняя годовая концентрация (в единицах ПДК) приоритетных загрязнителей и значение ИЗВ вдоль Дагестанского побережья в 2019 г.

Азовское море

В 2019 г. гидрохимические наблюдения проводились **в устьевой области р. Дон** на трех станциях в устьях рукавов Мёртвый Донец, Переволока и Песчаный и на 12 станциях в Таганрогском заливе. Соленость речного стока в устьях рукавов р. Дон изменялась в пределах от 0,44‰ до 0,721‰ (рис. 3.61). Следует отметить небольшое повышение солености в устьевых водах Дона за последние 30 лет. Значения водородного показателя (pH) находились в диапазоне от 7,98 до 8,52. В большинстве проб значения концентрации нефтяных углеводородов превышали ПДК, средняя концентрация - на уровне 3 ПДК, а максимальная - 7,2 ПДК. Среднегодовая концентрация биогенных элементов, в частности нитратов и нитритов, сохранялась на уровне предыдущих лет, а аммонийного азота возросла по сравнению с предыдущим годом в 3 раза. Во всех устьях рукавов дельты р. Дон была выявлена растворенная ртуть, концентрация которой достигала 2,7 ПДК. Хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ в воде не были выявлены. Кислородный режим вод в течение всего года был удовлетворительный, и насыщение воды не опускалось ниже 79%.

Соленость вод **Таганрогского залива** в значительной степени зависит от объема речного стока. В 2019 г. соленость изменялась от 0,40‰ до 9,30‰, составив в среднем 3,79‰. Концентрация НУ варьировала в пределах от 0,8 ПДК до 2,0 ПДК, что в 3 раза меньше прошлогодних значений и близко к средним значениям 2015-2019 гг (рис. 3.62). Растворенная ртуть была ниже предела обнаружения, а наибольшее содержание находилось на уровне 2,6 ПДК.

Максимальная концентрация аммонийного азота на акватории залива составила 578 мкгN/дм^3, что в 7,4 раза больше прошлогодних значений (78,1 мкгN/дм^3). Среднегодовая концентрация фосфатов сохраняется на уровне 18,5 мкгР/дм^3. Содержание общего фосфора изменялось в интервале 29-100 мкгР/дм^3, составив в среднем 61 мкгР/дм^3. Концентрация растворенного кислорода в водах залива варьировала в диапазоне 6,54-19,12 мгO_2/дм^3, составив в среднем 9,76 мгO_2/дм^3. Минимальное значение насыщения воды кислородом составило 79%. Уровень содержания растворенного в воде кислорода был близок к своим многолетним значениям. Воды Таганрогского залива в 2019 г. характеризуются как «умеренно загрязненные» (в 2018 г. - «загрязненные»).

В донных отложениях концентрация нефтяных углеводородов в рукавах р. Дон изменялась от 0,04 до 0,13 мг/г. Максимум был отмечен в июле в устье рукава Переволока. Среднегодовое содержание НУ составило 90 мкг/г (1,8 ДК). В Таганрогском заливе концентрация нефтяных углеводородов изменялась в диапазоне от 5 до 100 мкг/г, при максимуме 2 ДК, а средняя концентрация составляла 76 мкг/г (1,5 ДК), что незначительно отличается от значений прошлого года (1,4 ДК). В целом межгодовые вариации содержания НУ в осадках залива можно рассматривать как незначительные.

Устьевое взморье и дельта р. Кубань. Низовья дельты реки Кубань. В 2019 г. соленость в Петрушином рукаве р. Кубань изменялась в пределах 0,25-2,25‰ с максимальными значениями в октябре; а в рукаве Протока вода во всех отобранных пробах оказалась пресной, соленость изменялась от 0,26‰ до 0,32‰. Концентрация нефтяных углеводородов на обеих станциях составила 0,033 мкг/дм^3 (0,7 ПДК), в 2018 г. - 0,049 мкг/дм^3, а максимальное значение составило - 0,09 мкг/дм^3 (1,8 ПДК). Хлорорганических пестицидов α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, а также ДДТ и его метаболитов не было выявлено.

Порт Темрюк. Соленость воды в канале порта изменялась от 10,55‰ до 14,28‰. Среднегодовая величина солености составила 12,80‰, (в 2018 г. - 12,35‰). В целом за период 2004-2019 гг. наблюдается постепенное повышение солености различных районов Темрюкского залива (рис. 3.63). Концентрация нефтяных углеводородов изменялась от предела обнаружения до 2,2 ПДК (0,11 мг/дм^3), что несколько ниже прошлогоднего максимума 0,18 мг/дм^3 (3,6 ПДК). Среднегодовая концентрация НУ составила 0,04 мг/дм^3 (0,8 ПДК), что в 2 раза ниже, чем в прошлом году (1,6 ПДК). Концентрация хлорорганических пестицидов (α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) и фосфорорганических соединений (метафос, карбофос, фозалон и рогор) была ниже предела обнаружения. В поверхностном и придонном слоях содержание сероводорода не было зарегистрировано. Концентрация растворенной ртути изменялась от предела обнаружения до 0,02 мкг/дм^3 (0,2 ПДК) при среднегодовой 0,01 мкг/дм^3 (0,1 ПДК). Концентрация биогенных веществ, включая соединения азота и фосфора в водах канала порта Темрюк, в течение всего года не превышала ПДК. Насыщение вод растворенным кислородом было удовлетворительным. Минимальное содержание составило 79%. Воды канала порта Темрюк оценивались как «чистые» (в 2018 г. - «умерено-загрязненные»).

Взморье реки Кубань. Соленость вод взморья Кубани изменялась в диапазоне 2,22-13,78‰, при средней солености 12,0‰. Максимальная и среднегодовая концентрации НУ соответствовали прошлогодним значениям. Максимальная составила 0,06 мг/дм^3 (1,2 ПДК), а среднегодовая - 0,020 мг/дм^3 (0,4 ПДК). Концентрация биогенных элементов, включая соединения азота и фосфора, по своим значениям также была близкой к прошлогодним. Среднегодовая концентрация нитритов составила 5,1 мг/дм^3 (0,2 ПДК), нитратов - 255 мг/дм^3, аммонийного азота - 129 мг/дм^3, фосфатов - 6,0 мг/дм^3, общего фосфора - 19,0 мг/дм^3. Среднегодовая концентрация растворенной ртути составила 0,004 мкг/дм^3, с максимумом 0,013 мкг/дм^3 (0,13 ПДК для морских вод). Насыщение вод растворенным кислородом было удовлетворительным: среднегодовая концентрация составила 8,61 мгO_2/дм^3, а минимальное насыщение 67%. Воды взморья Кубани в 2019 г. оценивались как «чистые».

Взморье рукава Протока. В 2019 г. соленость вод взморья Протоки изменялась от 10,07‰ до 13,20‰, при среднегодовой солености 11,68‰ и средней многолетней за последние 5 лет - 12,337‰. Концентрация нефтяных углеводородов составила 0,019 мг/м^3, при максимальном значении 0,04 мг/м^3 (0,8 ПДК). Хлорорганические (γ-ГХЦГ, α-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) и фосфорорганические (метафос, карбофос, фозалон и рогор) пестициды, а также растворенная ртуть и сероводород в водах взморья Протоки не были выявлены. Концентрация биогенных элементов, включая соединения азота и фосфора, не превышала ПДК. В 2019 г. качество воды взморья рукава Протока в Темрюкском заливе по сравнению с 2018 г. не изменилось и оценивается как «чистая».

Устьевая область р. Кубань (гирла лиманов). Соленость вод устьевой области изменя-

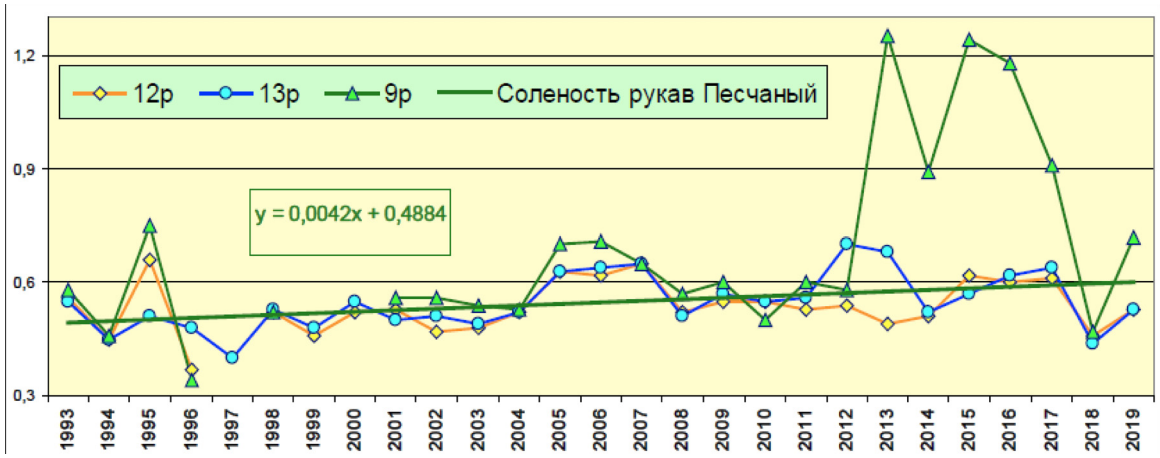


Рис. 3.61. Многолетняя динамика среднегодовой солености в устьевых протоках р. Дон в период 1993-2019 гг.

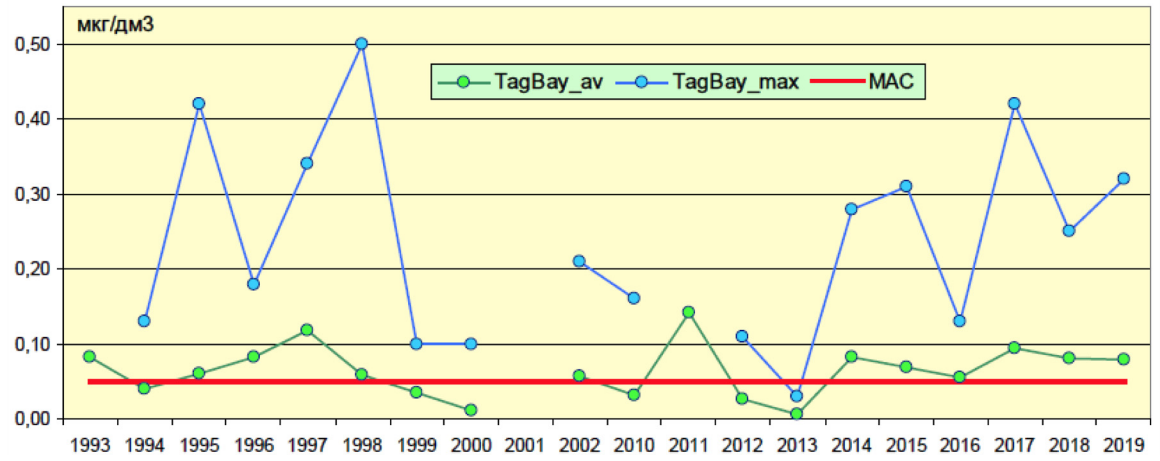


Рис. 3.62. Многолетняя динамика максимальной и средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах восточной части Таганрогского залива в период 1993-2019 гг.

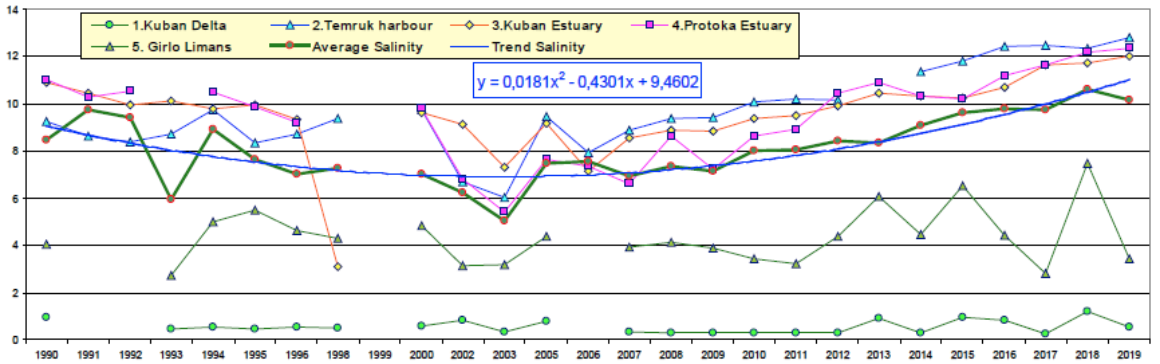


Рис. 3.63. Динамика среднегодовой солености (‰) в различных районах устьевой области р. Кубань и Темрюкском заливе в 1990-2019 гг.

лась в широком диапазоне от 0,25‰ до 14,01‰, при среднегодовой солености 3,43‰, (в 2018 г. - 5,76‰). Максимальная зафиксированная концентрация НУ составила 0,13 мг/дм^3 (2,6 ПДК). За последние 5 лет среднегодовая концентрация НУ изменяется незначительно (2015 - 0,037; 2016 - 0,040; 2017 - 0,033; 2018 - 0,035 мкг/дм^3; 2019 - 0,027 мкг/дм^3). Хлорорганические пестициды в водах взморья не были выявлены. Концентрация биогенных элементов (аммонийного азота, нитритов, нитратов и фосфатов) не превышала ПДК. Кислородный режим вод в течение всего года был удовлетворительный. Минимальное содержание растворенного кислорода в прилегающих к устьям лиманов участкам устьевой области р. Кубань в 2019 г. составило 77% насыщения, при среднем насыщении 97%. Наличие сероводорода в воде не было выявлено. Состояние вод гирл лиманов по сравнению с предыдущим годом улучшилось и оценивается как «чистые».

Крым. Керченский пролив. Значения основных гидрохимических параметров вод пролива соответствовали диапазону: температура - 11,3-27,4^{O}C; соленость - 11,57-18,01‰, при средней 14,71‰; pH - 7,83-8,47/8,28; щелочность - 2,492-3,430/2,805 мг-экв/дм^3; фосфаты - P-PO_4 4,9-11,6/6,3 мкг/дм^3, (в 2018 г. - 0,1-5,6/2,9 мкг/дм^3); общий фосфор - 7-36/19,3 мкг/дм^3; силикаты - 10-450/208 мкг/дм^3; аммонийный азот - 17-34/21,4 мкг/дм^3; нитритный азот - 5,0-15,0/7,4 мкг/дм^3; нитратный азот - 8-30/18,1 мкг/дм^3. В водах пролива существенно снизилось содержание нефтяных углеводородов, которые являются наиболее важным загрязнителем: средняя концентрация составила 0,049 мг/дм^3 (1,0 ПДК, уменьшение в 3 раза), максимальная - 0,41 мг/дм^3 (8,2 ПДК, снижение в 1,9 раза). Высокие значения выше 1 ПДК были зафиксированы у поверхности и в придонном слое. Содержание СПАВ варьировало в диапазоне 10-23 мкг/дм^3, при среднегодовом значении - 17,3 мкг/дм^3 (0,2 ПДК). Из хлорорганических пестицидов были зарегистрированы ДДТ и его метаболит ДДЕ в концентрации 0,57 и 0,51 нг/дм^3 соответственно. Чаще других регистрировался ДДД в концентрации 0,50-6,50 нг/дм^3, при среднем значении - 0,86 нг/дм^3, что менее 0,1 ПДК. Линдан (g-ГХЦГ) и его изомер α-ГХЦГ, а также пестициды альдрин, гептахлор и полициклические хлорированные бифенилы (ПХБ) не были выявлены. Концентрация растворённого в воде кислорода была выше установленного норматива и варьировала в пределах 6,86-10,27 мгO_2/дм^3, при среднем значении - 8,39 мгO_2/дм^3, что на 1,56 мгO_2/дм^3 меньше прошлогоднего. Кислородный режим вод пролива в теплый период года был в пределах нормы. В 2019 г. по сравнению с предыдущим годом качество вод Керченского пролива существенно улучшилось за счет почти трехкратного сокращения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, и вода оценивалась как «чистая».

Черное море

Крым. Порт Ялта. Значения основных гидрохимических параметров вод района соответствовали диапазону: температура - 8,8-24,5^{O}C; соленость - 7,355-18,790‰, при средней солености - 17,387‰; pH - 8,08-8,74/8,44; щелочность - 3,005-3,472/3,278 мг-экв/дм^3; фосфаты - 3-27/11,7 мкг/дм^3; общий фосфор - 20-110/53,2 мкг/дм^3; силикаты - 26-1092/242 мкг/дм^3; аммонийный азот - 8-104/24,4 мкг/дм^3; нитритный азот - 1,1-15,4/3,8 мкг/дм^3; нитратный азот - 16-870/158,1 мкг/дм^3. Гидрологические параметры почти полностью соответствовали прошлогодним значениям, а средняя концентрация биогенных элементов (фосфатов, общего фосфора, аммонийного азота, нитритного азота, нитратного азота) увеличилась в 1,8; 3,3; 1,6, 1,6 и 3,1 раза соответственно. Концентрация НУ на акватории морского пассажирского порта изменялась от аналитического нуля до 0,19 мг/дм^3 (3,8 ПДК); среднее значение увеличилось в 2,8 раза до 0,015 мг/дм^3. Содержание СПАВ варьировало от аналитического нуля до 12 мкг/дм^3; среднее годовое составило 1,8 мкг/дм^3 (менее 0,1 ПДК). Фенолы не были выявлены. Из хлорорганических пестицидов группы ДДТ были зарегистрированы ДДТ в концентрации 0,61 и 2,06 нг/дм^3, ДДЕ в концентрации 0,52; 0,96 и 2,85 нг/дм^3, а также ДДД - 0,56 до 11,06 нг/дм^3, при среднем значении - 1,93 нг/дм^3. Из другой группы пестицидов был зафиксирован «свежий» линдан (g-ГХЦГ) в концентрации 0,57-1,33 нг/дм^3, при среднегодовом значении - 0,15 нг/дм^3, а также изомер α-ГХЦГ в концентрации - 0,62 и 0,65 нг/дм^3. Пестицид альдрин и полициклические хлорированные бифенилы (ПХБ) не были выявлены. Значения растворённого в воде кислорода варьировали в пределах 5,44-10,34 мгO_2/дм^3, при среднем значении - 8,20 мгO_2/дм^3. Процент насыщения вод кислородом снизился по сравнению с прошлым годом и варьировал в диапазоне 71-106%, в среднем 90,3% насыщения. В 2019 г. воды морского пассажирского порта Ялта оцениваются как «чистые».

Район Анапа-Туапсе. Значения основных гидрохимических параметров вод в районе Анапы, Новороссийска, Геленджика и Туапсе в 2019 г. соответствовали диапазону: температура - 7,8-29,0°C; соленость - 15,75-18,68‰, при среднем значении - 17,39‰; pH - 7,84-9,04/8,39; щелочность - 2,165-3,643/3,264 мг-экв/дм^3; фос-

фаты - 0-13,0/2,5 мкг/дм^3; силикаты - 21-530/180 мкг/дм^3; аммонийный азот - 64,0-150,0/113,0 мкг/дм^3; нитритный азот - 1,00-18,00/4,04 мкг/дм^3. Нитратный азот измерялся на четырех удаленных от берега станциях в районе Анапы, Новороссийска, Геленджика и Туапсе, его значения составили 33,0-160,0/82,3 мкг/дм^3. В водах Кавказского прибрежья нефтяные углеводороды (среднее содержание 0,030 мг/дм^3, максимальное 0,424 мг/дм^3, 8,5 ПДК) содержались в незначительном количестве, за исключением среднего содержания НУ в прибрежных водах Новороссийска (1,3 ПДК) (рис. 3.64). В целом за последние два десятилетия наблюдается снижение уровня присутствия НУ в водах прибрежья, хотя иногда наблюдается существенная межгодовая изменчивость. Содержание СПАВ было выше аналитического нуля (DL=0,10 мкг/дм^3), а максимальная концентрация составила 15 мкг/дм^3. Концентрация растворенной в воде ртути достигала 0,018 мкг/дм^3 (0,18 ПДК); при среднем значении - 0,005 мкг/дм^3. Хлорорганические пестициды групп ДДТ и ГХЦГ не были выявлены. Значения растворённого в воде кислорода варьировали в пределах 6,40-10,62 мгO_2/дм^3, в среднем 8,81 мгO_2/дм^3. В целом, качество вод Кавказского прибрежья сохранилось на прежнем уровне и характеризуется как «чистые».

Район Сочи-Адлер. В 2019 г. значения основных гидрохимических параметров в прибрежных водах между устьями рек Мзымта и Сочи соответствовали диапазону: температура - 9,6-25,6°С; соленость - 12,35-19,92‰, при среднем значении - 18,54‰; pH - 7,28-8,35/8,16; щелочность - 2,535-3,275/2,905 мг-экв/дм^3; фосфаты - 0-90,9/5,6 мкг/дм^3; силикаты - 0-2241/240 мкг/дм^3; аммонийный азот - 0-213,8/23,5 мкг/дм^3; нитритный азот - 0-2,06/0,14 мкг/дм^3; нитратный азот - 0-166,6/8,3 мкг/дм^3. Следует отметить, что за последние двадцать лет наметилась тенденция увеличения неорганического фосфора в прибрежных водах Кавказского прибрежья (рис. 3.65). Содержание легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$) варьировало от аналитического нуля до 3,5 мгO_2/дм^3 (1,2 ПДК); в среднем 1,8 мгO_2/дм^3. Содержание взвешенных веществ было в пределах 0,0-7,9 мг/дм^3, в среднем 1,8 мг/дм^3.

Среднегодовая концентрация всех нормируемых загрязняющих веществ была ниже установленных для морских вод нормативов. Максимальная концентрация превышала ПДК для свинца (1,7 ПДК) и для легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$) (1,2 ПДК). Наибольшее содержание НУ в 2019 г. в водах района не превышало установленный норматив и составляло 0,9 ПДК. Максимальная концентрация взвешенных веществ составляла 0,8 ПДК. Как и в прошлом году, растворенная ртуть в водах района не была выявлена. С 2015 г. отмечается уменьшение содержания тяжелых металлов в водах Большого Сочи (рис. 3.66). Общий уровень загрязнения незначительный, а воды характеризовались в основном, как «чистые» и, локально, «умерено загрязненные». В многолетней динамике состояние вод района оценивается как стабильное.

Балтийское море

В 2019 г. гидрохимические наблюдения на Балтийском море выполнялись на 40 станциях в Невской губе в течение круглого года и в восточной части Финского залива. Учитывая, в основном, пресноводный характер Невской губы при оценке качества вод были использованы значения ПДК для поверхностных вод суши.

Невская губа. Центральная часть. Основной вклад в загрязнение вносили медь, цинк, марганец, алюминий и железо. Содержание никеля и кобальта не превышало установленных норм. Содержание свинца было ниже уровня определения. В двух случаях из 211 было отмечено превышение ПДК по нефтяным углеводородам. Содержание фенола, СПАВ и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) было ниже предела обнаружения. Максимальные концентрации нитритного и аммонийного азота соответственно составили 42 мкг/дм^3 и 937 мкг/дм^3. Содержание фосфатов не превышало установленной нормы, диапазон концентрации в поверхностном горизонте находился в пределах от минимально определяемых величин до 84 мкг/дм^3. Содержание растворенного в воде кислорода соответствовало установленной норме и изменялось в пределах от 7,9 до 13,56 мгO_2/дм^3 во всем столбе воды; в среднем - 9,86 мгO_2/дм^3. Кислородный режим в Невской губе был удовлетворительным, случаев дефицита кислорода в течение всего года не было выявлено. Насыщение вод кислородом соответствовало норме.

В 2019 г. качество вод Невской губы существенно улучшилось и соответствовало «умеренно загрязненным» за счет заметного уменьшения средней годовой концентрации растворенной меди до 0,74 - 3,3 ПДК (3,7 - 7,0 ПДК в 2018 г.).

Белое море

Двинский залив. Соленость акватории в среднем составила 22,5‰ с наибольшими значениями в придонном слое, диапазон значений - 1,98-27,8‰. Содержание нефтяных углеводородов изменялось от предела обнаружения до

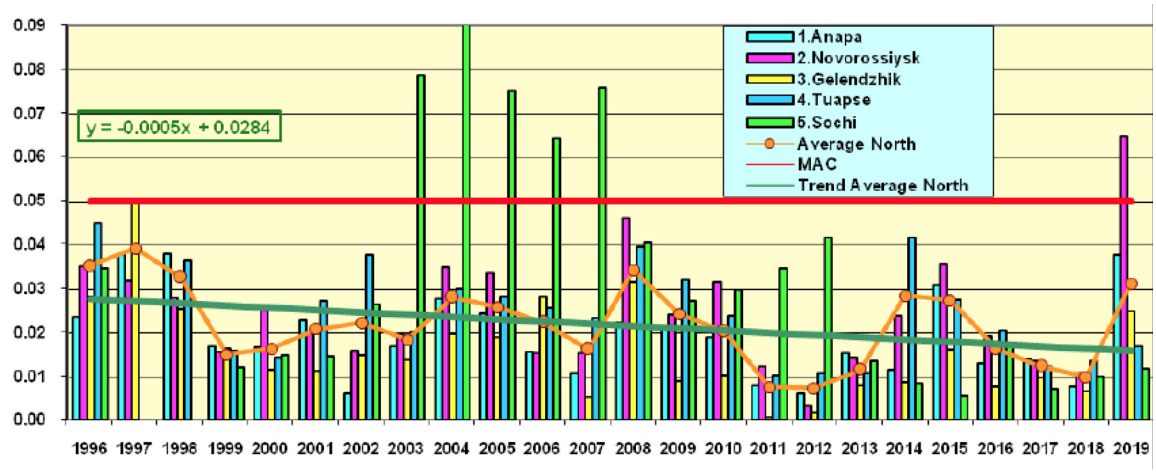


Рис. 3.64. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в прибрежных водах Кавказа в 1996-2019 гг.
Сокращения: Average North - средняя величина в северной части Кавказского прибрежья; MAC - предельно допустимая концентрация; Trend Average North - тренд концентрации НУ в северной части прибрежья.

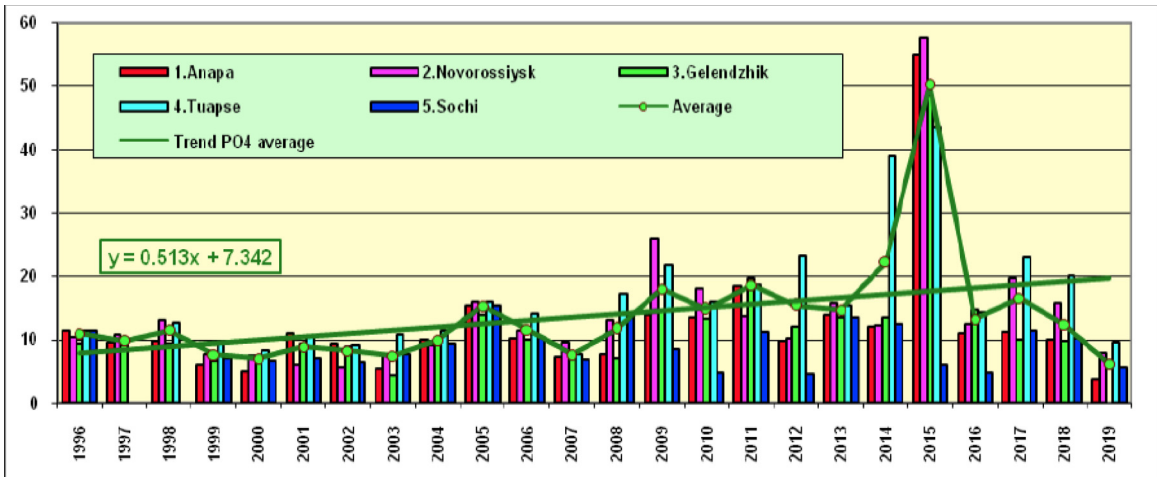


Рис. 3.65. Динамика средней концентрации фосфатов P-PO_4 (мг/дм^3) в прибрежных водах Кавказа в 1996-2019 гг.
Сокращения: Average - средняя концентрация фосфатов; Trend PO_4 average - тренд средней концентрации фосфатов.

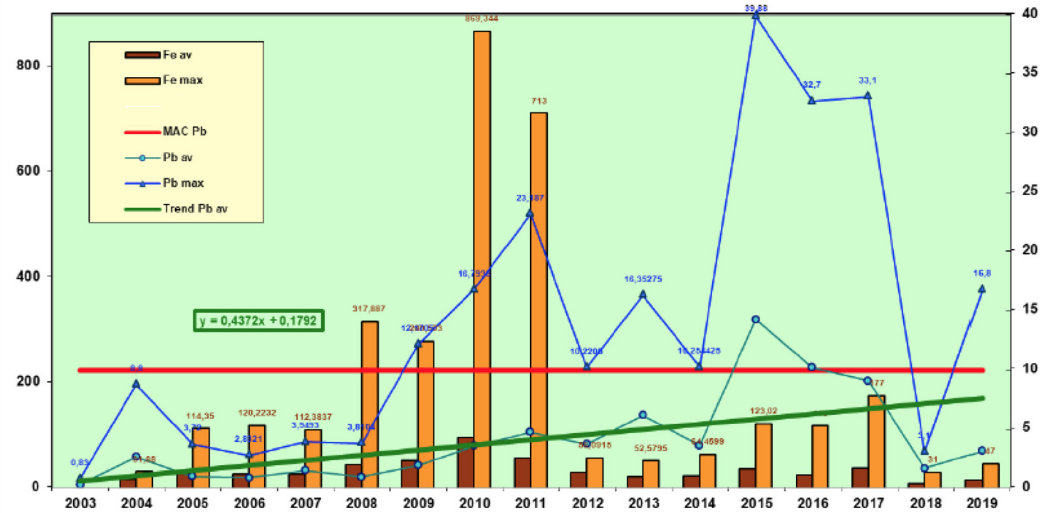


Рис. 3.66. Средняя и максимальная концентрация железа и свинца (мкг/дм^3) в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2003-2019 гг.
Сокращения: Fe av - средняя концентрация железа; Fe max - максимальная концентрация железа; MAC Pb - ПДК свинца; Pb av - средняя концентрация свинца; Pb max - максимальная концентрация свинца; Trend Pb av - тренд средней концентрации свинца.

0,107 мг/дм^3 (2 ПДК), при среднем значении 0,02 мг/дм^3. Хлорорганические пестициды и СПАВ в водах Двинского залива не были выявлены. Содержание аммонийного азота находилось в диапазоне от 0 до 21,96 мкг/дм^3, в среднем - 5,8 мкг/дм^3. Концентрация нитратного азота находилась в диапазоне 2,9-176,2 мкг/дм^3, в среднем - 27,2 мкг/дм^3; нитритного азота - 0,86-7,32/2,9 мкг/дм^3; общего фосфора - 10,47-42,44/19,7 мкг/дм^3, фосфатов - 2,9-35,8/11,9 мкг/дм^3. Многолетняя динамика средней и максимальной концентрации нитратов в поверхностном, промежуточном и придонном слоях показывает относительно небольшой диапазон значений, а линия линейного тренда практически горизонтальная (за исключением двух экстремальных значений 903 и 404 мкг/дм^3 в 1992-1993 гг.) (рис. 3.67). Среднегодовая концентрация силикатов находилась на уровне 371 мкг/дм^3, диапазон составил 139-902 мкг/дм^3, (в 2018 г. - 431 мкг/дм^3). Кислородный режим вод Двинского залива ухудшился по сравнению с 2018 г.: среднее содержание растворенного кислорода составило 7,4 мгO_2/дм^3, (против 8,33 мгO_2/дм^3 в 2018 г.), а диапазон его изменений 6,55-9,16 мгO_2/дм^3. Процент насыщения изменялся от 54,9% до 80,2%, в среднем составил 68,1%, что является очень низким значением.

Кандалакшский залив. В торговом порту г. Кандалакша соленость вод изменялась от 7,7‰ до 24,5‰ при среднегодовом значении 13,6‰. Водородный показатель варьировал в пределах 7,36–7,83 ед.pH, при среднем значении 7,53 ед.pH. Общая щелочность находилась в диапазоне 0–1,596 мг-экв/дм^3. Кислородный режим был удовлетворительным. Содержание растворенного кислорода в воде в течение года изменялось от 6,85 до 9,48 мгO_2/дм^3, среднегодовое значение 7,93 мгO_2/дм^3 (в 2018 г. - 11,22 мгO_2/дм^3). Процент насыщения изменялся от 74,5% до 112,1%, в среднем составил 98,1% (в 2018 г. - 101,4%). Содержание легкоокисляемых органических веществ (по БПК$_5$) не было выявлено. Среднегодовое содержание НУ находилось в диапазоне 0,007-0,014 мг/дм^3, в среднем составило 0,01 мг/дм^3. Концентрация хлорорганических пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ была ниже предела обнаружения. Концентрация растворенных форм тяжелых металлов изменялась в следующих пределах: медь - 3,3–16,5 мкг/дм^3, при среднем значении 8,4 мкг/дм^3 (1,7 ПДК); никель - 2,0–9,9/4,8 мкг/дм^3; марганец - 2,8–20/9,2 мкг/дм^3; кадмий - 0–0,3 мкг/дм^3; железо - 13,5–64/38,6 мкг/дм^3, максимум был отмечен в мае на уровне 1,3 ПДК; ртуть - 0–0,026 мкг/дм^3. Содержание свинца и хрома было ниже предела обнаружения. Максимальное содержание меди отмечалось в марте - 16,5 мкг/дм^3 (3,3 ПДК), что почти в 2 раза выше прошлогоднего значения. Содержание биогенных элементов было ниже установленных нормативов. Содержания аммонийного азота находилось в диапазоне 0–56,7 мкг/дм^3, среднее 25,7 мкг/дм^3; нитритов 0–3,26/1,2 мкг/дм^3; нитратов 9,6–76,1/40,7 мкг/дм^3; силикатов 1341,7–2812,3/1812,8 мкг/дм^3. Содержание фосфатов изменялось в диапазоне 5,87–20,14 мкг/дм^3, среднегодовое значение 11,9 мкг/дм^3. Качество вод по сравнению с 2018 г. ухудшилось, воды оценивались как «умеренно загрязненные».

Баренцево море

Кольский залив. В 2019 г. на водпосту торгового порта г. Мурманска соленость в течение года находилась в диапазоне 8,7-24,7‰, минимум был отмечен в июле, а максимум в мае, а средняя соленость составила 17,73‰. Величина pH изменялась в диапазоне 7,5-8,9; максимум наблюдался в сентябре. Общая щелочность изменялась в диапазоне 0-1,42 мг-экв/дм^3; среднегодовая 0,975 мг-экв/дм^3. Содержание НУ изменялось в диапазоне 0,040-0,256 мг/дм^3, при среднегодовом 0,094 мг/дм^3 (1,9 ПДК), а максимальное значение - 5,2 ПДК было отмечено в июле, что почти в 2 раза выше значений 2018 г. (рис. 3.68).

Содержание легкоокисляемых органических веществ (по БПК$_5$) находилось на уровне аналитического нуля, а максимальное значение 1,8 мгO_2/дм^3 (0,9 ПДК) наблюдалось в январе и марте. Содержание взвешенных частиц и анионных поверхностно- активных веществ (АПАВ) в воде было ниже предела обнаружения. Пестициды групп ГХЦГ и ДДТ не были выявлены. Загрязнение тяжелыми металлами было существенным для железа - среднее 42 мкг/дм^3 (0,8 ПДК), максимальное - 71 мкг/дм^3 (1,4 ПДК), и для меди - среднее 5,5 мкг/дм^3 (1,1 ПДК), максимальное - 9 мкг/дм^3 (1,8 ПДК). В течение года концентрации изменялись: аммонийного азота - в диапазоне 0-218,3 мкг/дм^3 (максимум был в марте), в среднем составила 123,7 мкг/дм^3; нитритного азота - 0-16,32/4,31 мкг/дм^3; нитратов - 31,14-65,77/54,2 мкг/дм^3; силикатов - 1553,1-2666,4/2054,6 мкг/дм^3. Содержание фосфатов изменялось в диапазоне 6,35-121,1/63,06 мкг/дм^3 (1,2 ПДК). Среднегодовая концентрация кислорода находилась на уровне прошлого года - 10,2 мгO_2/дм^3, при минимуме 8,9 мгO_2/дм^3. Процент насыщения вод кислородом варьировал в диапазоне 82,4-101,5%. Приоритетными загрязнителями сохранились нефтяные углеводороды (1,9/5,2 ПДК), медь (1,1/1,8 ПДК) и железо (0,8/1,4 ПДК). По сравнению с 2018 г. качество вод в районе водпоста в торговом порту г. Мурманск не изменилось и оценивается как «умеренно загрязненные».

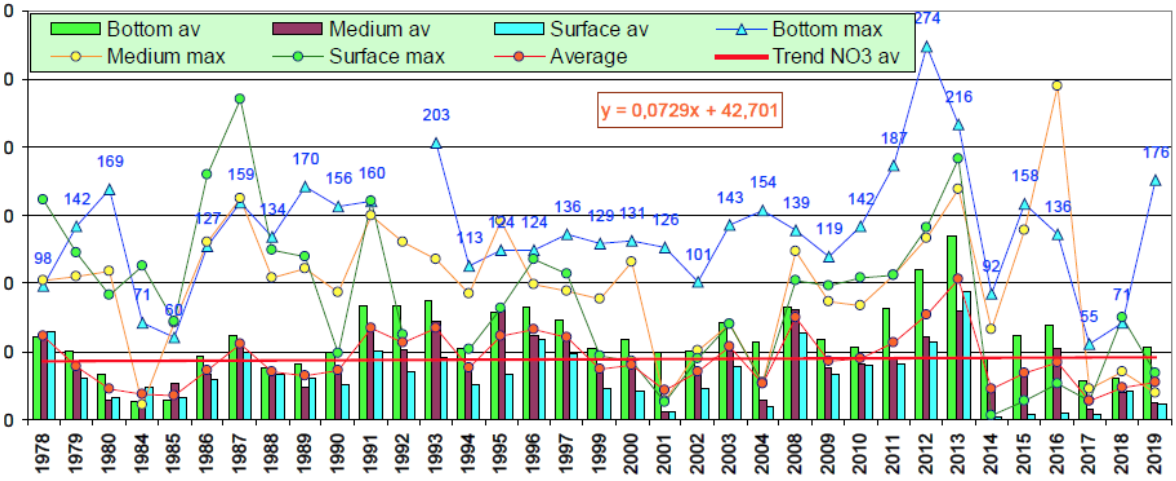


Рис. 3.67. Динамика средней и максимальной концентрации нитратов (мкг/дм^3) в поверхностном, промежуточном и придонном слоях в водах Двинского залива Белого моря в 1978-2019 гг.

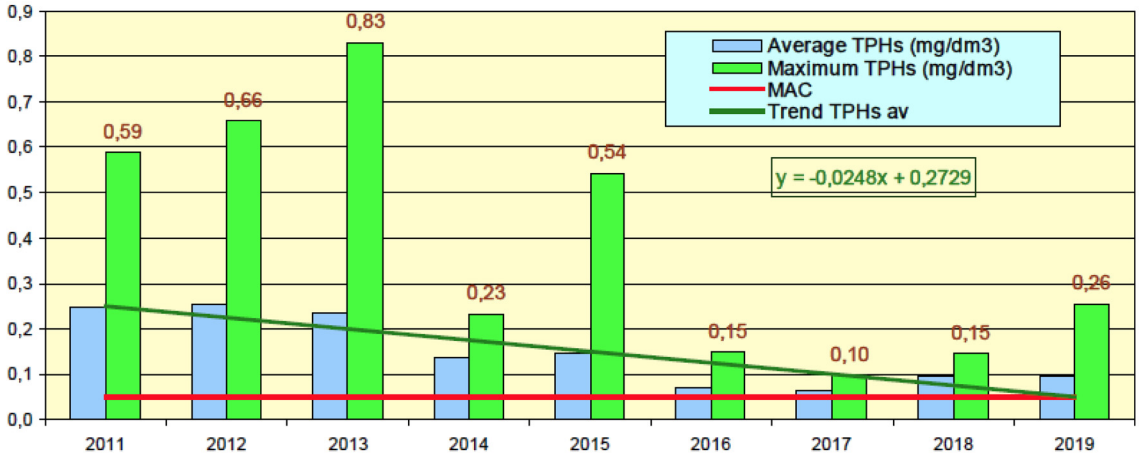


Рис. 3.68. Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в торговом порту Мурманска в 2011-2019 гг.

Тихий океан

Шельф полуострова Камчатка. Авачинская губа. В 2019 г. приоритетными загрязняющими веществами в водах Авачинской губы были нефтяные углеводороды, фенолы и детергенты. Наибольшая концентрация растворенных НУ наблюдается, как правило, в районах сброса сточных вод судоремонтных заводов, транспортных предприятий и в местах стоянки судов. Распространению НУ на всю акваторию губы способствуют приливо-отливные и сгонно-нагонные течения. Среднегодовое содержание нефтяных углеводородов в водах Авачинской губы в 2019 г. составило 2,2 ПДК (0,11 мг/дм^3), максимальное - 17,6 ПДК (0,88 мг/дм^3), что соответствует 2015-2016 гг. (рис. 3.69). Среднегодовое содержание концентрации фенолов в 2019 г. составило 0,8 ПДК, максимальное - 3,1 ПДК, а повторяемость превышения ПДК достигла 35%. На протяжении последних шести лет концентрация фенолов сохраняются на уровне 2–4 ПДК. Максимальная концентрация СПАВ (1,6 ПДК) была отмечена в октябре в приустьевой зоне р. Авача.

Среднегодовое значение концентрации растворенного кислорода в водной толще составило 9,21 мгO_2/дм^3 при среднем значении уровня насыщения 90%. На поверхности средний уровень насыщения поднимался до 142%, а в придонном слое опускался до 21%.

В 2019 г. по сравнению с 2018 г. качество воды Авачинской губы ухудшилось и оценивалось как «загрязненные» (уровень 2017 г.).

Охотское море

В районе пос. Стародубский в 2019 г. значения гидрохимических показателей и концентрации загрязняющих веществ находились в пределах среднемноголетних значений. По сравнению с 2017-2018 гг. снизились средняя и максимальная концентрация меди: средняя состави-

ла 2,6 мкг/дм^3; максимальная 4,5 мкг/дм^3 (0,9 ПДК). Средние значения легко-окисляемых органических веществ (по $БПК_5$) превышали ПДК и составили - 2,8 мгO_2/дм^3, максимальные - 6,0 мгO_2/дм^3. Концентрации нефтяных углеводородов (среднегодовая 0,017 мг/дм^3, максимальная 0,039 мг/дм^3), детергентов (28/47 мкг/дм^3), цинка (3,2/5,6 мкг/дм^3), свинца (0,4/1,1 мкг/дм^3) и кадмия (<0,1 мкг/дм^3) не превышали нормативных показателей. Среднегодовое содержание фенолов составило 0,7 мкг/дм^3, при максимальном - 4,0 мкг/дм^3. Кислородный режим был в пределах нормы: среднее содержание растворенного кислорода составило 7,9 мгO_2/дм^3, минимальное 5,8 мгO_2/дм^3. В 2019 г., как и в 2018 г. в донных отложениях в районе пос. Стародубский был превышен норматив содержания НУ (среднее значение 138 мкг/г, 2,8 ДК; максимальное значение 259 мкг/г, 5,2 ДК). Содержание фенолов, кадмия, меди, свинца и цинка являлось незначительным, а максимальные значения не превышали 0,2 ДК.

В заливе Анива в районе пос. Пригородное в 2019 г. отмечалось загрязнение морских вод легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$) (среднее 2,7 мгO_2/дм^3, максимум 5,1 мгO_2/дм^3), медью (среднее значение 2,5 мкг/дм^3; максимум 6,5 мкг/дм^3, 1,3 ПДК) и нефтяными углеводородами (среднее значение 0,023 мг/дм^3; максимум 0,076 мг/дм^3, 1,5 ПДК). Средние и максимальные концентрации других ингредиентов - кадмия, цинка, СПАВ, свинца и аммонийного азота не превышали 0,5 ПДК. Кислородный режим был в пределах нормы. Среднее годовое значение концентрации кислорода понизилось по сравнению с 2018 г. и составило 7,88 мгO_2/дм^3, однако минимальное значение опускалось ниже уровня норматива (6,0 мгO_2/дм^3) и составило 5,42 мгO_2/дм^3. В донных отложениях содержание НУ значительно повысилось по сравнению с прошлым годом - среднее значение 49 мкг/г, 1 ДК; максимум - 77 мкг/г, 1,5 ДК. Средние и максимальные значения содержания кадмия, фенолов, меди, цинка и свинца не превышали норматива (максимальное значение - 0,2 ДК - медь).

В 2019 г. в морских водах залива Анива в районе г. Корсаков отмечалось значительное загрязнение нефтяными углеводородами: среднее значение 0,05 мг/дм^3 (1 ПДК); максимум - 0,164 мг/дм^3 (3,3 ПДК), что соответствует уровню 2018 г. Значительно увеличилось содержание легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$): среднее значение 4,1 мг/дм^3; максимум 9,5 мг/дм^3., меди - среднее значение 3,2 мкг/дм^3; максимум 7,7 мкг/дм^3 (1,5 ПДК), а также фенолов: среднее значение 0,14 мкг/дм^3; максимум 2,6 мкг/дм^3, 2,6 ПДК. При этом как средняя, так и максимальная концентрации кадмия, цинка, СПАВ, свинца не превышали ПДК, за исключением аммонийного азота, максимальная концентрация которого составила 1 ПДК, а средняя 0,2 ПДК. Среднегодовое содержание кислорода снизилось (6,87 мгO_2/дм^3), минимальное значение опускалось ниже норматива и составило 4,79 мгO_2/дм^3. В донных отложениях было отмечено повышенное содержание НУ (среднее значение 450,6 мкг/г, 9 ДК; максимальное 589 мкг/г, 12 ДК). Концентрации кадмия находились на уровне 2018 г. (среднее значение 0,27 мкг/г, 0,3 ДК; максимум 0,55 мкг/г, 0,7 ДК), а также меди (среднее значение 24,7 мкг/г, 0,7 ДК; максимум 32,5 мкг/г, 0,9 ДК). Концентрация фенолов, цинка и свинца не превышала 0,5 ДК.

В 2019 г. качество вод южной части шельфа о. Сахалин соответствовало «умеренно загрязненным» водам.

Японское море

Залив Петра Великого. В 2019 г. во всех прибрежных акваторий залива Петра Великого Японского моря было зафиксировано снижение среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов: в бухте Золотой Рог в 2,1 раза (с 0,096 до 0,045 мг/дм^3); в бухте Диомид - в 1,8 раза (с 0,082 до 0,045 мг/дм^3); в проливе Босфор Восточный - в 2,3 раза (с 0,112 до 0,030 мг/дм^3); в Амурском заливе - в 2 раза (с 0,04 до 0,02 мг/дм^3); в Уссурийском заливе - в 3 раза (с 0,06 до 0,02 мг/дм^3); в заливе Находка - в 1,3 раза (с 0,04 до 0,03 мг/дм^3), (рис. 3.70). Среднегодовая концентрация варьировала в пределах 0,03–0,09 мг/дм^3. Среднемноголетнее значение сохраняется традиционно наибольшим в бухте Золотой Рог. Максимальная концентрация НУ в морской воде составила 3 ПДК (0,15 мг/дм^3) в заливе Находка в сентябре и 2,8 ПДК (0,14 мг/дм^3) в проливе Босфор Восточный в октябре.

В прибрежных водах залива Петра Великого среднегодовое содержание фенолов изменялось в диапазоне 1,04-1,39 мкг/ дм^3 (1,0–1,4 ПДК). В сравнении с 2018 г. уровень загрязненности прибрежных районов залива Петра Великого фенолами не изменился в бухтах Золотой Рог и Диомид, а также в Амурском заливе. Повысилось среднегодовое содержание фенолов в проливе Босфор Восточный, в Уссурийском заливе и заливе Находка. В бухте Золотой Рог оно составило 1,2 ПДК, в бухте Диомид и в Амурском заливе - 1,1 ПДК. В проливе Босфор Восточный, в Уссурийском заливе и заливе Находка отмечалось небольшое повышение: в проливе Босфор Восточный от 0,8 до 1,0 ПДК, в Уссу-

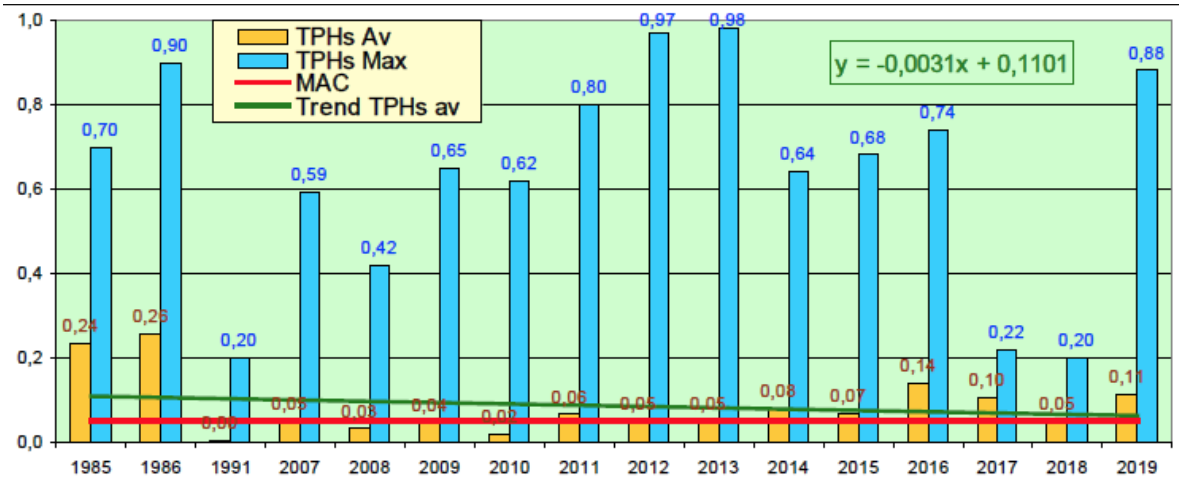


Рис. 3.69. Средняя и минимальная концентрация нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах Авачинской губы на Камчатке в 1985-2019 гг.

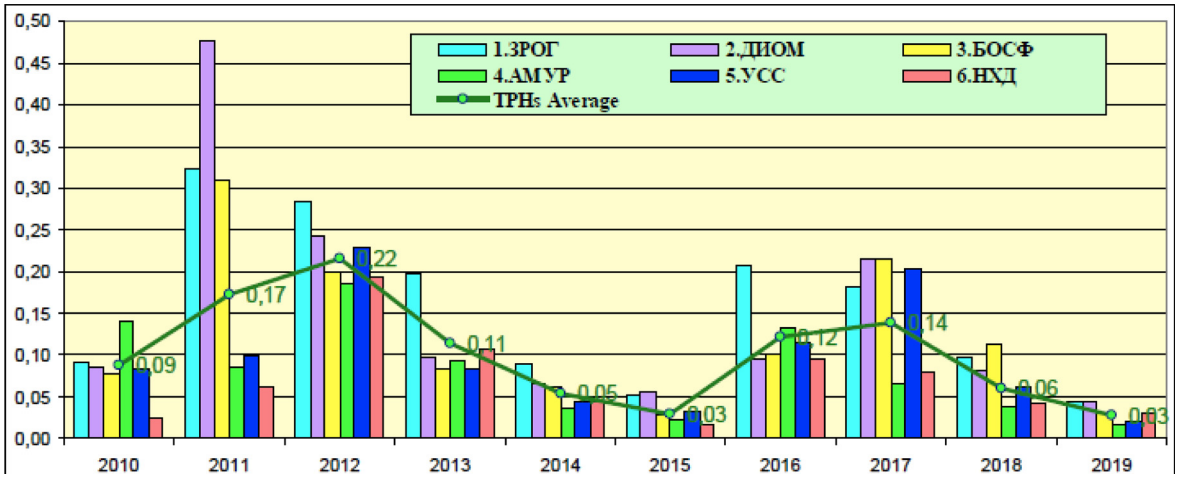


Рис. 3.70. Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах различных районов залива Петра Великого Японского моря.
1 - бухта Золотой Рог, 2 - бухта Диомид, 3 - пролив Босфор Восточный, 4 - Амурский залив, 5 - Уссурийский залив, 6 - залив Находка.

рийском заливе - от 1,0 до 1,4 ПДК, в заливе Находка - от 1,1 до 1,2 ПДК. Максимальное значение было отмечено в заливе Находка (в бухте Находка) в июле - 3,1 ПДК.

Уровень загрязненности морских вод АПАВ по сравнению с предыдущим годом в большинстве прибрежных районов снизился в 1,15-1,3 раза. Среднегодовое содержание детергентов изменялось в диапазоне 2,2-3,9 ПДК. Следует отметить, что в Амурском заливе и заливе Находка отмечался рост среднего уровня содержания детергентов от 3,0 до 3,1 ПДК и в 1,5 раза от 2,9 до 3,9 ПДК соответственно. Максимальные значения регистрировались с мая по октябрь и составляли в бухте Золотой Рог - 7,3 ПДК, в бухте Диомид - 4,7 ПДК, в проливе Босфор Восточный - 5,4 ПДК, в Амурском заливе - 8,4 ПДК, в Уссурийском заливе - 8,3 ПДК и в заливе Находка - 7,1 ПДК. В целом уровень загрязненности прибрежных вод залива Петра Великого АПАВ за период 2017-2019 гг. резко повысился от значений меньше 1 ПДК до 2–3 ПДК, а максимальные значения в разных районах достигали 8–9 ПДК, чего не отмечалось за все время наблюдений.

В прибрежных водах залива Петра Великого среднегодовое содержание определяемых металлов (медь, железо, цинк, свинец, марганец и кадмий) было менее 1 ПДК, а также по сравнению с предыдущим годом в бухте Золотой Рог снизились среднегодовые показатели по цинку, свинцу и кадмию, сохранились - по меди, железу и марганцу. В проливе Босфор Восточный снизились показатели по меди, цинку, свинцу; сохранились - по железу, марганцу и кадмию. В бухте Диомид, в Амурском и Уссурийском зали-

вах и в заливе Находка по всем определяемым металлам было отмечено небольшое снижение среднегодовых показателей за исключением меди в Амурском заливе, которое повысилось с 0,25 до 0,7 ПДК. Во всех прибрежных районах фиксировались отдельные случаи существенного превышения ПДК по железу: в бухте Золотой Рог - 2,9 ПДК; в проливе Босфор Восточный - 3,8 ПДК; в Амурском заливе - 4 ПДК; в Уссурийском заливе - 2,6 ПДК; в заливе Находка - 2,3 ПДК. Среднегодовое содержание ртути в морской воде в прибрежных районах изменялось в пределах 0,2–0,4 ПДК и по сравнению с 2018 г. существенных изменений не было зафиксировано. Значения выше норматива были отмечены в двух районах: в Амурском заливе - 1,1 ПДК и в заливе Находка - 1,2 ПДК.

В 2019 г. в прибрежных районах залива Петра Великого среднее значение биохимического потребления кислорода за пять суток ($БПК_5$) изменялось в диапазоне 0,24–3,33 ПДК, за исключением одной придонной пробы с глубины 6 м в Уссурийском заливе, в которой содержание органического вещества достигало 8,1 ПДК, что соответствует уровню высокого загрязнения (ВЗ), из-за чего среднее значение биохимического потребления кислорода за пять суток ($БПК_5$) повысилось с 1,52 до 2,19 мгO_2/дм^3. Кислородный режим в прибрежных водах был в пределах нормы. Среднегодовое содержание растворенного кислорода в толще воды разных районов акватории залива находилось в диапазоне 7,87-10,18 мгO_2/дм^3, однако фиксировались случаи с нарушением кислородного режима: в бухте Золотой Рог (3 случая) и в Амурском заливе (6). В вершине бухты Золотой Рог минимальная концентрация растворенного кислорода была отмечена в августе - 3,95 мгO_2/дм^3 (51% насыщения). В Амурском заливе абсолютный минимум зафиксирован в прибрежной зоне вблизи г. Владивостока в сентябре - 2,76 мгO_2/дм^3 (35% насыщения).

В 2019 г. прибрежные воды залива Петра Великого характеризуются в основном «загрязненными» водами (рис. 3.71), за исключением пролива Босфор Восточный, в котором качество вод улучшилось и соответствовало «умеренно-загрязненным» водам. Улучшилось качество вод бухты Золотой Рог, бухты Диомид и Уссурийского залива, а ухудшилось Амурского залива и залива Находка, хотя все они по-прежнему характеризуются «загрязненными» водами.

Донные отложения. В 2019 г. среднегодовое содержание нефтяных углеводородов в донных отложениях прибрежных районов залива Петра Великого изменялось в диапазоне 0,08-14,79 мг/г. По-прежнему в наибольшей степени загрязнены донные осадки бухты Золотой Рог. Так, среднегодовая концентрация нефтяных углеводородов в 2013 г. (6,14 мг/г) превысила допустимый уровень концентрации почти в 123 раза, 2014 г. - в 210 раз; 2015 г. - 261,8 ДК, 2016 г. - 201,6 ДК, 2017 г. - 258 ДК, в 2018 г. - 336 ДК, в 2019 г. – 296 ДК (ДК - допустимый уровень концентрации). Максимальная концентрация НУ в 2019 г. была зафиксирована в вершине бухты Золотой Рог в районе ст. №1 - 675 ДК (33,74 мг/г). По сравнению с предыдущим годом почти во всех прибрежных районах, за исключением Уссурийского залива, было отмечено снижение

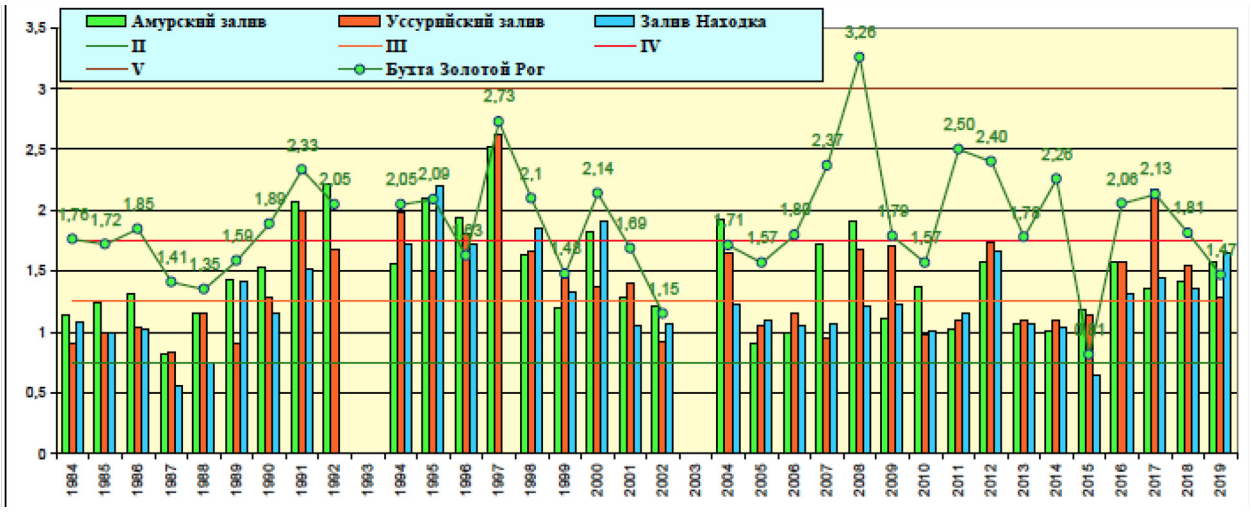


Рис. 3.71. Многолетняя динамика индекса загрязненности вод (ИЗВ) в различных районах залива Петра Великого Японского моря

среднегодовой концентрации НУ в донных отложениях. В Уссурийском заливе среднегодовой показатель (1,6 ДК) не изменился.

Среднегодовое содержание фенолов в донных отложениях залива Петра Великого варьировало в диапазоне 3,70–7,02 мкг/г. Во всех прибрежных районах залива Петра Великого средняя концентрация фенолов в 2019 г. повысилась по сравнению с прошлым годом в 1,3–2,9 раза. В наибольшей степени загрязнены фенолами донные отложения бухты Золотой Рог (средняя 6,18 мкг/г, максимальная 8,0 мкг/г), бухты Диомид (средняя 6,65 мкг/г; максимальная 8,9 мкг/г), пролива Босфор Восточный (средняя 7,02; максимальная 13,0 мкг/г) и Амурского залива (средняя 5,47 мкг/г; максимальная 12,50 мкг/г).

В 2019 г. в бухте Золотой Рог и в бухте Диомид был отмечен рост уровня загрязнения донных отложений различными металлами, а в остальных прибрежных районах залива Петра Великого - сохранился на уровне прошлогодних значений. В бухте Золотой Рог повысились среднегодовые концентрации кадмия с 2,8 до 3,5 ДК, цинка с 3,4 до 4,2 ДК и железа. Среднегодовое содержание меди (5,1 ДК), свинца (2,1), никеля (0,5) и хрома (0,3) либо сохранилось на уровне 2018 г., либо снизилось. Следует особо отметить значительное (в 4 раза) снижение среднегодового содержания ртути в донных отложениях бухты Золотой Рог в 2019 г. - от 3,8 до 0,9 ДК, а максимальное составило 2 ДК. В Амурском, Уссурийском и в заливе Находка среднегодовая концентрация всех определяемых тяжелых металлов в донных отложениях не превышала допустимого уровня. Самые высокие показатели по ртути были зафиксированы в бухте Золотой Рог и в бухте Диомид: среднегодовое содержание составило 0,9 и 1,3 ДК, максимальное - 2,0 и 2,3 ДК соответственно. В донных отложениях всех прибрежных районов залива Петра Великого по-прежнему отмечалась высокая концентрация железа: среднегодовые показатели в 2019 г. находились в диапазоне 10407-42479 мкг/г., максимальные значения были зафиксированы в бухте Диомид (42479 мкг/г) и в бухте Золотой Рог (27359 мкг/г).

Во всех прибрежных районах залива Петра Великого среднегодовая суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ превышала ДК. В бухте Золотой Рог их концентрация составила 39 ДК, в бухте Диомид - 17,3 ДК; в проливе Босфор Восточный - 5,6 ДК; в Амурском заливе - 2,6 ДК, в Уссурийском заливе - 2,6 ДК, в заливе Находка - 6 ДК. Следует отметить, что в 2019 г. было отмечено повышение среднего показателя в заливе Находка от 3 до 6 ДК. Максимальное суммарное содержание ХОП группы ДДТ было отмечено в мае в центральной части бухты Золотой Рог - 68 ПДК. Во всех прибрежных районах в 2019 г. произошло повышение уровня загрязненности донных отложений линданом (γ–ГХЦГ) в 1,7 – 5,5 раз. Среднее содержание линдана в бухте Золотой Рог составило 22 ДК (в 2018 г. -4 ДК); в бухте Диомид - 20 ДК (2018 г. - 6 ДК); в проливе Босфор Восточный - 10 ДК (6 ДК); в Уссурийском заливе - 8 ДК (4 ДК); в заливе Находка - 7 ДК (4 ДК). Только в Амурском заливе уровень загрязненности донных отложений линданом практически не изменился и составил 6,8 ДК (в 2018 г. - 6 ДК).

Среднее содержание полициклических хлорированных бифенилов (ПХБ) по сравнению с 2018 г. снизилось в проливе Босфор Восточный (с 16,7 до 8 ДК), в Амурском заливе (с 2,6 до 1,5 ДК) и в заливе Находка (с 1,6 до 1,0 ДК). Повысились среднегодовые концентрации ПХБ в бухте Золотой Рог (с 21 до 47 ДК), в бухте Диомид (с 16 до 78 ДК) и в Уссурийском заливе (с 1 до 2,7 ДК). Наибольшие значения концентрации ПХБ были зафиксированы в бухте Золотой Рог - почти 83 ДК.

Татарский пролив. В 2019 г. регулярные наблюдения за уровнем загрязненности морских вод и донных отложений проводились в прибрежной зоне в районе порта г. Александровск-Сахалинский. Среднегодовое содержание нефтяных углеводородов в прибрежных водах по сравнению с 2018 г. резко повысилось и составило 1,4 ПДК (в 2018 г. - 0,66 ПДК). Максимальное значение было отмечено в июле и составило 3,4 ПДК. Фенолы не были выявлены. Содержание СПАВ не превысило 0,3 ПДК. Концентрация аммонийного азота, а также металлов кадмия, цинка и свинца не превышала 0,1 ПДК. Среднегодовое значение меди составило 1,2 ПДК, а максимальная концентрация в прибрежных водах пос. Александровск-Сахалинский составила 4,6 ПДК. По сравнению с 2018 г. уровень загрязненности вод соединениями меди повысился в 1,6 раза. Кислородный режим в 2019 г. был в пределах нормы: среднее содержание растворенного кислорода составило 8,79 мгO_2/дм^3. В целом качество морских вод в Татарском проливе в районе г. Александровск по сравнению с предыдущим годом ухудшилось и оценивается как «умеренно-загрязненные».

Уровень загрязненности **донных отложений** прибрежной зоны района г. Александровск нефтяными углеводородами по сравнению с 2018 г. немного повысился Содержание НУ в донных отложениях находилось в диапазоне 5-113 мкг/г, составив в среднем 31,13 мкг/г (0,6 ДК); в 2018 г. - 24,67 мкг/г или 0,5 ДК.

Содержание фенолов сохранилось на уровне 0,03 мкг/г. Содержание тяжелых металлов было в следующих пределах: меди - 0,11-4,0 мкг/г (в среднем 1,61 мкг/г); цинка - 0,0-187 мкг/г (44,9 мкг/г); свинца - 0,0-10,0 мкг/г (1,53 мкг/г) и кадмия - 0,02-0,05 мкг/г (0,04 мкг/г). Среднегодовое содержание определяемых металлов не превысило 0,1 ДК; цинка - 0,3 ДК. Максимальное содержание цинка составило 1,3 ДК.

3.3.6. Гидробиологическая оценка состояния морских вод

Гидробиологические наблюдения за состоянием прибрежных морских экосистем Российской Федерации проводятся по основным экологическим сообществам: бактериопланктон, фитопланктон и фотосинтетические пигменты, мезозоопланктон и макрозообентос. Каждая из этих экологических групп наблюдается по целому ряду показателей, позволяющих получать информацию о количественном и качественном составе сообществ прибрежных морских экосистем России. Гидробиологические наблюдения в период с 2007 по 2019 гг. проводились в Балтийском, Черном, Лаптевых и Японском морях.

Балтийское море. Наблюдения в 2019 г. проводились в Невской губе Восточной части Финского залива Балтийского моря.

В Невской губе содержание хлорофилла в планктоне варьировалось от 1,21 до 21,93 мкг/л (в 2018 г. - от 0,48 до 20,23 мкг/л). Уровень трофности вод соответствовал группе мезотрофным с чертами - эвтрофных водоемов.

В составе фитопланктона Невской губы был отмечен 151 вид водорослей (в 2018 г. - 132; в 2017 г. –-143), относящихся к 8 отделам. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало Bacillariophyta - 46, Chlorophyta - 54 и Cyanophyta - 27, остальные отделы были представлены единичными видами: Euglenophyta - 9, Cryptophyta и Chrysophyta - по 5, Dinophyta - 4, Xanthophyta - 1.

Биомассы фитопланктона в северной, транзитной и южной зонах Невской губы различались незначительно, так в транзитной зоне она составляла 1,07 мг/л, в северной - 1,42 мг/л и в южной - 1,59 мг/л, а в целом по Невской губе - не превышала - 1,37 мг/л, что значительно ниже аналогичных показателей прошлых лет (в 2018 г. - 2,46 мг/л; 2017 г. - 3,85 мг/л).

В 2019 г., как и в предыдущие годы, в биомассе фитопланктона Невской губы доминировали диатомовые водоросли, достигая 95%, что типично для данного региона и срока отбора проб. Доля диатомовых водорослей выросла по сравнению с данными 2018 г., а доля синезеленых в планктоне была незначительной. Основной вклад в вегетацию фитопланктона вносили диатомовые водоросли (39-95% от общей биомассы). Наряду с диатомовыми в прибрежной зоне наблюдалась активная вегетация зеленых водорослей (45-87%), в планктоне доминировали *Cladophora spp.*, *Mougetia spp.*, *Pediastrum boryanum*. Как и на большей части акватории, на всех станциях доминировали *Aulacoseira islandica*, *Asterionella formosa*, *Diatoma tenuis* и *Tabellaria fenestrata*. В сезонной динамике 2019 г. можно отметить один четко выраженный весенний пик, связанный с вегетацией диатомовых водорослей.

В составе мезозоопланктона Невской губы было зарегистрировано 66 видов и вариететов (в 2018 г. - 76 видов; в 2017 г. - 71 вид). Наибольшим числом видов обладали ветвистоусые - 26 (в 2018 г. - 27) и коловратки - 25 видов (в 2018 г. - 28 видов; в 2017 г. - 26), видовое разнообразие веслоногих снизилось до 15 видов (в 2018 г. - 21 вид; в 2017 г. - 18). Существенных изменений в качественном составе мезозоопланктона по сравнению с предшествующими периодами наблюдений не отмечалось.

Средняя биомасса мезозоопланктона в Невской губе составляла 109,45 мг/м^3 (в 2018 г. - 202,45 мг/м^3; в 2017 г. - 80,55 мг/м^3) при численности 33,0 тыс. экз/м^3 (в 2018 г. - 34,00 тыс. экз/м^3; в 2017 г. - 28,0 тыс. экз/м^3). При этом биомасса зоопланктона оказалась в 2 раза ниже, чем в предшествующем году. Уровень развития мезозоопланктона в 2019 г. в Невской губе на фоне межгодовой динамики оценивался как невысокий.

В 2019 г. в составе макрозообентоса Невской губы, как и в 2017-2018 гг. наблюдалось 53 вида донных беспозвоночных: среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало малощетинковым червям - 25 и комарам-звонцам - 12, а также моллюскам - 8, пиявки представлены 3 видами, остальные группы: плоские черви, болотницы, ручейники, клопы и бокоплавы - представлены единичными видами. Основной вклад в формирование биомассы зообентоса, как и в предыдущие годы, вносили олигохеты, моллюски и личинки хирономид.

Видовой состав бентофауны Невской губы был сформирован 8 сообществами донных беспозвоночных, четко регламентированных наличием органического вещества и формой его седиментации. В транзитной зоне (фарватер) и приплотинной части Невской губы распространены сообщества пеллофильных бентосных беспозвоночных, способных выживать на жид-

ких илах профундали, в прибрежных частях фауна зообентоса значительно разнообразнее и представлена поясом сестонофагов мягких грунтов, активно перемещающихся в зоне высокой гидродинамики эстуариев впадающих в губу рек. Максимальные количественные показатели макрозообентоса отмечались в октябре. Средние количественные показатели в Невской губе в мае составили 0,69 тыс. экз/м^2 и 60,73 г/м^2, в августе - 1,43 тыс. экз/м^2 и 86,54 г/м^2, в октябре - 3,4 тыс. экз/м^2 и 227,83 г/м^2. Как и в 2018 г. по численности и по биомассе на большинстве станциях доминировали олигохеты, составляя до 100% и формируя основу биоценоза Невской губы.

Как и в прошлые годы, не было выявлено существенных различий между восточным и западным районами, средние величины численности зообентоса в указанных районах были одного порядка. Средняя величина биомассы была выше в западном районе за счет более крупных моллюсков.

Значительные межгодовые колебания численности донных беспозвоночных, связанны с многолетними изменениями речного стока и являются характерной особенностью Невской губы, неоднократно наблюдавшейся ранее. В 2014-2019 гг. в целом по акватории было заметно увеличение видового разнообразия бентосных сообществ. Количественные показатели макрозообентоса в Невской губе в целом незначительно снизились по сравнению с 2018 г. Различия в темпах роста численности и биомассы происходит из-за значительного количества молоди, а также развития мелких форм олигохет.

В целом, начиная с 2008 г., развитие макрозообентоса Невской губы в 2019 г. наиболее высокое. Дальнейшие наблюдения в акватории Невской губы должны показать, сохранится ли тенденция к восстановлению ее донных сообществ после начала строительства набережной в 2009 г.

Черное море. Гидробиологические наблюдения проводились в августе 2019 г. в северо-восточной части Черного моря вдоль Кавказского побережья от Керченского пролива на севере до устья р. Мзымта на юге в рамках международного проекта ЭМБЛАС-Плюс. Были исследованы характеристики пелагических и бентосных сообществ - бактериопланктона, концентрация фотосинтезирующих пиментов, фитопланктона, мезозоопланктона и макрозообентоса.

Фотосинтетические пигменты. В прибрежных водах Кавказа от Керченского пролива до устья р. Мзымты у г. Адлера содержание хлорофилла-а (Chl-a) определялось в поверхностном горизонте и в горизонте с максимальной флюоресценцией (~8-15 м). Концентрация Chl-a изменялась в пределах от 0,04 до 1,74 мкг/дм^3, а доля феофитина (неактивная форма Chl-a) варьировала от 28% до 78%. Минимальное содержание Chl-a было характерно для района Большого Сочи, где среднее содержание по всей акватории составило 0,23 мкг/дм^3, а диапазон значений варьировал от 0,04 до 1,34 мкг/дм^3. В этом же районе была отмечена максимальная доля феофитина, среднее значение которого составило 62%, что свидетельствует о низком продукционном потенциале поверхностных вод и "отцветании" доминирующего комплекса фитопланктона. Исключение составляла станция в порту Сочи, где в поверхностном горизонте отмечалась максимальная концентрация хлорофилла и минимальная — феофитина 39%, остальные значения не превышали 0,19 мкг/дм^3. Севернее в районе от Геленджика до Новороссийска содержание хлорофилла изменялось от 0,06 до 0,66 мкг/дм^3, доля феофитина — от 32% до 71% (средние величины - 0,27 мкг/л и 51%). Дальше на север наибольшее содержание Chl-a — было зафиксировано в прибрежных водах Анапы (средняя концентрация 0,48 мкг/дм^3) и заповедника Утриш (0,47 мкг/дм^3), а доля феофитина варьировла у Анапы от 28% до 48% (в среднем составляя 39%) и от 34% до 61% у заповедника Утриш, в среднем составляя 43%. Максимальная концентрация (1,74 мкг/дм^3) в районе Анапа-Утриш была зафиксирована у берега на северной границе заповедника в слое с максимальной флюоресценцией (глубина 10 м); доля феофитина составила здесь 39%. На поверхности в этой точке концентрация Chl-a также была высокой (1,39 мкг/дм^3), а концентрация феофитина низкой 34%. На южной границе в водах Керченского пролива содержание Chl-a варьировало от 0,15 до 0,58 мкг/дм^3, средняя величина - 0,33 мкг/дм^3. Средняя доля феофитина составила 41%. Физиологическая активность фитопланктона снижается в направлении с север на юг (от Керченского пролива к акватории Большого Сочи) по постепенному сокращению содержания Chl-a и увеличению доли феофитина.

Бактериопланктон. Количественные характеристики бактериопланктона и интенсивность его функционирования являются важными показателями трофического статуса и экологической обстановки морских водоемов. Водные бактерии в оксигенном слое водоема определяют интенсивность регенерации и круговорота биогенных элементов, составляя кормовую базу зоопланктона, а также играют важную роль в процессах биологического самоочищения водных объектов от загрязняющих веществ, включая нефтепродукты. Учет общей численности бактериоплан-

ктона (ОЧБ), определение морфологического разнообразия и биомассы бактериопланктона поверхностного слоя вод был выполнен в прибрежных акваториях Кавказского побережья между южной частью Керченского пролива и устьем р. Мзымты.

Анализ полученных результатов позволяет выделить общую для всей исследованной акватории закономерность. В период исследований на всех станциях были обнаружены высокие средние значения общей численности и биомассы микроорганизмов. Численность варьировала от $6*10^3$ до $2*10^6$ кл/мл (среднее $9,8*10^5$тыс кл/мл), а биомасса - от 45 до 145 мг/м^3 (среднее 72 мг/м^3). Максимальные значения численности и биомассы наблюдались в Анапском заливе (станции №12, 13, 14 и 14А) и в районе Сочи - Хоста (станции №23S, 24S, 25S и 29S). В этих районах в морскую среду поступают значительные объемы речного стока, а также сбросы с обширных рекреационных территорий. Высокая численность была выявлена в районе заповедника Утриш (станции 7u и 8u). Биомассы бактериопланктона повторяют распределение обилия микроорганизмов по всей исследованной акватории. В целом, распределение ОЧБ и биомассы микроорганизмов в поверхностном слое Кавказского прибрежья в августе 2019 г. находилось в пределах среднемноголетних данных характерных для летнего сезона.

В морфологическом отношении подавляющее большинство встреченных микроорганизмов было представлено мелкими формами палочек, вибрионов и кокков. Эти же формы клеток формируют основной вклад в создание биомассы бактериопланктона на всей исследованной акватории. Морфологический состав бактериопланктона был представлен, в основном, палочками (диапазон 33-47% от ОЧБ, среднее 40% от общего) и вибрионами (диапазон 41-63%, среднее 54%). На долю кокков приходилось от 1% до 15%, при средней величине 6% от общего количества бактериопланктона. Другие морфологические формы в поверхностном слое занимали менее 1% клеток. На некоторых станциях были отмечены единичные полиморфные клетки, спириллы или одиночные нити. Вклад этих морфологических форм в расчеты численности и биомассы бактериопланктона не учитывался.

По количественным показателям бактериопланктона воды Кавказского побережья в августе 2019 г. следует относить к мезотрофно-эвтрофному уровню трофности.

Фитопланктон. В составе фитопланктона наблюдался 91 вид водорослей, относящихся к 8 отделам. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало Dinophyta - 60 видов и Bacillariophyta - 23 вида, другие отделы были представлены единичными 1-3 видами: Coccolithophyta, Cryptophyta, Dictyochophyta, Prasinophyta, Euglenophyta, Ebriophyta. Наибольшее качественное разнообразие (60 видов) наблюдалось в районе Анапы, где основу фитопланктона формировали диатомовые водоросли родов *Amphora, Amphiprora, Coscinodiscus* и др. Численность фитопланктона в августе варьировала от 12,68 тыс. кл/л (Сочи) до 21,96 тыс. кл/л (южнее Керченского пролива) в среднем составляя 16,88 тыс. кл/л. Биомасса варьировала в диапазоне 70,97 мг/м^3 до 302,35 мг/м^3, в среднем составляя 166,52 мг/м^3. В районе исследования доминировали диатомовые и динофитовые водоросли, в среднем составившие соответственно 53% и 33% общей численности и 44-55% биомассы фитопланктона. Кокколитофориды, представленные нанопланктонным видом *Emiliania huxleyi*, и криптофитовые водоросли (*Plagioselmis punctata, P. prolonga, Hillea fusiformis*) в целом формировали не более 13% общей численности и менее 1% биомассы фитопланктона. На долю других отделов приходилось менее 1% по численности и биомассе. Основу биомассы фитопланктона Кавказских прибрежных вод в августе 2019 г. формировали крупноклеточные виды диатомовых - *Pseudosolenia calcar-avis* (31-65%) и динофитовых водорослей: *Polykrikos kofoidii, Protoperidinium divergens, Protoceratium reticulatum,* виды рода *Ceratium,* а также доминирующие по численности представители родов *Prorocentrum, Gymnodinium* и *Gyrodinium* (в сумме 23-50%).

Мезозоопланктон отбирали большой сетью Джеди с размером ячеи - 150 мкм. В составе сообщества мезозоопланктона, в районе г. Геленджик преобладали ранние стадии развития двух видов каляноидных копепод - *Centropages ponticus* и *Acartia sp.* суммарной численностью 469 экз/м^3, в то время как половозрелые особи встречались в планктоне в единичных экземплярах. Субдоминантными группами были личинки бентосных двустворчатых и брюхоногих моллюсков (106 и 13 экз/м^3 соответственно), а также циклопоида *Oithona davisae* (60 экз/м^3), жгутиконосец ночесветка *Noctiluca scintillans* (13 экз/м^3), аппендикулярия *Oicopleura dioica* (119 экз/м^3) и хищные щетинкочелюстные *Parasagitta setosa* (19 экз/м^3). Суммарная численность мезозоопланктона составила 892 экз/м^3, а общая биомасса - 7,1 мг/м^3. По биомассе преобладали копеподы, ноктилюка и аппендикулярии - 3,6; 1,4 и 0,7 мг/м^3 соответственно. В целом состав сообщества и значения количественных

характеристик были типичными для позднего летнего сезона в водах Кавказского шельфа.

Макрозообентос. В составе макрозообентоса северной части Кавказского мелководного прибрежья от Керченского пролива до мыса Идокапас было встречено 93 вида донных беспозвоночных. Среди встреченных беспозвоночных наибольшее видовое разнообразие принадлежало многощетинковым червям (28 видов). Меньшим числом видов были представлены ракообразные и двустворчатые моллюски - по 19 видов. Наименьшее качественное разнообразие наблюдалось среди брюхоногих моллюсков (9) и губок (6). Книдарии (*Obelia longissima*), форониды (*Phoronis psammophila*), панцирные моллюски (*Lepidochitona cinerea*) были представлены единичными видами. Колониальная асцидия *Botryllus schlosseri* в дночерпательных пробах не отмечалась, однако была встречена в обрастаниях портовых сооружений. Иглокожие были представлены змеехвосткой *Amphiura stepanovi* и 2 видами голотурий. Из хордовых встречены ланцетник *Branchiostoma lanceolatum,* а также асцидии *Ascidiella aspersa* и *Ciona intestinalis.* Также встречались немертины и олигохеты, на створках мидий и талломах филлофоры — колонии мшанок (Ectoprocta). По частоте встречаемости доминировали полихеты, встречаясь в каждой второй пробе - *Microspio mecznikowianus* и *Spio filicornis*, бокоплав *Ampelisca diadema*, брюхоногий моллюск *Calyptraea chinensis*, двустворчатые моллюски *Chamelea gallina* и *Pitar rudis*. Качественное разнообразие в пробе варьировало от 8 до 33 видов. Численность макрозообентоса в северной части Кавказского шельфа находилась в диапазоне от 80 до 713 экз/м^2, а суммарная биомасса бентосных животных - в пределах от 1,00 д -341,00 г/м^2. Средняя численность составила - 352±53 экз/м^2, а биомасса - 99±26 г/м^2. По численности доминировали полихеты, им сопутствовали двустворчатые моллюски. На их долю в среднем приходилось соответственно 43-59% и 17-31% общей численности зообентоса. При этом доля, как полихет, так и двустворчатых моллюсков на отдельных участках дна могла доходить до 88%. Среди полихет по численности доминировали *Terebellides stroemii*, *Melinna palmata*, *M. mecznikowianus* и *Sp. filicornis*. По биомассе доминировали двустворчатые моллюски. На их долю в среднем приходилось 78-94% общей биомассы зообентоса, на некоторых участках дна она достигала до 99%. Как по численности, так и по биомассе доминировали *Chamelea gallina* и *Pitar rudis*. Следует отметить, что двустворчатые моллюски доминировали на 78-95% исследованной акватории, на оставшейся 5-22% акватории доминировали полихеты, такие как *Terebellides stroemii* и *Nephtys hombergii*.

Море Лаптевых. В 2019 г. наблюдения проводились в заливе Неёлова прибрежной акватории моря Лаптевых.

Фитопланктон залива Неелова был представлен 41 (в 2018 г. - 13, в 2017 г. - 48) пресноводными эвригалинными видами, среди которых в качественном и количественном отношении доминировали холодноводные диатомовые водоросли - 30 видов, зеленые водоросли - 6 видов, синезеленые - 4 вида, а также зарегистрирован единственный представитель золотистых водорослей. Видовое разнообразие фитопланктона находилось в пределах среднемноголетних значений, существенных изменений качественного состава не было выявлено.

В составе макрозообентоса залива Неелова в 2019 г. было отмечено 10 видов беспозвоночных, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало Oligochaeta - 4 вида, Bivalvia и Amphipoda - по 3 вида. Сообщество бентосных беспозвоночных включает в себя 3 неритических вида бокоплавов, среди которых наиболее многочислен реликтовый бокоплав - *Monoporeia affinis* (Lindström, 1855), широко распространенный в Голарктике *Gammarus lacustris* (G.O. Sars, 1863) и морской эвригалинный вид *Onisimus birulai* (Gurjanova, 1929), создававшие основу биомассы и численности макрозообентоса. Из представителей вагильной фауны, основу биомассы формировали двустворчатые моллюски *Sphaerium corneum* (Linnaeus, 1758) и *Pisidium amnicum* (O. F. Müller, 1774). В 2016-2019 гг. фауна макрозообентоса залива была представлена теми же группами видов. Качественный и количественный состав зависит от преобладающих течений и формируется из фаун зообентоса, приносимого паводковыми водами питающих его рек.

Флора и фауна арктических водоемов и водотоков, как пресноводных, так и морских, является крайне неустойчивой системой, ежегодно формирующейся под воздействием краткосрочного арктического вегетационного сезона. Основу пресноводного фитопланктона водоемов и водотоков, как по видовому составу, так и по количественным характеристикам формируют представители холодноводной флоры диатомовых водорослей. Фауна макрозообентоса формируется приносимыми с паводковыми водами рек гидробионтами. Таким образом, качественный состав биоты залива в большей степени зависит, прежде всего, от таких факторов, как объем паводковых вод, питающих залив рек, направление устойчивых ветров, создающих затоки морских вод в залив, валентность видов сообществ по отношению к соленостному фактору.

В 2019 г. среди наблюдаемых водных объектов Восточно-Сибирского гидрографического района, как и в предыдущие годы, наиболее загрязненным оставался залива Неёлова. Качество его придонных вод отнесено к «загрязненным», а поверхностный слой к «слабо загрязненным» водам по показателям зообентос.

В многолетней ретроспективе происходит постепенное снижение качества поверхностного слоя воды по показателям фитопланктона, начиная с 2016 г. по настоящее время, средние значения индекса сапробности не поднимаются выше «слабо загрязненных» вод. Качество вод придонного слоя испытывает значительные межгодовые перепады.

В целом, состояние биоценозов залива Неелова остается неизменным в пределах сложившегося состояния экологической системы и соответствует экологическому антропогенному напряжению и экологическому регрессу.

Японское море. В 2019 г. гидробиологические наблюдения по микробиологическим показателям проводились на 9 участках залива Петра Великого Японского моря, расположенных в заливах: Амурском, Уссурийском и Находка, бухтах: Золотой Рог, Диомид, Находка, Врангель и Козьмино, а также в Проливе Босфор Восточный. Оценивалась общая численность и биомасса микроорганизмов и доля сапротрофных и нефтеокисляющих бактерий в общей численности и биомассе микрофлоры

Амурский залив. В водах Амурского залива средняя численность микроорганизмов составила $2,51*10^6$ кл/мл при среднем значении биомассы 1667 мг/м^3. По сравнению с 2018 г. наблюдалось незначительное увеличение общей численности и биомассы. Максимальное значение общей численности микроорганизмов и их биомассы наблюдалось в придонном горизонте осенью - $6,69*10^6$ кл/мл и $4,5*10^3$ мг/м^3. Минимальные — на фоновой станции весной в придонных горизонтах и составляли $0,40*10^6$ кл/мл и 183 мг/м^3 соответственно.

В 2019 г. по сравнению с предыдущим годом отмечалось увеличение среднегодового значения численности сапротрофных бактерий до $1,06*10^6$ кл/мл, численность варьировала в диапазоне $2,5*10^3$-$6*10^6$ кл/мл. В апреле в придонном горизонте была отмечена минимальная численность микрофлоры (2500 кл/мл), а максимальная - $6*10^6$ кл/мл - осенью в поверхностном горизонте.

Концентрация нефтеокисляющих бактерий увеличилась в 2,5 раза по сравнению с 2018 г. При среднем значении $2,07*10^4$ кл/мл их численность находилась в пределах от 6 кл/мл до $2,5*10^5$ кл/мл. Максимальная численность нефтеокисляющих бактерий была зафиксирована в поверхностных горизонтах осенью - $2,5*10^5$ кл/мл.

Концентрация фенолокисляющих бактерий варьировала от 1 до 60 кл/мл, составив в среднем 9 кл/мл. Минимальные значения фенолокисляющих бактерий наблюдалось на всех станциях весной. В осенний период по сравнению с весенним периодом, их средняя численность увеличилась до 13 кл/мл. По микробиологическим показателям воды Амурского залива - α-β-мезосапробные, эфтрофные - загрязненные.

Уссурийский залив. В 2019 г. общая численность микроорганизмов в Уссурийском заливе незначительно возросла по сравнению с 2018 г. и в среднем составила $1,74*10^6$ кл/мл при уменьшении их среднегодовой биомассы до 883 мг/м^3. Максимальная общая численность бактериопланктона и его биомасса были зафиксированы в поверхностном горизонте летом - $3,44*10^6$ кл/мл и 2046 мг/м^3 соответственно. Минимальные — в придонном горизонте в апреле - $0,12*10^6$ кл/мл и 89 мг/м^3. Весной общая средняя численность микроорганизмов составила $0.63*10^6$ кл/мл, при средней биомассе - 294 мг/м^3. Летом наблюдалось увеличение количественных показателей по сравнению с 2018 г. - $2,62*10^6$ кл/мл и 1464 мг/м^3 соответственно. Осенью эти показатели сократились до - $1,98*10^6$ кл/мг, и 892 мг/м^3 соответственно.

В 2019 г. по сравнению предыдущим годом численность сапротрофных бактерий увеличилась в 3 раза при среднем значении $4,73*10^5$ кл/мл. Численность бактериопланктона варьировала в пределах $2,5*10^2$-$2,5*10^6$ кл/мл. Максимальное значение численности сапротрофных микроорганизмов наблюдалось летом в поверхностном и придонном горизонтах - $2,5*10^6$кл/м, а минимальные - 250 кл/мл - весной в придонных горизонтах. Летом и осенью среднее значение численности сапротрофных бактерий на всех станциях составляло $2,5*10^5$ кл/мл.

Численность нефтеокисляющих бактерий увеличилась по сравнению с 2018 г. в 34 раза и варьировала от 1 кл/мл до $2,5*10^5$ кл/мл, составив в среднем – 57000 кл/мл. Максимальные значения $2,5*10^5$ кл/мл были зарегистрированы летом в поверхностном и придонном горизонтах, минимальные — в апреле в придонном горизонте. Весной численность нефтеокисляющих микроорганизмов варьировала от 1 до 2500 кл/мл, составив в среднем 99 кл/мл. Летом их средняя численность возросла до 57000 кл/мл, а осенью еще возросла до 400 кл/мл.

В 2019 г. по сравнению с предыдущим годом численность фенолокисляющих бактерий возросла в 6 раз, среднегодовые значения численно-

сти микроорганизмов варьировали от 1 до 60 кл/мл, составив в среднем 6 кл/мл. Максимальные значения были зафиксированы в поверхностном и придонном горизонтах летом - 25 кл/м. Средние значения численности фенолокисляющих бактерий составляли: весной - 4 кл/мл, летом - 6 кл/мл и осенью - 7 кл/мл.

Приведенные данные о состоянии микроорганизмов в водах Уссурийского залива характеризуют их как α - β - мезосапробные, эвтрофные - загрязненные.

Бухта Золотой Рог. Среднее значение общей численности микроорганизмов в акватории бухты Золотой Рог составляло 2,75 *10^6 кл/мл при средней биомассе - 1931 мг/$м^3$. Общая численность бактериопланктона варьировала от 1,62*10^6 кл/мл до 5,45*10^6 кл/мл, а биомасса находилась в пределах от 1002 мг/$м^3$ до 5312 мг/$м^3$. Максимальные значения общей численности и их биомассы были зарегистрированы осенью в придонном горизонте - 5,45*10^6 кл/мл и 5312 мг/$м^3$ соответственно. Минимальные — в поверхностном горизонте - 1,62*10^6 кл/мл и 1002 мг/$м^3$. Осенью средняя численность и биомасса составляли - 2,49*10^6 кл/мл и 2024 мг/$м^3$ соответственно.

Численность сапротрофных микроорганизмов варьировала в диапазоне от 2,5*10^4 кл/мл до 2,5*10^6 кл/мл, в среднем составив 8,41*10^5 кл/мл. Максимальные значения были отмечены в июле и октябре в поверхностных и придонных горизонтах, а минимальные - в мае в придонном горизонте. Весной численность саприфитов в среднем достигала 1,3*10^5 кл/мл. Летом их численность увеличилась до 1,8*10^6 кл/мл, к осени сократилась до 5,9*10^5 кл/мл.

В 2019 г. по сравнению с 2018 г. численность нефтеокисляющих микроорганизмов возросла в 2 раза, среднегодовые значения численности микроорганизмов варьировали от 2,5*10^2 кл/мл до 2,5*10^6 кл/мл, составив в среднем 2,52*10^5 кл/мл. Максимальные значения — 2,5*10^6 кл/мл наблюдались в поверхностных и придонных горизонтах в августе, осенью - 2500 кл/мл. Численность нефтеокисляющих бактерий в бухте Золотой Рог в среднем составила: весной - 5,42*10^4 кл/мл, летом - 6,77*10^5 кл/мл, осенью - 2,56*10^4 кл/мл.

Численность фенолокисляющих бактерий варьировала от 1 кл/мл до 600 кл/мл, составив в среднем 30 кл/мл. В 2019 г. по сравнению с предыдущим годом, отмечено увеличение численности фенолокисляющих микроорганизмов в 4 раза. Максимальные средние значения наблюдались весной - 68 кл/мл, летом - 18 кл/мл и осенью - 5 кл/мл. Весной в придонном горизонте фенолокисляющих микроорганизмов было обнаружено 600 кл/мл.

Бактериологические показатели, полученные при исследовании акватории бухты Золотой Рог, позволяют отнести морские воды к α-β-мезосапробным, эфтрофным - загрязненные.

Бухта Диомид. Среднегодовая общая численность бактерий в 2019 г. варьировала от 2,01*10^3 кл/мл до 4,97*10^3 кл/мл, незначительно увеличилась по сравнению с 2018 г. Максимальные средние значения общей численности и биомассы бактерий были зарегистрированы летом в поверхностном горизонте - 4,97*10^6 кл/мл и 3435 мг/$м^3$ соответственно. Минимальные значения этих показателей были зарегистрированы весной - 2,01*10^6 кл/мл и 1389 мг/$м^3$ соответственно. Летом средняя численность микроорганизмов и их биомасса были выше среднегодовых значений прошлого года и составляли - 4,81*10^6 кл/мл и 3366 мг/$м^3$ соответственно. Осенью наблюдалось снижение, по сравнению с летним периодом, значений общей численности бактерий и их биомассы - 2,25*10^6 кл/мл и 1555 мг/$м^3$.

Численность сапротрофных бактерий варьировала от 6*10^4 кл/мл до 2,5*10^6 кл/мл, составив в среднем 5,62*10^5 кл/мл. По сравнению с 2018 г. наблюдается незначительное сокращение численности микроорганизмов в 2 раза. Максимальные значения численности наблюдались летом в поверхностном горизонте. В октябре были зарегистрированы минимальные показатели численности - 250 кл/мл в придонном горизонте.

В 2019 г. по сравнению с предыдущим годом, наблюдалось сокращение численности нефтеокисляющих бактерий, которая варьировала в пределах от 250 кл/мл до 6*10^6 кл/мл, составив в среднем 1,95*10^5 кл/мл. Максимальные значения были зарегистрированы в придонном и поверхностном горизонте весной 6*10^5 кл/мл, минимальные — осенью 250 кл/мл.

Численность фенолокисляющих бактерий в бухте Диомид по сравнению с 2018 г. сократилось в 2 раза и варьировала от 1 кл/мл до 6 кл/мл, составив в среднем 3 кл/мл. Минимальные значения численности 1 кл/мл наблюдались осенью в поверхностных и придонных горизонтах.

Микробиологические показатели позволяют охарактеризовать воды бухты Диомид как α-β-мезосапробные, эфтрофные - загрязненные.

Пролив Босфор Восточный. Общая численность бактерий в акватории пролива в 2019 г. варьировала от 0,94*10^6 кл/мл до 4,86*10^6 кл/мл, биомасса в пределах 650–2972 мг/$м^3$, среднее значение численности и биомассы составляли 2,31*10^6 кл/мл и 1317 мг/$м^3$ соответствен-но. Среднее значения общей численности и биомассы микрофлоры составляли: весной - 1,11*10^6 кл/мл, 766 мг/$м^3$; летом - 3,97*10^6 кл/мл,

1967 мг/м^3; осенью - 1,84*10^6 кл/мл, 1198 мг/м^3. Максимальные значения общей численности микроорганизмов и биомасс микрофлоры отмечались летом в поверхностном горизонте и составляли 4,86*10^6 кл/мл, 2972 мг/м^3 соответственно. Минимальные — в мае в придонном горизонте - 0,94*10^6 кл/мл и 650 мг/м^3.

Численность сапротрофных бактерий варьировала от 2,5*10^3 до 2,5*10^6 кл/мл, составив в среднем 5,8*10^5 кл/мл. Максимальные значения численности наблюдались летом и варьировали от 2,5*10^5 до 2,5*10^6 кл/мл, минимальные - весной.

В 2019 г. по сравнению с прошедшим годом численность нефтеокисляющих бактерий снизилась в 3 раза, при среднегодовом значении 1,7*10^4 кл/мл. Максимальная численность нефтеокисляющих бактерий была отмечена летом - 6*10^4 кл/мл в поверхностных горизонтах. Минимальная численность 60 кл/мл — в мае в придонном горизонте. Фенолокисляющие бактерии в 2019 г. не были обнаружены.

Микробиологические показатели позволяют охарактеризовать морские воды акватории пролива Босфор Восточный как α-β-мезосапробные, эфтрофные - загрязненные.

Залив Находка. В 2019 г. средние значения общей численности и биомассы бактерий составили 2,25*10^6 кл/мл и 1275 мг/м^3 соответственно. Общая численность микрофлоры варьировала от 0,61*10^6 кл/мл до 7,44*10^6 кл/мл, а биомасса - от 279 кл/м^3 до 5143 кл/м^3. Максимальные значения общей численности микроорганизмов и их биомасса были зафиксированы в июле и сентябре в поверхностных и придонных горизонтах, а минимальные - в мае в придонном горизонте.

Максимальная численность сапрофитов — 6*10^6 кл/мл была отмечена в осенний период в приповерхностном и придонном горизонтах, а минимальная - 6*10^3 кл/мл - в придонном горизонте в мае.

В 2019 г. по сравнению с предыдущим годом численность нефтеокисляющих бактерий уменьшилась в 3 раза и варьировала в диапазоне 25 - 2,5*10^4 кл/мл, составив в среднем 1600 кл/мл. Максимальная численность 2,5*10^4 кл/мл была отмечена весной на горизонтах 0 и дно, минимальная - в поверхностном и придонном горизонте осенью. Среднее значения численности и биомасс нефтеокисляющих бактерий составляли: весной - 106 кл/мл; летом - 4022 кл/мл; осенью - 510 кл/мл.

Численность фенолокисляющих бактерий в 2019 г. по сравнению с предыдущим годом увеличилась в 19 раз и составила 19 кл/мл. Максимальные показатели присутствия фенолокисляющих микроорганизмов были зарегистрированы осенью в придонном горизонте 250 кл/мл.

Микробиологические показатели позволяют отнести воды залива Находка к α-β-мезосапробным, евтрофным - загрязненные.

Бухта Находка. Среднее значение общей численности бактерий в бухте составило 2,58*10^6 кл/мл, при среднем увеличении значений биомассы до 1521 мг/м^3. Максимальные значения общей численности бактериопланктона и его биомассы наблюдались в осенний период в придонном горизонте, а минимальные - весной в придонном горизонте 0,83*10^{6}кл/мл. Весной среднее значение численности бактерий составило - 0,86*10^6 кл/мл, летом - 2,86*10^6 кл/мл, осенью - 4,03*10^6 кл/мл. Биомасса микроорганизмов составляла: весной - 473 мг/м^3, летом - 1309 мг/м^3, осенью - 2782 мг/м^3.

Численность сапротрофных бактерий варьировала от 6*10^4 до 2,5*10^6 кл/мл, составив в среднем - 9,7*10^5 кл/мл. Максимальные значения численности были отмечены летом в поверхностном горизонте, а минимальные - на горизонтах 0 и дно весной. Весной численность гетеротрофных сапрофитных микроорганизмов в среднем составила 6*10^4 кл/мл, летом - 3,4*10^5 кл/мл, осенью - 2,5*10^6 кл/мл.

Численность нефтеокисляющих бактерий варьировала от 25 до 2,5*10^4 кл/мл, составив в среднем 1,5*10^4 кл/мл. В весенний период в поверхностном и придонном горизонтах были зафиксированы максимальные значения, минимальные - в придонном горизонте осенью. Весной численность микроорганизмов составляла 250 кл/мл, летом - 1,1*10^4 кл/мл, осенью - 234 кл/мл.

По сравнению с 2018 г. численность фенолокисляющих бактерий увеличилась в 2,5 раза и варьировала от 6 кл/мл до 60 кл/мл, составив в среднем 22 кл/мл. Максимальные показатели были отмечены осенью на горизонтах 0 и дно - 60 кл/мл и летом в поверхностном горизонте - 25 кл/мл.

Средняя численность микроорганизмов составляла: весной - 11 кл/мл и варьировала от 6 кл/мл до 25 кл/мл; летом - 20 кл/мл и варьировала от 6 кл/мл до 25 кл/мл; осенью - 34 кл/мл и изменялась от 25 кл/м до 60 кл/мл.

Микробиологические данные позволяют отнести воды залива Находка к α-β-мезосапробным, эфтрофным - загрязненные.

Бухта Врангель. Общая численность бактерий в акватории бухты Врангель варьировала от 0,79*10^6 кл/мл до 4,34*10^6 кл/мл, составив в среднем 2,15*10^6 кл/мл. Среднее количество биомассы микрофлоры варьировало от 389 мг/м^3 до 2910 мг/м^3, составив в среднем 1491 мг/м^3. Максимальные показатели общей численности микроорганизмов и их биомассы наблюдались в

поверхностном горизонте в осенний период, а минимальные - весной в придонном горизонте. Весной средние значения общей численности бактерий и их биомассы составляли $0,82*10^6$ кл/мл и 396 мг/м^3, летом - $2,56*10^6$ кл/мл и 1173 мг/м^3, осенью - $4,27*10^6$ кл/мл и 2903 мг/м^3.

Средняя численность сапротрофных бактерий варьировала от $6*10^4$ кл/мл до $2,5*10^6$ кл/мл, составив в среднем $9,1*10^5$ кл/мл. Весной численность сапротрофных микроорганизмов в поверхностном и придонном слоях акватории бухты составляла - $6,0*10^4$ кл/мл, летом в поверхностном горизонте - $2,5*10^5$ кл/мл, в придонном - $6,0*10^4$ кл/мл, а осенью в поверхностном и придонном горизонтах - $2,5*10^6$ кл/мл.

Численность нефтеокисляющих бактерий по сравнению с 2018 г. снизилась в 2 раза и варьировала от 60 кл/мл до $6*10^3$ кл/мл, составив в среднем 1700 кл/мл. Максимальные показатели наблюдались осенью в поверхностном горизонте $6*10^3$ кл/мл, а минимальные — весной в поверхностном горизонте - 60 кл/мл.

Фенолокисляющие бактерии в акватории бухты Врангель варьировали от 1 до 6 кл/мл, составив в среднем 5 кл/мл. Весной в поверхностном и придонном горизонтах численность бактерий составляла 6 кл/мл, летом варьировало от 1 до 6 кл/мл, составив в среднем 3 кл/мл, а осенью — 6 кл/мл - на горизонтах 0 и дно.

Микробиологические показатели позволяют отнести воды бухты Врангель к α-β-мезосапробным, эвтофным - загрязненные.

Бухта Козьмино. Общая численность бактерий в водах бухты Козьмино варьировала от $0,84*10^6$ кл/мл до $2,75*10^6$ кл/мл, составив в среднем $1,93*10^6$ кл/мл. Среднее количество биомассы микрофлоры варьировало от 385 мг/м^3 до 1900 мг/м^3, составив в среднем 988 мг/м^3. Максимальные значения общей численности и биомассы наблюдались осенью в поверхностном горизонте - $2,75*10^6$ кл/мл и 1900 мг/м^3 соответственно, а минимальные — в придонном горизонте осенью - $0,84*10^6$ кл/мл и 385 мг/м^3.

Численность сапротрофных бактерий находилась в диапазоне от $6*10^3$ кл/мл до $6*10^5$ кл/мл. Среднегодовая численность сапротрофной микрофлоры составила $1,9*10^5$ кл/мл. Весной и летом средние значение составляли $2,5*10^4$ кл/м, осенью — $6*10^5$кл/мл. Максимальные значения были отметены в поверхностном горизонте осенью — $6*10^5$кл/мл.

Численность нефтеокисляющих бактерий варьировала от 6 кл/мл до 250 кл/мл, составив в среднем 65 кл/мл. В 2019 г. по сравнению с предыдущим годом численность микрофлоры сократилась в 44 раза. Максимальная численность - 250 кл/мл наблюдалась летом в поверхностном горизонте, а минимальная - весной в придонном горизонте - 6 кл/мл. Фенолокисляющие бактерии не были обнаружены.

Микробиологические показатели позволяют отнести морские воды бухты Козьмино к α-β - мезосапробным, евтрофным - загрязненные.

Все воды исследуемой части залива Петра Великого в 2019 г. относятся к α –β –мезосапобным, эвтрофным водам - загрязненные.

В 2019 г. наблюдалось увеличение общей численности бактериопланктона и его биомассы в заливах: Уссурийском, Находка и бухтах: Диомид, Козьмино, Находка, Врангель. В то же время отмечалось снижение численности гетеротрофного сапрофитного бактериопланктона в акваториях заливов: Амурского, Уссурийского, Находка, бухт: Находка и Козьмино. На остальных акваториях численность сапрофитных микроорганизмов снизилась. Постоянное антропогенное воздействие с прилегающих прибрежных урбанизированных территорий приводит к загрязнению морских акваторий. Численность нефтеокисляющих бактерий увеличилась в заливах: Амурский, Уссурийский, Находка и бухтах: Золотой Рог, Диомид и Находка. На остальных акваториях численность нефтеокисляющих микроорганизмов снизилась. Наблюдалось уменьшение численности фенолокисляющих микроорганизмов на обследованной акватории Амурского залива. На остальных наблюдаемых акваториях численности фенолокисляющих микроорганизмов незначительно возросла.

4. Комплексная оценка состояния окружающей среды отдельных регионов и природных территорий

4.1. Московский регион

Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды, осуществляемый в Московском регионе, включает:

— наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы, почвенного покрова, поверхностных вод и радиоактивной обстановкой на государственной наблюдательной сети;

— анализ и оценку уровней загрязнения окружающей среды и их изменений под влиянием хозяйственной деятельности и метеорологических условий;

— прогноз уровней загрязнения окружающей среды на базе анализа данных наблюдений (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Государственная наблюдательная сеть за загрязнением атмосферного воздуха, поверхностных вод и радиационным загрязнением на территории Московского региона
(МАЭД - мощность амбиентного эквивалента дозы)

4.1.1. Загрязнение атмосферного воздуха

Программой работ предусматривается определение вредных химических веществ и тяжелых металлов. На большинстве постов наблюдения осуществляются за содержанием пяти основных ингредиентов: взвешенных веществ, диоксида серы, оксида углерода, оксида и диоксида азота. Кроме того, производится отбор проб воздуха на специфические ингредиенты: сероводород, фенол, хлорид водорода, аммиак, формальдегид, углеводороды бензиновой фракции, бензол, ксилол, толуол, ацетон, бенз(а)пирен, тяжелые металлы (железо, кадмий, кобальт, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк).

Стационарные посты обеспечивают наблюдения в жилых районах, вблизи автомагистралей и крупных промышленных объектов. Отбор проб проводится ежедневно 2-4 раза в сутки в сроки, установленные ГОСТ 17.2.3.01 – 86. Перечень подлежащих определению специфических ингредиентов формируется с учетом структуры выбросов вредных веществ в атмосферу источниками загрязнения, расположенными в районе поста наблюдения.

По данным наблюдений в 2019 г. уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Москве оценивается как повышенный, а в городах Московской области: Воскресенск, Дзержинский, Клин, Коломна, Мытищи, Подольск, Серпухов, Щелково, Электросталь, и в Приокско-Террасном биосферном заповеднике - как низкий.

Средние за год концентрации вредных веществ выше 1,0 ПДК были определены в городах Москва, Дзержинский, Подольск, Серпухов, Щелково, Электросталь. Концентрации диоксида азота превышали 1,0 ПДК в 4 городах из 10, аммиака - в 2 городах из 3, формальдегида - в 1 из 7.

За период с 2015 по 2019 гг. уровень загрязнения атмосферного воздуха во всех городах Московской области сохранялся низким, кроме Серпухова, где в 2017 г. уровень загрязнения был повышенный. В Москве в 2015-2017 гг. уровень загрязнения воздуха был низким, начиная с 2018 г. - повышенным (рис. 4.2).

В 2019 г. в атмосферном воздухе г. Москвы средние за год концентрации составили: диоксида азота - 1,8 ПДК; аммиака - 1,7 ПДК; формальдегида - 1,0 ПДК, других определяемых веществ - ниже санитарно-гигиенической нормы (табл. 4.1).

По условно выделенным «жилым», «промышленным» и «автомагистральным» постам рассчитаны средние концентрации основных примесей (табл. 4.2).

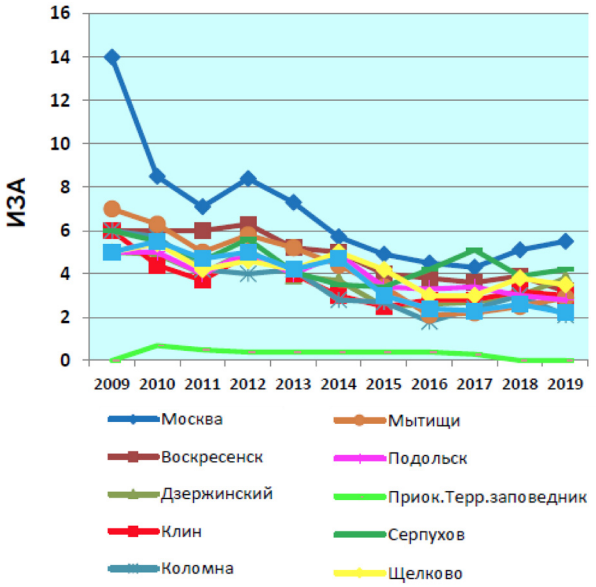


Рис. 4.2. Уровни загрязнения атмосферного воздуха в Московском регионе

В годовом ходе концентраций формальдегида максимум отмечается в теплый период года (рис. 4.3), так как формальдегид поступает в атмосферу не только от промышленных и природных источников, но и образуется в результате химической реакции из неметановых углеводородов. Фотохимические реакции усиливаются в атмосфере при высокой интенсивности солнечной радиации в летние месяцы. В годовом разрезе наибольшие средние концентрации взвешенных веществ и аммиака отмечены в теплый период года, диоксида азота - в холодный период года, в отопительный сезон. Сезонные изменения в годовом ходе других примесей выражены слабо.

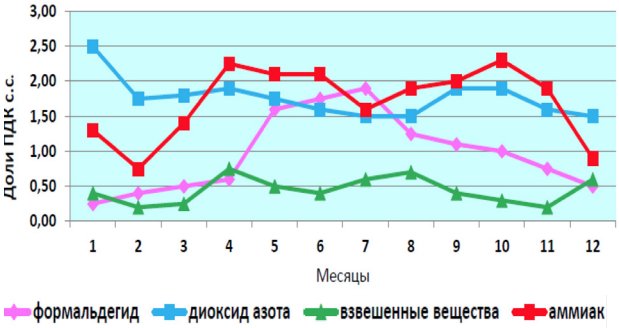


Рис. 4.3. Годовой ход концентраций взвешенных веществ, формальдегида и диоксида азота в атмосферном воздухе г. Москвы в 2019 г.

По данным регулярных наблюдений в Москве отмечается рост средних концентраций:

— аммиака в период с 2015 по 2019 гг.;
— диоксида азота – с 2018 по 2019 гг.;
— оксида азота – в 2019 г. (рис. 4.4).

Таблица 4.1. Средние и максимальные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Москвы в 2019 г.

Загрязняющие вещества	Значения (в долях ПДК)		Загрязняющие вещества	Значения (в долях ПДК)	
	средние	максимальные		средние	максимальные
Диоксид азота	1,8	1,9	Сероводород	-	4,4
Аммиак	1,7	1,5	Этилбензол	0,1	1,5
Формальдегид	1,0	1,8	Ацетон	-	0,2
Оксид углерода	0,5	1,7	Бензол	0,3	0,5
Бенз(а)пирен	0,4	1,6	Ксилол	-	0,7
Взвешенные вещества	0,5	1,4	Толуол	-	0,2
Фенол	0,2	1,3	Хлорид водорода	0,1	0,4
Оксид азота	0,5	0,5	Диоксид серы	<0,1	0,1

Таблица 4.2. Средние концентрации основных примесей за 2019 г. в различных зонах Москвы, мг/м^3

Зоны	Взвешенные вещества	Бенз(а)пирен, $*10^{-6}$	Оксид углерода	Диоксид азота	Формальдегид	Фенол
Автомагистральные	0,058	0,4	1,5	0,078	0,011	0,001
Промышленные	0,074	0,5	1,6	0,075	0,009	0,001
Жилые	0,068	0,2	1,6	0,063	0,008	0,001

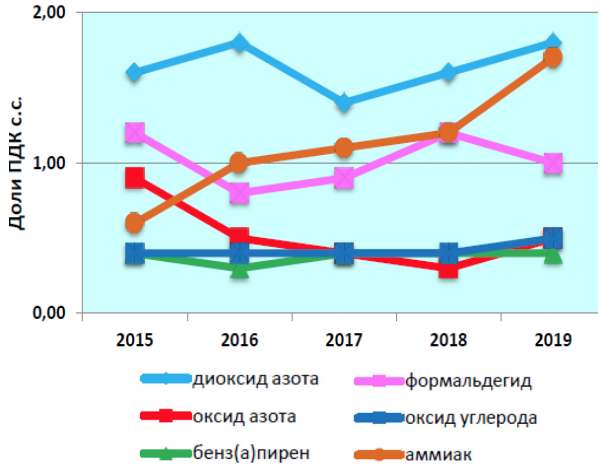


Рис. 4.4. Изменение среднегодовых концентрации примесей в атмосферном воздухе г. Москвы

4.1.2. Загрязнение почвенного покрова

В результате систематического сухого и влажного осаждения загрязняющих веществ из атмосферы, отложений бытовых и промышленных отходов, их ветрового переноса и вывоза отходов, вокруг городов за многолетний период формируются зоны хронического загрязнения. Они охватывают саму городскую застройку, пригородные территории, и занимают площади, в несколько раз превышающие территорию города. Каждый город, в силу своего техногенного воздействия, влияет на окружающую среду, вызывает аномальное разрушение естественного фона. Тяжелые металлы, попадая из атмосферы на дневную поверхность, плохо вымываются из почвенного покрова. На рис 4.5 представлена карта – схема, построенная по данным мониторинга Росгидромета и космических снимков (выполненных в зимнее время), характеризующая загрязнение почвенного покрова на территории Московского региона.

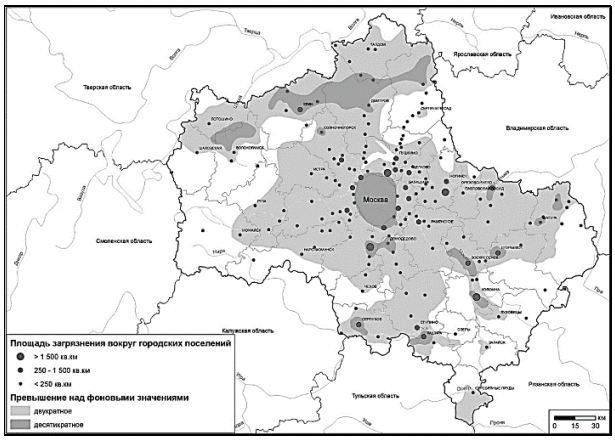


Рис. 4.5. Загрязненность почв Московского региона

Московская область покрыта сетью федеральных трасс, по которым круглосуточно идет

движение легкового и грузового автотранспорта что, безусловно, оказывает негативное влияние на качество почвенного покрова вдоль трасс и в городских поселениях (рис. 4.6).



Рис. 4.6. Дорожная сеть Московского региона

ФГБУ "Центральное УГМС" проводит регулярные наблюдения за загрязнением почвенного покрова Московской области вдоль автотрасс по девяти тяжелым металлам (ТМ). За период с 2009 по 2019 г. включительно ежегодно обследовалось по одной из 11 трасс, приведенных в таблице 4.3, с протяженностью маршрута обследования от 40 до 130 км. Для каждой трассы выбиралась своя фоновая точка, удаленная от основных источников загрязнения. Концентрации ТМ в точках отбора проб по маршрутам обследования не выходили за пределы установленных ПДК и ОДК, но на отдельных участках маршрутов по некоторым ТМ превышали концентрации, определенные в пробах фоновых точек (свинец, кадмий, медь и никель).

В качестве примера на рис. 4.7 приведена схема обследования почв в 2019 г. вдоль трассы М-4 от г. Ступино в северо-западном направлении с указанием расположения точек отбора проб и фоновой точки (№15).

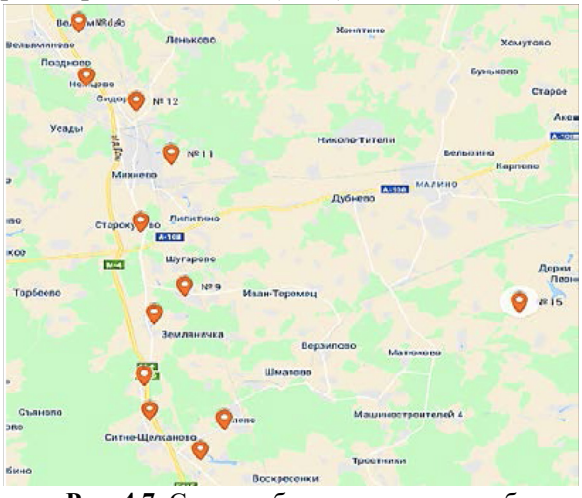


Рис. 4.7. Схема отбора почвенных проб в Ступинском районе Московской области

Исходя из вышеизложенного, следует, что более половины территории Московского региона находится под значительным воздействием токсикантов антропогенного происхождения. Однако концентрации комплекса загрязняющих веществ на этой территории не превышает двух ПДК/ОДК, что свидетельствует о недостижении опасного уровня загрязнения. Опасность заключается в продолжающейся урбанизации Московского региона, что, в свою очередь, приводит к росту загрязнения почвенного покрова.

4.1.3. Загрязнение поверхностных вод

Основными источниками загрязнения крупных водотоков региона остаются недостаточно очищенные хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды городов: Одинцово, Клин, Серпухов, Кашира, Коломна, Москва, Воскресенск, Подольск, Наро-Фоминск, Щелково, Ногинск, Орехово-Зуево и других, а также сельскохозяйственные стоки, поступающие непосредственно в речную сеть.

Характерными загрязняющими веществами являются соединения азота и фосфора, взвешенные и органические вещества, нефтепродукты, фенолы, АПАВ, тяжелые металлы.

В 2019 г. температура воды в реках в зависимости от сезона колебалась от минимальных значений $0{,}1^0$С в январе (р. Нерская - д. Маришкино) до максимальных - $26{,}1^0$С в июне (р. Ока выше г. Коломна). Средняя величина температуры воды по региону составила $9{,}3^0$С, что на $0{,}4^0$С ниже, чем в 2018 г.

Реакция среды (pH) составила в среднем 7,78 ед. pH. Более кислая среда (6,95 ед.pH) была отмечена в воде р. Нерская ниже г. Куровское в июне; более щелочная (8,68 ед. pH) - в р. Москва - (г. Москва, Бабьегородская плотина) в апреле.

Кислородный режим на водных объектах был удовлетворительный, среднее содержание растворенного в воде кислорода составило 8,56 мг/л, насыщение воды кислородом находилось на уровне 2018 г. и в среднем составило 75%.

Содержание легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$) в водотоках и водоемах Московской области было невысоким и составило 2,1 ПДК, что соответствует уровню 2011-2018 гг. Наименьшее значение (0,5 ПДК) было отмечено в воде р. Москва у д. Барсуки Можайского района (февраль, май, июль, ноябрь). Максимальная величина (17,0 ПДК) зафиксирована в воде р. Воймега ниже г. Рошаль в ноябре.

Количество органических веществ по ХПК изменялось так же значительно, как и по $БПК_5$,

Таблица 4.3. Фоновое загрязнение почв ТМ вдоль федеральных трасс Московской области

Маршрут отбора проб вдоль автодорог, направление, общая протяженность (км), год отбора проб		Массовые доли кислоторастворимых форм ТМ, мг/кг								
		Pb	Zn	Cd	Cu	Co	Ni	Cr	Mn	Fe
1	Трасса М-4 от г. Ступино в сторону г. Москва, 100, 2019	8,3	25	1	6	2	11	14,4	385	9124
2	Дмитровское (от микр-на Соревнование до г. Дубны), трасса Р112 от А-104 до г. Талдом, Юркинское шоссе (от г. Талдом до биостанции Журавлиная Родина), трасса Р112 (от г. Талдом до пгт. Вербилки); 92, 2018	21	25	0,6	4	0,6	7,6	3	429	4940
3	Трасса А-108, от развязки трасс А-104 и А-108 до с. Покровское; 70; 2017	11	22	0,8	9	5,5	8,5	20	250	6500
4	Шоссе А-102, на ЮВ от МКАД до г. Бронницы, на СЗ вдоль Новорязанского шоссе; 130; 2016	11	22	0,8	9	6	9	20	250	6500
5	Горьковское, на В от МКАД; 65; 2015	9,5	21	0,6	8	3	7	20	200	6000
6	Ленинградское, на СЗ от г. Москва; 90; 2014	6,5	30	0,5	11	5	9	25	400	7000
7	Ярославское, на С от пос. Голыгино до г. Краснозаводск, на ЮВ вдоль малого бетонного шоссе; 72,5; 2013	14	26	0,3	14	10	11	40	600	8000
8	Симферопольское, от пос. Стрелково; 36; 2012	14	26	0,3	14	10	10	40	600	8000
9	Горьковское, на В от д. Новая Купавна; 80; 2011	10	20	0,7	10	10	14	40	300	5000
10	шоссе Р-106, от г. Куровское; 40; 2010	7	20	0,3	10	9	13	25	300	5000
11	Киевское, от г. Москва; 60; 2009	8	40	0,5	11	8	16	30	400	10000
$ПДК_{вал}$		32				20	50		1500	20860
$ОДК_{вал}$		130	220	2	132					

от 0,3 ПДК в р. Осетр - д. Городня (март) до 12,7 ПДК в воде р. Воймега ниже г. Рошаль (октябрь).

Степень загрязненности рек Московского региона различными формами азота была весьма разнообразной. Можно выделить группу рек (рр. Нерская выше г. Куровское, Ока выше г. Кашира, Москворецкие водохранилища), в воде которых содержание различных форм азота не превышало десятые доли ПДК, а нитратного азота - сотые доли ПДК. Наибольшая загрязненность нитритным азотом в 2019 г. была зафиксирована в воде р. Москва ниже г. Воскресенск - 48,6 ПДК (июнь); нитратным азотом в воде р. Пахра ниже г. Подольск (ниже впадения р. Битца) - 1,9 ПДК (июнь); аммонийным азотом в воде р. Воймега ниже г. Рошаль - 37,9 ПДК (июнь). В среднем по региону содержание нитритного азота составило 5,9 ПДК; нитратного азота – 0,2 ПДК; аммонийного азота - 3,3 ПДК. Содержание фосфатов в среднем по региону составило - 2,3 ПДК, однако в воде р. Медвенка - д. Большое Сареево достигало 15,3 ПДК (октябрь).

Изменение среднегодовых концентраций примесей представлено на рис. 4.8 и 4.9:

– аммонийный азот сохранился на уровне 2018 г.;

– нитритный азот и фосфаты возросли по сравнению с 2018 г.

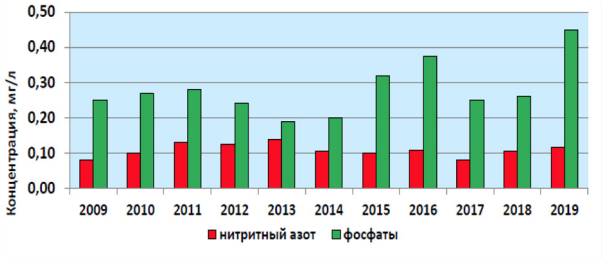


Рис. 4.8. Изменение среднегодовых концентраций нитритного азота и фосфатов в целом по водным объектам Московского региона

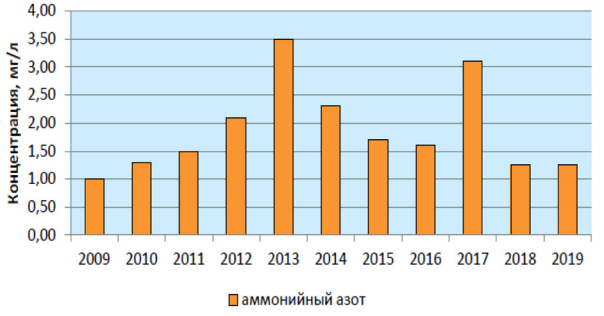


Рис. 4.9. Изменение среднегодовых концентраций аммонийного азота в целом по водным объектам Московского региона

Минерализация воды водотоков и водоемов Московской области в среднем составила 451,2 мг/л, что на 20,6 мг/л меньше, чем в прошлом году. Наибольшая величина (810,0 мг/л) отмечена в марте в воде р. Пахра ниже г. Подольск (ниже впадения р. Битца). Наименьшая (73,0 мг/л) минерализация наблюдалась в р. Воймега выше г. Рошаль в апреле. Характер воды во всех водных объектах гидрокарбонатно-кальциевый, жесткость воды была умеренная (5,85 мг-экв/л) и выше, чем в 2018 г. на 0,8 мг-экв/л. Выщелачивающей агрессией вода не обладает. Содержание хлоридов и сульфатов в среднем составило 0,2 ПДК и 0,3 ПДК, соответственно, наибольшие концентрации которых были зафиксированы в феврале: сульфатов (1,2 ПДК) в воде р. Нерская – д. Маришкино Воскресенского района; хлоридов (0,6 ПДК) - в р. Яуза (устье) - г. Москва. Минимальным содержание хлоридов (0,1 ПДК) было в воде р. Кунья выше г. Краснозаводск в мае; сульфатов (0,1 ПДК) - в р. Воймега ниже г. Рошаль в июне.

Загрязненность водных объектов тяжелыми металлами была несущественной. Осредненные концентрации хрома шестивалентного, свинца, никеля, меди и цинка были невысокими и составили: 0,1; 0,2; 0,4; 2,2 и 3,4 ПДК, соответственно. Наибольшие концентрации меди (27,8 ПДК) наблюдались в воде р. Москва - г. Коломна в феврале, цинка (12,9 ПДК) в воде р. Яуза - г. Москва в апреле. Средние величины растворенного железа составили 1,9 ПДК, что на уровне 2018 г. Максимальная концентрация железа - 48,0 ПДК, была зафиксирована в воде р. Воймега выше г. Рошаль в феврале.

Среднее содержание фенолов составило 2,0 ПДК; АПАВ - 0,2 ПДК; нефтепродуктов - 1,6 ПДК. Максимальная величина фенолов - 24,3 ПДК была зафиксирована в воде р. Нара ниже г. Наро-Фоминск в сентябре, нефтепродуктов - 31,0 ПДК в воде р. Яуза - г. Москва в декабре, АПАВ - 4,9 ПДК в воде р. Воймега ниже г. Рошаль в феврале.

Содержание формальдегида во всех водных объектах было на порядок ниже ПДК и только в воде р. Нерская (устье) - д. Маришкино достигло 4,7 ПДК в феврале.

Оценка качества воды водотоков и водоемов по удельному комбинаторному индексу загрязненности воды (УКИЗВ) показала, что качественный состав поверхностных вод московского региона в 2019 г. находился в интервале от «слабо загрязненных» до «экстремально грязных».

К «**слабо загрязненным**» водам было отнесено качество воды Можайского водохранилища.

Как «**загрязненные**» характеризовались воды Истринского, Рузского, Озернинского и Иваньковского водохранилищ, верховья р. Москва (выше г. Звенигород), рек: Осетр и Протва, Ока (выше городов Серпухов, Кашира, Коломна), Лопасня (выше г. Чехов), Москва (д. Барсуки, ниже г. Зве-нигород; выше г. Москва (п. Ильинское)), Истра.

Как «**грязные**» характеризовались следующие водные объекты: реки Медвенка, Яуза, Нерская, Сестра, Лама, Воря, Клязьма (выше г. Щелково, ниже городов: Лосино-Петровский, Павловский Посад, Орехово-Зуево), Дубна, Кунья, Ока (ниже г. Серпухов, ниже г. Кашира и ниже г. Коломна), Нара (выше г. Наро-Фоминск и в районе г. Серпухов), Москва (г. Москва (Бабьегородская плотина), Пахра (выше г. Подольск), Закза, Лопасня (ниже г. Чехов), Нара (ниже г. Наро-Фоминск), Москва (от г. Москва (Бесединский мост МКАД) до г. Коломна), Пахра (от г. Подольска, ниже впадения р. Черный до д. Нижнее Мячково, устье), р. Клязьма (ниже г. Щелково) и Воймега (выше г. Рошаль).

Как «**экстремально грязные**» характеризовались воды р. Воймега, ниже г. Рошаль и р. Рожая.

В 2019 г. на водных объектах Московского региона было зафиксировано 316 случаев высокого загрязнения (ВЗ) различными веществами, что на 31 случай больше, чем в 2018 г. и на 67 случаев больше, чем в 2017 г. (рис. 4.10).

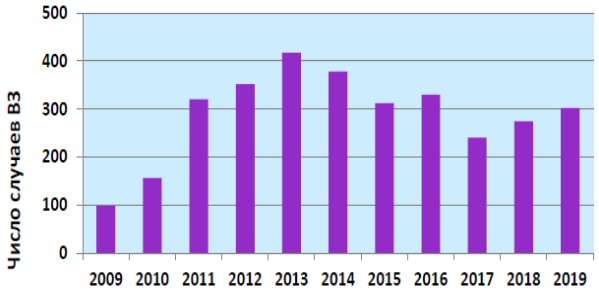


Рис. 4.10. Изменение количество случаев высокого загрязнения водотоков Московского региона

Из общего количества ВЗ отмечено: 1 - органическими веществами по ХПК (р. Воймега); 1 - нефтепродуктами (р. Яуза); 1 - фосфатами (р. Медвенка); 3 - формальдегидом (р. Нерская); 3 - цинком (рр. Пахра, Яуза, Москва); 5 - железом (рр. Воймега и Нерская); 6 - дефицита кислорода (р. Воймега); 69 - легкоокисляемыми органическими веществами по $БПК_5$ (рр. Москва, Пахра, Нара, Рожая, Закза, Воймега, Клязьма); 71 - аммонийным азотом (рр. Москва, Пахра, Рожая, Нара, Закза, Ока, Воймега); 156 - нитритным азотом (рр. Пахра, Закза, Воря, Рожая, Нара, Клязьма, Ока, Лопасня, Нерская).

На рис. 4.11 представлена диаграмма распределения количества случаев высокого загрязнения по водотокам Московского региона. Максимальное количество зарегистрировано на р. Москва (117 случаев), после которой следуют

реки Пахра (39 случая), Воймега (35 случая), Нара (27 случаев), Рожая (26 случаев), Закза (22 случая) и Клязьма (22 случая).

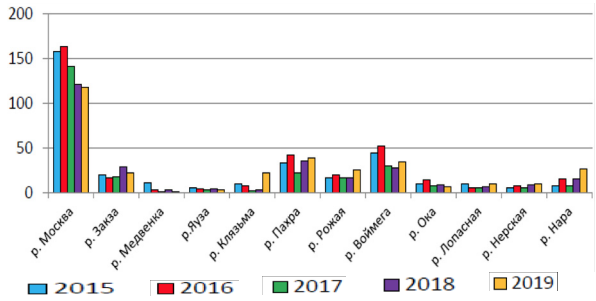


Рис. 4.11. Распределение случаев высокого загрязнения по водотокам Московского региона

В 2019 г. на водных объектах Московского региона случаев экстремально-высокого загрязнения (ЭВЗ) не зафиксировано.

4.1.4. Характеристика радиационной обстановки

Наблюдения за содержанием техногенных и природных радионуклидов в приземном слое атмосферы проводились непрерывно на станции Подмосковная. Отбор проб аэрозолей выполнялся с помощью воздухо-фильтрующей установки «Тайфун-3а» на фильтр ФПП-15-1,5 с экспозицией в одни сутки. Среднегодовая объемная суммарная бета-активность аэрозолей составила $21{,}0*10^{-5}$ Бк/м^3, что на 9% ниже уровня 2018 г. Максимальная среднемесячная объемная суммарная бета-активность аэрозолей наблюдалась в феврале и составила $103{,}7*10^{-5}$ Бк/м^3, что не превысило расчетных уровней ВЗ (РД 52.18.826-2015). Данные объемной суммарной бета-активности аэрозолей представлены на рис. 4.12.

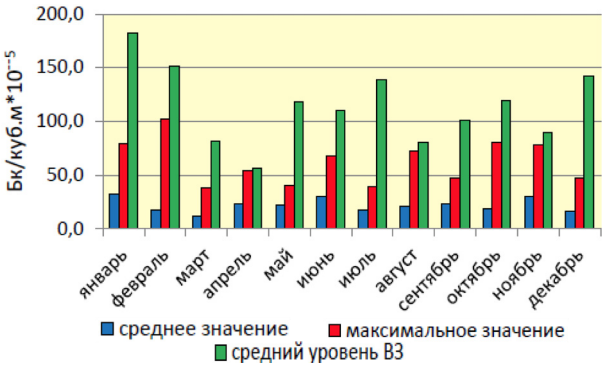


Рис. 4.12. Среднемесячная и максимальная объемная суммарная бета-активность радионуклидов в приземном слое атмосферы в 2019 г.

Радиоактивные выпадения на подстилающую поверхность контролировались в пяти пунктах, три из которых расположены на территории г. Москвы (Балчуг, ВДНХ и Тушино), остальные – на территории Московской области. Отбор проб радиоактивных выпадений производился с помощью марлевых планшетов с суточной экспозицией. Среднегодовое значение суммарной бета-активности радиоактивных выпадений в 2019 г. составило 0,7 Бк/м^2 в сутки, что в 1,4 раза выше уровня предыдущего года. Максимальные суточные выпадения были зарегистрированы в июне на станции Ново-Иерусалим и составили 4,9 Бк/м^2 в сутки, что не превысило расчетных уровней ВЗ (РД 52.18.826-2015). Данные о суммарной бета-активности выпадений представлены на рис. 4.13.

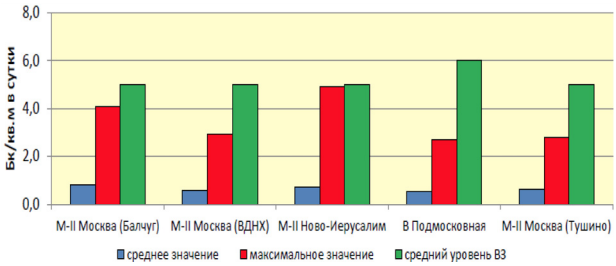


Рис. 4.13. Среднемесячные и максимальные суточные выпадения на станциях Московского региона в 2019 г.

Мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД) измерялась ежедневно на 17 станциях. Среднегодовая величина МАЭД на территории г. Москвы и Московской области изменялась от 0,10 мкЗв/ч до 0,14 мкЗв/ч, что находится в пределах колебаний естественного гамма-фона. Максимальное значение в г. Москве наблюдалось в июле на станции Тушино и составило 0,18 мкЗв/ч, в Московской области - на станции Подмосковная и достигало 0,20 мкЗв/ч., что не превышало расчетных уровней ВЗ (РД 52.18.826-2015). На станции фонового мониторинга среднее значение МАЭД составило 0,11 мкЗв/ч, максимальное значение отмечено в августе и было равно 0,18 мкЗв/ч. В среднем радиационный фон по г. Москве и Московской области составил 0,12 мкЗв/ч. Данные о мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения представлены на рис. 4.14.

Таким образом, анализ данных показал, что в 2019 г. радиационная обстановка в Московском регионе была спокойная, превышений допустимых значений не наблюдалось.

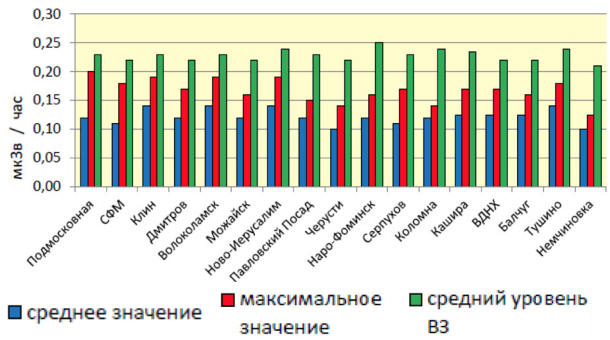


Рис. 4.14. Мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД) на станциях Московского региона в 2019 г.

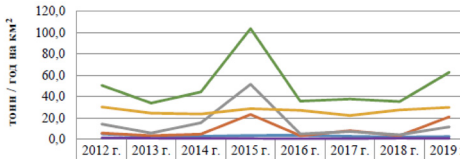
4.2. Озеро Байкал

4.2.1. Поступление химических веществ из атмосферы

В 2019 г. наблюдения осуществлялись на пяти станциях: Хамар-Дабан, ст. Байкальск (южная часть побережья озера), Исток Ангары, Большое Голоустное (западное побережье озера), Хужир (остров Ольхон, Средний Байкал).

Поступление химических веществ в районе оз. Байкал происходило в основном с атмосферными осадками. В каждой пробе определялось 12 показателей растворенных минеральных веществ, содержание растворенных органических соединений (ОВ) и труднорастворимых веществ (ТРВ).

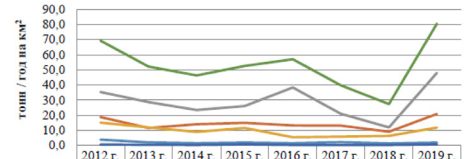
Данные химического анализа атмосферных осадков, выпавших в виде дождя и снега, а также поступающих из атмосферы, приведены на рис. 4.15-4.19.



	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019
Сульфаты	5,2	3,2	2,9	3,8	3,8	2,9	2,4	2,7
Органические вещества	5,9	3,5	5,0	23,3	3,6	8,1	3,5	21,1
Труднорастворимые вещества	14,4	5,9	15,6	51,5	5,1	7,3	4,2	11,8
Сумма минеральных веществ	30,3	24,6	23,7	28,8	27,0	22,4	27,6	30,0
Азот минеральный	1,46	1,08	0,96	0,95	0,69	0,76	1,21	0,92
Сумма мин.,орг. и ТРВ	50,6	34,0	44,3	103,6	35,7	37,8	35,3	62,8

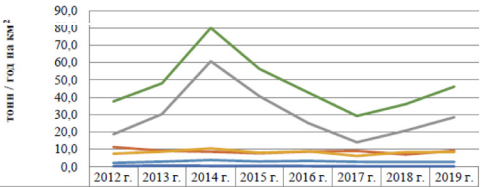
Рис. 4.15. Динамика поступления химических веществ из атмосферы на ст. Хамар-Дабан

В 2019 г. в сравнении с предыдущим годом на станциях Хамар-Дабан и Байкальск наблюдалось увеличение поступления веществ из атмосферы по всем исследуемым показателям, за исключением величины поступления азота минерального на станции Хамар-Дабан (рис. 4.15, 4.16). Отмечался значительный рост показателей органических и труднорастворимых веществ, наибольшее количество которых фиксировалось в июле, вследствие обильных осадков.



	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Сульфаты	3,8	2,0	1,5	1,9	1,5	2,1	1,3	1,9
Органические вещества	18,8	11,6	14,0	15,0	13,3	13,1	9,1	20,8
Труднорастворимые вещества	35,4	28,7	23,5	26,0	38,4	20,9	12,0	48,0
Сумма минеральных веществ	15,1	11,9	8,9	11,6	5,4	5,8	6,3	11,8
Азот минеральный	0,62	0,39	0,28	0,68	0,32	0,36	0,27	0,68
Сумма мин.,орг. и ТРВ	69,3	52,2	46,4	52,6	57,0	39,8	27,4	80,6

Рис. 4.16. Динамика поступления химических веществ из атмосферы на ст. Байкальск

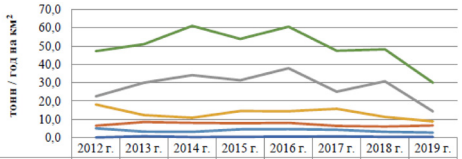


	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Сульфаты	2,2	2,9	3,8	3,0	3,4	2,7	2,7	2,6
Органические вещества	11,4	9,1	8,7	7,7	8,8	9,1	7,0	9,2
Труднорастворимые вещества	18,7	30,3	60,8	40,6	25,1	14,1	20,7	28,6
Сумма минеральных веществ	7,5	8,6	10,5	8,0	8,9	6,1	8,4	8,4
Азот минеральный	0,41	0,62	0,57	0,49	0,47	0,33	0,25	0,29
Сумма мин.,орг. и ТРВ	37,6	48,0	80,0	56,4	42,8	29,3	36,1	46,2

Рис. 4.17. Динамика поступления химических веществ из атмосферы на ст. Исток Ангары

На станции Исток Ангары в сравнении с предыдущим годом отмечалось увеличение ТРВ и суммы минеральных, органических и труднорастворимых веществ (рис. 4.17). Значения остальных показателей находились на уровне среднемноголетних значений.

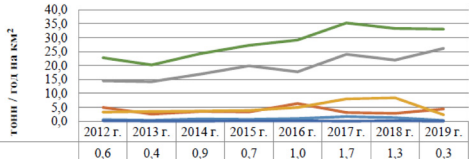
В 2019 г. на ст. Большое Голоустное поступления веществ из атмосферы соответствовало значениям всего периода наблюдений, за исключением увеличения поступления органических веществ (рис. 4.18).



	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Сульфаты	5,2	3,4	3,3	4,6	4,7	4,4	3,2	2,9
Органические вещества	6,6	8,6	8,2	7,9	8,1	6,5	6,1	6,7
Труднорастворимые вещества	22,6	30,0	34,2	31,4	38,0	25,2	30,8	14,4
Сумма минеральных веществ	18,1	12,4	10,9	14,6	14,5	15,8	11,4	8,9
Азот минеральный	0,17	0,79	0,34	0,47	0,56	0,75	0,45	0,49
Сумма мин.,орг. и ТРВ	47,3	51,0	61,0	53,9	60,6	47,5	48,3	30,0

Рис. 4.18. Динамика поступления химических веществ из атмосферы на ст. Большое Голоустное

На станции Хужир отмечался незначительный рост поступления органических и труднорастворимых веществ (рис. 4.19). Значительно уменьшилось поступление сульфатов, минерального азота и суммы минеральных веществ, а значение суммы минеральных, органических и труднорастворимых веществ находилось в пределах показателей 2016-2018 гг.



	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Сульфаты	0,6	0,4	0,9	0,7	1,0	1,7	1,3	0,3
Органические вещества	5,0	2,6	3,5	3,4	6,4	3,2	2,9	4,5
Труднорастворимые вещества	14,5	14,2	16,9	19,9	17,8	24,0	22,0	26,1
Сумма минеральных веществ	3,3	3,5	3,7	3,9	5,0	8,0	8,4	2,3
Азот минеральный	0,19	0,10	0,11	0,14	0,18	0,12	0,13	0,07
Сумма мин.,орг. и ТРВ	22,8	20,2	24,2	27,2	29,1	35,2	33,3	33,0

Рис. 4.19. Поступление веществ из атмосферы на ст. Хужир

4.2.2. Гидрохимические наблюдения за качеством поверхностных вод

Гидрохимические наблюдения поверхностных вод оз. Байкал состояли из фоновых наблюдений: по продольному разрезу протяженностью 633 км (через все озеро) и в районах, испытывающих антропогенную нагрузку: район выпуска коммунальных очистных стоков (КОС) г. Байкальска (250 км^2), Селенгинское мелководье (234 км^2), район северной оконечности озера, прилегающий к трассе Байкало-Амурской магистрали (БАМ) (162 км^2), а также в районе портов Южного Байкала.

Район выпуска КОС г. Байкальска расположен между устьями рек Безымянная и Хара-Мурин и охватывает часть акватории озера протяженностью 40 км при максимальном удалении от берега до 15 км. Внутри этого участка более подробно наблюдается район площадью 35 км^2 и контрольный створ, расположенный на расстоянии 100 м восточнее выпуска сточных вод.

100-метровый створ. В 2019 г. в контрольном 100-метровом створе было проведено семь съёмок на пяти вертикалях с отбором проб воды через 10 м по глубине; всего в течение года было отобрано 147 проб воды. Данные о нарушении показателей качества воды оз. Байкал в районе глубинного выпуска сточных вод в 2019 г. по сравнению с 2018 г. приведены в таблице 4.4.

В районе глубоководного выпуска КОС г. Байкальска значения всех наблюдаемых показателей в 2019 г. снизились относительно предыдущего года, за исключением содержания в воде взвешенных веществ и летучих фенолов (до 3 ПДК).

В районе выпуска КОС г. Байкальска (район БЦБК) в 2019 г. наблюдалось увеличение максимальных значений цветности до 28 градусов (16 градусов в 2018 г.) и содержания в воде сульфат-ионов до 10,8 мг/л – 1,08 ПДК (7,7 мг/л в 2018 г.), высокие значения которых фиксировались во время зимней съёмки на трех станциях, расположенных восточнее устья реке Большая Осиновка, протекающей вблизи Солзанского полигона захоронения шлам-лигнина.

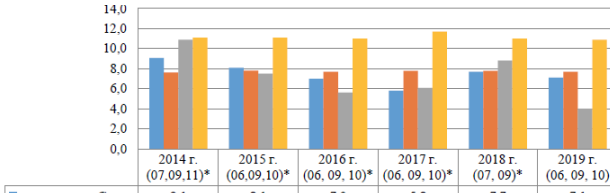
В 2019 г. отмечалось существенное снижение содержания в воде взвешенных веществ. Остальные определяемые показатели находились на уровне среднемноголетних значений, как в сравнении с предыдущими периодами наблюдений, так и в сравнении с фоновыми значениями.

В районе продольного разреза гидрохимические наблюдения проводились на всех контролируемых горизонтах (0,5, 25, 50, 100 м и придонном). Общая гидрохимическая характеристика воды озера (среднегодовые концентрации) в 2019 г. в сравнении с 2014–2018 гг. приведена на рис. 4.20 – 4.23.

Наблюдения проводились с июня по ноябрь, что обуславливает колебания температуры воды и цветности. Значения pH сохранялись в пределах 7,6-7,8 ед., а содержание растворенного кислорода - в пределах 10,9-11,7 мг/л (рис. 4.20).

Таблица 4.4. Сведения о нарушениях качества воды озера Байкал в районе контрольного 100-метрового створа

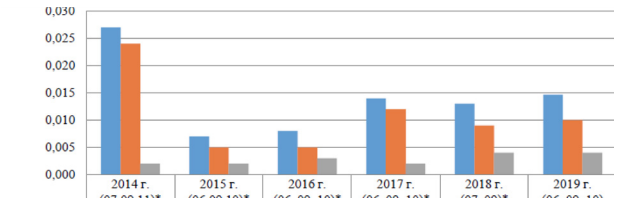
Показатели	Пределы концентраций, мг/л		Число наблюдений: общее – с нарушениями ПДК		Максимальное превышение ПДК, число раз	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
Водородный показатель	7,4 – 8,2	7,3 – 8,2	7 – 0	7 – 0	–	–
Сумма минеральных соединений	89 – 103	90 - 105	7 – 0	7 – 0	–	–
Сульфаты	4,6 – 8,8	5 – 8,1	7 – 0	7 – 0	–	–
Хлориды	0,6 – 1,7	0,4 – 0,9	7 – 0	7 – 0	–	–
Взвешенные вещества	0,1 – 2,8	0,0 – 1,7	7 – 5	7 – 2	2,5	1,5
Летучие фенолы	0,0 – 0,004	0,0 – 0,003	7 – 7	7 – 7	4	3



	2014 г. (07,09,11)*	2015 г. (06,09,10)*	2016 г. (06, 09, 10)*	2017 г. (06, 09, 10)*	2018 г. (07, 09)*	2019 г. (06, 09, 10)
температура, ℃	9,1	8,1	7,0	5,8	7,7	7,1
pH, ед.	7,6	7,8	7,7	7,8	7,8	7,7
цветность, градусы	10,9	7,5	5,6	6,1	8,8	4,0
кислород, мг/л	11,1	11,1	11,0	11,7	11,0	10,9

Рис. 4.20. Общая гидрохимическая характеристика воды в районе продольного разреза оз. Байкал (*-месяц отбора проб)

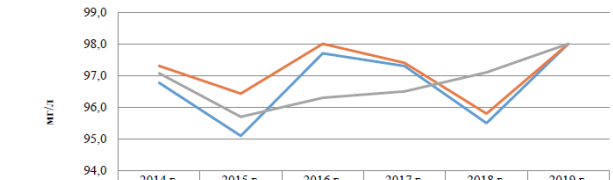
Значения содержания в воде продольного разреза форм фосфора в 2019 г. находились в пределах значений 2017-2018 гг., что в два раза меньше значений 2014 г. (рис. 4.21).



	2014 г. (07,09,11)*	2015 г. (06,09,10)*	2016 г. (06, 09, 10)*	2017 г. (06, 09, 10)*	2018 г. (07, 09)*	2019 г. (06, 09, 10)
Робщ., мг/л	0,027	0,007	0,008	0,014	0,013	0,015
Рорг., мг/л	0,024	0,005	0,005	0,012	0,009	0,010
PPO4, мг/л	0,002	0,002	0,003	0,002	0,004	0,004

Рис. 4.21. Содержание форм фосфора в воде озера в районе продольного разреза (*- месяц отбора проб)

В 2019 г. в сравнении с предыдущим годом наблюдалась повышенная минерализация воды озера. В северной, средней и южной частях озера минерализация воды находилась на одном уровне и составила 98 мг/л (рис. 4.22)..



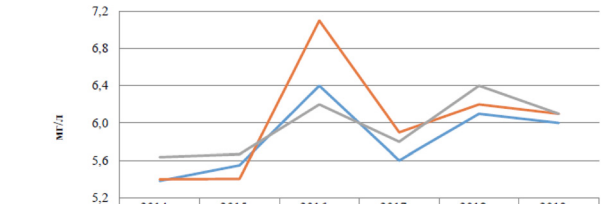
	2014 г. (07,09,11)*	2015 г. (06,09,10)*	2016 г. (06, 09, 10)*	2017 г. (06, 09, 10)*	2018 г. (07, 09)*	2019 г. (06, 09, 10)
сев. Байкал	96,8	95,1	97,7	97,3	95,5	98,0
сред. Байкал	97,3	96,4	98,0	97,4	95,8	98,0
юж. Байкал	97,1	95,7	96,3	96,5	97,1	98,0

Рис. 4.22. Минерализация воды озера по котловинам продольного разреза (*- месяц отбора проб)

Максимальные значения содержания сульфатных ионов, как в целом по продольному разрезу, так и по котловинам оз. Байкал наблюдались в 2016 и 2018 гг. (рис. 4.23).

Сульфатные ионы в повышенных концентрациях чаще фиксировались на продольном разрезе Среднего Байкала и эпизодически на вертикалях Южного Байкала.

В 2019 г. содержание в воде озера сульфатных ионов сохранилось достаточно высоким относительно значений 2014-2015 гг., хотя по сравнению с предыдущим годом – снизилось.



	2014 г. (07,09,11)*	2015 г. (06,09,10)*	2016 г. (06, 09, 10)*	2017 г. (06, 09, 10)*	2018 г. (07, 09)*	2019 г. (06, 09, 10)
сев. Байкал	5,4	5,6	6,4	5,6	6,1	6,0
сред. Байкал	5,4	5,4	7,1	5,9	6,2	6,1
юж. Байкал	5,6	5,7	6,2	5,8	6,4	6,1

Рис. 4.23. Динамика сульфатных ионов по котловинам продольного разреза (*- месяц отбора проб)

В районе северной оконечности озера, прилегающей к трассе БАМ, отмечалось значительное увеличение средних и максимальных концентраций содержания в воде нитратного азота, концентрации которых в сравнении 2018 г. выросли в 4,5-5 раз. Превышения наблюдались в каждой из двух съёмок на станциях, расположенных вблизи г. Нижнеангарска и устья реки Кичеры. Также на данных станциях выросло содержание в воде аммонийного азота в 2 раза.

Средние концентрации остальных определяемых показателей в данном районе сохранились на прежнем уровне и соответствовали фоновым значениям.

В 2019 г. в районе Селенгинского мелководья фиксировались превышения содержания в воде общего, органического, нитратного и аммонийного азота, органического углерода, сульфат-ионов и кремния, что свидетельствует об ухудшении качества воды в данном районе. Следует отметить, что максимальные концентрации всех определяемых показателей отмечались непосредственно в озерной части дельты, где происходит вынос речных вод через основную протоку р. Селенга - Усть-Харауз.

В районах расположения портов Южного Байкала (п. Байкал, п. Байкальск, п. Выдрино, п. Култук) повышенные концентрации отмечались в порту Култук по следующим определяемым показателям: цветности, взвешенным веществам, общему и органическому азоту, фосфору органическому, сульфат ионам, хлорид ионам и минерализации. Таким образом, вода в районе порта Култук является самой загрязненной, что связано с влиянием территориального хозяйственного комплекса поселка Култук на качество воды озера.

4.2.3. Донные отложения

Важнейшим элементом мониторинга оз. Байкал являются наблюдения за содержанием бенз(а)пирена (БП) в донных отложениях. Много-

летние исследования по изучению накопления БП в донных отложениях полигона показали неоднородный характер загрязнения поверхностного слоя. Геоморфологическое строение полигона достаточно сложное: район расчленен тремя каньонами. Проявляется сложная система разнонаправленного подводного течения. Поэтому для геохимического анализа площадь полигона была разделена по литолого-морфологическим особенностям на две части по глубине: до 100 м, где, в основном, представлены разнозернистые пески и крупноалевритовые илы и свыше 100 м, где глубоководные отложения представлены мелкоалевритовыми и глинистыми илами.

Оценка загрязненности донных отложений БП проводилась по шкале сравнительных оценок загрязнения донных отложений внутриконтинентальных водоемов: фоновая концентрация для песков не должна превышать 2 нг/г сухого остатка (с.о.), для глинистых илов – 5 нг/г с.о.; умеренная концентрация – 2-5 нг/г с.о. и 5-30 нг/г с.о. соответственно; на сильно загрязненных участках – более 5 нг/г и более 30 нг/г с.о. соответственно.

В таблице 4.5 представлены данные содержания бенз(а)пирена в донных отложениях по всем полигонам озера.

В июне 2019 г. содержание ароматических углеводородов как на полигоне, так и на участке в районе влияния трассы БАМ составило 3,0 нг/г с.о, при диапазоне 0,1-8,5 нг/г с.о. и 0,7-5,8 нг/г с.о. соответственно. Следует отметить рост значений ароматических углеводородов в донных отложениях во всех исследуемых районах озера. Так, содержание БП в районе выпуска КОС г. Байкальска по сравнению с 2018 г. резко возросло - в песках в 3,9 раза, в илах в 6,2 раза, на авандельте р. Селенга в 1,8 раза, в основной протоке реки в 2,8 раза, в зоне влияния трассы БАМ в 6,8 раза, на участке в зоне влияния трассы БАМ в 13,3 раза. По Шкале сравнительных оценок загрязнений донных отложений водоемов как сильно загрязненные характеризуются пески в районе выпуска КОС г. Байкальска (фоновая концентрация больше 5,0 нг/г с.о.), как умеренно загрязненные - илистые донные отложения (фоновая концентрация – 5,0-30,0 нг/г с.о.).

Впервые были отобраны пробы донных отложений в районе Малого моря озера Байкал (в средней его части, отделённой островом Ольхон). Концентрация БП варьировала в пределах 0,1-2,2 нг/г с.о., при среднем значении 0,9 нг/г с.о.

Проблема изучения накопления полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в биоценозе оз. Байкал является важнейшим элементом в биогеохимическом мониторинге озера. Наблюдение за антропогенным воздействием на природную среду озера через состояние гидробионтов является главным выводом по всей цепочке комплексных экологических проблем Байкальского региона. С 2014 г. изучается накопление ПАУ в обрастаниях в мелководной зоне оз. Байкал.

В 2019 г. было продолжено изучение накопления ПАУ в обрастаниях прибрежной мелководной зоны в районе выпуска КОС г. Байкальска (табл. 4.6).

В 2019 г. по сравнению с 2014-2018 гг. наблюдается снижение накопления бенз(а) пирена в мелководных обрастаниях озера на полигоне.

4.2.4. Гидробиологические наблюдения на озере

В 2019 г. в период ледостава были проведены гидробиологические наблюдения в пределах полигона, непосредственно примыкающего к месту выпуска коммунальных очищенных стоков (КОС) г. Байкальска (район бывшего Байкальского ЦБК). Численность гетеротрофных бактерий (показателя загрязнения воды органическим веществом) варьировала от 1 до 57 кл/мл, в среднем составляя 11 кл/мл. Площадь зоны загрязнения в районе КОС г. Байкальска составила 4,6 км^2, что незначительно ниже, чем в 2018 г. (5,3 км^2). Среднее значение численности гетеротрофов в зоне наибольшего влияния КОС составило 25 кл/мл, что в 3 раза выше, чем на фоновых участках южного прибрежья.

Углеводородокисляющие бактерии были выявлены на 25 из 61 станции, их численность на отдельных станциях достигала 100 кл/мл. Целлюлозоразрушающие бактерии были выявлены на 17 станциях.

Весной численность гетеротрофных бактерий варьировала от 18 до 4520 кл/мл, в среднем составляя 701 кл/мл. Площадь зоны загрязнения сократилась в 1,6 раза и составила 7,6 км^2.

Углеводородокисляющие бактерии были выявлены на 40 из 61 станции, их численность на отдельных станциях составляла 1 тыс. кл/мл. Целлюлозоразрушающие бактерии были выявлены на 51 из 61 станции.

Осенью численность гетеротрофов варьировала от 28 до 688 кл/мл, в среднем составляя 279 кл/мл. Площадь зоны наибольшего влияния коммунальных сточных вод составила 8,5 км^2, что незначительно ниже, чем в 2018 г.

Целлюлозоразрушающие бактерии были выявлены на 23 из 61 станции. Весной и осенью 2019 г. произошло сокращение площади загрязнения и увеличение численности гетеротрофов.

Таблица 4.5. Среднее содержание бенз(а)пирена в донных отложениях оз. Байкал за период 2014-2019 гг., нг/г с.о. (числитель - предельные значения, знаменатель – среднее значение, в скобках среднее содержание на фоновом участке)

Полигоны	Годы наблюдений					
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Район выпуска КОС г. Байкальска	0,2-29,6 12,8 (7,2)	1,1-27,4 14,0 (8,6)	0,2-24,9 10,7 (5,2)	0,9-18,5 9,8 (5,6)	0,7-12,4 4,0 (2,8)	0,6-43,9 15,7 (5,2)
Пески	0,2-29,6 11,1 (8,3)	1,1-26,2 9,6 (2,2)	1,1-12,5 5,6 (5,3)	4,1-18,5 11,5 (1,1)	0,7-12,4 4,8 (2,6)	0,6-43,9 15,7 (5,2)
Илы	2,1-21,9 13,7 (9,5)	7,2-27,4 17,6 (10,2)	5,1-24,9 13,7 (5,1)	0,9-21,6 9,0 (1,2)	0,8-12,3 3,3 (3,1)	1,6-32,3 20,5 (12,4)
Авандельта р. Селенга (весь полигон)	0,0-3,0 1,0	0,1-7,9 2,1	0,5-4,5 2,2	0,3-5,8 4,0	0,6-4,2 1,7	0,6-5,8 3,0
Авандельта р. Селенга (протока Усть-Харауз)	0,8-3,1 1,7	1,2-7,9 3,9	2,4-4,5 3,8	3,3-5,8 4,6	0,6-4,2 1,8	4,3-5,8 5,0
Зона влияния трассы БАМ (весь полигон)	0,2-4,3 1,5	0,2-38,4 4,7	0,6-10,1 2,9	0,6-39,0 5,6	0,1-1,7 0,5	0,1-22,0 3,4
Зона влияния трассы БАМ (Участок)	0,9-4,3 2,6	1,7-6,2 3,1	1,9-10,1 4,6	2,1-15,5 6,0	0,1-0,4 0,3	2,5-5,0 4,0

Таблица 4.6. Среднее содержание бенз(а)пирена в обрастаниях мелководной зоны побережья оз. Байкал в 2014-2019 гг. нг/г с.в. (числитель – диапазон содержаний, знаменатель - среднее значение)

Показатель	Район выпуска КОС г. Байкальска				
	2014 г.	2015 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Бенз(а)пирен	0,5-1,2 0,8	0,2-2,3 0,8	0,9-12,9 4,6	0,1-1,5 0,5	<0,1-0,4 <0,1

Исключение составляет подледная съемка, в этот период численность гетеротрофов в зоне загрязнения сократилась в 2 раза по сравнению с 2018 г. и составила 25 кл/мл.

По показателям фитопланктона в марте 2019 г. площадь загрязнения составила 11,6 км^2 и незначительно превышала площадь в 2018 г. (8,7 км^2). На фоновых станциях численность фитопланктона была в 3 раза ниже, чем в зоне загрязнения.

Весной площадь загрязнения увеличилась в 1,5 раза в сравнении с 2018 г. и составила 8,8 км^2. Численность фитопланктона возросла до 1870 тыс. кл/л (в 2018 г. – 1791 тыс. кл/л). На фоновых станциях численность фитопланктона была в 2 раза ниже, чем в зоне загрязнения.

Осенью площадь загрязнения составила 7,9 км^2, что также незначительно ниже значений 2018 г. (9,5 км^2). Численность фитопланктона в 2,5 раза превышала фоновые характеристики, составляя 946 кл/мл.

В подледный и весенний сезоны наблюдений по численности фитопланктона произошло увеличение площади загрязнения, а в осенний — сокращение.

По показателям зоопланктона площадь загрязнения в сравнении с подледным периодом 2018 г. увеличилась в 2 раза (27,2 км^2 в 2019 г., 12,7 км^2 в 2018 г.). Биомасса эпишуры в районе влияния коммунальных сточных вод г. Байкальска была в 5 раз ниже, чем на фоновом участке озера (117 мг/м^3 в сравнении с 538 мг/м^3).

В весенний период произошло сокращение площади загрязнения до 7,2 км^2 в сравнении с аналогичным периодом 2018 г. (23,4 км^2), биомасса зоопланктона в ней достигала 22 мг/м^3. На фоновых станциях биомасса была в 3 раза выше, чем в зоне загрязнения, составляя 65 мг/м^3.

Осенью площадь загрязнения составила 22,9 км^2 при биомассе эпишуры в ней 282 мг/м^3. По сравнению с аналогичным сезоном 2018 г. площадь загрязнения возросла в 1,6 раза, при увеличении биомассы зоопланктона в ней в 1,5 раза (282 мг/м^3, против 190 мг/м^3 в 2018 г.). На фоновых станциях этот показатель был в 3 раза выше, чем в зоне загрязнения, составляя 840 мг/м^3.

По сравнению с 2018 г. весной и осенью 2019 г. наблюдалось значительное увеличение зоны влияния КОС и биомассы зоопланктона в ней.

По показателю бактериобентос площадь загрязнения донных отложений в подледный период увеличилась в 2 раза, а в осенний период - в 1,5 раза в сравнении с предыдущим годом, составляя 2,2 км^2 и 3,3 км^2 соответственно. Численность гетеротрофной микрофлоры была выше фоновых характеристик в подледный сезон в 4 раза и в осенний - в 8 раз.

Отбор проб зообентоса проводился на глубинах 19-146 м на участке, подверженном воздействию коммунальных стоков г. Байкальска площадью 0,5 га. Средняя численность зообентоса составила 10,8 тыс. экз/м^2, а биомасса - 10 г/м^2. По сравнению с 2018 г. произошло увеличение численности в 2 раза и биомассы в 5 раз.

В составе зообентоса доминировали малощетинковые черви - 7,6 тыс. экз/м^2 (70% от общей численности) при биомассе 6,3 г/м^2 (67% от общей биомассы), тогда как в 2018 г. преобладали нематоды, составляя 3,7 тыс. экз/м^2 при биомассе 0,01 г/м^2. Второстепенными по численности в 2019 г. были нематоды, достигая - 22%, а по биомассе амфиподы - 65 %. Средняя величина олигохетного индекса увеличилась до 32% (в 2018 г. - 25%), что характеризует исследованный участок озера как «слабо загрязненный». Аналогичные значения олигохетного индекса наблюдались в 2017 г.

Анализ гидробиологических характеристик, полученных в 2019 г., свидетельствует о снижении антропогенной нагрузки на зоопланктон в весенний период. Площадь загрязнения по показателям бактериопланктона сократилась в период наблюдений. В тоже время численность фитопланктона в подледный и весенний периоды возросла, занимая большую площадь. В донных отложениях также в период наблюдений увеличилась площадь загрязнения и численности бактериобентоса. Величина олигохетного индекса 32% характеризует исследованный участок озера как «слабо загрязненный».

Гидробиологические наблюдения, проведенные в районе выхода трассы БАМ, показали, что в июне численность гетеротрофных бактерий составила 479 кл/мл, фитопланктона - 2893 тыс. кл/л, численность зоопланктона - 27 тыс. экз./м^3 и его биомасса - 498 мг/м^3 наиболее высоки в западной прибрежной зоне. Наименьшие значения численностей гетеротрофов (64 кл/мл), численность фитопланктона (378 тыс. экз./м^3) и его биомасса (552 мг/м^3), численность зоопланктона (14 тыс. экз./м^3) и его биомасса (200 мг/м^3) отмечены в центральной части озера.

В сентябре численность гетеротрофов (172 кл/мл), численность (684 тыс. кл/л) и биомасса (92 мг/м^3) фитопланктона достигали максимальных значений в западной части озера. Численность и биомасса зоопланктона была наиболее высокой на реперных станциях и составила 25 тыс. экз./м^3 и 460 мг/м^3 соответственно.

В июне наблюдалось увеличение средней численности бактериопланктона в 1,7 раза, биомассы фитопланктона и зоопланктона в 1,7 и 1,4 раза соответственно, а средняя численность фитопланктона и зоопланктона уменьшилась в 1,6 и 1,3 раза соответственно по сравнению с 2018 г.

В осенний сезон произошло уменьшение численности и биомассы фитопланктона в 3 и 2 раза и биомассы зоопланктона в 2 раза. Численность бактериопланктона и зоопланктона сохранилась на уровне значений 2018 г.

Наиболее загрязненными в весенний и осенний периоды были устьевые участки рек Верхняя Ангара, Кичера, Тыя и Томпуда, численность бактериопланктона находилась в диапазоне 510 - 1015 кл/мл.

В донных отложениях озера наблюдалось увеличение численности бактериобентоса весной в 1,5 раза, а осенью ее снижение в 1,5 раза. Численность бактериобентоса в оба сезона была выше в западной прибрежной зоне, составляя весной 11 тыс. кл/г и осенью 20 тыс. кл/г влажного ила. Максимальное развитие бактериобентоса в оба сезона было отмечено на участке дна в районе впадения р. Кичера.

В 2019 г. средняя численность и биомасса зообентоса сохранились на уровне прошлогодних значений - 12 тыс. экз./м^2 и 18 г/м^2.

Численность (18 тыс. экз./м^2) и биомасса (28 экз./м^2) зообентоса в прибрежной зоне с глубинами 19-60 м была в 2 и 2,5 раза соответственно выше, чем в глубоководной зоне (105-200 м). По сравнению с данными за аналогичный период 2018 г. количественные показатели изменились незначительно. В зоне мелководья численность сохранилась на уровне значений 2019 г., а биомасса возросла в 1,5 раза. В глубоководной зоне незначительно возросла численность, биомасса сохранилась без изменений.

Моллюски были выявлены в 9 из 17 проб, их наибольшее количество отмечалось на станциях, расположенных в приустьевом участке р. Кичера.

Среднее значение олигохетного индекса достигало 81%, что незначительно выше значений западной прибрежной зоны (76%). В соответствии со значениями олигохетного индекса к «грязным» и «загрязненным» отнесено 94% станций придонного слоя воды, к «условно чистым» - 6%, что свидетельствует о значительном загрязнении всего исследованного района озера.

Анализ состояния донных сообществ в северной части озера свидетельствует о сохранении антропогенной нагрузки. Наиболее загрязненными являются воды рек Кичера, Верхняя Ангара, Тыя и Томпуда. В соответствии со значениями олигохетного индекса, исследованный район озера можно охарактеризовать как «грязные» и «загрязненные».

Комплексные исследования состояния водной толщи и донных отложений Селенгинского мелководья по показателям бактерио-, фито-, зоопланктона, бактерио- и зообентоса в сентябре 2019 г. свидетельствуют о продолжающемся поступлении легкоокисляемого органического вещества с водами р. Селенга.

По сравнению с 2018 г. произошло увеличение численности гетеротрофных бактерий в 7,6 раз. Максимальная численность гетеротрофных бактерий в толще воды 1120 кл/мл отмечалась на участке, расположенном в северной части Селенгинского мелководья напротив выхода протоки Кривая, здесь же наблюдалась максимальная численность фенолокисляющих бактерий - 23 кл/мл. Минимальная численность гетеротрофных бактерий - 131 кл/мл напротив выноса протоки Харауз. Развитие углеводородокисляющих бактерий наблюдалось в 6 из 12 проб, составляя 1 тыс. кл/мл и достигая максимального развития, на участке озера, расположенном напротив протоки Харауз.

По сравнению с предыдущим годом в донных отложениях произошло снижение численности гетеротрофных бактерий в 3 раза, их средняя численность составила 22 тыс. кл/г влажного ила, достигая максимального развития 42,5 тыс. кл/г влажного ила на участке напротив протоки Колпинская. Минимальная численность гетеротрофов наблюдалась в юго-западной части Селенгинского мелководья напротив протоки Промой. Развитие углеводородокисляющих бактерий отмечалось повсеместно, их численность изменялась в пределах от 1 тыс. до 10 тыс. кл/г влажного ила. Фенолокисляющие бактерии были выявлены в пробах на 9 из 12 станций. Максимальное развитие 0,6 тыс. кл/г влажного ила отмечалось на участке дна стокового выноса протоки Усть-Харауз.

Средние значения общей численности и биомассы фитопланктона составили 1738 тыс. кл/л и 221 мг/м^3 соответственно. В 2019 г. по сравнению с прошлым годом численность фитопланктона увеличилась в 2 раза, а биомасса в 2,6 раза, с максимальными значениями на участке стокового выноса протоки Кривая (численность 2254 тыс. кл/л, биомасса 391 мг/м^3) и минимальными - в северной части Селенгинского мелководья в районе стокового выноса протоки Колпинская (численность 1053 тыс. кл/л, биомасса 140 мг/м^3).

Средние значения общей численности и биомассы зоопланктона составили 33 тыс. экз./м^3 и 662 мг/м^3 соответственно, что в 1,5 и 3 раза ниже, чем в 2018 г. Максимальная численность зоопланктона 48 тыс. экз./м^3 отмечалась на участке стокового выноса протоки Харауз, а биомасса 439 мг/м^3 - в юго-западной части Селенгинского мелководья в районе протоки Промой.

В пробах зоопланктона юго-западной части Селенгинского мелководья отмечено массовое развитие водорослей рода *Spirogira* Link. напротив пролива Прорва.

Средняя численность зообентоса варьировала от 4,3 тыс. до 28 тыс. экз./м^2, биомасса - от 2,5 до 21 г/м^2, достигая максимального значения в районе стокового выноса протоки Харауз. В сравнении с 2018 г. средняя численность (27 тыс. экз./м^2) увеличилась в 1,6 раза, биомасса (31 г/м^2) - в 2,5 раза. Максимальные численность зообентоса - 62 тыс. экз./м^2 и биомасса - 63 г/м^2 наблюдались напротив стокового выноса протоки Харауз, а минимальные - 1,8 тыс. экз/м^2 и биомасса - 6,03 г/м^2 в юго-западной части мелководья, напротив выноса протоки Промой. Моллюски были отмечены на 8 станциях, преимущественно, это представители класса Bivalvia.

Высокая численность и биомасса бентоса в 2019 г. была обусловлена развитием олигохет. В районе Селенгинского мелководья олигохетный индекс варьировал от 47 до 88%, при среднем значении 71%, что в 2 раза выше, чем в 2018 г. (39%). В соответствии со значениями олигохетного индекса к классу «грязных» и «загрязненных» отнесено 83% станций, «слабо загрязненных» - 17%, что свидетельствует о значительном загрязнении всего исследованного района озера.

По количественным показателям бактериопланктона, воды акватории, прилегающей к КОС г. Байкальска, как в период ледостава, так и на протяжении всего вегетационного сезона 2019 г. относились к «условно чистым» водам с незначительным антропогенным загрязнением углеводородами. Площадь акватории загрязнения испытывает сезонные и межгодовые флуктуации, так в 2019 г. произошло незначительное сокращение поля загрязнения.

Структурные элементы фитопланктона и зоопланктона также испытывали незначительные межгодовые флуктуации с постепенным снижением поля загрязнения от подледных отборов к концу вегетационного сезона, что, вероятно, также связано с ограниченным загрязнением

наблюдаемой акватории биогенными элементами. Высокие концентрации представителей этих сообществ в фоновых участках и низкие в поле загрязнения, вероятно, вызваны их интенсивным переносом ветровыми течениями. Качество воды по этим показателям характеризовалось как «слабо загрязненная».

По показателям бактериобентоса и зообентоса большая часть наблюдаемой акватории в придонном слое соответствовала «слабо загрязненным» водам.

В соответствии с количественными показателями бактериопланктона воды акватории, прилегающей к трассе БАМ, характеризовались в 2019 г. как «условно чистые». Наиболее загрязненными по количественным характеристикам в весенний и осенний периоды были устьевые участки рек Верхняя Ангара, Кичера, Тыя и Томпуда, оставаясь в пределах класса «условно чистые» воды. По показателям макрозообентоса лишь 6% исследованной акватории в придонном слое можно отнести к «условно чистым», основная же его часть 94% отнесена к «загрязненным» водам.

Анализ состояния донных сообществ в северной части озера свидетельствует о сохранении антропогенной нагрузки. Наиболее загрязненными являются воды рек Кичера, Верхняя Ангара, Тыя и Томпуда. В соответствии со значениями олигохетного индекса исследованный район озера можно охарактеризовать как «грязные» и «загрязненные» воды.

По количественным показателям бактериопланктона воды акватории Селенгинского мелководья, как в период ледостава, так и на протяжении всего вегетационного сезона 2019 г. относились к «условно чистым» с незначительным антропогенным загрязнением углеводородами.

Бактериобентос характеризовался высоким развитием углеводородокисляющих бактерий, что свидетельствует о значительной антропогенной нагрузке. Качество воды придонного слоя по этому показателю в период наблюдений варьировало от «условно чистых» до «слабо загрязненных» в районе протоки Усть-Харауз.

Структурные элементы фитопланктона и зоопланктона также испытывали незначительные межгодовые флуктуации.

Качество воды по показателям макрозообентоса в придонном слое соответствовало «слабо загрязненным» водам только на 17% исследованной акватории Селенгинского мелководья, большая же часть придонного слоя - 83% относилась к классу «загрязненные» воды.

Таким образом, в 2019 г. на всей исследованной акватории оз. Байкал поверхностный слой воды характеризовался «условно чистыми» водами. Количественный и качественный составы по показателям бактерио-, фито- и зоопланктона испытывали незначительные флюктуации в пределах многолетних данных наблюдений. Площади полей антропогенного загрязнения также испытывали незначительные расширения в подледный период и сокращения в период активной вегетации. Большая часть акватории северных участков наблюдений в придонном слое по показателям бактерио- и зообентоса, за исключением (КОС) г. Байкальска, характеризовалась «загрязненными» водами.

В 2019 г., так же, как и в предыдущие периоды наблюдений, состояние биоценозов озера Байкал сохраняется на стабильном уровне антропогенного экологического напряжения, кардинальных изменений в таксономическом составе и структуре сообществ не выявлено.

4.2.5. Характеристика выноса загрязняющих веществ с водным стоком р. Селенга

Водосборный бассейн оз. Байкал охватывает площадь, равную 541 тыс. км^2, в пределах территории Монголии - 300,5 тыс. км^2, Российской Федерации - 240,5 тыс. км^2. Площадь российской части бассейна р. Селенга - 148,06 км^2, что составляет 61,5% площади водосборного бассейна оз. Байкал в пределах территории России. Река является главным источником водного питания оз. Байкал.

Наблюдения за качеством воды р. Селенга ежегодно проводятся на российском участке длиной 402 км в 9 створах, расположенных от границы с Монголией (п. Наушки) до дельты (с. Мурзино).

Значения превышений ПДК нормируемых веществ в воде реки по результатам наблюдений, обобщенным для периодов 2012-2016 гг. и 2017-2019 гг., приведены в таблице 4.7.

Представленные результаты наблюдений свидетельствуют о том, что по сравнению с 2012-2016 гг. в 2017-2019 гг.:

– в целом на р. Селенга повысилась частота превышения ПДК: $БПК_5$ - в 1,1 раза, фенолов - в 2,1 раза, нефтепродуктов - в 5,1 раза;

– в створах пункта с. Кабанск, расположенных выше и ниже организованного сброса сточных вод МУП ЖКХ п. Селенгинск, отмечались максимальные значения превышения ПДК $БПК_5$

Таблица 4.7. Характеристика загрязненности воды р. Селенга нормируемыми органическими веществами по наблюдениям 2012-2016 гг. / 2017-2019 гг.

Створ наблюдений, его расположение	Расстояние от устья, км	Величина $БПК_5$	Летучие фенолы	Нефтепродукты	АСПАВ
		Частота превышения ПДК, %			% обнаружения
п. Наушки,1,5 км ЗЮЗ от поселка	402	8,9 / 0	4,0 / 18,5	8,9 / 33,3	73,0 / 77,3
с. Новоселенгинск, 1.6 км ниже села	273	35,5 / 25,9	6,6 / 33,3	2,2 / 11,1	74,0 / 90,9
г. Улан- Удэ, 2 км выше города	156	18,0 / 15,7	7,8 / 10,2	1,1 / 8,3	58,0 / 86,1
г. Улан-Удэ, 1 км ниже города, 0,5 ниже сброса сточных вод ГОС	152	24,0 / 20,4	12,0 / 21,3	2,2 / 8,3	77,0 / 86,1
г. Улан-Удэ, 22,5 км ниже города, 3,7 км ниже разъезда Мостовой	127	23,0 / 33,3	12,0 / 27,8	1,6 / 16,6	70,0 / 75,0
с. Кабанск, 3 км выше сброса сточных вод п. Селенгинск	67,0	21,6 / 41,6	6,6 / 13,9	0 / 13,9	74,0 / 100
с. Кабанск, 0,8 км ниже сброса сточных вод п. Селенгинск	63,2	25,0 / 41,6	10,0 / 33,3	5,0 / 25,0	84,0 / 93,3
с. Кабанск, 0,5 км ниже села, замыкающий	43,0	18,0 / 27,8	5,0 / 19,4	5,0 / 13,9	71,0 / 95,2
с. Мурзино, 0,4 км ниже села (дельта)	25,0	24,0 / 33,3	18,0 / 29,6	0 / 11,1	71,0 / 88,9
Российский участок реки в целом		21,7 / 23,8	9,4 / 20,0	2,5 / 12,8	71,4 / 86,8

– 41,6% (соответственно, 21,6% и 25,0% в 2012-2016 гг.);

– в створах возросли предельные значения превышений ПДК фенолов от 4-18% до 14-33%, нефтепродуктов – от 0-8,9% до 8,3-33,3%;

– в пограничном створе по сравнению с нижерасположенными створами частоты превышения ПДК нефтепродуктов достигали максимальных значений – 8,9% и 33,3% соответственно.

Частота обнаружения анионных синтетических поверхностно-активных веществ (АСПАВ) в пробах воды р. Селенга повысилась до 86,8% (2017-2019 гг.) от 71,4% (2012-2016 гг.). Предельные значения частот обнаружения АСПАВ в створах соответственно периодам наблюдений возросли до 77,3-100% от 58-84% (таблица 4.7).

Отмечается тенденция увеличения частоты обнаружения жиров в речной воде до 86,7% в 2019 г. от 63,2% в 2018-2017 гг. (32,6% - в 2012-2016 гг.).

Поступления химических веществ с водным стоком р. Селенга за период с 2012 г. по 2019 г. представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8. Поступление веществ через замыкающий створ р. Селенга – с. Кабанск в 2012-2016 гг., 2017-2018 гг. и 2019 г.

Показатели	Годы наблюдений			
	2012-2016 гг. (среднее за период)	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Взвешенные вещества, тыс. т	710	132	159	388
Органические вещества, тыс. т, (по ХПК)	264	129	334	265
Легко-окисляемые органические вещества (по $БПК_5$), тыс. т	37,4	26,0	62,5	41,2
Нефтяные углеводороды, тыс. т	0,46	0,60	1,21	0,84
АСПАВ, тыс. т	0,14	0,25	0,14	0,13
Жиры, тыс. т	0,08	0,22	0,30	0,42
Летучие фенолы, т	18,4	11	39	34
Соединения металлов:				
меди, т	50,5	20	47	46,0
цинка, т	243	189	248	380
свинца, т	16,1	6,4	13	14,6
Водный сток, $км^3$	23,0	15,9	31,0	26,2

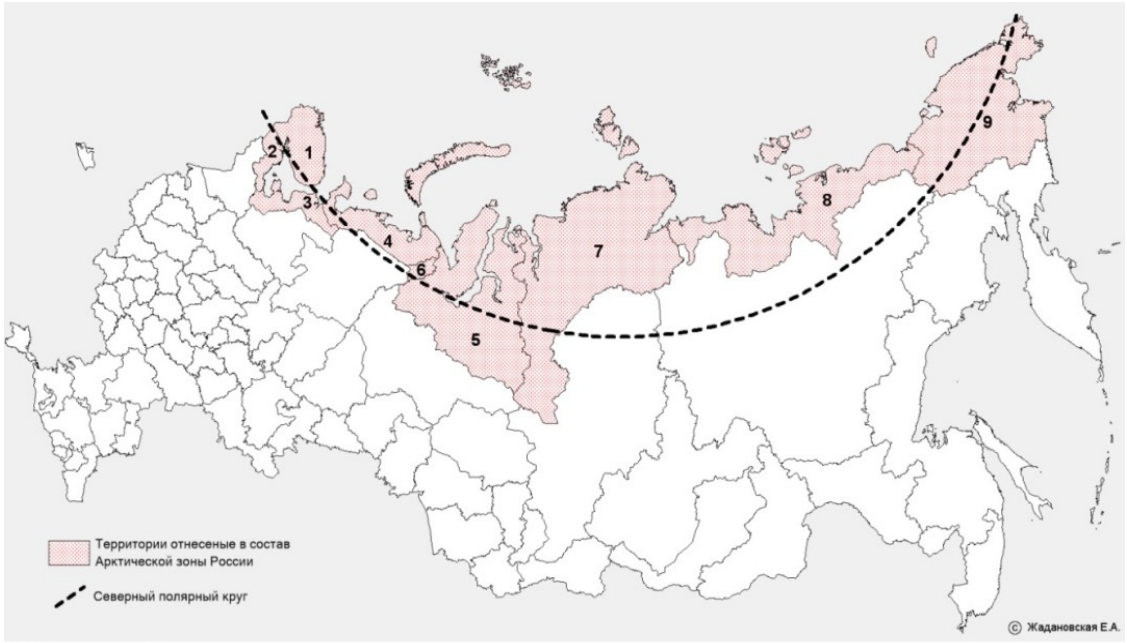
4.3. Арктическая зона Российской Федерации

Общая характеристика

Арктическая зона Российской Федерации - регион огромного потенциального источника природных ресурсов (нефти, газа, минералов) и транспортного морского пути Европа - Азия. Интенсивное освоение и использование природных ресурсов Арктической зоны является стратегическим приоритетом социально-экономического развития России. Концепция освоения Арктики определяется «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» в пределах сухопутных территорий Арктической зоны Российской Федерации, утвержденных Указами Президента РФ от 02.05.2014 г. N 296 и от 27.06.2017 г. N 287 "О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации" (рис. 4.24).

Территория суши Арктической зоны Российской Федерации составляет 3,75 млн. км^2, где в настоящее время проживает около 2,4 млн. чел, что составляет менее 2% населения России (табл. 4.9).

Континентальная часть Арктической зоны располагается преимущественно в Арктическом и Субарктическом климатических поясах от западной границы РФ с Норвегией и Финляндией на севере Мурманской области – 28,42º в.д. и до мыса Дежнева - на востоке – 169,69º з.д., с крайней северной материковой точкой на мысе Челюскин – 77,69º с.ш., 104,09º в.д.). В некоторых субъектах: часть Мурманской обл., Красноярского края и Республики Карелии, территории относится к умеренному климатическому поясу. Значительная протяженность Арктической зоны РФ обуславливает большую ландшафтную, регионально-климатическую почвенную и расти-



1. Мурманская область;
2. Республика Карелия (в составе Беломорского, Лоухского, Кемского муниципальных районов);
3. Архангельская область (в составе Мезенского, Онежского, Приморского муниципальных районов, территории муниципальных образований "Город Архангельск", " Город Новодвинск", "Северодвинск", "Новая Земля");
4. Ненецкий автономный округ;
5. Ямало-Ненецкий автономный округ;
6. Республика Коми (в составе территории муниципального образования городского округа "Воркута");
7. Красноярский край (в составе Таймырского Долгано-Ненецкого, Туруханского муниципальных районов, территории городского округа г. Норильска);
8. Республика Саха (Якутия) (в составе Аллаиховского, Анабарского (Долгано-Эвенкийского), Булунского, Нижнеколымского, Усть-Янского улусов);
9. Чукотский автономный округ;
10. Земли и острова, расположенные в Северном-Ледовитом океане, указанные в Постановлении Президиума Центрального Исполнительного Комитета СССР от 15 апреля 1926 г. "Об объявлении территорией Союза ССР земель и островов, расположенных в Северном Ледовитом океане" и других актах СССР.

Рис. 4.24. Картосхема территории Арктической зоны Российской Федерации в соответствии с Указами Президента России от 02.05.2014 г. N 296 и от 27.06.2017 г. N 287

Таблица 4.9. Территории Арктической зоны Российской Федерации (АЗ)

№	Территории	Площадь, км²	Население, чел.	АЗ в субъекте: площадь/насел. %
1.	Мурманской области	144 902,00	753 557	АЗ: 100 / 100%
2.	Ненецкого автономного округа	176 700,00	43 997	
3.	Чукотского автономного округа	721 481,00	50 150	
4.	Ямало-Ненецкого автономного округа	769 250,00	534 299	
5.	Мун. обр."Беломорский муниципальный район"	12 797,00	16 663	Республика Карелия АЗ: 24 / 7%
6.	Мун. обр. "Лоухский муниципальный район"	22 551,00	11 771	
7.	Мун. обр. "Кемский муниципальный район"	8 029,00	15 496	
Итого АЗ Республики Карелия		43 377,00	43 930	
Республика Карелия		180 520,00	622 484	
8.	Мун. обр. "Город Архангельск"	294,42	351 488	Архангельская область АЗ: 32 / 56%
9.	Мун. обр. "Мезенский муниципальный район"	34 410,21	9 049	
10.	Мун. обр. "Новая Земля"	83 000,00	2 429	
11.	Мун. обр. "Город Новодвинск"	41,00	38 735	
12.	Мун. обр. "Онежский муниципальный район"	23 755,73	30 762	
13.	Мун. обр. "Приморский муниципальный район"	46 133,61	25 639	
14.	Мун. обр. "Северодвинск"	120,51	183 996	
Итого АЗ Архангельской области		187 755,48	642 098	
Архангельская область		589 913	1 155 028	
15.	Мун. обр. городского округа "Воркута"- - АЗ Республики Коми	24 179,64	80 061	Республика Коми АЗ: 6 / 10%
Республика Коми		415 900,00	840 873	
16.	Аллаиховского улуса (района)	107 300,00	2 718	Республика Саха (Якутия) АЗ: 20 / 3%
17.	Анабарского национального (Долгано-Эвенкийского) улуса (района)	55 600,00	3 500	
18.	Булунского улуса (района)	223 582,55	8 404	
19.	Нижнеколымского района	87 117,54	4 366	
20.	Усть-Янского улуса (района)	120 278,08	7 202	
Итого АЗ Республики Саха (Якутия)		593 878,17	26 190	
Республика Саха (Якутия)		3 083 523	959 875	
21.	Городского округа города Норильска	23,16	178 018	Красноярский край АЗ: 50 / 3%
22.	Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района	879 900,00	32 290	
23.	Туруханского района	209 309,18	16 276	
Итого АЗ Красноярского края		1 089 232,34	226 584	
Красноярский край		2 339 700	2 865 908	
Всего АЗ России		3 750 755,63	2 400 866	100%

тельную вариации. Основная часть территории занята тундрами с большой степенью заболоченности, наличием малых рек и озер. Большая часть почв торфяно-оглеенных с переходами в лесотундре к процессам оподзоливания.

В тундре наблюдается низкорослая кустарничковая растительность и разновидность мхов. В лесотундре в европейской части Арктической зоны появляется сосна обыкновенная, ель, береза. В сибирской части АЗ в средней и восточной части добавляется также низкорослый кедр и лиственница.

Арктическая зона характеризуется низкими годовыми температурами, скудными осадками, длительной полярной ночью и сплошным распространением многолетней мерзлоты. А также прослеживается рост континентальности климата с запада на восток.

Основными источниками загрязнения окружающей среды АЗРФ являются предприятия

газо- и нефтедобывающей промышленности, по добыче и переработке полезных ископаемых, крупнейшие предприятия черной и цветной металлургии, предприятия топливно-энергетического комплекса, химическая промышленность, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, автомобильный, железнодорожный и морской транспорт. Источники загрязнения окружающей среды АЗ расположены локально на большом удалении друг от друга.

4.3.1. Особенности климатического режима года

Оценки региональных средних величин в настоящем разделе получены по данным архива T3288 среднемесячной температуры на 3288 станциях Земного шара (расположение станций на территории Арктической зоны РФ (Российской Арктики – РА) показано на рис. 4.25), для осадков – по данным архива R1383 (оба массива поддерживаются в ИГКЭ для целей мониторинга климата). Территория РА разделена на сектора: Европейский (до 62°в.д.), Сибирский (до 125°в.д.) и Восточный. Материалы по температуре воздуха и площади морского льда в арктических морях России, через которые проходит трасса Северного морского пути, получены в ААНИИ.

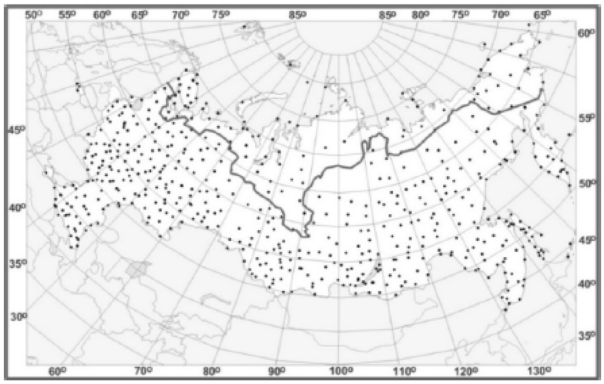


Рис. 4.25. Положение станций архива T3288 (граница Российской Арктики показана жирной линией)

Температура воздуха

Данные о годовых и сезонных региональных аномалиях температуры воздуха в 2019 г. представлены в таблице 4.10. Географическое распределение аномалий – на рис. 4.26.

2019 г. в Российской Арктике был очень теплым: выше нормы на 2.74°С (5-й за период с 1936 г.). Аномальные температуры наблюдались в Восточном секторе, где среднегодовая температура превысила норму на +3.18С (четвертая величина в ряду с 1936 г.), и в Сибирском секторе (+3.03°С - 5-ая величина в ряду). На большинстве станций Сибирского и Восточного секторов были отмечены годовые экстремумы выше 95-го процентиля.

Зимой на большей части Российской Арктики (зимняя аномалия +2.29°С) температуры были выше нормы, особенно в районе Таймыра (аномалии на станциях до +5°С), отрицательные аномалии (до -0.5°С) наблюдались лишь в районе Восточно-Сибирского моря.

Особенно теплым сезоном была ***весна***: сезонная температура в целом по Российской Арктике была среди трех самых теплых с 1936 г. (аномалия +4.00°С); в Восточном секторе сезонная аномалия температуры составила +4.13°С – четвертая в ряду.

Лето также было очень теплым: в целом по Российской Арктике температура превысила норму на +1.74°С – четвертая величина в ряду, за счет экстремальных условий в Сибирском (аномалия +2.31°С) и в Восточном (аномалия +2.56°С) секторах - лето в этих секторах было среди трех самых теплых. В Европейском секторе летом в районе Белого и Карского морей температуры были ниже климатической нормы (аномалии на станциях до -1°С), а на Северном Урале – немного выше климатической нормы.

Осенью на большей части Российской Арктики температуры были выше нормы (в среднем на 2.44°С), на Чукотке аномалии до +5.6°С. На Кольском полуострове у границы с Финляндией наблюдались отрицательные аномалии температуры (до -0.5°С).

Временные ряды региональных средних годовых аномалий показаны на рис. 4.27, сезонных (для РА в целом) – на рис. 4.28. Рост среднегодовой температуры наблюдается в РА и всех секторах с 1970-х гг. и резко ускоряется в 21 веке («Арктическое усиление» потепления). Максимальное потепление за 1976-2019 гг. происходит в восточном секторе РА: 0.81°С/10 лет (в целом по РА 0.70°С/10 лет).

Из сезонов в целом по РА самое быстрое потепление было отмечено весной (0.90°С/10 лет). Арктическое усиление потепления отмечается во все сезоны, кроме лета (но осенью оно замедлилось в последние годы). Все тренды температуры, кроме зимнего, значимы на уровне 1% (зимний значим на уровне 5%).

Атмосферные осадки

Данные о годовых и сезонных сумм осадков в секторах Российской Арктики в 2019 г. представлены в таблице 4.11, а географическое распределение осадков за год в целом и сезоны представлено на рис. 4.29.

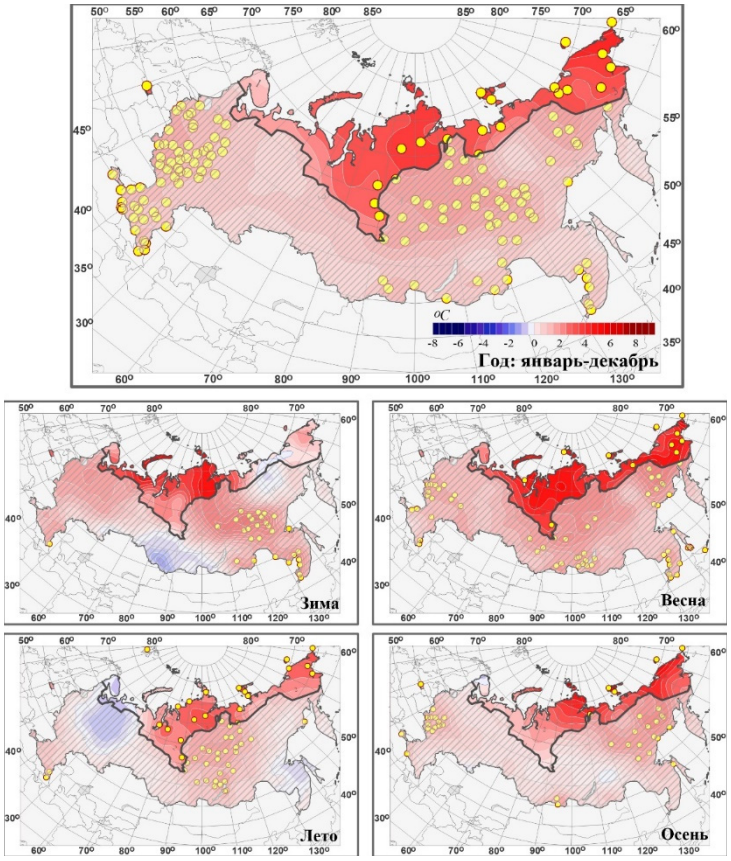


Рис. 4.26. Годовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии температуры воздуха в Российской Арктике.
Аномалии (°С) рассчитаны относительно норм периода 1961-1990 гг.
Желтыми кружками показаны аномалии выше 95-го процентиля.

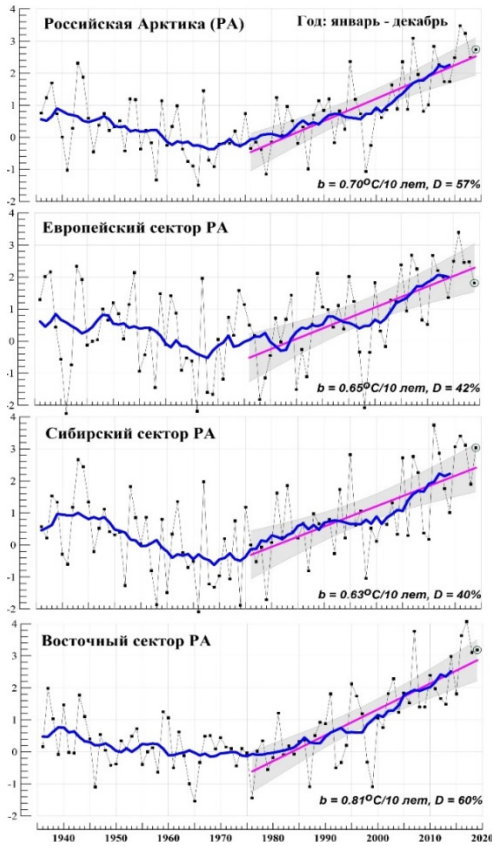


Рис. 4.27. Годовые (январь-декабрь) аномалии температуры воздуха в Российской Арктике и ее секторах в 1936-2019 гг.

Таблица 4.10. Характеристики годовых (январь-декабрь) и сезонных аномалий температуры воздуха в секторах Российской Арктики в 2019 году. Аномалии (VT, °C) рассчитаны относительно норм периода 1961-1990 гг., ранги приведены для ряда с 1936 г. Выделены значения среди 5 максимальных.

	Год (январь-декабрь)		Зима		Весна		Лето		Осень	
	VT	ранг	VT	ранг	VT	ранг	VT	ранг	VT	ранг
Российская Арктика (РА)	**2.74**	**5**	2.29	19	**4.00**	**3**	**1.74**	**4**	2.44	11
Европейский сектор РА	1.81	20	3.41	15	3.26	8	-0.09	53	0.91	35
Сибирский сектор РА	**3.03**	**5**	2.90	20	4.38	8	**2.31**	**3**	2.11	14
Восточный сектор РА	**3.18**	**4**	0.85	30	**4.13**	**4**	**2.56**	**3**	4.02	10

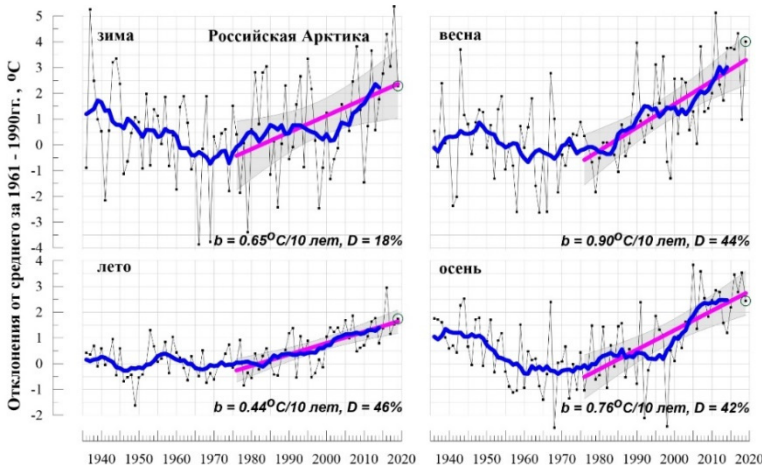


Рис. 4.28. Сезонные аномалии температуры воздуха в Российской Арктике в 1936-2019 гг.
Жирная синяя кривая – 11летнее скользящее среднее. Показан линейный тренд за 1976-2019 гг.

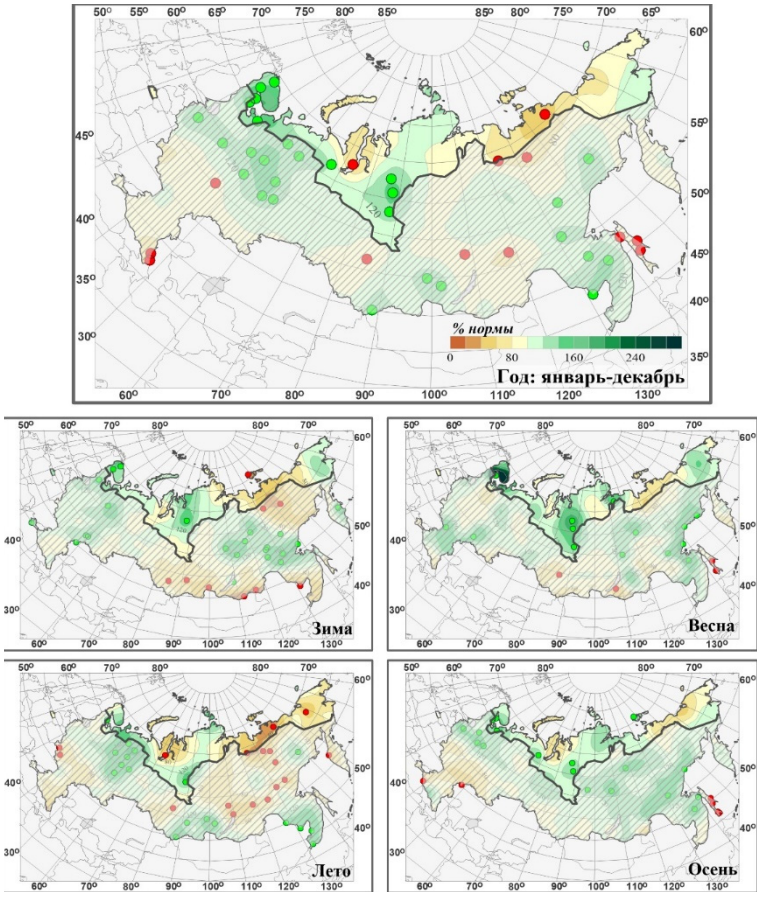


Рис. 4.29. Годовые (январь-декабрь) и сезонные суммы осадков осадков (% от нормы периода 1961-90 гг.) в Российской Арктике.
Зелеными кружками показаны станционные аномалии выше 95-го процентиля, красными – ниже 5-го.

Таблица 4.11. Характеристики годовых (январь-декабрь) и сезонных осадков (% от нормы периода 1961-1990 гг.) в секторах Российской Арктики. Ранги приведены для рядов с 1936 г.

	Год (январь-декабрь)		Зима		Весна		Лето		Осень	
	RR	ранг	RR	ранг	RR	ранг	RR	ранг	RR	ранг
Российская Арктика (РА)	**112**	**4-6**	113	9-13	**133**	**2**	97	58-60	109	16-19
Европейский сектор РА	**118**	**3-4**	126	7	127	9	110	28-29	109	21-23
Сибирский сектор РА	117	9	114	20-23	**143**	**3**	105	46	116	13-14
Восточный сектор РА	88	64-68	97	31-32	105	29-31	**66**	**81**	91	59-61

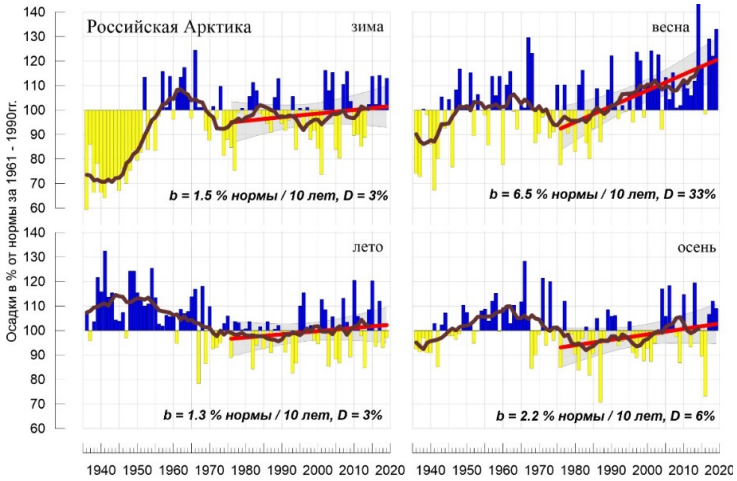


Рис. 4.30. Сезонные суммы осадков (% нормы) в Российской Арктике в 1936-2019 гг.
Жирная черная кривая – 11летнее скользящее среднее. Показан линейный тренд за 1976-2019 гг.

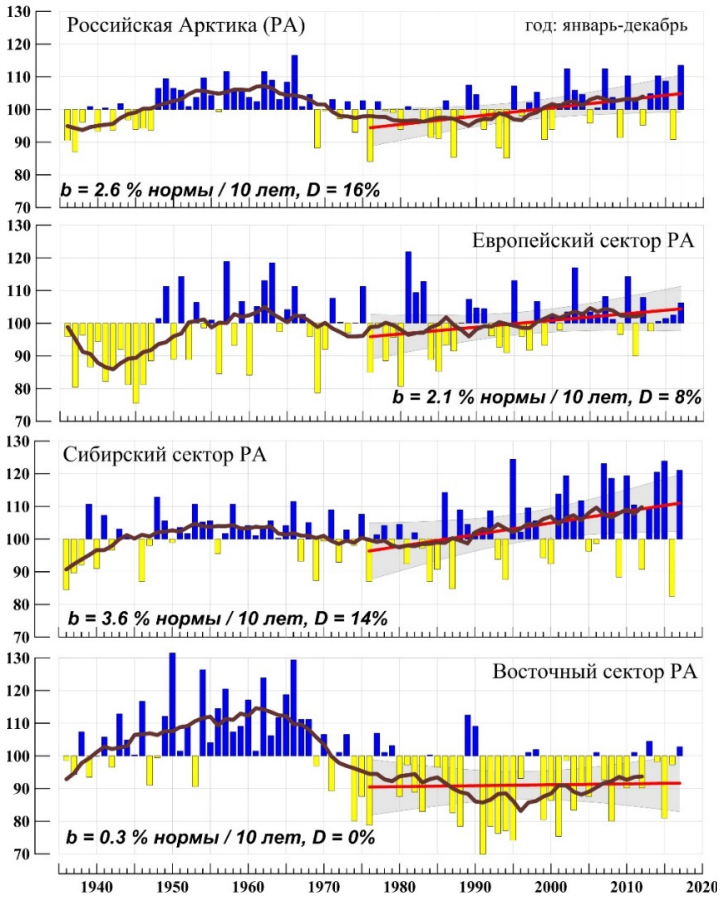


Рис. 4.31. Годовые (январь-декабрь) суммы осадков (% нормы) в Российской Арктике и ее секторах в 1936-2019 гг.
Жирная черная кривая - 11летнее скользящее среднее. Показан линейный тренд за 1976-2019 гг.

В целом за 2019 г. по РА выпало 112% нормы осадков – четвертая величина в ряду. Значительное превышение осадков наблюдалось в Европейском секторе (118% - третья величина в ряду), на большинстве станций отмечены 95%-е экстремумы выпадения осадков. В Сибирском секторе (117% нормы – ранг 9) превышение осадков наблюдалось всюду, кроме района Обской губы. В Восточном секторе выпало лишь 88% годовой нормы, дефицит осадков наблюдался всюду, особенно на побережье Восточно-Сибирского моря, где дефицит отмечен во все сезоны.

Из сезонов выделяется ***весна***, в целом за сезон по РА выпало 133% нормы осадков – вторая величина в ряду (рекордное количество осадков - 144% нормы - выпало весной 2014 г.). Превышение нормы осадков наблюдалось всюду, кроме побережья Восточно-Сибирского моря, особенно значительное - в Сибирском секторе (выпало 143% нормы осадков - третья величина в ряду) и в Европейском секторе (127% - ранг 9). На побережье Белого моря были отмечены экстремальные осадки: более 200% сезонной нормы.

Зимой в целом по РА выпало 113% нормы (ранг 9), значительное превышение осадков наблюдалось в Европейском секторе (126% нормы – ранг 7). В Восточном секторе наблюдался дефицит осадков (кроме Чукотки).

Летом в целом по РА осадков выпало меньше нормы: 97%. Сильный дефицит осадков наблюдался в Восточном секторе (выпало 66% нормы – эта величина – четвертая из самых низких в ряду, на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы). Ниже нормы были осадки в районе Обской губы. В Европейском секторе (110%) и на большей части Сибирского наблюдался избыток осадков.

Осенью в целом по РА выпало 109% нормы. Избыток осадков наблюдался в Европейском (109%) и Сибирском секторах (116%) (кроме района Обской губы), на ряде станций отмечались 95-е экстремумы. В Восточном секторе (91%) всюду (кроме Корякского АО) наблюдался дефицит осадков.

В среднем за год с 1976 г. наблюдается значимый на 5%-м уровне рост осадков в целом по РА: 2.6% нормы за 10 лет (рис. 4.31). Этот рост складывается в основном за счет Сибирского сектора, где скорость роста составляет в этот период 3.6% нормы за 10 лет. В Европейском секторе прослеживается монотонное увеличение, однако тренд незначим даже на 5%-м уровне. В Восточном секторе осадки растут после 1995 г., однако это больше похоже на фазу роста в долгопериодном колебании (период около 70 лет). Максимум этого колебания около 1960 г. прослеживается во всех секторах.

Рост весенних осадков в РА составляет 6.5% нормы за 10 лет и объясняет третью часть общей дисперсии ряда (рис. 4.32). Тренды для остальных сезонов незначимы. Выражены междесятилетние колебания; во все сезоны проявляется крупный максимум в первой половине ряда: около 1950 г. летом и около 1960 г. в остальные сезоны.

Акватория Северного морского пути. В связи с возрастающим вниманием к изменениям климата на акваториях Северного Ледовитого океана, через которые проходят трассы Северного морского пути (СМП), ниже представлены характеристики климата и ледовых условий в этом районе морской Арктики.

Изменения средних зимней и летней температур воздуха на акватории арктических морей, по которым проходит трасса СМП (моря Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское), представлены на рис. 4.32.

Видно, что потепление в этом районе морской Арктики (рис. 4.32) началось в 1996 г. летом и в 1998 г. зимой. Средняя за год ПТВ в 2019 г. равна -8.4°С (6-е значение в ряду «теплых» лет, рекорд -7.3°С наблюдался в 2016 г.). Зимняя ПТВ в 2019 г. -19.4°С (3-е значение в ряду «теплых» зим. Рекорд -18.4°С в 2012 г.). Летом ПТВ в 2019 г. оказалась второй (5°С) после лета 2016 г. (+5.1°С).

Морской ледяной покров в арктических морях в конце лета быстро сокращался, начиная с 2001 г., уменьшившись к 2005 г. до 300 тыс. км^2. В последние 15 лет его площадь в сентябре колеблется около 200-300 тыс. км^2, что в 4-5 раз меньше, чем в 1980-х гг. (рис. 4.33).

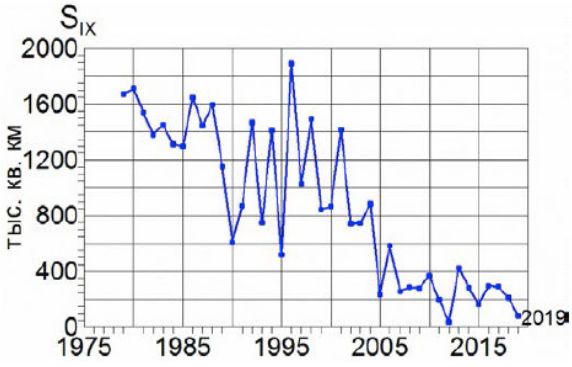
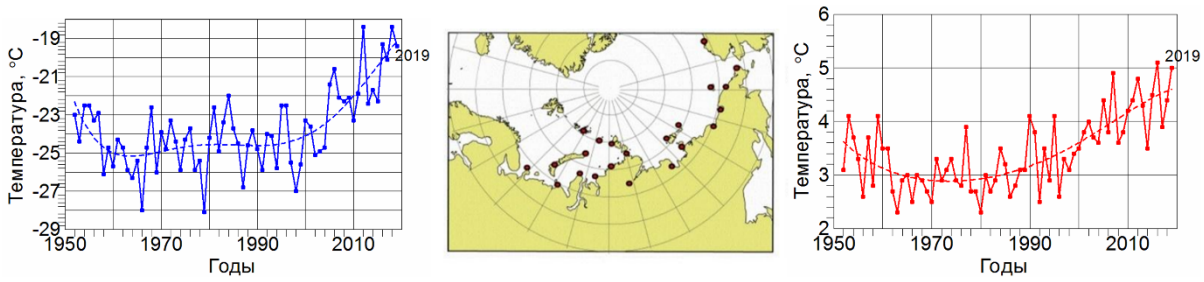


Рис. 4.33. Площадь, занятая морским льдом в сентябре в Сибирских арктических морях (моря Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) по данным отдела ледовых прогнозов ААНИИ

Водные ресурсы

Водные ресурсы бассейнов рек Арктической зоны Российской Федерации (наблюдённый годовой сток рек) в 2019 г. в большинстве случаев значительно отличались как от средних многолетних значений, так и от значений, имевших место в 2018 г. (табл. 4.12).



а **б** **в**

Рис. 4.32. Средняя температура воздуха зимой (**а**) и летом (**в**) на акватории арктических морей, по которым проходит трасса СМП по данным 22 метеорологических станций (**б**)

Таблица 4.12. Ресурсы речного стока по речным бассейнам

Речной бассейн	Площадь бассейна, тыс. км^2	Среднее многолетнее значение водных ресурсов*, км^3/год	Водные ресурсы 2019 г., км^3/год	Отклонение от среднего многолетнего значения, %
Тулома	21,5	7,11	7,19	1,1
Поной	15,5	5,31	5,97	12,4
Варзуга	9,84	3,06	3,57	16,7
Ковда	26,1	8,65	8,52	-1,5
Кемь	27,7	8,17	9,33	14,2
Беломорско-Балтийский канал	27,1	8,42	8,71	3,4
Северная Двина	357	101,0	106,0	5,0
Мезень	78,0	27,2	39,1	43,8
Печора	322	129,0	187,0	45,0
Обь	2990	405,0	438,0	8,1
Енисей	2580	635,0	637,0	0,3
Хатанга	364	109,0	72,2	-33,8
Анабар	100	16,3	11,6	-28,8
Оленёк	219	34,4	25,5	-25,9
Лена	2490	537,0	453,0	-15,6
Яна	238	30,8	27,7	-10,1
Индигирка	360	54,7	32,1	-41,3
Колыма	647	131,0	142,0	8,4
Анадырь	191	59,7	55,2	-7,5

* *Средние многолетние значения водных ресурсов рассчитаны за период 1936-1980 гг.*

Картина водности в бассейнах наиболее крупных рек Кольского полуострова характеризовавалась продолжившимся снижением стока Туломы (северный склон) практически до нормы и резким ростом стока Поноя и Варзуги, относящихся к восточному и южному склонам. Отклонение от нормы для этих рек составило, соответственно, 1,1%, 12,4%, и 16,7% против 2,4%, -6,8% и -2,9% в 2018 г. Если сток Туломы не опускался ниже нормы с 2015 г., хотя и снижался, начиная с 2017 г., то резкому росту стока Поноя и Варзуги предшествовало более резкое его падение в 2018 г. от значений, превысивших норму на 52,8% и 58,4%.

Ростом стока в 2019 г. после резкого его падения в 2018 г. характеризовались наиболее крупные водотоки Карелии, принадлежащие бассейну Белого моря – Ковда, Кемь и Беломорско-Балтийский канал. Сток Ковды вплотную приблизился к норме, оставаясь ниже её. Сток двух других водотоков по-прежнему превышал норму, но не достигал выдающихся показателей 2017 г. Отклонение от нормы для трёх основных водотоков Карелии составило, соответственно, -1,5%, 14,2% и 3,4% против -5,9%, 7,0% и 1,9% в 2018 г.

В бассейнах крупнейших рек европейской части Арктической зоны Российской Федерации– Северной Двины, Мезени и Печоры – про-

должилась фаза повышенной водности, начавшаяся для Северной Двины и Мезени в 2017 г., а для Печоры – в 2014 г. При этом сток Северной Двины продолжил быстрое снижение, начавшееся в 2018 г., а сток Мезени и Печоры, напротив, резко вырос по сравнению с 2018 г. Превышение нормы для этих трёх рек составило 5,0%, 43,8% и 45,0% против 16,8%, 11,8% и 20,2% в 2018 г.

В бассейне одной из крупнейших рек азиатской части Арктической зоны Российской Федерации – Оби – продолжилась фаза повышенной водности, начавшаяся в 2014 г., однако превышение нормы 8,1% мало отличалось от показателя 2018 г. - 6,7%.

В бассейнах двух других крупнейших сибирских рек – Енисея и Лены – имели место обычные для них противоположно направленные изменения водности. При росте стока Енисея от значения ниже нормы на 6,3% в 2018 г. до нормы (0,3%) в 2019 г. произошёл обвал стока Лены от значения 26,8% над нормой до значения ниже нормы на 15,6%. При этом для Енисея закончилась фаза низкой водности, продолжавшаяся с 2016 г., а для Лены, наоборот, она началась после длительной фазы высокой водности, начавшейся в 2012 г.

В бассейне Колымы продолжилась фаза высокой водности, начавшаяся в 2016 г., однако аномально высокая водность 2017-2018 гг. с превышением нормы на 57,5% и 73,3% сменилась умеренно высокой, превышающей норму на 8,4%.

В бассейнах всех остальных крупных рек азиатской части Арктической зоны Российской Федерации водность в 2019 г. была ниже нормы. При этом для Яны и Анадыря в 2019 г. фаза низкой водности началась, а для Хатанги, Анабара, Оленёка и Индигирки продолжилась, соответственно, с 2018, 2017, 2016 и 2007 гг. Наиболее резкое снижение стока по сравнению с 2018 г. имело место в бассейнах Хатанги (-33,8% против -11,9%), Оленёка (-25,9% против -6,4%) и Индигирки (-41,3% против-13,7%). В бассейне Анабара сохранился весьма низкий сток 2018 г. (-28,8% против -27,0%).

4.3.2. Комплексная оценка состояния и загрязнения окружающей среды в Арктической зоне Российской Федерации

Состояние озонового слоя над Арктическими районами РФ

В Арктической зоне РФ в 2019 г. по результатам многолетнего мониторинга состояния озонового слоя станции Арктического региона при проведении анализа разделены на 2 части: западная часть включает станции – Мурманск, Печора, Архангельск, Баренцбург, Остров Хейса; восточная часть – Тикси, Оленек, Остров Котельный, Мыс Баранова. Станции о-ва Хейса и мыса Баранова сложно однозначно отнести к одному из двух регионов из-за их пограничного географического и климатического расположения. В зависимости от особенностей циркуляции в рассматриваемый период состояние озонового слоя над этими станциями приобретает черты то одного региона, то другого.

Среднемесячные и среднегодовые значения общего содержания озона (ОСО) за 2019 г. для каждой станции Арктического региона приведены в табл. 4.13.

Полученные за 45 лет ряды наблюдений позволили рассчитать для каждой станции Арктического региона, а также для восточной и западной его частей климатические нормы, за которые приняты средние многолетние значения ОСО за период 1973–2002 гг. (табл. 4.14).

Результаты, приведенные в таблицах 4.13 и 4.14, демонстрируют наличие всех особенностей поля ОСО, которые были отмечены при анализе вариаций поля озона для соответствующих регионов РФ (рис. 4.34).

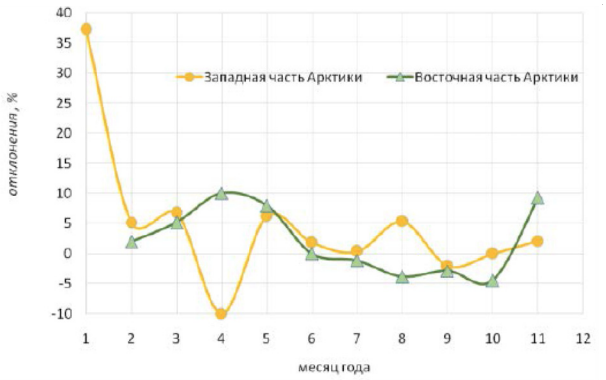


Рис. 4.34. Отклонения среднемесячных значений ОСО от нормы в восточной и западной частях Арктического региона в 2019 г.

В 2019 г. в западной части Арктического региона были отмечены аномально повышенные значения ОСО в январе (+37%) и аномально пониженные (-10%) значения в апреле. В восточной части региона максимальные положительные отклонения наблюдались в апреле и мае и составляли 10,1% и 8% соответственно. Во всем Арктическом регионе в первой половине года (за исключением апреля в западной части) сохранялись значения выше нормы. До ноября отклонения от нормы в обеих частях Арктического региона колебались в противофазе и составляли ±6%. В ноябре в восточной части наблюдалось значительное отклонение от нормы в сторону увеличения (+9,5%).

Таким образом, пространственно-временные особенности поля ОСО над Арктикой практически соответствуют особенностям поля ОСО над соответствующими регионами РФ, но выражены в более острой форме.

Электрические характеристики приземного слоя атмосферы в Арктической зоне

Измерения электрических характеристик приземного слоя атмосферы в Арктической зоне РФ (градиента потенциала электрического поля атмосферы V' и удельных полярных (положительной и отрицательной) электрических проводимостей воздуха L+ и L-) проводятся на станциях Тикси (2013 г.) и Диксон (2016 г.). По сумме L+ и L- определяется суммарное значение электрической проводимости воздуха L_S.

Поскольку электрические характеристики подвержены сезонным колебаниям, в табл. 4.15 и 4.16 представлены обобщенные по сезонам результаты измерений V'_C за 2014–2019 гг. В скобках указаны минимальные и максимальные среднемесячные значения измеряемых величин за сезон и год.

Таблица 4.13. Общее содержание озона на станциях Арктического региона в 2019 г.

Месяцы /Регионы	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**Год**
*Общее содержание озона в 2019 г., е.Д.**													
Баренцбург			443	344	448	358	316	331	274	285			350
Мурманск		395	425	369	410	358	338	334	291	287	283		349
Печора	474	414	414	423	390	372	318	326	311	278	279		363
Архангельск	401	395	400	319	377	336	340	319	289	296			347
О-в Хейса			409	452	413	362	306	304	276				360
Тикси		438	460	485	438	354	327	310	295	285			377
Оленек		398	418	457	420	345	314	299	315	294	335		360
мыс Баранова				456	410	357	321	285	284	278			342
О-в Котельный		402	441	457	434	361	321	298	292	293			367

*Примечание: * 1 е.Д. = 0.001 атм.-см;*

Таблица 4.14. Общее содержание озона в западной и восточной частях Арктического региона в 2019 г., норма** и отклонения от нормы (%)

МесяцыРегионы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
*Общее содержание озона в 2019 г., е.Д.**													
Вост. Арктика		412	440	464	426	354	321	298	296	288	335		363
Зап. Арктика	437	401	421	364	406	356	328	328	291	286	281		354
Отклонения ОСО в 2019 г. от нормы, %													
Вост. Арктика		2.0	5.2	10.1	8.0	0.0	-1.2	-3.8	-2.8	-4.4	9.3		1.5
Зап. Арктика	37.2	5.2	6.8	-10.0	6.2	1.9	0.4	5.3	-2.0	0.0	2.1		3.3
Норма, е.Д. и стандартные отклонения, %													
Вост. Арктика	393 *50.5*	427 *42.9*	432 *40.2*	429 *34.2*	399 *25.9*	353 *28.1*	320 *19.6*	307 *18.9*	308 *20.4*	311 *26.1*	322 *34.8*	335 *63.4*	362 *26.9*
Зап. Арктика	319 *35*	381 *36*	394 *34*	404 *29*	382 *14*	350 *15*	326 *11.4*	311 *12.2*	297 *11.9*	286 *16.6*	275 *11.1*		343 *17.6*

*Примечание: * 1 е.Д. = 0.001 атм.-см;*

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

Таблица 4.15. Сезонные (V'_C), среднегодовые ($V'_Г$) и среднемесячные минимальные и максимальные (в скобках) значения V' (даВ/м) за 2014–2019 гг. на станции Тикси (Т) и за 2017-2019 гг. на станции Диксон (Д)

Станции	Год	Зима	Весна	Лето	Осень	Среднее за год
		V'_C, (V')				$V'_Г$, (V')
Т	2019	-	35 (35, 35) Н	34 (29, 39) Н	28 (21, 31)	32 (21, 39) С
	2018	33 (31, 38)	-	-	-	-
	2017	32 (31, 34)	33 (31, 37)	28 (27, 29)	33 (28, 35)	31 (27, 37)
	2016	29 (22, 36)	33 (30, 37)	30 (28, 33)	31 (26, 37)	31 (22, 37)
	2015	36 (33, 38)	38 (35, 42)	30 (28, 34)	31 (30, 33)	34 (28, 42)
	2014	32 (30, 34)	36 (34, 38)	31 (27, 34)	33 (30, 34)	33 (27, 38)
Д	2019	51 (36, 64)	49 (42, 58)	45 (32, 56)	36 (24, 48) Н	45 (24, 64)
	2018	33 (29, 37) Н	34 (34, 34) Н	41 (23, 71)	60 (44, 74)	42 (23, 74)
	2017	58 (49, 67) Н	54 (44, 69)	41 (39, 44)	39 (30, 44)	48 (30, 69)

Таблица 4.16. Сезонные (L_C) и среднегодовые ($L_Г$) значения удельной суммарной электрической проводимости воздуха (фСм/м), минимальные и максимальные среднемесячные значения суммарной электрической проводимости L_S (в скобках) за 2014–2019 гг. на станции Тикси (Т) и за 2017-2019 гг. на станции Диксон (Д)

Станции	Год	Зима	Весна	Лето	Осень	Среднее за год
		L_C, (L_S)				$L_Г$, (L_S)
Т	2019	13 (11, 17)	12 (11, 14)	16 (14, 18)	22 (20, 23)	16 (11, 23)
	2018	-	12 (10, 13)	16 (12, 18)	19 (18, 19) Н	16 (10, 19) С
	2017	17 (10, 20)	13 (9, 18)	18(16, 22)	-	16 (9, 22) С
	2016	18 (16, 20) Н	15 (13, 16)	18 (16, 20)	20 (18, 21)	18 (13, 21)
	2015	20 (20, 21)	15 (11, 20)	17 (15, 19)	20 (19, 20)	18 (11, 21)
	2014	15 (10, 20)	14 (13, 14)	19 (17, 22)	24 (23, 26)	18 (10, 26)
Д	2019	14 (13, 15) Н	18 (18, 18) Н	18(16, 19)	21 (18, 23)	18 (13, 23)
	2018	14 (10, 20)	12 (12, 13) Н	22 (15, 26)	26 (21, 30) Н	18 (10, 30)
	2017	12 (8, 15)	14 (11, 15)	19 (17, 24)	23 (19, 28)	17 (8, 28)

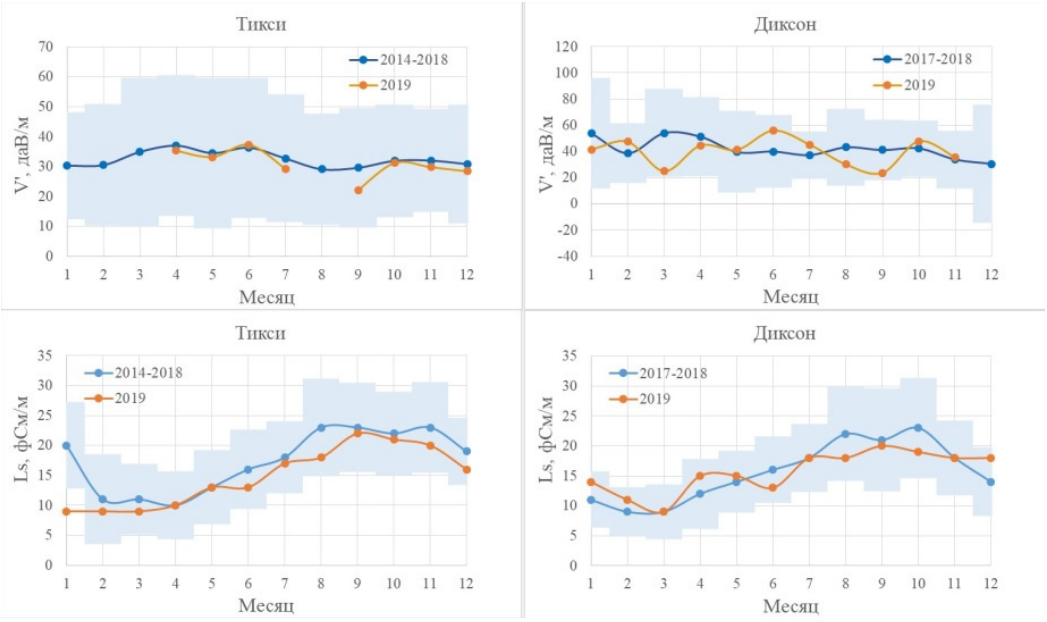


Рис. 4.35. Годовой ход V' и L_S на станциях Тикси и Диксон за 2019 г. на фоне осредненного годового хода V' и Ls за период 2014–2018 гг.

Данные наблюдений свидетельствуют, что среднегодовые значения V′ и L_S значительных изменений не претерпевали. Однако, сезонные значения V′c в Тикси в 2019 г. летом увеличились, а осенью уменьшились по сравнению с предыдущими годами.

На рис. 4.35 показан годовой ход V' и L_S на станциях Тикси и Диксон за 2019 г. на фоне осредненного годового хода V' и Ls за период 2014–2018 гг. Цветным фоном обозначены границы стандартного отклонения ±σ от среднего значения за период измерений.

Как следует из рис. 4.35, значительных изменений V′ и L_S на станциях в Арктической зоне не произошло.

Содержание CO_2 и CH_4 в Арктической зоне РФ

В Арктической зоне РФ наблюдения за содержанием парниковых газов проводятся на трех станциях - Териберка, Новый порт и Тикси. Их характеристики и тенденции изменения концентрации парниковых газов (ПГ), получаемые на этих станциях, рассмотрены в разделе 2.2.2. На рис. 4.36 и 4.37 представлен временной ряд наблюдений CO_2 и CH_4 для этих станций в сравнении с данными станции Барроу (71,3º с.ш., 156,6º з.д.) Национальной Администрации по Океану и Атмосфере США (NOAA, США).

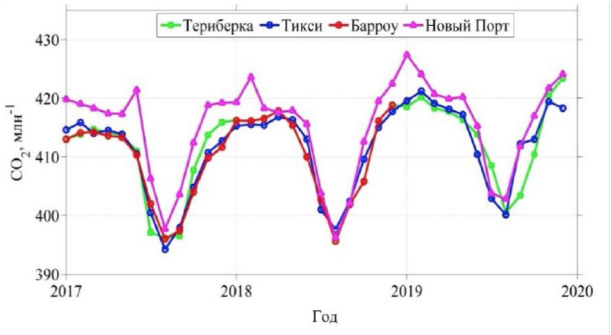


Рис. 4.36. Концентрация CO_2 для арктических станций РФ в сравнении со станцией Барроу

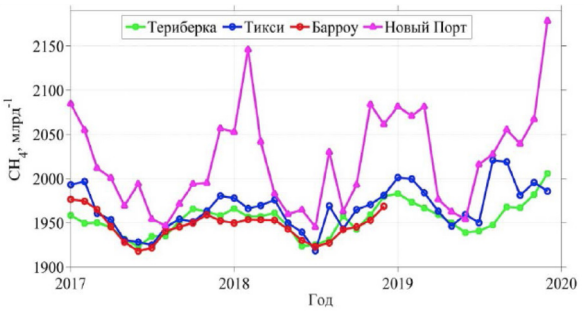


Рис. 4.37. Концентрация CH_4 для арктических станций РФ в сравнении со станцией Барроу

Из представленных материалов видно, что концентрация диоксида углерода на станциях Териберка, Тикси и Барроу практически совпадает. На станции Новый Порт вследствие ее географического положения рядом с мощными природными и антропогенными источниками ПГ, наблюдаются более высокие по сравнению с другими арктическими станциями концентрации CO_2, преимущественно в зимний период. В процентном выражении рост концентрации диоксида углерода на трех российских станциях за 2017-2019 гг., рассчитанный на основе данных таблицы 4.17, составил 1,3% (Териберка), 1,4% (Тикси) и 0,7% (Новый Порт).

Наибольшая величина амплитуды вариаций атмосферной концентрации метана наблюдается на станции Новый Порт (рис. 4.37). Если на станциях Териберка и Барроу амплитуда сезонного хода достигает около 70 млрд$^{-1}$, то в Новом Порту она может превышать 200 млрд$^{-1}$. В 2018-2019 гг. на станции Тикси наблюдались повышенные концентрации метана в августе, что, возможно, является следствием влияния природных региональных источников. За 2017-2019 гг. в процентном выражении прирост концентрации метана в Териберке, Тикси и Новом Порту составил 1%, 1,4% и 2% соответственно.

Сравнение тренда CO_2 (рис. 4.38), построенного по данным 31-ого летнего ряда наблюдений в Териберке, с вероятными концентрациями CO_2, которые соответствуют рекомендованным международной группой экспертов по изменению климата различным сценариям эмиссии CO_2 (RCP4.5, RCP6 и RCP8.5) показало, что по состоянию на 2019 г. фактическая концентрация углекислого газа в атмосфере отличается от концентрации RCP8.5 на -1,2 млн$^{-1}$, от RCP6 на 4,8 млн$^{-1}$, а от RCP4.5 на 3,1 млн$^{-1}$. Экстраполяция тренда CO_2 до 2029 г. указывает на то, что при существующих темпах роста концентрация CO_2 в атмосфере приблизится к RCP4.5 до 2,6 млн$^{-1}$ и разойдется еще больше с RCP8.5, до -10,2 млн$^{-1}$, а разница с RCP6 увеличится до 8,2 млн$^{-1}$.

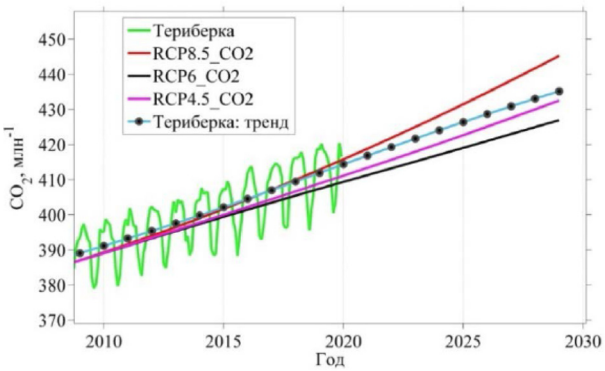


Рис. 4.38. Фактическая концентрация диоксида углерода в Териберке и вероятные концентрации CO_2, соответствующие различным сценариям эмиссии CO_2 (RCP4.5, RCP6 и RCP8.5)

Ионный состав и кислотность атмосферных осадков Арктической зоны Российской Федерации

По территориально-географическому признаку и климатическим особенностям Арктический регион был разделен на три сектора:

атлантический – от западной границы до предгорий полярного Урала – станции Яниской, Никель, Зареченск, Падун, Мурманск, Краснощелье, Онега, Северодвинск, Мудьюга, Архангельск, Нарьян-Мар;

сибирский – восточнее полярного Урала до бассейна реки Лены – станции Уренгой, Диксон, Туруханск, Норильск;

тихоокеанский – станции Тикси, Кюсюр и Депутатский.

Во всех отобранных пробах анализировалось содержание основных ионов – гидрокарбонатов (HCO_3^-), хлоридов (Cl^-), сульфатов (SO_4^{2-}), нитратов (NO_3^-), ионов аммония (NH_4^+), калия (K^+), натрия (Na^+), магния (Mg^{2+}), кальция (Ca^{2+}), а также определялись показатели удельной электропроводности (проводимости) k и величины pH. Сумма основных ионов характеризует минерализацию осадков М.

Химический состав и кислотность атмосферных осадков. Результаты наблюдений за химическим составом атмосферных осадков (ХСО) в Арктическом регионе в 2019 г. представлены в таблице 4.18. К наиболее загрязненным станциям отнесены станции со среднегодовой удельной электрической проводимостью осадков (k) близкой или выше 50 мкСм/см. По сравнению с 2018 г. число таких станций увеличилось за счет добавления Мурманска.

Следует отметить, что Арктический регион неравномерно испытывает антропогенную нагрузку, а химический состав осадков зависит от влияния локальных, как природных, так и антропогенных источников загрязнения. Для осадков Атлантического сектора характерны более низкие значения основных ионов по сравнению с осадками Сибирского и Тихоокеанского сектора (табл. 4.18, рис. 4.39). Минимальные средневзвешенные суммы ионов наблюдались в осадках станций Кольского п-ова, не подверженных локальному антропогенному загрязнению, и не превышали 6 мг/л. Максимальные средневзвешенные значения минерализации были характерны для осадков Мурманска, Никеля и Мудьюга и составили соответственно 22,5 мг/л, 13,7 мг/л и 12,5 мг/л. Высокие значения минерализации осадков Мурманска связаны преимущественно с высоким содержанием сульфатов, хлоридов и кальция; Никеля – сульфатов; ст. Мудьюги – хлоридов и натрия.

Таблица 4.17. Средние концентрации CO_2 и CH_4 на российских станциях и станции Барроу за период 2017-2019 гг.

Годы	CO_2, млн$^{-1}$				CH_4, млрд$^{-1}$			
	Териберка	Тикси	Новый Порт	Барроу	Териберка	Тикси	Новый Порт	Барроу
2017	409,0	408,7	414,3	408,3	1947,1	1956,7	2002,7	1947,9
2018	411,1	411,3	414,1	410,2	1950,4	1960,4	2018,7	1945,1
2019	414,3	414,3	417,4		1965,1	1983,7	2042,5	

Таблица 4.18. Средневзвешенные концентрации основных ионов, минерализация (М), pH и удельная электрическая проводимость (k) атмосферных осадков станций Арктической зоны РФ, 2019 г.

Сектор АЗРФ	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	$NH4^+$	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	М	pH	k, мкСм/см
	мг/л											
Атлантический	2,34	2,01	0,66	1,02	0,17	1,06	0,45	0,93	0,16	8,8	5,5	20
Сибирский	15,4	3,45	1,14	9,38	0,54	2,17	1,42	2,87	3,37	39,8	6,4	75
Тихоокеанский	4,25	4,20	0,51	12,1	0,94	2,31	1,40	0,71	2,11	28,9	6,4	52
Наиболее загрязненные станции АЗРФ												
Мурманск	6,05	7,25	0,18	1,48	0,53	1,68	0,84	4,13	0,35	22,5	5,7	59
Диксон	2,73	9,29	1,66	5,14	0,51	5,93	0,51	1,04	0,80	27,6	6,1	61
Норильск	56,5	3,00	1,30	23,9	1,06	1,71	4,44	9,36	11,4	112,7	6,9	209
Кюсюр	9,34	3,67	0,51	30,9	2,37	2,50	2,94	0,78	5,47	58,5	7,1	105

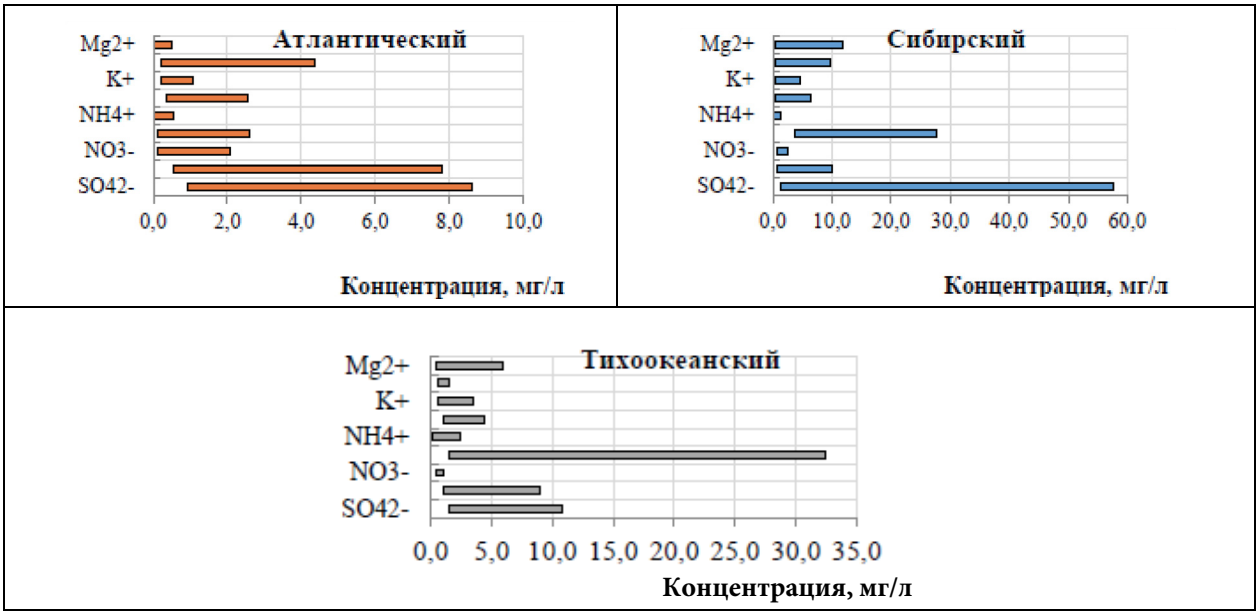


Рис. 4.39. Диапазон изменения средневзвешенных концентраций основных ионов атмосферных осадков Арктической зоны РФ, 2019 г.

Для осадков Сибирского сектора Арктики диапазон изменения средневзвешенной минерализации составил 8,2-112,7 мг/л. Максимальные средневзвешенные значения минерализации в этом регионе были характерны для осадков Норильска из-за высокого содержания сульфатов и Диксона – вследствие высоких концентраций хлоридов и натрия преимущественно морского происхождения.

Диапазон изменения средневзвешенной минерализации осадков на территории Тихоокеанского сектора составил 9,8-58,5 мг/л. Для сильноминерализованных осадков ст. Кюсюр характерно максимальное содержание гидрокарбонатов (30,9 мг/л).

Доля сильно минерализованных осадков (с М ≥ 50 мг/л) была наибольшей в Сибирском и Тихоокеанском секторах Арктики и в 2019 г. составила в среднем 25%. В Атлантическом секторе частота выпадения осадков с М≥50 мг/л не превышала 5%.

В целом, содержание ионов, выраженное величиной минерализации, снизилось по сравнению с 2018 г. в осадках Арктического и Сибирского секторов на 23% и 29% соответственно и увеличилось в Тихоокеанском секторе на 9% (рис. 4.40 а).

Снижение минерализации осадков в Атлантическом секторе произошло в основном вследствие уменьшения содержания гидрокарбонатов, в Сибирском – уменьшения содержания сульфатов и хлоридов (рис. 4.41). В целом за период 2015-2019 гг. концентрации сульфатов, хлоридов и гидрокарбонатов, которые в сумме дают 50-70 % минерализации осадков, были подвержены наибольшим изменениям по всему Арктическому региону.

Средневзвешенные концентрации азотосодержащих соединений в осадках Арктики за период 2015-2019 гг. варьировали от 0,5 до 1,0 мг/л для NO_3^- и от 0,2 до 0,8 мг/л для NH_4^+. Для осадков Арктического региона характерно снижение азотосодержащих соединений по сравнению с 2018 г. в среднем в 1,5-2 раза. Доля азотных соединений в осадках Арктического региона в 2019 г., как правило, не превышала 10 % с преобладанием нитратов над содержанием аммония приблизительно в 2-3 раза. Среди катионов в ХСО Арктического региона превалируют кальций и натрий, за исключением осадков Норильска, где доминирующим катионом является магний.

Изменение содержания сульфатов и гидрокарбонатов повлекло за собой изменение pH осадков (рис.4.40б). В Тихоокеанском секторе кислотность осадков по сравнению с 2018 г. уменьшилась на 0,3 ед. pH. Для осадков Арктического и Сибирсого секторов характерно незначительное увеличение кислотности на 0,1 ед pH. На территории Арктики величина pH месячных проб осадков в 2019 г. изменялась от 4,8 (Мурманск, Падун, Архангельск) до 7,9 (Норильск).

Влажные выпадения серы, суммарного азота и суммы ионов в Арктической зоне.

Средние за 2019 г. значения выпадений с осадками серы (S), суммарного азота (∑N) и суммы ионов (P) по регионам Арктики приведены в таблице 4.19, а за период 2015-2019 гг. - на рис. 4.42.

Анализ пространственных закономерностей распределения влажных выпадений серы показал, что уровень годовых выпадений связан с условиями расположения станции и активности вблизи неё хозяйственной деятельности. В районе Мурманска суммарное выпадение всех ионов (Р) с осадками в 2019 г. составило 15,8 т/км^2/год, в районе Никеля - 7,7 т/км^2/год. В Сибирском секторе максимальные выпадения были на территории Диксона - 9,8 т/км^2/год и в Норильске - 54,3 т/км^2/год. Общее годовое поступление веществ с атмосферными осадками в 2019 г. было наименьшим в Тихоокеанском секторе Арктики, за исключением ст. Кюсюр – 14,8 т/км^2/год.

Для арктических станций особенности формирования интенсивности выпадений кислотообразующих соединений на подстилающую поверхность выражаются при значимом влиянии концентраций этих веществ. Более высокие концентрации кислотообразующих веществ в осадках обуславливают более высокие их выпадения. В региональном масштабе при сравнимых значениях концентраций кислотообразующих соединений величины их влажных выпадений определяются особенностями влияния количества осадков.

Максимум выпадения серы с осадками был отмечен в наиболее загрязненном пункте Аркти-

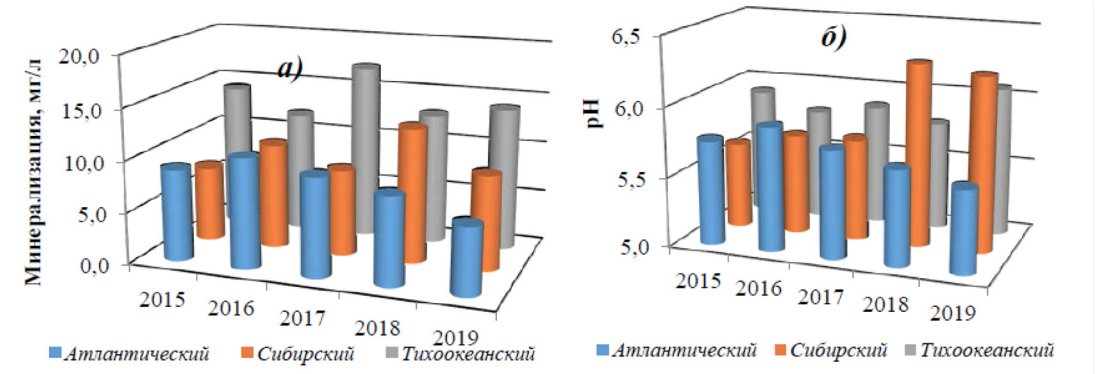


Рис. 4.40. Изменение средневзвешенной минерализации (а) и pH (б) осадков Арктического региона, 2015-2019 гг.
Примечание: данные по Атлантическому региону рассчитаны без ст. Мурманск и Никель, по Сибирскому без ст. Норильск и Диксон, а по Тихоокеанскому без ст. Кюсюр

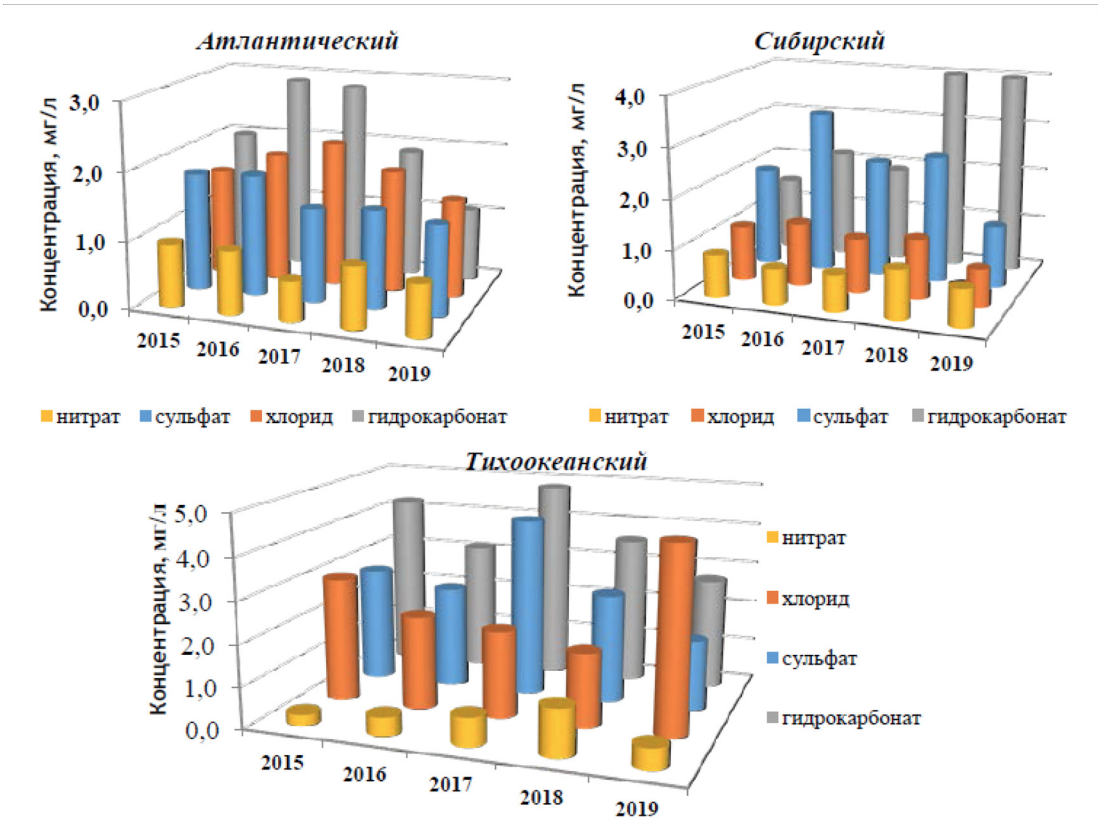


Рис. 4.41. Изменение по секторам концентраций основных ионов в осадках Арктического региона, 2015-2019 гг.
Примечание: данные по Атлантическому региону рассчитаны без ст. Мурманск и Никель, по Сибирскому без ст. Норильск и Диксон, а по Тихоокеанскому без ст. Кюсюр

ки – Норильске (9,1 т/км^2/год). Для 2019 г. характерно повсеместное преобладание выпадений с осадками серы (S) над суммарным азотом (∑N).

Для Сибирского и Тихоокеанского секторов наметилась тенденция уменьшения влажных выпадений серы, что является следствием уменьшения содержания сульфатов в осадках. По сравнению с 2018 г. влажные выпадения серы снизились в 2 раза в Сибирском и в 1,5 раза в Тихоокеанском секторах (рис. 4.42 а). Для Атлантического сектора выпадения серы, как правило, не превышали 0,4 т/км^2/год.

Для всего Арктического региона отмечено снижение выпадения суммарного азота с осадками по сравнению с 2018 г. (рис. 4.42 б), что связано со снижением концентрации нитратов и аммония. Максимальный уровень поступления суммарного азота с осадками за период 2015-2019 гг. характерен для Сибирского сектора (0,33 т/км^2/год), минимальный - для Тихоокеанского (0,05 т/км^2/год).

Годовое поступление веществ с атмосферными осадками в 2019 г. снизилось на всей территории Арктики (рис. 4.42 в). Следует отметить тренд снижения суммарных выпадений с осадками, наметившийся в последние 2-3 года. По сравнению с 2017 г. в Арктическом и Тихоокеанском регионах годовое поступление веществ сократилось в среднем на 30-35 %, а в Сибирском секторе - на 15 % по сравнению с 2018 г.

Загрязнение и закисление снежного покрова в Арктической зоне Российской Федерации

Мониторинг химического состава снежного покрова (ХССП) в Арктической зоне (АЗ) РФ ~~з~~ осуществлялся по данным 62 пунктов наблюдений (ПН), которые распределяются по 8 субъектам РФ в Европейской (ЕТР) и Азиатской (АТР) территориях России.

В снежном покрове определялись кислотность (водородный показатель pH) и концентрации основных ионов, из которых в Обзоре представлены сульфат-ион (SO_4^{2-}), нитрат-ион (NO_3^-) и ион аммония (NH_4^+).

На рисунках 2.24 – 2.26 раздела 2.3.6.1 показаны карты-схемы показателя pH и интенсивности выпадения серы и азота на снежный покров в регионах РФ, построенные по данным наблюдений на сети ХССП в 2019 г.

В зимний период 2018-2019 гг. на 80% всей территории АЗ РФ наблюдалась близкая к фоновым значениям интенсивность выпадения серы на снежный покров – до 20 кг/км^2·мес. Загрязнение сульфатами в диапазоне от 20 до 40 кг/км^2·мес. характерно для северной части Красноярского края (30 кг/км^2·мес.) и для Республики Карелия (33 кг/км^2·мес.). Интенсивность выпадения серы на снежный покров >40 кг/км^2·мес. наблюдалось только на территории обладающей развитой промышленностью Мурманской области (44 кг/км^2·мес.).

Показатели интенсивности выпадения азота были рассчитаны для суммы ионов нитрата и аммония. Этот показатель в снежном покрове РФ составляет менее 24 кг/км^2·мес. практически для всей территории Азиатской части РФ, исключая северную часть Красноярского края (88 кг/км^2·мес.). Территории Республики Карелия (33 кг/км^2·мес.) и Архангельской области (49 кг/км^2·мес.) с интенсивностью выпадения азота выше 24 кг/км^2·мес. занимают большую часть АЗ ЕТР.

Практически на всей территории АЗ РФ среднемесячный показатель pH по регионам в зимний период 2018–2019 гг. находился в пределах 5,5-6,5 единиц. Исключение составляет территория Чукотского автономного округа с максимальным показателем pH в АЗ РФ – 6,9, где подщелачивание обеспечивается за счёт близости незамерзающего моря и высокой концентрации гидрокарбонатов в снежном покрове.

Оценка загрязнения атмосферного воздуха в городах и населенных пунктах Арктической зоны Российской Федерации

Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха на АЗРФ осуществляется в 18 городах и поселках (таблица 4.20) на 27 станциях государственной наблюдательной сети и на 7 станциях территориальной системы наблюдений Мурманской области. В гг. Певеке и Анадыре на 2 станциях проводятся наблюдения по сокращенной программе. В пос. Тикси проводятся наблюдения за содержанием в воздухе загрязняющих веществ на фоновом уровне. В целом проводятся наблюдения за концентрациями в атмосферном воздухе 23 загрязняющих веществ, включая газовые и аэрозольные примеси, в том числе тяжелые металлы.

В населенных пунктах АЗРФ наблюдается тенденция к уменьшению уровня загрязнения атмосферного воздуха за последние пять лет. Вместе с тем, отмечается увеличение концентраций бенз(а)пирена в Архангельске, Новодвинске и п. Никель, диоксида серы — в Мончегорске

По результатам анализа показателей загрязнения воздуха в городах АЗРФ в 2019 г. качество воздуха 9 населенных пунктов характеризуется низким уровнем, Архангельск, Никель и Новодвинск — повышенным, Норильск — очень высоким (таблица 4.20). Норильск ежегодно включается в Приоритетный список городов России с наибольшим уровнем загрязнения с учетом значительных объемов выб-

Таблица 4.19. Среднее значение (числитель) и диапазоны (знаменатель) выпадений серы, азота и суммы ионов с атмосферными осадками в Арктической зоне РФ в 2019 г.

Сектор АЗРФ	q, мм	S	N(O)	N(H)	∑ N	P	$\frac{N(H)}{N(O)}$	S/∑ N
		т/км^2/год						
Атлантический	671 440 – 827	0,50 0,20 – 1,44	0,10 0,01 – 0,37	0,08 0,02 – 0,29	0,18 0,05 – 0,43	5,7 2,4 – 15,8	2,1 0,1 – 10,1	3,7 1,1 – 16,2
Сибирский	550 354 – 883	2,48 0,21 – 9,46	0,13 0,10 – 0,14	0,21 0,13 – 0,40	0,34 0,26 – 0,54	19,1 5,1 – 54,3	1,6 1,0 – 2,8	5,0 0,8 – 16,8
Тихоокеанский	216 174 – 254	0,34 0,11 – 0,79	0,03 0,02 – 0,03	0,18 0,02 – 0,46	0,20 0,04 – 0,49	6,6 2,2 – 14,8	6,2 0,7 – 15,7	1,9 1,6 – 2,5

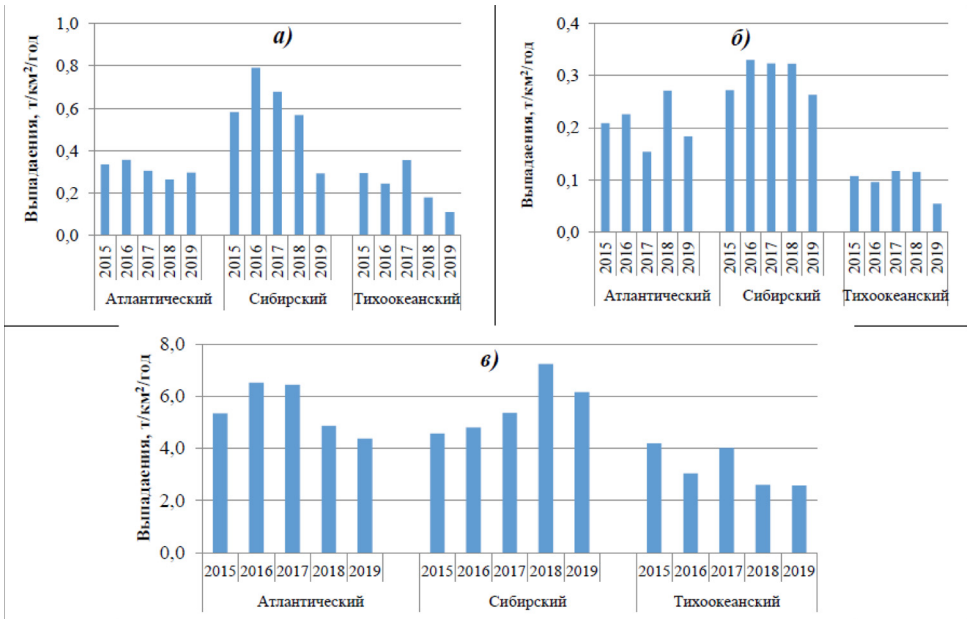


Рис. 4.42. Межгодовой ход влажных выпадений серы (а), суммарного азота (б) и суммы ионов (в) на территории Арктики

Примечание: данные по Атлантическому региону рассчитаны без ст. Мурманск и Никель, по Сибирскому без ст. Норильск и Диксон, а по Тихоокеанскому без ст. Кюсюр

Таблица 4.20. Уровни загрязнения воздуха в населенных пунктах АЗРФ в 2015–2019 гг.

Населенные пункты	Уровни загрязнения воздуха				
	2015	2016	2017	2018	2019
г. Анадырь, Чукотский АО	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
г. Апатиты, Мурманская обл.	Н	Н	Н	Н	Н
г. Архангельск, Архангельская обл.	П	П	Н	П	П
г. Воркута, Республика Коми	Н	Н	Н	Н	Н
г. Заполярный, Мурманская обл.	Н	Н	Н	Н	Н
г. Кандалакша, Мурманская обл.	Н	Н	Н	Н	Н
г. Кировск, Мурманская обл.	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
г. Кола, Мурманская обл.	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
г. Мончегорск, Мурманская обл.	Н	Н	Н	Н	Н
г. Мурманск, Мурманская обл.	Н	Н	Н	Н	Н
пгт. Никель, Мурманская обл.	П	П	П	Н	П
г. Новодвинск, Архангельская обл.	Н	Н	Н	Н	П
г. Норильск МО, Красноярский край	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ
г. Оленегорск, Мурманская обл.	Н	Н	Н	Н	Н
г. Певек, Чукотский АО	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
г. Салехард, Ямало-Ненецкий АО	Н	Н	Н	Н	Н
г. Северодвинск, Архангельская обл.	Н	Н	Н	Н	Н
пос. Тикси, республика Саха (Якутия)	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о

Уровни загрязнения воздуха: Н — низкий, П — повышенный, В — высокий,ОВ — очень высокий, н/о — не определен.

росов диоксида серы. Уровень загрязнения в 5 населенных пунктах не определен из-за недостаточного объема данных наблюдений или количества измеряемых веществ.

Сравнительный анализ среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в городах России в целом и на территории АЗРФ за 2019 г. представлен на рис. 4.43.

Во всех рассматриваемых городах среднегодовые концентрации *взвешенных веществ* ниже ПДКс.с. (рис. 4.43 а). В Воркуте средняя за год концентрация составляет 1 ПДКс.с. и превышает среднее значение по РФ. В остальных городах средние концентрации ниже ПДК и средней по городам России. Максимальная разовая концентрация взвешенных веществ составляла 3,2 ПДКм.р. в Норильске, 2,2 ПДКм.р. — в Апатитах, 2 ПДКм.р. — в Воркуте. Также концентрации взвешенных веществ превышали 1 ПДКм.р. в Архангельске, Кировске, Новодвинске и Северодвинске.

В 7 городах на АЗРФ среднегодовые концентрации *диоксида серы* превышали среднее значение по стране, наибольшая концентрация, 2,5 ПДКс.с., была зафиксирована в Норильске, в остальных городах — ниже ПДКс.с. (рис. 4.43 б). Максимальные разовые концентрации диоксида серы превышали ПДКм.р. в 4 городах, в п. Никель по данным непрерывных наблюдений отмечалось 3 случая высокого загрязнения воздуха (>10 ПДКм.р.), в Норильске максимальная концентрация достигала 9,6 ПДКм.р., в Мончегорске и Заполярном — 4,5 ПДКм.р. В Заполярном и Никеле повышенные концентрации диоксида серы в атмосферном воздухе связаны с выбросами от предприятий АО «Кольская ГМК», в Норильске — ЗФ ПАО «ГМК «Норильский Никель».

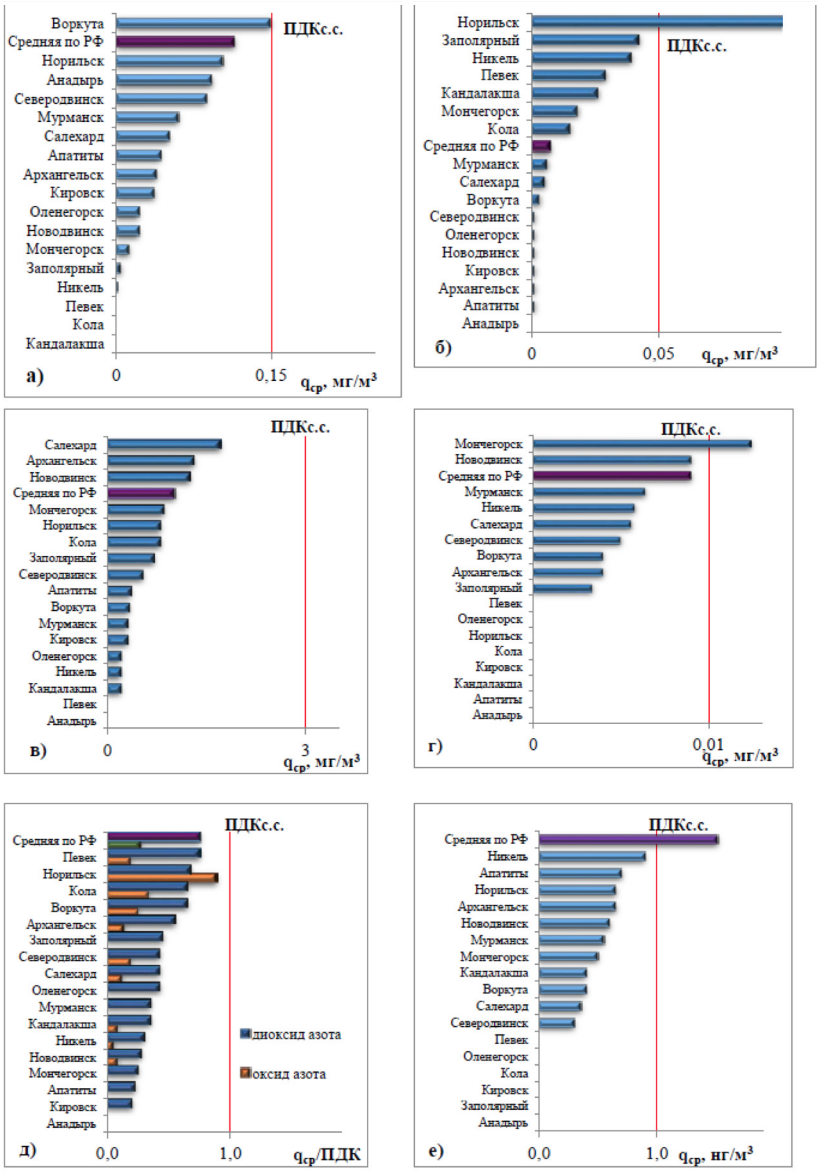


Рис. 4.43. Средние за год концентрации: взвешенных веществ (а), диоксида серы (б), оксида углерода (в), формальдегида (г), $q_{ср}$, мг/м^3, диоксида и оксида азота (д), $q_{ср}$, ПДК, бенз(а)пирена (е), $q_{ср}$, нг/м^3, в городах АЗРФ и в целом по России в 2019 г.

Во всех городах среднегодовые концентрации *оксида углерода* были ниже ПДКс.с. (рис. 4.43 в). Вместе с тем в гг. Архангельск, Новодвинск и Салехард концентрации оксида углерода превышали среднюю по городам России, что обусловлено влиянием выбросов промышленных предприятий и автотранспорта. Максимальные разовые концентрации оксида углерода превышали ПДКм.р. в 3 городах с максимумами в Воркуте — 2,2 и Салехарде — 1,4 ПДКм.р.

В г. Мончегорске среднегодовая концентрация формальдегида была выше средней по России и составила 1,3 ПДКс.с., в г. Новодвинске соответствовала среднему значению по стране (рис. 4.43 г). В Архангельске и Мончегорске максимальные разовые концентрации формальдегида превышали ПДКм.р. и составляли 1,4 и 1,1 ПДКм.р. соответственно. Учитывая прежнюю ПДКс.с. (0,003 мг/м^3) формальдегида, во всех городах, где проводятся измерения, среднегодовая концентрация превышала санитарно-гигиенический норматив.

Во всех рассматриваемых городах среднегодовые концентрации *диоксида азота* не превышали ПДКс.с. и среднее значение по городам России (рис. 4.43 д). В Норильске и Коле среднегодовые концентрации *оксида азота* превышали среднее значение по стране. В остальных городах средние концентрации оксида азота ниже среднего значения по городам РФ. В Архангельске и Норильске максимальные разовые концентрации *диоксида азота* превышаали ПДКм.р. и составляли 1,4 и 2,7 ПДКм.р. соответственно. В Норильске максимальная разовая концентрация *оксида азота* достигала 1,8 ПДКм.р.

Во всех городах, где проводятся наблюдения, средние за год концентрации *бенз(а)пирена* ниже среднего значения по городам России и не превышали ПДКс.с. (рис. 4.43 е). Во всех городах, кроме Воркуты и Салехарда, наибольшие среднемесячные концентрации превышали норматив с максимумом в Архангельске — 4,9 ПДК, Никеле — 4,4 ПДК и Мончегорске — 3,0 ПДК. В Новодвинске наибольшая среднесуточная концентрация бенз(а)пирена достигала 52,8 ПДК, в Архангельске — 29,8 ПДК, в Северодвинске — 5,9 ПДК.

На рис. 4.44 отображен годовой ход концентраций бенз(а)пирена в городах Мурманской области и других городах АЗРФ. Среднемесячные концентрации бенз(а)пирена, превышающие ПДК, были отмечены: в городах Мурманской области - в январе, феврале, ноябре и декабре, в Архангельске - в январе и декабре, в Новодвинске — в сентябре и январе, в Норильске — в мае и ноябре, в Северодвинске — в январе.

.

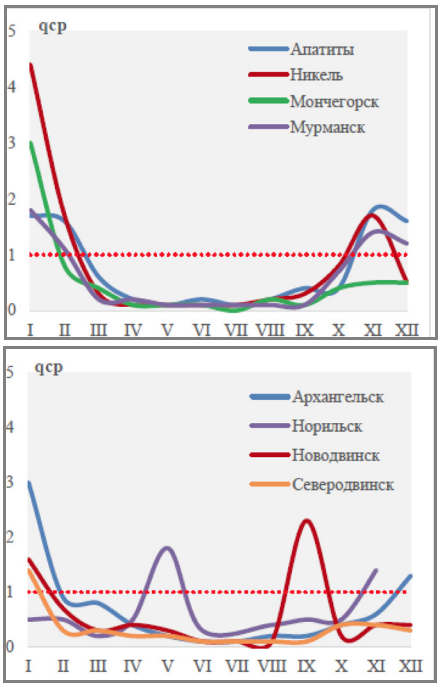


Рис. 4.44. Годовой ход бенз(а)пирена в городах АЗРФ в 2019 г., qcp, нг/м^3

Измерения концентраций *сероводорода* проводятся только в гг. Архангельск, Воркута, Новодвинск и Норильск. В 3 городах отмечались максимальные разовые концентрации сероводорода, превышающие ПДК: в гг. Норильск (9,4 ПДК)[1)], Новодвинск (3,2 ПДК) и Архангельск (3 ПДК).

В связи с выбросами Архангельского целлюлозно-бумажного комбината, расположенного в г. Новодвинск, в гг. Архангельск и Новодвинск проводятся наблюдения за концентрациями метилмеркаптана. В 2019 г. превышений санитарно-гигиенических нормативов данной примеси не было зарегистрировано.

В гг. Архангельск и Мурманск проводятся наблюдения за концентрациями бензола, ксилола, толуола и этилбензола. В 2019 г. превышений ПДК указанных ароматических углеводородов не было зарегистрировано.

В г. Кандалакша концентрации фтористого водорода, поступающие с выбросами Кандалакшского алюминиевого завода, не превышали ПДК.

В 10 городах АЗРФ, где проводятся наблюдения за концентрациями тяжелых металлов, в 2019 г. превышений ПДК не было зафиксировано.

Загрязнение поверхностных вод в Арктической зоне Российской Федерации

Поверхностные воды Арктической зоны Российской Федерации по сравнению с водами других территорий РФ характеризуются более низким уровнем загрязненности. Однако в мес-

[1)] Значение ориентировочное

тах интенсивной экономической и хозяйственной деятельности на территории Арктической зоны Российской Федерации ряд водных объектов характеризуются высоким уровнем загрязненности воды.

Анализ результатов наблюдений гидрохимической сети Росгидромета в течение 2011-2019 гг. свидетельствует о стабилизации высокого уровня загрязненности воды малых рек Мурманской области. Наиболее высоким уровнем загрязненности воды в многолетнем плане («грязная» - «экстремально грязная») оцениваются реки на территории Ямало-Ненецкого Автономного округа – Надым, Пур, Таз.

Воды рек Арктической зоны Республики Саха (Якутия), устьевые участки рек бассейнов Лены и Яны в многолетнем плане характеризуется как «загрязненные».

Высокие и экстремальные уровни загрязнения поверхностных вод Арктической зоны РФ

В 2019 г. экстремально высокие уровни загрязнения (ЭВЗ[2)]) поверхностных вод Арктической зоны Российской Федерации отмечались на 29 водных объектах в 151 случае (в 2018 г. - 83 случая на 17 водных объектах), высокие уровни загрязнения (ВЗ[3)]) - на 36 водных объектах в 172 случаях (в 2018 г. - 146 случаев на 23 водных объектах). Следует отметить, что в 2019 г. по сравнению с предыдущим годом суммарное количество ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод увеличилось на 41% (рис. 4.45).

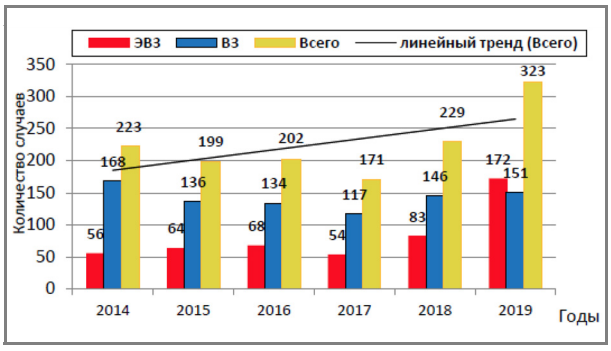


Рис. 4.45. Динамика количества случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод Арктической зоны РФ

Водные объекты Арктической зоны чрезвычайно уязвимы к действию загрязняющих веществ в силу замедленных процессов самоочищения. Основное загрязнение водной среды связано со следующими источниками: горно-металлургическими комбинатами в Норильске, Мончегорске и Никеле, нефтегазовыми комплексами на севере европейской территории России и Западной Сибири, Архангельским и Соломбальским целлюлозно-бумажными комбинатами, золоторудными предприятиями Якутии, со сбросами сточных вод ЖКХ в населенных пунктах, а также транспортным и рыболовным флотом. Существенный вклад в загрязнение поверхностных вод вносят соединения никеля, марганца, меди, молибдена, железа общ., дитиофосфата крезилового и ртути (рис. 4.46).

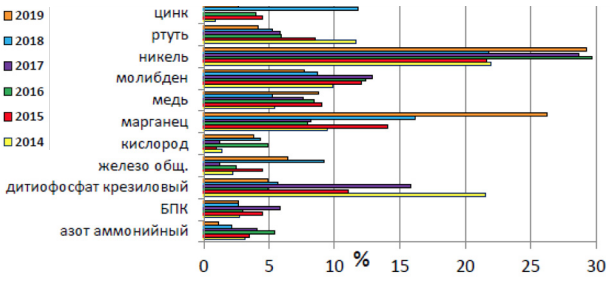


Рис. 4.46. Распределение числа случаев ВЗ и ЭВЗ по ингредиентам (в % от общего количества случаев ВЗ и ЭВЗ Арктической зоны РФ)

В 2019 г. по сравнению с прошлым годом участились случаи загрязнения поверхностных вод соединениями марганца (46%), меди (47%), никеля (29%), а соединениями железа уменьшились на 24%.

Анализ внутригодового распределения количества случаев ВЗ и ЭВЗ за период 2014-2019 гг. свидетельствует о том, что нет отчетливо выраженного сезонного характера (рис. 4.47).

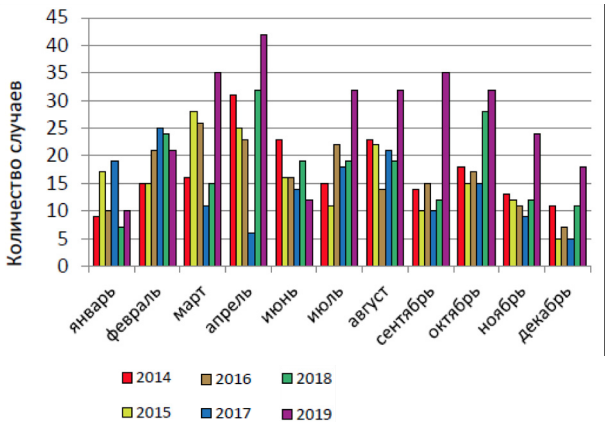


Рис. 4.47. Динамика внутригодового распределения случаев ВЗ и ЭВЗ в поверхностных водах Арктической зоны РФ за период 2014-2019 гг.

[2)] Экстремально высокое загрязнение поверхностных вод – уровень загрязнения, превышающий ПДК в 5 и более раз для веществ 1 и 2 классов опасности и в 50 и более раз для веществ 3 и 4 классов

[3)] Высокое загрязнение поверхностных вод – уровень загрязнения, превышающий ПДК в 3-5 раз для веществ 1 и 2 классов опасности, в 10-50 раз для веществ 3 и 4 классов, в 30-50 раз для нефтепродуктов, фенолов, ионов марганца, меди и железа

На протяжении 2014-2019 гг. большая часть случаев ВЗ и ЭВЗ в континентальной Арктической зоне РФ регистрируется на водных объектах Мурманской области. В 2019 г. в Мурманской области было зарегистрировано 113 случаев высокого и 63 случая экстремально высокого загрязнения по 19 ингредиентам на 20 водных объектах, что почти на 33% больше прошлогодних значений (табл. 4.21).

В Мурманской области основными источниками загрязнения водных объектов являются предприятия горнометаллургической и горнодобывающей промышленности, ЖКХ. Характерными загрязняющими веществами водных объектов являются соединения тяжёлых металлов: меди, никеля, марганца, железа общего, молибдена, а также нитриты, ионы аммония, фториды, сульфаты, нефтепродукты и дитиофосфат крезиловый, который применяется в качестве коллектора для обогащения руд цветных металлов.

В 2019 г. по сравнению с предыдущим годом в Мурманской обл. суммарное количество случаев ВЗ и ЭВЗ тяжелыми металлами увеличилось, за исключением снижения в два раза загрязнения поверхностных вод ртутью (рис. 4.48).

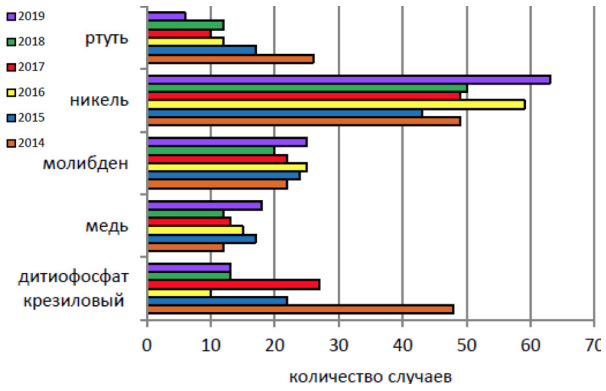


Рис. 4.48. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по основным загрязняющим веществам в Мурманской обл. за период 2014-2019 гг.

Наиболее загрязненными водными объектами области являются р. Нюдуай (г. Мончегорск), руч. Варничный (г. Мурманск), р. Хаукилампи-Йоки (г. Заполярный). На этих водных объектах наблюдается наибольшее число ежегодных случаев высокого загрязнения, так в 2019 г. максимальное количество - 34 было зарегистрировано на р. Нюдуай, г. Мончегорск (рис. 4.49).

Характерными показателями загрязнения поверхностных вод в Мурманской области являются соединения меди, никеля, алюминия, марганца, ртути. На рис. 4.50 представлены максимальные значения ПДК веществ, по которым в 2019 г. были зафиксированы случаи ВЗ и ЭВЗ на водных объектах Мурманской области.

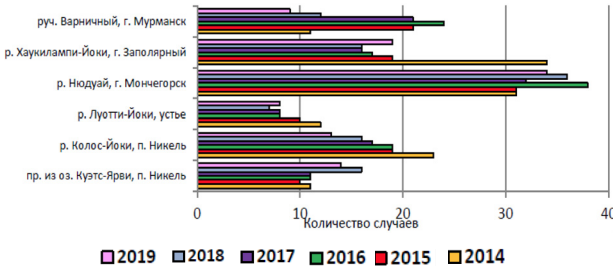


Рис. 4.49. Водные объекты Мурманской обл., на которых регистрировалось максимальное число повторений случаев ВЗ и ЭВЗ за период 2014-2019 гг.

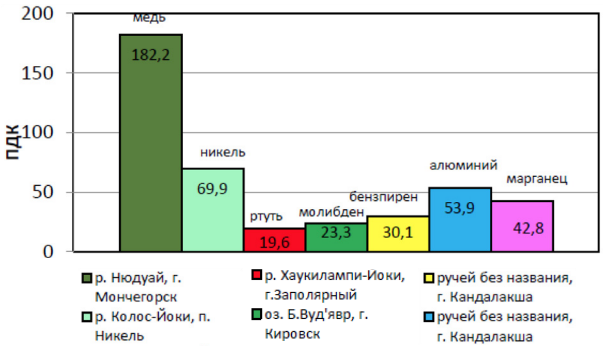


Рис. 4.50. Максимальные значения ПДК основных загрязняющих веществ в водных объектах Мурманской области в 2019 г.

Основными источниками загрязнения поверхностных вод Архангельской области являются предприятия целлюлозно-бумажной, лесной и деревоперерабатывающей и горнодобывающей промышленности, предприятия теплоэнергетики и транспорта, в том числе речного и морского, объектов ЖКХ. Для устьевой части р. Северная Двина характерна загрязненность воды лигнинными веществами, метанолом, формальдегидом, в результате сброса сточных вод целлюлозно-бумажных предприятий. В 2019 г. в Архангельской области (в составе Онежского, Приморского, Мезенского муниципальных районов, городских округов Архангельск, Северодвинск, Новодвинск и о. Новая Земля) было зарегистрировано 3 случая ВЗ и 2 случая ЭВЗ поверхностных вод, в 2018 г. случаи высокого загрязнения не фиксировались. Все случаи связаны с загрязнением поверхностных вод ртутью, а максимальное значение (15 ПДК) было зафиксировано в р. Северная Двина в районе г. Новодвинска.

Таблица 4.21. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по субъектам Арктической зоны РФ за период 2014–2019 гг.

Регион	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
	ЭВЗ+ВЗ=всего	ЭВЗ+ВЗ=всего	ЭВЗ+ВЗ=всего	ЭВЗ+ВЗ=всего	ЭВЗ+ВЗ=всего	ЭВЗ+ВЗ=всего
Мурманская обл.	45+136=181	46+107=153	56+100=156	50+102=152	41+91=132	63+113=176
Ямало-Ненецкий АО	10+18=28	15+22=37	10+21=31	0+7=7	42+54=96	62+39=101
Ненецкий АО	0+1=1	3+2=5	1+2=3	4+1=5	0	5+1=6
г. Воркута (Республика Коми)	0	0	0+1=1	0	0+1=1	11+1=12
Архангельская обл. [1]	0+9=9	0+2=2	0+7=7	0+6=6	0	2+3=5
Красноярский край [2]:	0+4=4	0+2=2	0+2=2	0+1=1	0	8+15=23
Республика Саха (Якутия) [3]	0	0	0+1=1	0	0	0
Чукотский АО	0	0	0	0	0	0
Республика Карелия [4]	0	0	0	0	0	0
Всего:	55+168=223	64+135=199	68+134=202	54+117=171	83+146=229	151+172=323

Примечание: [1]. Онежский, Приморский, Мезенский муниципальные районы, городские округа Архангельск, Северодвинск, Новодвинск, о. Новая Земля;
[2]. Таймырский (Долгано-Ненецкий), Туруханский муниципальные районы, г. о. Норильск;
[3]. Аллаиховский, Анбарский, Булунский, Нижеколымский, Усть-Янский районы; [4]. Беломорский, Лоухский, Кемский муниципальные районы.

Загрязнение воды в нижнем течении р. Печора (Ненецкий АО) связано с деятельностью предприятий газовой, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, поступлением в реку нефтепродуктов, фенолов, меди и других металлов, содержание которых существенно превышает установленные ПДК. В 2019 г. в Ненецком АО были зарегистрированы 1 случай высокого и 5 случаев экстремально высокого загрязнения поверхностных вод, в 2018 г. случаи ВЗ и ЭВЗ не регистрировались. Вещества, по которым фиксировались экстремальные загрязнения: нефтепродукты и марганец с максимальными значениями 74,6 ПДК и 84,8 ПДК соответственно.

Основными источниками загрязнения поверхностных вод городского округа Воркута (Республика Коми) являются предприятия угольной, топливно-энергетической промышленности и ЖКХ. В 2019 г. на территории Арктической зоны Республики Коми были зарегистрированы 1 случай ВЗ и 11 случаев ЭВЗ поверхностных вод кадмием с максимальным значением - 19,4 ПДК на р. Воркута. Для сравнения за период 2014-2018 гг. случаи были единичными или не регистрировались.

Наибольшее негативное воздействие на водные объекты Ямало-Ненецкого АО связано с предприятиями газовой, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, а также ЖКХ городов Новый Уренгой, Губкино, Пуровск и Надым. В 2019 г. в округе были зарегистрированы 39 случаев высокого загрязнения на 8 водных объектах и 62 случая экстремально высокого загрязнения на 11 водных объектах. Суммарное количество ВЗ и ЭВЗ почти в 15 раз больше значений 2017 г. (7 случаев на 3 водных объектах).

Как и в предыдущие годы, максимальную нагрузку от загрязнения испытывают реки: Правая Хетта, Обь, Надым, Пур, Полуй. Следует отметить, что в 2019 г. на реке Правая Хетта, пгт. Пангоды было зарегистрировано максимальное количество - 17 случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод (рис. 4.51).

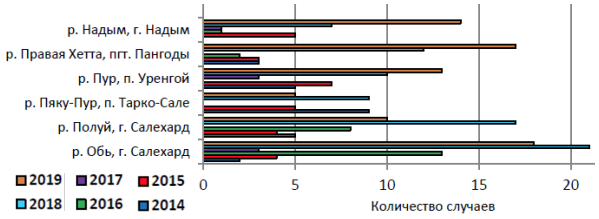


Рис. 4.51. Водные объекты Ямало-Ненецкого АО, в которых регистрировалось максимальное число повторений случаев ВЗ и ЭВЗ за период 2014-2019 гг.

В целом, водные объекты Ямало-Ненецкого АО загрязнены соединениями марганца, железа,

меди, цинка и нефтепродуктами (рис. 4.52). На химический состав рек Ямало-Ненецкого АО существенное влияние оказывает транзитный перенос загрязняющих веществ поверхностными водами с территорий соседних субъектов - Ханты-Мансийского АО и Тюменской области. Максимальные значения концентраций тяжелых металлов, по которым в 2019 г. регистрировались случаи высокого и экстремально высокого загрязнения поверхностных вод, представлены на рис. 4.53.

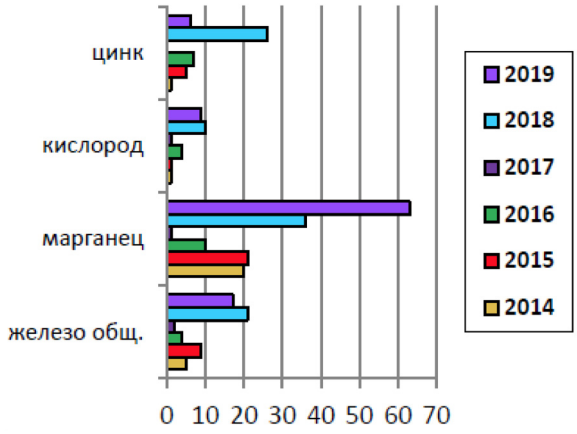


Рис. 4.52. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по основным загрязняющим веществам в Ямало-Ненецком АО за период 2014-2019 гг.

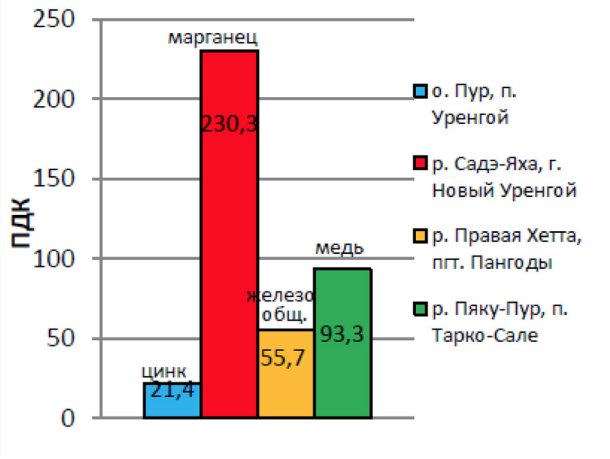


Рис. 4.53. Максимальные ПДК основных загрязняющих веществ в водных объектах Ямало-Ненецкого АО в 2019 г.

В 2019 г. в Арктической зоне Красноярского края были зафиксированы 8 случаев ЭВЗ на 2 водных объектах и 15 случаев ВЗ на 4 водных объектах, что значительно больше значений 2014-2018 гг., когда регистрировались единичные случаи (табл. 4.21). Все зарегистрированные случаи ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод связаны с работой Норильского горно-металлургического комбината, добывающего и перерабатывающего медно-никелевые руды. Приоритетными загрязняющими веществами небольших водных объектов в черте городского округа Норильска являются: ионы меди (157 ПДК), никеля (63,3 ПДК), кадмия (9,6 ПДК) и нефтепродукты (174,4 ПДК).

В остальных субъектах Арктической зоны: Чукотском АО, Республиках: Саха (Якутия) (в составе Аллаиховского, Анбарского, Булунского, Нижеколымского, Усть-Янского районов), а также Карелия (в составе Беломорского, Лоухского, Кемского муниципальных районов) случаев высокого и экстремально высокого загрязнения поверхностных вод в 2019 г., как и в предыдущие годы, зарегистрировано не было.

Наблюдается тенденция роста случаев высокого и экстремально высокого загрязнения поверхностных вод Арктической зоны РФ в Мурманской области и Ямало-Ненецком АО, что связано с большой антропогенной нагрузкой в этих регионах.

Состояние водных экосистем в Арктической зоне

Гидробиологические наблюдения за состоянием пресноводных экосистем Арктической зоны Российской Федерации проводятся по основным экологическим сообществам: фитопланктона, зоопланктона и зообентоса. Каждое из этих сообществ наблюдается по целому ряду параметров, позволяющих получать информацию о количественном и качественном составах экосистем поверхностных водных объектов. Гидробиологические наблюдения Арктической зоны Российской Федерации в период с 2007 по 2019 гг. проводились в Восточно-Сибирском и Баренцевском гидрографических районах.

Баренцевский гидрографический район. Гидробиологические наблюдения в Баренцевском гидрографическом районе проводятся в Мурманской области. На рис. 4.54 представлена картограмма качества вод по гидробиологическим показателям в Мурманской области в 2019 г.

Многолетние наблюдения в Мурманской области проводятся на 15-ти реках, 7-ми озерах и одном водохранилище, основными из которых являются: рр. Патсо-Йоки, Печенга, Найма-Йоки, Акким, Кола, Кица, Лотта, Вите и Нива; озера: Колозеро, Умбозеро, Чунозеро и Имандра.

В составе фитопланктона **р. Патсо-Йоки** выявлено 78 видов водорослей, по числу видов, доле в численности и биомассе доминировал комплекс диатомовых. Зоопланктон представлен 34 видами беспозвоночных, по разнообразию наиболее широко представлены коловратки – 18 видов, ветвистоусые ракообразные – 11, веслоногие раки – 5. По показателям фитопланктона

воды поверхностного слоя отнесены к «условно чистым», по показателям зоопланктона - к «слабо загрязненным». В составе зообентоса выявлено 10 видов, воды характеризовались как «грязные».

вод характеризуется как «слабо загрязненные». В составе зообентоса встречено 18 видов. По показателям зообентоса качество воды соответствует «грязным» водам.

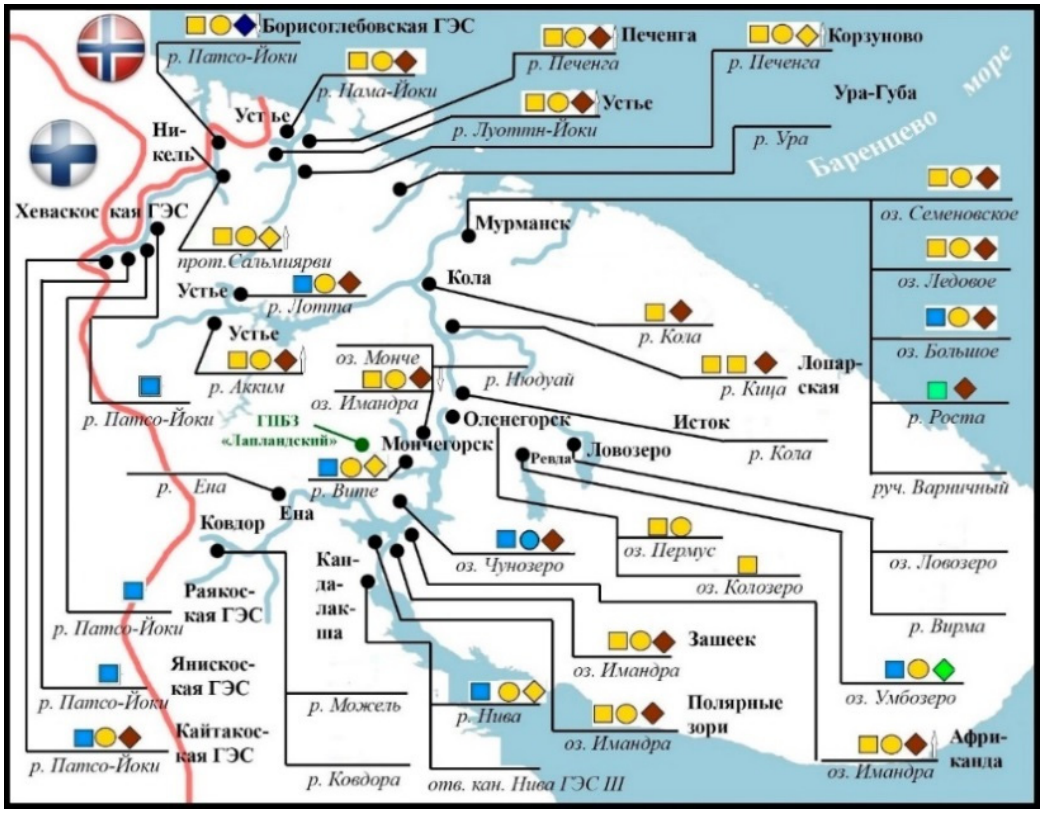
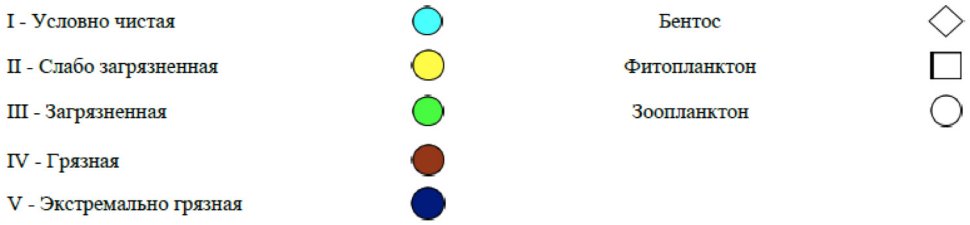


Рис. 4.54. Картограмма качества вод Мурманской области по гидробиологическим показателям в 2019 г.
Обозначения на картограммах характеризуют качество поверхностных вод по комплексным показателям. Цветом указан класс качества, формой значка – показатель биоценоза.



Фитопланктон **р. Нама-Йоки** представлен 24 видами, зоопланктон – 20, бентофауна – 9. По показателям фитопланктона воды характеризовались как «слабо загрязненные», по показателям зообентоса – как «грязные».

Видовой состав фитопланктона **р. Лотта** снизился в пределах диапазона среднемноголетних значений: в 2019 г. выявлено 32 вида (в 2018 г. – 45), отмечалось увеличение доли синезеленых. Качество вод по показателям фитопланктона сохраняется по-прежнему высоким и соответствует «условно чистым» водам. Зоопланктон представлен 20 видами. По показателям зоопланктона качество

В целом качество вод трансграничной **р. Патсо -Йоки** ниже пос. Никель, **рр. Нама-Йоки и Лотта** на протяжении последних 10 лет не изменилось. Биоценозы рек находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Альгофлора **р. Печенга** представлена 58 видами. Наибольшего развития достигали диатомовые и хлорококковые зеленые водоросли. В составе зоопланктона выявлено 22 вида (в 2018 г. – 30). По показателям фитопланктона и зоопланктона качество вод поверхностного слоя **р. Печенга** сохранилось неизменным, воды относились к «слабо загрязненным». В составе зообентоса выявлено 33 вида. По показателям

зообентоса качество воды соответствует «загрязненным» водам. Биоценозы реки испытывают состояние антропогенного экологического напряжения.

Видовое разнообразие фитопланктона **р. Кола** сохранилось на уровне 2018 г.: выявлено 56 видов. В начале вегетационного периода основу фитопланктона формировали представители диатомовых водорослей, к концу лета – превалировали синезеленые. В зоопланктоне выявлено 20 видов. По показателям фитопланктона и зоопланктона качество вод поверхностного слоя сохранилось на прежнем уровне – «слабо загрязненные». В составе зообентоса выявлено 18 видов. По показателю зообентоса качество воды соответствует «грязным» водам.

Таким образом, качество вод **р. Кола** на протяжении последних 10 лет сохранилось неизменным. В целом биоценозы **р. Кола** находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Качественный состав фитопланктона **р. Кица** испытывает межгодовые флуктуации так, в 2019 г. выявлено 30 видов, в 2018 г. - 26, а в 2014 г. - 50. В составе зоопланктона выявлено 18 видов, в составе зообентоса - 11. По показателям фитопланктона и зоопланктона качество вод соответствовало «слабо загрязненным», по показателям зообентоса — «загрязненным» водам. В целом биоценоз реки испытывает антропогенное экологическое напряжение.

В составе фитопланктона **р. Нива** выявлено 39 видов, зоопланктона - 20. В целом качественный и количественный составы планктонных сообществ сохраняется в пределах среднемноголетних значений. Макрозообентос представлен 19 видами беспозвоночных, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало личинкам комаров-звонцов - 11 видов, олигохет и поденок выявлено по 2 вида, мошек, ручейников, комаров-болотниц и моллюсков - по одному. По показателям фитопланктона качество вод соответствует «условно чистым». По показателям зоопланктона и зообентоса воды отнесены к «слабо загрязненным».

Состояние биоценозов **р. Нива** остается неизменно - на фоне экологического благополучия испытывают антропогенное экологическое напряжение.

Качественный состав альгофлоры фитопланктона **р. Вите** испытывал значительные межгодовые флуктуации: в 2019 г. выявлено 33 вида, в 2018 г. - 63, в 2017 г. - 49. Доминировали золотистые водоросли. Индекс сапробности варьировал в пределах 1,16-1,22, что по показателям фитопланктона воды соответствуют «условно чистым». Зоопланктон представлен 19 видами, среди которых наибольшего разнообразия достигали коловратки - 13 видов, ветвистоусые раки - 4, веслоногие – 2. По показателям зоопланктона качество вод характеризуется как «слабо загрязненные». В составе бентофауны р. Вите выявлено 20 видов, среди них 10 видов комаров-звонцов, 4 – поденок, 3 – малощетинковых червей, по 1 виду веснянки, мошки и ручейники. Качество вод соответствовало «слабо загрязненным».

В целом качество вод р. Вите не претерпело значительных изменений в 2019 г. Воды поверхностного слоя отнесены к «условно чистым» по показателям фитопланктона, к «слабо загрязненным» - по показателям зоопланктона и зообентоса.

Состояние биоценозов реки остается неизменным - на фоне экологического благополучия испытывают антропогенное экологическое напряжение.

Качество вод в поверхностном слое **оз. Имандра** в последнее десятилетие сохраняется неизменным и соответствует «слабо загрязнённым». Качественный состав альгофлоры разнообразен - 140 видов, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало зеленым - 48 и диатомовым - 47 водрослям. По показателям фитопланктона качество воды характеризовалсь от «условно чистых» до «слабо загрязненных», при этом преобладали характеристики слабого загрязнения. Зоопланктон представлен 53 видами. По показателям зоопланктона воды характеризуются как «слабо загрязненные». В составе зообентоса озера выявлено 32 вида, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало комарам-звонцам - 13 и малощетинковым червям - 12, единичными видами представлены жесткокрылые, моллюски, водяные клещи и ручейники. По показателям зообентоса воды придонного слоя отнесены к «грязным».

Состояние биоценозов озера соответствует антропогенному экологическому напряжению.

Качество вод **оз. Чунозеро** в отчетный период сохранилось неизменным. В составе фитопланктона выявлено 46 видов, наибольшее разнообразие принадлежало диатомовым - 29, зеленых выявлено 9, синезеленых - 8, харовых - 6, золотистых - 4, динофитовых - 3. По показателям фитопланктона качество вод поверхностного слоя оценивается как «условно чистые». Зоопланктон представлен 24 видами, наибольшее число видов принадлежало

ветвистоусым ракообразным - 13, коловраток выявлено 7 видов, веслоногих раков - 4. По показателям зообентоса качество вод соответствовало «условно чистым» - «слабо загрязненным». В зообентосе выявлено 6 видов, воды соответствовали «грязным».

Биоценозы озера находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения.

В фитопланктоне озера встречено 49 видов, в зоопланктоне - 26, зообентос представлен - 11 видами. Качество поверхностного слоя вод **Умбозера** в последнее десятилетие так же не изменилось. По показателям фитопланктона воды соответствовали «условно чистым», по показателям зоопланктона - «слабо загрязненным». По показателям зообентоса качество вод соответствовало «загрязненным».

Состояние биоценозов озера сохранилось неизменным - они испытывают антропогенное экологическое напряжение.

В **Верхнетуломском водохранилище** качество вод поверхностного слоя сохранилось неизменным. В составе фитопланктона выявлено 80 видов, среди них наибольшего разнообразия достигали диатомовые - 32 вида, золотистые - 13, зеленые - 11, динофитовые - 9, синезеленые - 8, эвгленовые - 5, криптофитовые и харовые - по 1-му виду. По показателям фитопланктона качество вод соответствовало «условно чистым» и «слабо загрязненным».

Состояние биоценозов озера соответствует антропогенному экологическому напряжению.

В целом состояние биоценозов большинства рек и озер Мурманской области сохраняется неизменным в пределах сложившегося состояния экологической системы от экологического благополучия до экологического напряжения.

Восточно-Сибирский гидрографический район. В 2019 г. наблюдения проводились в низовье р. Лена и заливе Неелова. Данные о состоянии качества вод представлены на рис. 4.55.

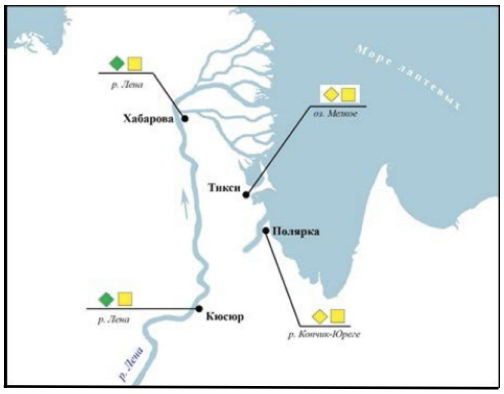


Рис. 4.55. Картограмма качества вод Республики Саха по гидробиологическим показателям в 2019 г. (в сравнении с 2018 г.).
Обозначения такие же, как на рис. 4.54

Воды нижнего течения **р. Лена** на протяжении последних 4 лет по показателям фитопланктона соответствуют «слабо загрязненным». Качество воды по показателям зообентоса в последнее десятилетие испытывает значительные перепады от «грязных» до «слабо загрязненных», превалирующая оценка вод в многолетнем периоде соответствует уровню «загрязненные». В 2019 г. качество вод изменялось от «экстремально грязных» до «слабо загрязненных». В целом в придонном слое преобладали «слабо загрязненные» - «загрязненные» воды.

Качество вод **оз. Мелкое** (п. Тикси) на протяжении последних 10 лет, как в придонном, так и в поверхностном слоях характеризуется как «слабо загрязнённые». Наблюдались незначительные межгодовые флуктуации класса качества. В 2019 г. по показателям фитопланктона воды соответствовали «условно чистым» - «слабо загрязненным» водам. Преобладали «слабо загрязненные» воды. По показателям зообентоса воды соответствовали «экстремально грязненным» – «условно чистым». В многолетней динамике состояние придонного слоя соответствует «слабо загрязненным».

Качество вод **р. Копчик-Юрэгэ (п. Полярка)** на протяжении последних 5 лет по показателям фитопланктона соответствуют «слабо загрязненным». Качество воды по показателям зообентоса в последнее десятилетие испытывает значительные перепады от «грязных» до «условно чистых», превалирующая оценка качества вод в многолетнем периоде соответствует уровню «загрязненные». В 2019 г. качество вод варьировало от «экстремально грязных» до «слабо загрязненных». В целом преобладали значения, характеризующие состояние придонного слоя «слабо загрязненные» - «загрязненные». Состояние пресноводных биоценозов в нижнем течении р. Копчик-Юрэгэ сохранилось неизменным, направленных изменений качества вод не было выявлено.

Среди арктических акваторий России, на которых производится государственный мониторинг состояния и загрязнения вод по гидробиологическим показателям, только **залив Неёлова** относится к прибрежным морским экосистемам моря Лаптевых. В 2019 г фитопланктон залива Неёлова был представлен 41 (в 2017 г. - 48) пресноводным эвригалинным видом, среди которых в качественном и количественном отношениях доминировали

холодноводные диатомовые водоросли - 30 видов, зеленые водоросли - 6, синезеленые - 4 и единственный представитель золотистых водорослей. В 2019 г. видовое разнообразие фитопланктона находилось в пределах среднемноголетних значений, существенных изменений не было выявлено.

В составе макрозообентоса залива Неелова в 2019 г. выявлено 10 видов беспозвоночных, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало Oligochaeta – 4, Bivalvia и Amphipoda –по 3 вида. Сообщество бентосных беспозвоночных включало в себя 3 неритических вида бокоплавов: реликтового *Monoporeia affinis* (Lindström, 1855), широко распространенного в Голарктике *Gammarus lacustris* G.O. Sars, 1863 и морской эвригалинный вид *Onisimus birulai* (Gurjanova, 1929), создававших основу биомассы зообентоса. Из представителей эумакрозообентоса основу биомассы формировал двустворчатый моллюски *Sphaerium corneum* (Linnaeus, 1758) и *Pisidium amnicum* (O. F. Müller, 1774). В 2016-2019 гг. фауна макрозообентоса залива представлена теми же группами видов. Качественный и количественный его составы зависят от преобладающих течений и формируются из фаун зообентоса, приносимого паводковыми водами питающих его рек.

Флора и фауна арктических водоемов и водотоков, как пресноводных, так и морских, является крайне неустойчивой системой, ежегодно формирующейся под воздействием краткосрочного арктического вегетационного сезона. Основу пресноводного фитопланктона водоемов и водотоков, как по видовому составу, так и по количественным характеристикам формируют представители холодноводной флоры диатомовых водорослей. Фауна макрозообентоса формируется приносимыми с паводковыми водами рек гидробионтами. Таким образом, качественный состав биоты залива в большей степени зависит, прежде всего, от таких факторов, как объем паводковых вод, питающих залив рек, направление устойчивых ветров, создающих затоки морских вод в залив, а также валентностью видов сообществ по отношению к соленостному, чем реагирует на воздействие со стороны хозяйственной деятельности человека.

В целом, пресноводные биоценозы в нижнем течении р. Лена соответствуют экологическому напряжению (р. Лена, оз. Мелкое) или экологическому благополучию (р. Копчик-Юрэгэ). На всех наблюдаемых водных объектах (оз. Мелкое, на двух створах низовий р. Лены и р. Копчик-Юрэгэ) происходит постепенное снижение качества поверхностного слоя воды. Так, в период с 2007 по 2015 гг. по показателям фитопланктона качество вод соответствовало «условно чистым», а с 2016 г. по 2019 г.г. - «слабо загрязненным». Качество вод придонных слоёв этих же водных объектов испытывает значительные межгодовые перепады. Так, положительная динамика в качестве воды наметилась с 2014 г. на наблюдаемых створах реки Лена - класс качества изменился от «загрязненных» до «слабо загрязненных» в 2018 г. В 2019 г произошло резкое снижение качества воды до уровня «загрязненные» на всем наблюдаемом сегменте реки. Аналогичная тенденция прослеживается в р. Копчик-Юрэргэ в тот же период - от «загрязненных» до «условно чистых» и в 2019 г. снижение до «загрязненных». И только качество вод придонного слоя в оз. Мелкое сохранется на прежнем уровне - «слабо загрязненные».

Таким образом, в период с 2014 по 2019 гг. состояние наблюдаемых арктических акваторий России сохраняется на стабильном уровне, кардинальных изменений в таксономическом составе и структуре сообществ, а также градации состояния экосистем не было выявлено.

Радиационная обстановка на сухопутных территориях Арктической зоны и в прибрежных водах Белого и Баренцева морей

Начавшееся освоение Северного морского пути и развитие арктических территорий с широким использованием атомного ледокольного флота и атомных электростанций, в том числе плавучих, делает актуальной систематическую оценку радиационной обстановки арктического региона.

Радиометрическая сеть на территории Арктической зоны РФ включает 94 пункта наблюдений за мощностью экспозиционной дозы гамма-излучения, 43 пункта наблюдений за радиоактивными выпадениями и 8 пунктов наблюдений за радиоактивными аэрозолями воздуха, а также 5 пунктов наблюдений на Белом море и 1 пункт - на Баренцевом море за загрязнением прибрежных вод.

На стационарных пунктах проводятся наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха ^{137}Cs и ^{90}Sr, прибрежных вод Белого и Баренцева морей - ^{90}Sr. Регулярно выполняются также экспедиционные исследования арктических морей.

Объемная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в приземном слое атмосферы полярных областей на семь-восемь порядков ниже нормативов, установленных НРБ-99/2009.

Объемная активность ^{137}Cs в воздухе сухопутных территорий Арктики значительно ниже средневзвешенного значения по территории РФ. Среднегодовая объемная активность ^{137}Cs в разных пунктах наблюдений в 2005-2010 гг. и 2012-2019 гг. колебалась в интервале $(0,2\text{-}2,8)\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, за исключением г. Мурманск (в 2016-2017 гг. – $10,7\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 и $5,4\cdot10^{-7}$ Бк/м^3) и г. Нарьян-Мар, где в отдельные годы среднее значение превышало $4,0\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, (2007, 2015 гг.). Среднегодовая объемная активность ^{137}Cs в 2018 и 2019 гг. составила $0,7\cdot10^{-7}$ Бк/м^3. В 2011 г. объемная активность ^{137}Cs по всей европейской территории России увеличилась на один-два порядка за счет поступления аварийных выбросов с АЭС «Фукусима-1», но в арктической зоне была существенно меньше, чем в среднем по России (рис. 4.56).

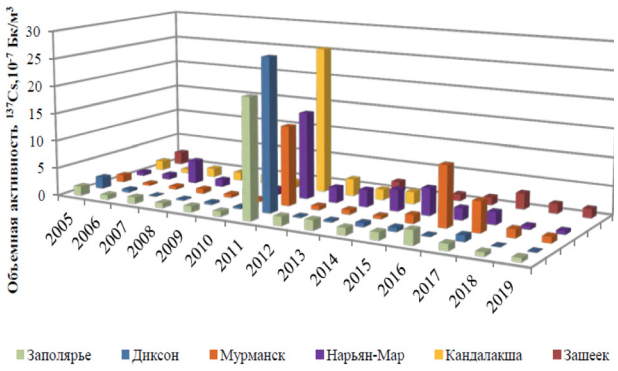


Рис. 4.56. Объемная активность ^{137}Cs в приземной атмосфере в пунктах наблюдения Сухопутных территорий Арктики и в среднем по Заполярью в 2005-2019 гг., 10^{-7} Бк/м^3

До 2016 г. в г. Мурманск наблюдались низкие величины объемной активности ^{137}Cs - в диапазоне $(0,4\text{-}1,5)\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 (кроме 2011 г.). Однако в третьем квартале 2016 г. и в четвертом квартале 2017 г. средняя за квартал величина увеличилась до $38,4\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 и $16,2\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 соответственно (рис. 4.57). Без учета третьего квартала 2016 г., среднегодовая величина объемной активности ^{137}Cs составляла $1,4\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, что соответствует диапазону величин за предшествующие 10 лет. В четвертом квартале 2017 г. увеличение было менее значительным - до $16,2\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, при среднем значении за три предшествующих квартала года - $1,8\cdot10^{-7}$ Бк/м^3. Столь резкое увеличение может быть связано с неблагоприятными условиями трансграничного переноса или переноса выбросов Кольской АЭС при проведении регламентных работ. В 2018 г. объемная активность ^{137}Cs соответствовала характерным для региона средним за квартал величинам - $(0,9\text{-}2,1)\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, а в 2019 г. диапазон сократился до $(1,0\text{-}1,2)\cdot10^{-7}$ Бк/м^3.

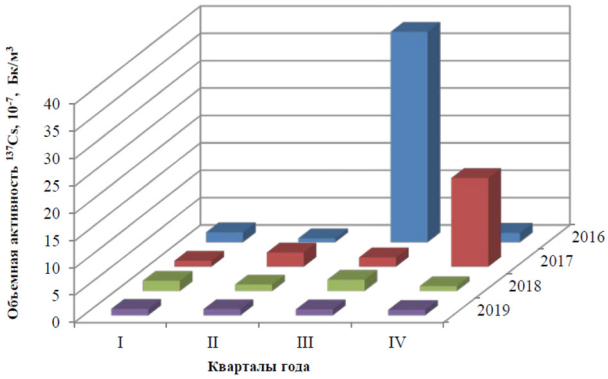


Рис. 4.57. Динамика средней за квартал величины объемной активности ^{137}Cs в воздухе в Мурманске в 2016-2019 гг.

До 2016 г. объемная активность ^{90}Sr в воздухе Арктической зоны России (о. Диксон и г. Мурманск) была ниже средневзвешенной по территории России и колебалась в пределах от $0,02\cdot10^{-7}$ до $0,26\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 (рис. 4.58). Аварийные выбросы АЭС «Фукусима-1» практически не содержали стронция и не отразились на величине объемной активности ^{90}Sr в 2011 г. Однако в 2016-2017 гг. и 2019 г. наблюдалось увеличение средних значений объемной активности в арктической зоне, особенно в г.Мурманск - до $0,61\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, $0,45\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 и $0,54\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 соответственно. В 2018-2019 гг. произошло снижение активности ^{90}Sr в среднем по России и на о. Диксон - до $0,91\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 и $0,11\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 соответственно. В 2018 г. в г. Мурманск также наблюдалось снижение активности ^{90}Sr до $0,26\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, однако в 2019 г. вновь увеличилась до $0,54\cdot10^{-7}$ Бк/м^3.

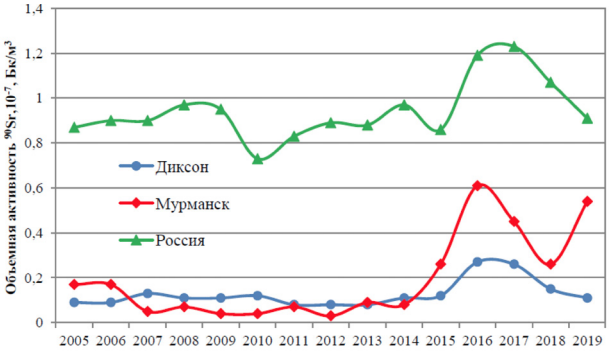


Рис. 4.58. Динамика объемной активности ^{90}Sr в воздухе на о. Диксоне, в Мурманске и средневзвешенной по России в 2005-2019 гг.

За период с 2000 по 2016 гг. объемная активность ^{90}Sr в прибрежных водах Белого и Баренцева морей колебалась в пределах 1,7-4,4 мБк/л. С 2017 г. активность ^{90}Sr в Белом море устойчиво снижалась и в 2019 г. составила 2,1 мБк/л, а в Баренцевом море наметилась стабилизация на

уровне около 1,9 мБк/л. Эти уровни занимают среднее положение по величине активности ^{90}Sr, между наиболее низкими значениями в Тихом океане, у восточного побережья Камчатки, и водами Каспийского моря (рис. 4.59). При этом почти всегда концентрация в Белом море выше, чем в Баренцевом. В Тихом океане в 2019 г. наблюдается снижение активности ^{90}Sr до 1,14 мБк/л. В Каспийском море объемная активность ^{90}Sr в 2019 г. заметно увеличилась до 5,7 мБк/л, против 4,9 мБк/л в 2018 г.

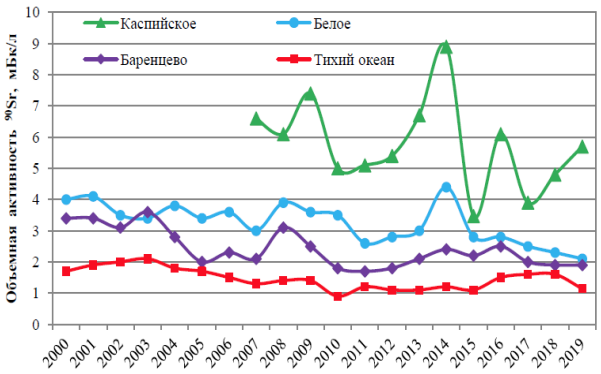


Рис. 4.59. Динамика объемной активности ^{90}Sr в прибрежных водах Белого и Баренцева морей в сравнении с водами Каспийского моря и Тихого океана вблизи восточного побережья Камчатки в 2000-2019 гг., мБк/л

Наблюдающееся устойчивое снижение среднегодовых значений концентрации ^{90}Sr в Белом море, возможно, связаны с прогрессирующим очищением загрязненных после аварии на ЧАЭС территорий.

В Баренцевом море, как показали результаты многолетних совместных российско-норвежских исследований, существенное влияние на колебания оказывает трансграничный перенос морскими течениями радионуклидов, удалявшихся в Ирландское море и пролив Ла-Манш с заводов по переработке облученного ядерного топлива Англии и Франции.

Потенциальными источниками поступления техногенных радионуклидов в воды Баренцева моря являются затонувшие вследствие аварий атомные подводные лодки «Комсомолец» в Норвежском море, воды которого обмениваются с водами Баренцева моря, и «К-159» в Баренцевом море. В районах их нахождения проводятся периодические (последние - в 2014 г.) экспедиционные комплексные обследования морской среды: воды, донных отложений и морских организмов. В результате исследований установлено, что утечек радиоактивных материалов с затонувших подводных лодок не происходит.

Таким образом, радиоактивное загрязнение воздушной и морских сред Арктики в 2019 г. находилось на низком уровне и, начиная с 2016 г., наблюдается тенденция к его снижению.

4.4. Комплексные исследования загрязнения окружающей среды в районе пос. Баренцбург и прилегающих территорий

В 2019 г. было выполнено обследование районов расположения поселков Баренцбург и Пирамида, прилегающих к ним территорий, акватории и побережья заливов Гренфьорд и Биллефьорд.

Наблюдения проводились в весенний (апрель и май) и летний (июль и август) периоды за загрязнением атмосферного воздуха в пос. Баренцбург, снежного покрова, почв, грунтовых вод и наземной растительности на территории поселков Баренцбург и Пирамида, их санитарно–защитных зон (локальный мониторинг) и в удаленных от поселков точках (фоновый мониторинг). Выполнялись также исследования морских вод, морских водных взвесей и донных отложений на акватории заливов Гренфьорд и Биллефьорд; поверхностных вод и донных отложений озер Биенда-Стемме, Голубое и Безымянное, а также реки Грендалсэльва. Процесс отбора проб представлен на рис. 4.60.

Атмосферный воздух

В пробах атмосферного воздуха определялись концентрации пыли, газовых примесей и легколетучих органических соединений (ЛОС). Также был проведен отбор проб атмосферного аэрозоля для определения тяжелых металлов (Ni, Co, Zn, Cd, Cu, Pb, Cr, Hg) и мышьяка, хлорорганических соединений (ХОС), включая полихлорбифенилы (ПХБ), и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух поселков Баренцбург и Пирамида, являются пыль, диоксид серы, оксиды азота и углерода. Максимальные концентрации пыли (до 8,74 мкг/м^3), диоксида серы (до 3,59 мкг/м^3), оксида углерода (до 611 мкг/м^3) и диоксида



Рис. 4.60. Отбор проб природной среды на арх. Шпицберген

азота (до 2,13 мкг/м^3), сероводорода (до 1,19 мкг/м^3) были зафиксированы в атмосферном воздухе пос. Баренцбург. В воздухе пос. Пирамида были зафиксированы концентрации пыли (7,25 мкг/м^3), диоксида серы (2,00 мкг/м^3), оксида углерода (204 мкг/м^3) и диоксида азота (0,57 мкг/м^3).

Из хлорорганических соединений (ХОС) в пробах воздуха были зарегистрированы только хлорбензолы в летний период - максимальное содержание до 4,34 нг/м^3.

В весенний и летний периоды 2019 г. в атмосферном воздухе пос. Баренцбург концентрации полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) находились ниже пределов обнаружения.

Весной максимальное содержание тяжелых металлов (ТМ) в атмосферном воздухе составило: железа - 3,0 мкг/м^3, марганца - 0,14 мкг/м^3, цинка - 0,29 мкг/м^3, меди - 0,29 мкг/м^3, хрома - 0,09 мкг/м^3, а в летний период: марганца - 0,02 мкг/м^3, цинка - 0,09 мкг/м^3, меди - 0,024 мкг/м^3, никеля - 0,012 мкг/м^3. Все максимальные значения были зафиксированы на территории пос. Баренцбург около зональной гидрометеорологической обсерватории (ЗГМО). По сравнению со средними уровнями за период 2015–2018 гг. загрязненность атмосферного воздуха в 2019 г. существенно не изменилась.

Полученные в 2019 г. данные о концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе района исследований близки к данным норвежских исследователей, осуществляющих подобные наблюдения на ст. Цеппелин в Ню-Олесунде (AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme. Oslo. 1998, 2008).

Снежный покров

В образцах снежного покрова, отобранных в районе расположения пос. Баренцбург в ходе весенних экспедиционных исследований 2019 г., проводилось определение содержания компонентов минерального состава (хлоридов, сульфатов, щелочных и щелочно-земельных металлов (Na, K, Ca, Mg), соединений азота (нитритного азота, нитратов, аммония), нефтяных углеводородов, фенолов, ПАУ, ХОС и ТМ.

Водородный показатель (pH) снежного покрова в районе исследований варьировался в пределах от 5,36 до 8,66 ед. pH. Повышенные значения pH были отмечены в снежном покрове в районе расположения отвалов горных пород и шлака от ТЭЦ, пониженные значения pH фиксировались в снежном покрове севернее пос. Баренцбург, у склада стройматериалов.

Концентрации главных ионов в снежном покрове обследованной территории изменялись в пределах: хлориды - от 2,13 до 44,0 мг/л талой воды; сульфаты - от 0,57 до 23,4 мг/л; натрий - от 0,78 до 10,2 мг/л; калий - от <0,25 до 0,41 мг/л; кальций - от <0,25 до 1,49 мг/л; магний - <0,25 до 1,68 мг/л талой воды.

Концентрации минеральных форм азота в снежном покрове составляли: для аммония - до 42 мкг/л; для нитратов - до 1740 мг/л; для нитритов - до 186 мкг/л.

Содержание нефтяных углеводородов в пробах снега изменялось от 5,50 до 175 мкг/л талой воды, их максимальная концентрация была зафиксирована в районе вертолетной площадки.

Концентрации фенолов находились ниже предела обнаружения используемого аналитического метода (<0,5 мкг/л).

Среднее суммарное содержание ПАУ в пробах снежного покрова составило 4,74 нг/л при максимальной концентрации 39,2 нг/л в районе расположения ЗГМО.

Из определяемых хлорорганических соединений (ХОС) в снежном покрове были зафиксированы соединения групп ГХЦГ и ПХБ. Концентрации хлорбензолов, пестицидов групп хлорбензолов, ДДТ и соединений группы полихлорциклодиенов во взвесях талого снега находились ниже пределов обнаружения. Максимальная концентрация суммы ГХЦГ составила 180 нг/л в районе расположения отвалов горных пород и шлака от ТЭЦ. Из 15 определяемых индивидуальных конгенеров ПХБ в снежном покрове были выявлены 14 соединений (за исключением #105). Максимальные концентрации отдельных конгенеров ПХБ составляли: для #180 - 6,66 нг/л, для #170 - 5,16 нг/л, для #28 - 4,36 нг/л, для #187 - 4,36 нг/л, для #153 - 3,99 нг/л. Среднее суммарное содержание ПХБ составило 2,55 нг/л при максимальной концентрации 34,8 нг/л, зафиксированной в районе склада стройматериалов севернее пос. Баренцбург.

Распределение содержания некоторых загрязняющих веществ в снежном покрове в районе расположения пос. Баренцбург представлены на рис. 4.61.

Содержание определяемых тяжелых металлов в пробах снега находилось в следующих пределах: марганца - от <1,0 до 3,30 мкг/л (в среднем 1,56 мкг/л талой воды); цинка - от <1,0 до 8,80 мкг/л, при среднем содержании 2,67 мкг/л; меди - от <1,0 до 1,30 мкг/л при средней концентрации <1,0 мкг/л талой воды. Максимальные значения перечисленных ТМ были зафиксированы в районе склада горношахтного оборудования (район отвала №1). Концентрации железа, никеля, кобальта, свинца, кадмия, хрома, ртути и мышьяка находились ниже пределов обнаружения.

Таким образом, в 2019 г. снежный покров территории поселка и его окрестностей характеризовался повышенными суммарными концентрациями ПАУ и относительно пониженными величинами pH по сравнению с фоновыми районами Российской и Канадской Арктики (Карское море и ледник Агассиз на о. Эллсмир в Канадской Арктике). Загрязнение снежного покрова ПАУ связано, в основном, с региональными и локальными источниками.

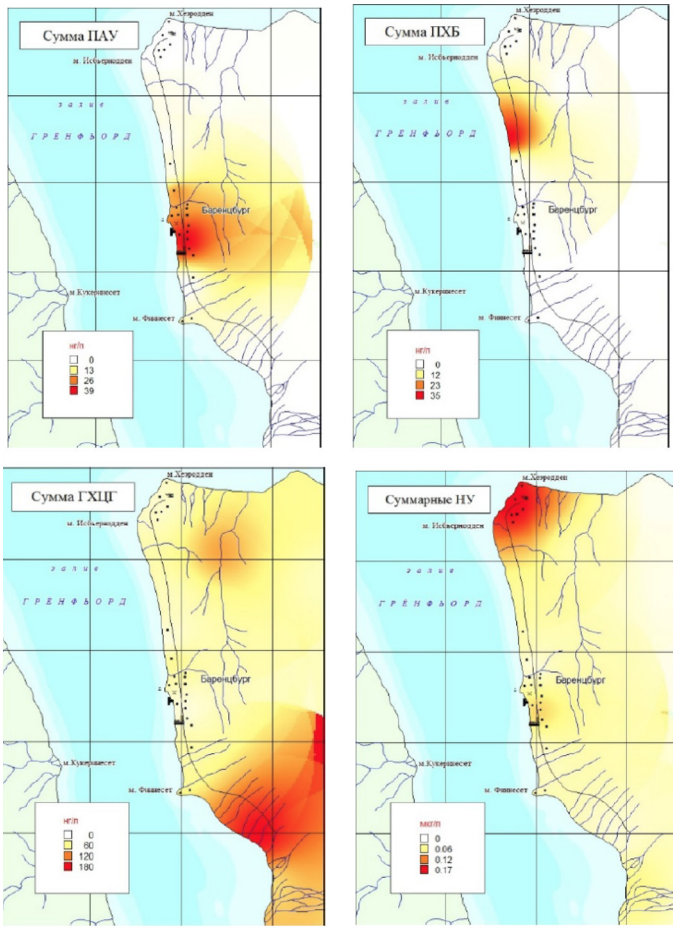


Рис. 4.61. Распределение содержания суммы ПАУ, суммы ПХБ, суммы ГХЦГ и суммарных нефтепродуктов в пробах талого снега в 2019 г.

Морские воды

Отбор проб морских вод производился в восточной части акватории залива Гренфьорд, прилегающей к территории пос. Баренцбург, а также в западной части акватории залива Биллефьорд, прилегающей к территории пос. Пирамида. В пробах морских вод выполнялись определения основных гидрохимических характеристик - водородного показателя (pH), окислительно-восстановительного потенциала (Eh), растворенного кислорода, $БПК_5$, биогенных элементов (кремнекислоты, минеральных форм азота и фосфора и их общего количества) и концентрации взвеси, а также загрязняющих веществ - тяжелых металлов, ПАУ, НУ, неполярных алифатических углеводородов (НАУ), летучих ароматических углеводородов (ЛАУ), индивидуальных фенолов (алкилфенолов, хлорфенолов и нитрофенолов), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), хлорорганические соединения (ХОС), включая полихлорированные бифенилы (ПХБ).

Концентрации СПАВ, фенолов, НАУ и ЛАУ в водах обследованных акваторий за периоды наблюдений были ниже предела чувствительности используемого метода анализа, что не позволяло их надежно идентифицировать. Из загрязняющих веществ в водах обследованных акваторий в 2019 г. были выявлены НУ, ПАУ, ТМ и ХОС.

Суммарное содержание НУ в водах обследованной акватории залива Гренфьорд находились в пределах 2,00 до 42,0 мкг/л. с максимальным содержанием в придонном слое морских вод севернее пос. Баренцбург. Суммарное содержание НУ в водах залива Биллефьорд достигало 1,00 мкг/л.

Из 16 определяемых ПАУ в морских водах залива Гренфьорд были выявлены 12 соединений, а в водах залива Биллефьорд - 3 соединения. Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ в водах восточной акватории залива Гренфьорд в летний период составило 13,4 нг/л, в водах залива Биллефьорд – 6,5 нг/л.

Из ХОС в пробах морской воды заливов Гренфьорд и Биллефьорд за летний период наблюдений 2019 г. было зафиксировано наличие соединений групп ГХЦГ, ДДТ, ПХЦД и ПХБ. Значимых концентраций полихлорбензолов не было обнаружено, однако они определялись во взвешенных взвесях.

Максимальные концентрации всех идентифицированных ХОС в водах залива Гренфьорд составляли: для суммы полихлорбензолов - 0,039 нг/мг в морской взвеси; для суммы ГХЦГ - 1,61 нг/л в морской воде и 0,177 нг/мг в морской взвеси; для суммы ДДТ - 7,62 нг/л в морской воде и 0,012 нг/мг в морской взвеси; для суммы ПХЦД - 1,67 нг/л в морской воде; для суммы ПХБ - 17,6 нг/л в морской воде и 0,143 нг/мг в морской взвеси. Из 15 определяемых индивидуальных ПХБ в морской воде регулярно фиксировались 14 конгенеров.

Максимальные концентрации ХОС в водах залива Биллефьорд составляли: для суммы полихлорбензолов - 0,019 нг/мг в морской взвеси; для суммы ГХЦГ - 1,38 нг/л в морской воде и 0,02 нг/мг в морской взвеси; для суммы ДДТ - 4,42 нг/л в морской воде; для суммы ПХБ - 7,73 нг/л в морской воде и 0,131 нг/мг в морской взвеси. Из определяемых индивидуальных ПХБ в морской воде регулярно фиксировались конгенеры #101, #105, #118, #138, #156 и #187.

Наибольшее содержание определяемых ТМ в пробах морской воды залива Гренфьорд составило: железа - 72,0 мкг/л, марганца - до 4,50 мкг/л, цинка - до 102 мкг/л, меди - до 4,20 мкг/л, никеля - до 16,0 мкг/л, кобальта - до 1,30 мкг/л, кадмия - до 0,42 мкг/л, мышьяка - 9,00 мкг/л, ртути - до 0,008 мкг/л. Концентрации свинца, хрома и олова находились ниже пределов обнаружения.

Максимальные концентрации определяемых тяжелых металлов в пробах морской воды залива Биллефьорд составили: железа - 540 мкг/л, марганца - 7,00 мкг/л, никеля - 15,0 мкг/л, кадмия - 0,37 мкг/л, ртути - 0,006 мкг/л. Содержания остальных металлов находились ниже пределов обнаружения.

Концентрации большей части загрязняющих веществ в морских водах залива Гренфьорд имели значения, характерные для прибрежных районов Норвежского и Северного морей со средним или незначительным уровнем воздействия береговых источников загрязнения на морскую акваторию. Оценка качества морских вод с точки зрения рыбохозяйственных нормативов позволяет классифицировать воды обследованной акватории залива Гренфьорд в летний период 2019 г. в среднем как «умеренно загрязненные», а на отдельных участках как «чистые». На акватории залива Гренфьорд значения большинства основных гидрохимических показателей, а также концентрации загрязняющих веществ в морских водах, не превышали установленных ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов, за исключением значений БПК (до 1,38 ПДК), суммы ПХБ (до 1,76 ПДК), концентраций железа (до 1,44 ПДК), цинка (однократно до 2,04 ПДК) и никеля (до 1,60 ПДК).

В местах поступления неочищенных коммунально-бытовых сточных вод поселка наблюда-

ется локальное загрязнение морских вод, что не оказывает существенного влияния на качество вод залива Гренфьорд в целом.

Оценка качества морских вод залива Биллефьорд в районе пос. Пирамида с точки зрения рыбохозяйственных нормативов позволяет классифицировать воды как «умеренно загрязненные». В 2019 г. на акватории залива Биллефьорд в районе пос. Пирамида значения основных гидрохимических показателей, а также концентраций ЛАУ, ПАУ и ХОС в морских водах не превышали установленных ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов, за исключениями БПК (до 1,32 ПДК), железа (однократно до 1,08 ПДК) и никеля (до 1,50 ПДК).

Поверхностные воды суши

Отбор проб поверхностных вод суши производился в весенний и летний периоды из оз. Биенда-Стемме, используемого для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения пос. Баренцбург, а также реки Грендалсэльва, озер Голубое и Безымянное в летний период. В пробах поверхностных вод выполнялись определения основных гидрохимических характеристик – водородного показателя (pH), окислительно-восстановительного потенциала (Eh), щелочности, растворенного кислорода, биохимического потребления кислорода ($БПК_5$), химического потребления кислорода (ХПК), биогенных элементов (кремнекислоты, минеральных форм азота и фосфора и их общего количества), компонентов минерального состава, а также загрязняющих веществ – тяжелых металлов, ПАУ, НУ, НАУ, ЛАУ, индивидуальных фенолов (алкилфенолов, хлорфенолов и нитрофенолов), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), ХОС, включая ПХБ.

Из загрязняющих веществ в озерных и речных водах в 2019 г. были выявлены НУ, СПАВ, ТМ, соединения групп ПАУ и ХОС.

Концентрации НАУ, ЛАУ и индивидуальных фенолов в поверхностных водах реки и озер за периоды наблюдений были ниже пределов чувствительности методик анализа.

Содержание СПАВ в водах оз. Биенда-Стемме составляло от 13,0 до 13,5 мкг/л, а в летний период не превышало предела обнаружения; в речных водах концентрации СПАВ составляли от 9,0 до 18,0 мкг/л. Содержание СПАВ в водах озер Голубое и Безымянное в летний период наблюдений находилось ниже предела обнаружения.

Суммарное содержание НУ в поверхностных водах оз. Биенда-Стемме в весенний период наблюдений составляло в среднем 2,9 мкг/л, летом достигало 11,0 мкг/л, в озерах Голубое и Безымянное составляло 8,0 мкг/л. В водах реки содержание НУ колебалось от 74,0 до 97,0 мкг/л при среднем значении 85,5 мкг/л.

В водах оз. Биенда-Стемме в весенний период наблюдений удалось идентифицировать только одно соединение ПАУ - бенз/b/флуорантен, с максимальной концентрацией 0,10 нг/л. В летний период в оз. Биенда-Стемме было выявлено 8 соединений ПАУ, в оз. Голубое - 4 и в оз. Безымянное - 6 соединений. Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ в водах оз. Биенда-Стемме в весенний период составило 18,3 нг/л, а в летний период - 19,5 нг/л, в оз. Голубое в летний период - 6,0 нг/л, в водах озера Безымянное - 33,0 нг/л.

В воде р. Грендалсэльва были зафиксированы 11 соединений ПАУ. Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ в речных водах составило 14,5 нг/л.

Из ХОС в воде р. Грендалсэльва были выявлены соединения групп ГХЦГ, ДДТ, ПХЦД и ПХБ, их средние суммарные содержания составили соответственно: 1,30; 5,96; 0,05; 8,36 нг/л. В водах оз. Биенда-Стемме в весенний период наблюдений не удалось идентифицировать соединения группы ХОС. В летний период были зафиксированы соединения групп ГХЦГ, ДДТ и ПХБ, их средние суммарные содержания составили 1,24; 3,67 и 8,46 нг/л соответственно. В водах оз. Голубое и Безымянное идентифицировались соединения групп ГХЦГ, ДДТ и ПХБ. Их суммарные концентрации в водах оз. Голубое составили: ГХЦГ - 1,19 нг/л, ДДТ - 3,68 нг/л, ПХБ - 9,26 нг/л. В водах оз. Безымянное суммарное содержание ХОС составило: ГХЦГ - 0,95 нг/л, ДДТ - 2,81 нг/л, ПХБ - 8,91 нг/л.

В весенний период максимальные концентрации ТМ в водах оз. Биенда-Стемме составили: марганца - 1,20 мкг/л, цинка - 6,10 мкг/л. Концентрации железа, меди, никеля, кобальта, свинца, кадмия, хрома, ртути, мышьяка и олова не превышали пределов чувствительности используемого метода анализа. В летний период в озерных водах максимальные концентрации составили: цинка - 7,0 мкг/л, меди - 1,3 мкг/л, кобальта - 1,02 мкг/л, ртути - 0,006 мкг/л, остальные ТМ находились ниже предела обнаружения.

В водах оз. Голубое содержание ТМ составило: марганца - 1,00 мкг/л, кобальта - от 2,10 мкг/л, ртути - 0,003 мкг/л. Концентрации железа, цинка, меди, никеля, свинца, кадмия, хрома, мышьяка и олова не достигали уровня чувствительности используемого метода анализа. Содержание ТМ в водах оз. Безымянное было следующим: марганца - от 3,10 мкг/л, кобальта - 3,70 мкг/л, ртути - 0,006 мкг/л. Концентрации железа, цинка, меди, никеля, свинца, кадмия, хрома, мышьяка и олова не достигали уровня чувствительности используемого метода анализа.

Анализ проб речных вод выявил следующие максимальные содержания тяжелых металлов: марганца - 93,0 мкг/л (средняя концентрация 84,5 мкг/л), никеля - 2,20 мкг/л (средняя концентрация 1,10 мкг/л), кобальта - 3,10 мкг/л (средняя концентрация 3,00 мкг/л), ртути - 0,007 мкг/л. Концентрации железа, цинка, меди, свинца, кадмия, хрома, мышьяка и олова находились ниже пределов обнаружения.

Сравнительная характеристика концентраций загрязняющих веществ в поверхностных водах суши в районе поселков Баренцбург и Пирамида представлена на рис. 4.62.

Исследования поверхностных вод р. Грендалсэльва и озер Биенда-Стемме, Голубое и Безымянное в периоды наблюдений в 2019 г. не выявили превышения российских гигиенических нормативов по качеству питьевой воды и воды хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, а также нор-мативов качества воды, установленных в странах ЕС. Таким образом, с точки зрения санитар-нохимических требований воды озер Биенда-Стемме, Голубое и Безымянное могут использоваться для целей хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования без дополнительной водоподготовки.

За весенний период наблюдений 2019 г. в водах оз. Биенда-Стемме не было зафиксировано превышений ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов. За летний период наблюдений превышения ПДК наблюдались превышения ПДК по БПК (до 1,2 ПДК) и меди (1,3 ПДК). В водах р. Грендалсэльва были отмечены превышения ПДК марганца (до 9,3 ПДК), НУ (до 1,9 ПДК) и БПК (до 1,2 ПДК). Превышений ПДК гидрохимических параметров и содержания остальных ЗВ в водах реки не было установлено. В оз. Голубое было зафиксировано превышение ПДК нитритов (3,8 ПДК) и БПК (1,36 ПДК). В водах оз. Безымянное было зафиксировано превышение ПДК по БПК в 1,01 раза. Превышений ПДК гидрохимических параметров и содержания остальных ЗВ в водах озера не было установлено.

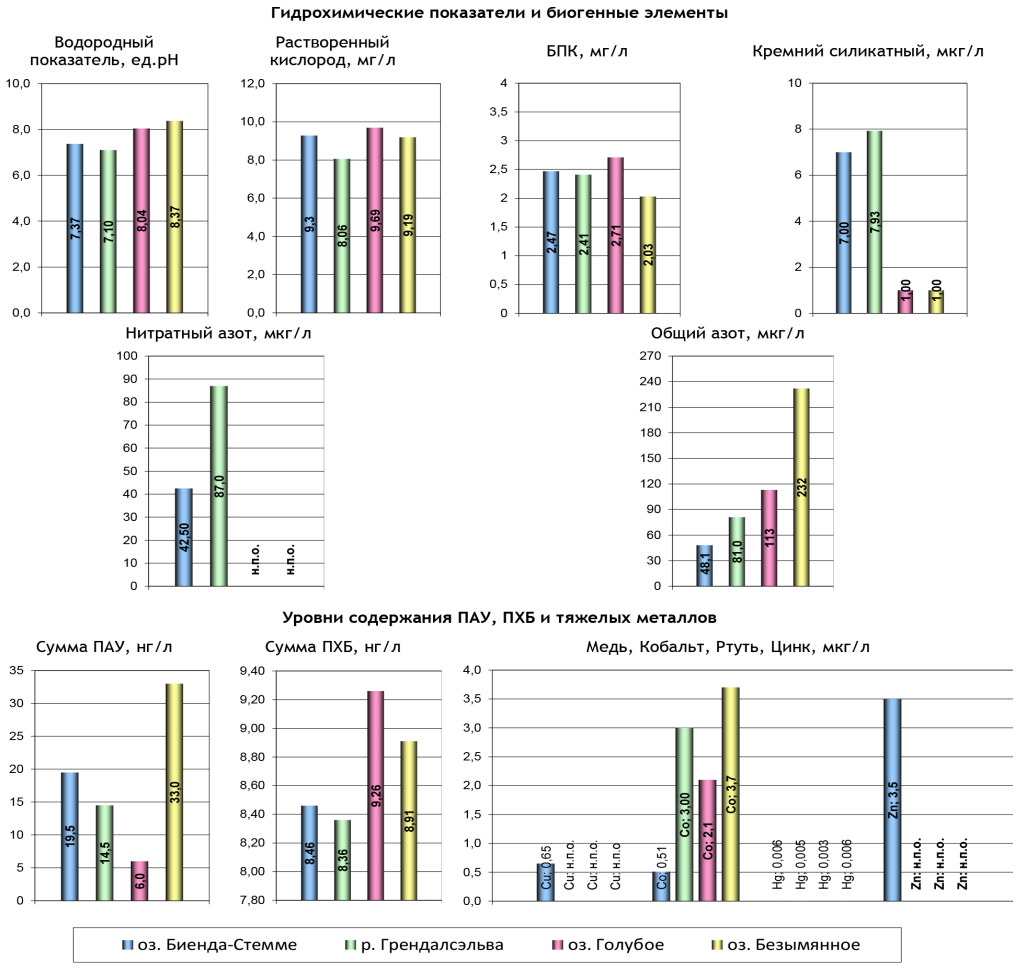


Рис. 4.62. Средние значения основных гидрохимических показателей и загрязняющих веществ поверхностных вод суши в летний период

В соответствии с принятой классификацией вод по индексу УКИЗВ воды оз. Биенда-Стемме в весенний и летний периоды наблюдений 2019 г., а также воды озер Голубое и Безымянное в летний период классифицировались как «условно чистые». Вода р. Грендалсэльва в 2019 г. классифицировалась как «слабо загрязненная».

Донные отложения

В донных отложениях обследованных частей акваторий заливов Гренфьорд и Биллефьорд, а также и водоемов суши (озер Голубое, Безымянное, Биенда-Стемме и р. Грендалсэльва) проводилось определение содержания загрязняющих веществ: НУ, НАУ, ПАУ, фенолов, ТМ и ХОС.

Суммарное содержание НУ достигало 217 мкг/г при среднем значении 135 мкг/г для морских донных отложений залива Гренфьорд; 35,2 мкг/г (среднее - 31,4 мкг/г) для речных донных отложений; в донных отложений оз. Биенда-Стемме - 9,09 мг/кг; для морских донных отложений залива Биллефьорд содержание НУ составляло 170 мкг/г, при максимальном значении - 6,68 мкг/г для донных отложений оз. Голубое и 5,79 мкг/г для донных отложений оз. Безымянное.

Концентрации НАУ и фенолов в морских отложениях и донных отложениях суши находились ниже предела обнаружения применявшегося аналитического метода, что не позволяло их надежно идентифицировать.

Из 16 определяемых ПАУ в донных отложениях прибрежной части заливов Гренфьорд и Биллефьорд, в донных отложениях р. Грендалсэльва и оз. Голубое были обнаружены все соединения. В донных отложениях оз. Биенда-Стемме и Безымянное - по 15 соединений ПАУ.

В 2019 г. среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ составляло в донных отложениях оз. Биенда-Стемме 98 нг/г, оз. Голубое - 132 нг/г, в оз. Безымянное - 704 нг/г, р. Грендалсэльва - 441 нг/г, залива Гренфьорд - 1246 нг/г, залива Биллефьорд - 1813 нг/г.

Из определяемых ХОС в пробах донных отложений было зафиксировано наличие полихлорбензолов и соединений групп ГХЦГ, ДДТ и ПХБ. Из определяемых индивидуальных ПХБ в морских донных отложениях залива Гренфьорд были выявлены 11 конгенеров, залива Биллефьорд - 13; в речных - 2; в озерных - 7 для донных отложений оз. Биенда-Стемме, 12 для оз. Голубое и 6 для оз. Безымянное. Максимальные концентрации суммы хлорбензолов в донных отложениях составили: оз. Биенда-Стемме - 0,39 нг/г, оз. Голубое - 0,74 нг/г, оз. Безымянное - 0,70 нг/г; в речных - 0,52 нг/г; в морских: залива Гренфьорд - 0,98 нг/г, залива Биллефьорд - 0,72 нг/г. Максимальные концентрации суммы ГХЦГ составили 3,58 нг/г в морских донных отложениях залива Гренфьорд. Максимальные концентрации в донных отложениях для суммы ДДТ составляли: залива Гренфьорд - 36,6 нг/г, залива Биллефьорд - 3,37 нг/г, р. Грендалсэльва - 0,53 нг/г, оз. Биенда-Стемме - 0,77 нг/г, оз. Голубое - 6,35 нг/г, оз. Безымянное - 4,09 нг/г. Максимальные концентрации в донных отложениях суммы ПХБ составили: залива Гренфьорд - 17,6 нг/г, залива Биллефьорд - 59,8 нг/г, р. Грендалсэльва - 0,30 нг/г, оз. Биенда-Стемме - 1,97 нг/г, оз. Голубое - 20,1 нг/г, оз. Безымянное - 1,62 нг/г. Содержание полихлорциклодиенов в морских и пресноводных донных отложениях, а также соединений групп ГХЦГ в речных, озерных и морских донных отложениях залива Биллефьорд не превышало предела обнаружения (<0,05 нг/г).

В донных отложениях залива Гренфьорд было отмечено превышение ДК для суммарных НУ до 4,35 ДК; суммы ПАУ - 1,71 ДК; β-ГХЦГ - до 3,58 ДК; суммы ДДТ - до 14,6 ДК. В донных отложениях залива Биллефьорд были однократно зафиксированы превышения ДК суммарных НУ до 3,4 ДК, суммы ПАУ до 1,8 ДК, суммы ДДТ до 1,3 ДК, суммы ПХБ до 3,0 ДК. Остальные нормируемые показатели загрязняющих веществ (ЗВ) не превышали ДК.

В донных отложений р. Грендалсэльва нормируемые показатели ЗВ не превышали ДК. В донных отложениях оз. Биенда-Стемме было отмечено превышение ДК содержания никеля (до 1,4 ДК) и кобальта (1,25 ДК). В донных отложениях озера Голубое было зафиксировано превышение ДК для суммы ДДТ (2,5 ДК) и суммы ПХБ (1,01 ДК), а в оз. Безымянное фиксировались превышения ДК никеля (1,4 ДК) и суммы ДДТ (1,6 ДК). Остальные нормируемые показатели ЗВ не превышали ДК. Во всех случаях зафиксированные превышения ДК в донных отложениях не достигал уровня вмешательства.

Речные и озерные донные отложения характеризуются «умеренной» степенью загрязнения бенз/а/пиреном (менее 20-30 нг/г). Морские донные отложения характеризуются «значительной» степенью загрязнения бенз/а/пиреном (59,5 нг/г в донных отложениях залива Биллефьорд, 27,5-57,5 нг/г в заливе Гренфьорд). Источником загрязнения донных отложений устья реки, по-видимому, являются выходы на поверхность горных выработок рудника «Баренцбург» и отвалы породы, содержащей примесь угля, расположенные на террасе правого склона долины Грендален.

В целом вклад техногенной составляющей в формирование уровней содержания загрязняю-

щих веществ в донных отложениях заливов Гренфьорд и Биллефьорд существенен, так как отмечается повсеместное загрязнение отложений НУ, ПАУ и ПХБ.

Почвы

В почвах территории поселков Баренцбург и Пирамида, а также их окрестностей проводилось определение содержания НУ, НАУ, ЛАУ, ПАУ, ТМ и ХОС. Интервалы и средние значения содержания загрязняющих веществ приведены в табл. 4.22.

Проведенный анализ показал, что основной вклад в загрязнение почв поселков Баренцбург и Пирамида вносят мышьяк, медь, НУ, бенз/а/пирен, суммарное содержание ПАУ и сумма ПХБ; в пос. Баренцбург дополнительно - свинец, в пос. Пирамида - никель и сумма ДДТ, а также в районе северо-восточного склона г. Гренфьордфьеллет - марганец.

Согласно МУ 2.1.7.730-99 бенз/а/пирен и мышьяк являются загрязняющими веществами первого класса опасности. Почвы с концентрациями бенз/а/пирена от 1 до 2 ПДК, согласно этому нормативному документу, относятся к «слабой» категории загрязнения, от 2 до 5 ПДК - к «сильной» категории и при загрязнении выше 5 ПДК - к «очень сильной». Почвы пос. Баренцбург в районе расположения вертолетной площадки, в районе консульства, расположения отвалов горных пород и шлака от ТЭЦ, расположения ЗГМО и склада стройматериалов классифицируются как «очень сильно загрязненные».

Максимальное содержание бенз/а/пирена в почве в районе расположения вертолетной площадки составляло 126-257 нг/г (6,29-12,8 ПДК), в верхних слоях почвы в районе консульства и расположения отвалов горных пород и шлака от ТЭЦ - 6,0 и 6,53 ПДК соответственно, в нижних слоях почвы в районе расположения ЗГМО и склада стройматериалов - 5,5 и 5,7 ПДК соответственно, что позволяет отнести почвы этих районов к «очень сильно загрязненным». В районе расположения склада горношахтного оборудования, а также в верхних слоях почвы в районе расположения ЗГМО и склада стройматериалов, значения концентрации бенз/а/пирена варьировались от 40,3 до 59,8 (2,02-2,99 ПДК), что позволяет отнести почвы этих районов к «сильной» категории загрязнения. В нижних слоях почвы в районе расположения консульства и отвалов горных пород и шлака от ТЭЦ содержание бенз/а/пирена варьировалось от 20,1 до 37,5 нг/г (1,01 – 1,88 ПДК), что соответствует «слабой» категории загрязнения. Максимальные содержания бенз/а/пирена в почве на территории пос. Пирамида составляло 995 – 2523 нг/г (49,7-126 ПДК), а в нижнем слое почвы в районе порта - 109 нг/г (5,43 ПДК), следовательно, почвы этого района классифицируются как «очень сильно загрязненные». В нижнем слое почвы, отобранной в западной части пос. Пирамида, содержание бенз(а)пирена составляло от 75,5 нг/г (3,58 ПДК), следовательно, почвы характеризуются «сильным» загрязнением. Район отвалов пос. Пирамида характеризуются «слабой» категорией загрязнения, так как содержание бенз/а/пирена в почвах составляло 20,8 нг/г (1,04 ПДК).

Для неорганических и органических ЗВ предусмотрены разные критерии оценки степени загрязненности почв. Почвы с содержанием мышьяка от фоновых значений до ПДК относятся к «слабо загрязненным», от ПДК до 15,0 мкг/г (значение $К_{max}$) и выше - к «очень сильно загрязненным». В районе пос. Баренцбург максимальная концентрация мышьяка в почве фиксировалась в районе мыса Дрессельхус - 26 мкг/г (13 ПДК), при средней концентрации мышьяка на всей обследованной территории, включая фоновый полигон - 12,2 мкг/г (6,10 ПДК), следовательно, почвы пос. Баренцбург и его окрестностей относятся к «очень сильно загрязненным». Максимальная концентрация мышьяка в почве в окрестностях пос. Пирамида наблюдалась возле здания дома культуры и в районе озера Голубое и составляла 7,00 мкг/г (3,50 ПДК), при средней концентрации мышьяка на всей обследованной территории 4,58 мкг/г (2,29 ПДК). Следовательно, почвы пос. Пирамида и его окрестностей относятся к «очень сильно загрязненным».

Для отобранных проб почвы были рассчитаны суммарные показатели химического загрязнения Zc по тем загрязняющим веществам, концентрации которых превышали установленные ПДК. На основании комплексной оценки степени загрязненности почв по показателю *Zc* на территории поселков Баренцбург, Пирамида и их окрестностей выявлены районы с различным уровнем загрязнения:

– **чрезвычайно опасным уровнем загрязнения почв** по содержанию суммы ПХБ, НУ, суммарному содержанию ПХБ (в том числе бенз/а/пирена) и мышьяка - в западной части пос. Пирамида возле здания дома культуры;

– **опасной степенью загрязнения почв** по со-держанию бенз/а/пирена и суммарных ПАУ, суммарному содержанию ПХБ и по концентрации мышьяка и свинца - в районе расположения консульства в пос. Баренцбург;

– **умеренно опасной степенью загрязнения** по содержанию НУ, суммарному содержанию

.

Таблица 4.22. Диапазон и средние значения концентраций загрязняющих веществ в пробах почвы в 2019 г.

Показатели	пос. Баренцбург и окрестности				пос. Пирамида и окрестности			
	Интервал			Среднее	Интервал			Среднее
Суммарные НУ, мкг/г	4.02	–	538	95.7	1.63	–	444	93,7
Сумма НАУ (C_{15}-C_{31}), мкг/г	<0.1			<0.1	<0.1			<0.1
Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), нг/г								
Нафталин	<1.2	–	855	141	<1.2	–	805	120
Аценафтилен	11.1	–	773	205	<1.2	–	381	96.7
Аценафтен	<1.2	–	157	34.8	<1.2	–	567	71.0
Флуорен	<1.2	–	38.1	4.69	0.06	–	35.9	6.3
Фенантрен	13.6	–	2162	500	25.0	–	3789	580
Антрацен	<1.2	–	144	14.4	<1.2	–	843	98.2
Флуорантен	1.90	–	1249	130	3.60	–	5044	614
Пирен	4.20	–	1123	129	5.50	–	3939	497
Бенз(а)антрацен	<1.2	–	334	40	2.10	–	1665	207
Хризен	8.90	–	457	116	7.20	–	1489	215
Бенз(b)флуорантен+перилен	<1.2	–	1027	54	2.40	–	667	104
Бенз(k)флуорантен	<1.2	–	229	20.7	0.46	–	779	97.7
Бенз(а)пирен	1.60	–	257	42.8	1.20	–	2523	315
Дибенз/ah/антрацен	<1.2	–	18.4	2.98	0.27	–	111	14.0
Бенз(g, h, i)перилен	3.60	–	155	22.2	4.60	–	593	117
Индено(1,2,3- cd)пирен	<1.2	–	219	30.1	1.70	–	930	133
Сумма ПАУ*	65.4	–	7007	1486	59.1	–	23419	3287
Тяжелые металлы, мкг/г								
Железо	17.0	–	37.0	26.4	7.30	–	34.0	19.4
Марганец	130	–	2200	314	120	–	690	368
Цинк	44.0	–	82.0	57.8	40.0	–	125	69.9
Медь	13.1	–	37.0	20.4	11.3	–	38.0	22.2
Никель	17.0	–	34.0	22.9	13.0	–	39.0	26.1
Кобальт	6.90	–	17.0	11.3	4.00	–	15.0	9.45
Свинец	7.80	–	1400	73.6	9.20	–	17.0	12.8
Кадмий	0.00	–	0.43	0.19	0.00	–	0.28	0.15
Хром	26.0	–	50.0	33.4	16.0	–	38.0	27.1
Ртуть	0.024	–	0.336	0.079	0.007	–	0.104	0.042
Мышьяк	7.00	–	26.0	12.2	2.00	–	7.00	4.58
Хлорорганические соединения, нг/г								
Сумма хлорбензолов*	<0.1	–	1.40	0.44	0.10	–	2.24	0.94
Сумма ГХЦГ*	<0.1			<0.1	<0.1	–	62.0	5.22
Сумма ДДТ*	<0.1	–	37.8	3.98	3.70	–	44.6	25.3
Сумма ПХЦД*	<0.1			<0.1	<0.1			–
Сумма ПХБ*	0.16	–	338	46.4	2.08	–	331	132

**Примечание: Сумма ПАУ – сумма концентраций 16-ти приоритетных ПАУ: нафталина, аценафтилена, флуорена, аценафтена, фенантрена, антрацена, флуорантена, пирена, бенз/а/антрацена, хризена, бенз/b/флуорантена, бенз/k/флуорантена, бенз/а/пирена, дибенз/ah/антрацена, индено/123cd/пирена, бенз/ghi/перилена;*
Сумма полихлорбензолов – сумма концентраций пентахлорбензола и гексахлорбензола;
Сумма ГХЦГ – сумма концентраций ?-, ?- и ?- изомеров ГХЦГ;
Сумма ДДТ – сумма концентраций 2.4 ДДЕ, 4.4 ДДЕ, 2.4 ДДД, 4.4 ДДД, 2.4 ДДТ и 4.4 ДДТ;
Сумма полихлорциклодиенов – сумма концентраций гептахлора, альдрина, октахлорстирола, гептахлорэпоксида, транс-хлордана, цис-хлордана, транс-нонахлора, цис-нонахлора, фотомирекса, мирекса;
Сумма ПХБ – сумма концентраций конгенеров #28, #31, #52, #99, #101, #105, #118, #128, #138, #153, #156, #170, #180, #183, #187.

ПХБ, суммарному содержанию ПАУ, концентрации бенз/а/пирена и мышьяка - в районе склада стройматериалов и возле вертолетной площадки в районе пос. Баренцбург;

– **допустимой степенью загрязнения** по общему содержанию НУ, суммарному содержанию ПХБ, суммарному содержанию ПАУ, бенз/а/пирена, марганца, меди, свинца и мышьяка - на остальной территории.

Сопоставление с характером многолетнего загрязнения почвенного покрова, определенного в период с 2015 по 2018 гг., свидетельствует о колебаниях загрязнения почвы в окрестностях пос. Баренцбург при росте загрязненности почв на фоновых территориях и на территории поселка (рис. 4.63).



Рис. 4.63. Межгодовая изменчивость суммарного показателя химического загрязнения Zc в районе пос. Баренцбург, его окрестностях и фоновых территориях в период 2015-2019 гг. и осредненные значения за 2002-2019 гг.

По данным опубликованных зарубежных исследований, содержание практически всех определяемых загрязняющих веществ в почвах, отобранных на территориях фонового мониторинга, были близки к уровням их содержания в почвах других фоновых районов Арктики.

Почвенные воды

В летний период были обследованы почвенные воды в районе поселков Баренцбург и Пирамида. В 2019 г. проводилось определение основных гидрохимических параметров (окислительно-восстановительного потенциала (Eh); водородного показателя (pH); щелочности; биохимического и химического потребления кислорода); содержания компонентов минерального состава (сероводорода и сульфидов, кремния силикатного); содержания соединений азота и фосфора (нитритного, нитратного и аммонийного азота, фосфатного и общего фосфора); концентраций загрязняющих веществ (ТМ; ПАУ; НУ; НАУ (C_{15}-C_{31}); индивидуальных фенолов (алкилфенолов, хлорфенолов и нитрофенолов); синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ); ХОС, включая ПХБ).

СПАВ были зафиксированы в почвенных водах в районе пос. Баренцбург, их среднее содержание составляло 16,0 мкг/л. В районе пос. Пирамида содержание СПАВ в почвенных водах находилось ниже пределов обнаружения (<25,0 мкг/л).

Концентрации НУ в районе пос. Баренцбург, находились в пределах от 6,00 до 16,0 мкг/л при среднем содержании 10,6 мкг/л. Содержание НУ в почвенных водах пос. Пирамида составило 7,0 мкг/л.

Из определяемых ПАУ в почвенных водах пос. Баренцбург были выявлены: флуорен, аценафтен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(b)флуорантен и бенз(a)пирен, бенз(k)флуорантен, дибенз(ah)антрацен, бенз(a)антрацен и хризен. В почвенных водах пос. Пирамида были выявлены: нафталин, флуорен, аценафтен и хризен. Содержание нафталина достигало 4,0 нг/л, флуорена, аценафтена и хризена - по 1,0 нг/л.

В почвенных водах в районе пос. Баренцбург, суммарное содержание ПАУ изменялось от 13,0 до 18,0 нг/л при среднем значении 14,8 нг/л., а максимальные значения фиксировались в районе свалки бытовых отходов. Суммарное содержание соединений группы ПАУ в почвенных водах в районе отвалов пос. Пирамида составило 7,0 нг/л.

Из определяемых ХОС в почвенных водах было зафиксировано наличие соединений групп ГХЦГ, ДДТ, ПХЦД и ПХБ. В почвенных водах в районе пос. Баренцбург, суммы изомеров ГХЦГ достигали значений до 1,56 нг/л; суммы изомеров ДДТ - до 8,30 нг/л; суммы изомеров ПХЦД - 1.38 нг/л. В районе пос. Пирамида суммарное содержание ГХЦГ в пробе, отобранной достигало 1,33 нг/л, ДДТ - 3,84 нг/л.

Для почвенных вод в районе расположения пос. Баренцбург превышение допустимых концентраций и уровней вмешательства, установленных «голландскими листами» (Neue Niederlandische Liste), составляло: для никеля до 17,3 ДК и до 3,47 УВ; для цинка до 2,31 ДК; для кобальта до 4,9 ДК; бенз/а/пирена до 2,0 ДК, суммы ПХБ до 2,81 ДК в районе расположения консульства. Все зафиксированные превышения ДК и УВ металлов были обнаружены в районе р. Грендалсэльва и в районе мыса Дрессельхус. Содержание меди в почвенных водах превышало установленные значения ПДК для рыбохозяйственных водоемов до 3,9 ПДК, марганца - до 280 ПДК. Содержание остальных ЗВ составляло десятые и сотые доли ДК. Для почвенных вод в районе расположения пос. Пирамида превышение ДК, установленных «Neue Niederlandische Liste», было отмечено для

НУ до 1,7 ДК. Содержание ПАУ и ТМ составляло десятые и сотые доли ДК.

По остальным нормируемым показателям превышений не было выявлено. На остальной территории как фонового, так и локального мониторинга концентрации ТМ в почвенных водах находились на уровнях, характерных для грунтовых и поверхностных вод арктических территорий в районах добычи угля. Таким образом, согласно критериям санитарно-гигиенической оценки опасности загрязнения питьевой воды и источников водоснабжения химическими веществами, в пос. Баренцбург отмечается удовлетворительная ситуация, а состояние почвенных вод в пос. Пирамида соответствует «относи-тельно удовлетворительной ситуации».

В целом химический состав почвенных вод является характерным для верхнего деятельного слоя вод урбанизированных районов, одним из основных источником питания которых являются атмосферные осадки с заметным содержанием загрязняющих веществ.

Растительный покров

В растительном покрове территорий в районах расположения поселков Баренцбург и Пирамида, проводилось определение ПАУ, хлорорганических соединений (включая ПХБ) и ТМ. Учитывая, что наиболее представительными видами растительности, встречающимися на всех выбранных площадках, являются мхи и сосудистые растения, ниже приводятся сведения об уровнях содержания ЗВ, определенных для этих растений.

Уровни загрязнения растительного покрова изучаемого региона обусловлены несколькими факторами. Из-за отсутствия развитой корневой системы содержание ЗВ во мхах в значительной степени зависит от химического состава атмосферных осадков. В силу своего приземного расположения, а также благодаря большой поверхности, мхи способны аккумулировать большое количество пыли и атмосферных аэрозолей. Таким образом, загрязнение мхов в большей степени зависит от загрязнения атмосферного воздуха. В то же время содержание загрязняющих веществ в сосудистых растениях, прежде всего, определяется их концентрациями в почве и почвенных водах.

Максимальные значения суммарного содержание ПАУ для мхов в районе пос. Баренцбург было отмечено в районе расположения свалки бытовых отходов, а для сосудистых растений - в районе расположения ЗГМО. Максимальное суммарное содержание ПАУ в районе пос. Пирамида для мхов было отмечено в районе порта, а для сосудистых растений - на территории пос. Пирамида в районе расположения дом культуры.

Максимальные значения содержания суммы ХОС во мхах и сосудистых растениях в районе пос. Баренцбург были отмечены в районе расположения консульства, а также в районе расположения ЗГМО (район отвала №1) по содержанию ДДТ во мхах и сосудистых растениях, и в районе оз. Биенд-Стемме по содержанию хлорбензолов во мхах. В районе пос. Пирамида наибольшие суммарные концентрации ДДТ для мхов и сосудистых растений были отмечены в районе расположения дома культуры. В районе порта отмечены наибольшие суммарные концентрации хлорбензолов и ПХБ для мхов. Для сосудистых растений наибольшие суммарные концентрации хлорбензолов наблюдались в западной части поселка, ПХБ - в окрестностях оз. Голубое.

В растительности в районе поселков Баренцбург и Пирамида, были зафиксированы все контролируемые ТМ. Такие металлы как железо, марганец, цинк, медь, никель и хром были идентифицированы во всех без исключения отобранных образцах мхов и сосудистых растений.

В целом относительно более высокие концентрации практически всех загрязняющих веществ были отмечены для мхов, более низкие - для сосудистых растений. Содержание кобальта во мхах было выше, чем в сосудистых растениях в 7,7 раза в пос. Баренцбург и 30 раз в пос. Пирамида, свинца - в 5,4 и 12 раза, железа - в 8,6 и 8,8 раза. Суммарное содержание ПАУ во мхах также превышало значения в сосудистых растениях в среднем в 6,5 раза в пос. Баренцбург и 1,5 раза в пос. Пирамида, сумма ПХБ - в 3,4 и 1,5 раза соответственно, хлорбензолов - в 4 раза в пос. Баренцбург.

Уровни содержания ХОС в растительности исследуемого района были выше, чем в растительности других фоновых арктических регионов. Так, средняя концентрация суммы полихлорбензолов во мхах превышала значения, характерные для Арктических тундр, в 3,1 раза, а в сосудистых растениях - в 1,9 раза. На участках фонового мониторинга среднее содержание суммарных ПХБ во мхах превышало фоновые значения в 4,3 раза, в сосудистых растениях - в 1,1 раза. Во мхах на территории пос. Баренцбург и его окрестностей, среднее содержание ПХБ превышало фоновые в 9,1 раза, в сосудистых растениях - в 5,3 раза. Максимальные значения ПХБ наблюдались в растительности в районе расположения консульства.

Среднее содержание суммы хлорбензолов на участках фонового мониторинга, превышало значения, характерные для фоновых районов Арктики, в 4,5 раза для мхов и в 1,7 раза для

сосудистых растений. Во мхах и сосудистых растениях в районе пос. Баренцбург и его окрестностей, среднее содержание суммы хлорбензолов превышало фоновые значения в 2,1 раза. Максимальные суммы хлорбензолов наблюдались в растительности в районе оз. Биенда-Стемме для мхов и в районе консульства для сосудистых растений.

Средние значения суммы ДДТ на участках фонового мониторинга превышали фоновые 1,5 раза для сосудистых растений и не превышали для мхов. Во мхах в районе пос. Баренцбург и его окрестностей, среднее содержание суммы ДДТ превышало фоновые значения в 2,1 раза, а в сосудистых растениях - в 2,7 раза. Максимальные суммы ДДТ наблюдались в растительности в районе расположения ЗГМО.

Уровни содержания ПАУ, а также ТМ: ртути, свинца и кадмия в растительности обследованной территории были выше фоновых значений, характерных для других районов Арктики. Во мхах на участках фонового мониторинга, среднее содержание суммарных ПАУ превышало фоновые значения в 2,8 раза, в сосудистых растениях - в 7 раз. На территории пос. Баренцбург и его окрестностей среднее содержание ПАУ во мхах превышает фоновые в 13,4 раза, в образцах сосудистых растений - в 4,0 раза. Максимальные значения ПАУ наблюдались в растительности в районе свалки бытовых отходов и ЗГМО.

Среднее содержание свинца на участках фонового мониторинга, превышало значения, характерные для фоновых районов Арктики, в 1,3 раза для мхов и в 66,1 раза для сосудистых растений. Во мхах в районе пос. Баренцбург и его окрестностей, среднее содержание свинца превышало фоновые значения в 1,6 раза, в сосудистых растениях - в 51,1 раза. Максимальные концентрации свинца наблюдались в растительности в районе свалки бытовых отходов для мхов и на восточном склоне г. Стурхеда для сосудистых растений.

На территории пос. Баренцбург и его окрестностей среднее содержание ртути во мхах превышало фоновые в 1,2 раза. Во мхах на участках фонового мониторинга, а также во всех сосудистых растениях не было обнаружено превышений содержания ртути относительно значений, характерных для фоновых районов Арктики.

Средние концентрации кадмия вне пос. Баренцбург превышали значения характерные для фоновых районов Арктики в 4,8 раза для мхов. Во мхах и сосудистых растениях в районе пос. Баренцбург и его окрестностей, среднее содержание кадмия превышали фоновые значения в 1,7 раза.

Уровни содержания сумм ГХГЦ и ПХЦД в растительности в районе пос. Баренцбург не превышали фоновые значения, характерные для арктических регионов.

В растительном покрове в районе порта пос. Пирамида содержание суммарных ПАУ превышали значения, характерные для фоновых районов Арктики в 1,7 раза, а в сосудистых растениях превышение не наблюдалось. На территории пос. Пирамида и его окрестностей среднее содержание ПАУ во мхах превышало фоновые в 3,1 раза, в сосудистых растениях - в 4,4 раза. Максимальные значения ПАУ в растительности наблюдались в районе порта.

Среднее содержание свинца во мхах на территории пос. Пирамида, превышали значения, характерные для фоновых районов Арктики, в 1,5 раза, в сосудистых растениях - в 25 раз. В сосудистых растениях на удаленной точке к западу от пос. Пирамида средние концентрации свинца превышали значения, характерные для фоновых районов Арктики, в 15 раз. Во мхах на западной территории пос. Пирамида содержание свинца не превышало фоновых значений.

Уровни содержания ртути, кадмия, а также сумм ПХБ, ГХГЦ и ПХЦД в растительности в районе пос. Пирамида, не превышали фоновые значения, характерные для арктических регионов. Таким образом, доминирующими группами загрязняющих веществ в растительном покрове обследованных территорий являются ПАУ и ХОС. В отдельных районах были отмечены значительные превышения фоновых уровней по содержанию ТМ.

Многолетние наблюдения за характером загрязненности растительного покрова, выполненные в период 2015-2019 гг., показали, что доминирующими группами загрязняющих веществ являются ХОС (ПХБ, ХБ и ДДТ), а также ПАУ и свинец (рис. 4.64).

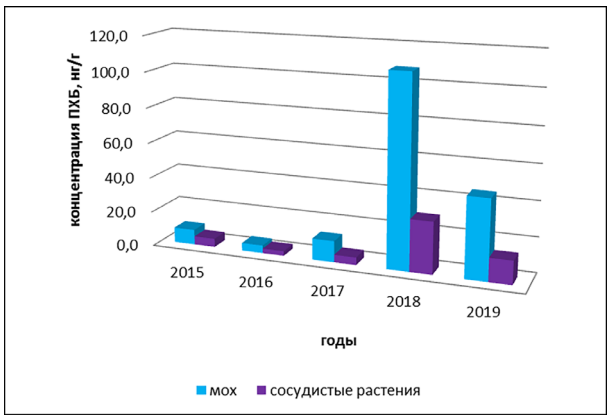


Рис. 4.64. Изменение средних концентраций ПХБ в растительности за период 2015-2019 гг.

Заключение

Подразделениями Росгидромета в 2019 г. так же, как и на протяжении ряда десятилетий, проводились регулярные наблюдения за параметрами абиотической составляющей природной среды, гелиогеофизической и радиационной обстановкой, работы по оперативному выявлению последствий техногенных аварий, а также высоких уровней загрязнения, обусловленных другими причинами. Анализ данных мониторинга загрязнения окружающей среды выполнен с учетом климатических особенностей и антропогенной нагрузки на территории России.

2019 г. в России был очень теплым: 4-й в ряду с 1936 г., средняя по РФ аномалия температуры - отклонение от среднего за базовый период 1961-90 гг. - составила +2.07°С (2018 г. - девятый в многолетнем ряду). В Центральном, Южном, Северо-Кавказском и Дальневосточном федеральных округах (ФО) 2019 г. был среди трех самых теплых за многолетний период. На многих станциях в этих округах и Сибирском ФО годовая температура вошла в 5% самых высоких.

Линейный тренд роста осредненный по России среднегодовой температуры составил +0,47°С/10 лет.

Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры отмечена на побережье Северного Ледовитого океана, особенно на азиатской территории страны (на Таймыре и на побережье Восточно-Сибирского моря линейный тренд составил +0,80°С/10 лет и +1,10°С/10 лет соответственно).

На фоне общего роста осадков средняя сумма осадков по России в 2019 г. составила 108% нормы, в 2018 г.- 104%. Доля площади с осадками выше нормы составила 25%, с дефицитом осадков — 12%. Значительное превышение осадков над нормой отмечалось на севере европейской территории РФ, в нижнем течении Енисея и на Дальнем Востоке, а дефицит осадков — в СКФО, вдоль побережья Восточно-Сибирского моря и на Сахалине.

В 2019 г. в целом по территории РФ было отмечено 903 (в 2018 г. - 1040) опасных гидрометеорологических явления (ОЯ), включая агрометеорологические и гидрологические, из них 346 ОЯ нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения. Наибольший ущерб нанесли сильные осадки (снег, дождь, ливень), сильный ветер до шквального, град, а также метели и аномально холодная погода в зимний период, чрезвычайная пожарная опасность сохранялась в ряде регионов на протяжении нескольких месяцев.

По данным Росгидромета ежегодный ущерб от опасных гидрометеорологических явлений в 2019 г. составил около 1% ВВП страны.

Водные ресурсы в 2019 г. составили 4290,9 км^3(в 2018 – 4622,6 км^3), превысив среднее многолетнее значение на 1,6%. В 2019 г. на севере и северо-востоке ЕТР высокая водность на фоне предыдущего года сохранилась, дополнительно повысилась или пришла на смену низкой водности. Наиболее высокая водность имела место на Урале и в Приамурье. На остальных территориях России наблюдалась высокая или средняя водность.

Данные государственной наблюдательной сети Росгидромета позволяют оценить фоновое загрязнение как по территории страны в целом, так и по отдельным регионам, а также в местах проживания и жизнедеятельности большей части населения страны (70-80 % по регионам). Следует отметить, что урбанизированные территории занимают, по оценке ученых, лишь немногим более 10% от всей территории Российской Федерации (17075,4 тыс. км^2). По результатам осуществляемого Росгидрометом фонового мониторинга большую часть территории страны по качеству атмосферного воздуха, осадков, почв, поверхностных вод соответствии с отечественными и зарубежными нормативами можно отнести к чистым территориям. При этом большая часть населения проживает на техногенно загрязненных территориях, загрязненность которых обусловлена ростом урбанизированных площадей, выбросами возрастающего количества автотранспортных средств, а также низкой эффективностью очистки выбросов и сбросов загрязняющих веществ.

Выбросы парниковых газов определяются общими тенденциями развития национальной экономики, интегральным показателем которых является динамика ВВП и изменения общей эффективности экономики, которые, в свою очередь, определяются энергоэффективностью, изменениями структуры ВВП и структуры топливного баланса. Совокупный выброс парни-

ковых газов снизился на 47,6% относительно 1990 г. – базового года по обязательствам Российской Федерации согласно РКИК ООН.

В России наблюдается увеличение выбросов транспортными средствами и одновременное снижение выбросов от стационарных источников, результатом чего стали незначительные колебания совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. В 2019 г. качество атмосферного воздуха в городах (по отдельным показателям) по-прежнему сохраняется неудовлетворительным. В 133 городах с населением 50,6 млн. человек средняя за год концентрация какой-либо примеси превышала 1 ПДК. В 47 городах средние за год концентрации поступающего в атмосферу при сгорании топлива бенз(а)пирена превышали 1 ПДК. В 45 городах максимальные из среднемесячных (среднесуточных) концентраций бенз(а)пирена превышали 5 ПДК. В 40 городах (18% городов) качество атмосферного воздуха характеризовалось высоким и очень высоким уровнем загрязнения, из них 22 города расположены в Сибирском федеральном округе. В 35 городах с населением 10,7 млн. человек были отмечены максимальные концентрации примесей выше 10 ПД. Всего за 2019 г. было зарегистрировано 139 случаев превышения 10 ПДК загрязняющих веществ. Приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения в 2019 г. включает 18 городов с населением 3,3 млн. жителей (в 2018 г. - 22 города с населением 5,1 млн. жителей). При этом отмечается рост уровня загрязнения атмосферного воздуха бенз(а)пиреном в городах на Азиатской части территории России, которая характеризуется особо неблагоприятными для рассеивания примесей метеорологическими условиями.

Вокруг городов с объектами металлургической, топливной, энергетической, химической, нефтехимической промышленности сложились ареалы хронически загрязненных почв с радиусом от 1 до 20 км. Почвы территорий промышленных центров и прилегающих к ним районов загрязнены тяжелыми металлами, которые накапливаются в условиях перманентного техногенного воздействия при поступлении загрязняющих веществ из атмосферы и другими путями. По результатам мониторинга прослеживается тенденция к снижению содержания тяжелых металлов в почвах. К опасной категории хронически загрязненных относятся почвы 6 крупных промышленных центров в 4-х субъектах: в Иркутской и Свердловской областях, Республике Северная Осетия-Алания и Красноярском крае. К умеренно-опасной категории загрязнения отнесены почвы вокруг 25 промышленных центров в 10 субъектах: в Иркутской, Кировской, Нижегородской, Новосибирской, Оренбургской, Свердловской и Томской областях, в Республике Башкортостан, Удмуртской Республике и Приморском крае.

Кроме наблюдений за загрязнением почв токсикантами промышленного происхождения, подразделениями Росгидромета проводятся выборочные обследования почв сельскохозяйственного назначения, отдельных лесных массивов, зон отдыха на содержание в них остаточных количеств пестицидов. В 2019 г. были обследованы почвы различного типа на территории 38 субъектов РФ, также как в 2018 г. Общая обследованная площадь составила 32,2 тыс. га (в 2018 г. - 31,5 тыс. га). Участки, почва которых была загрязнена пестицидами выше установленных гигиенических нормативов, были выявлены на территории 13 субъектов (в 2018 г. - 8 субъектов). Участки почв, загрязненных ДДТ, далапоном, гербицидами ТХАН и 2,4-Д были выявлены на отдельных территориях ряда субъектов Центрального, Приволжского, Дальневосточного, Уральского и Сибирского федеральных округов.

Загрязнение водосборных площадей и сброс загрязненных сточных вод с урбанизированных территорий приводят к ухудшению качества пресных поверхностных вод. Одним из основных источников их загрязнения продолжают оставаться сточные воды промышленных предприятий и жилищно-коммунального хозяйства. Несмотря на снижение контролируемой массы поступающих в водные объекты загрязняющих веществ, улучшения качества поверхностных вод в целом не наблюдается.

Качество воды основных рек страны, их притоков мало изменилось за более чем десятилетний период: его оценки варьируют в отдельных створах от «условно-чистой» до «экстремально-грязной» воды. Наиболее загрязненной из крупных рек, также, как и в предыдущем десятилетии, остается река Волга и ряд ее притоков. Не снижается количество случаев высокого и экстремально высокого загрязнения поверхностных вод. В 2019 г. ВЗ и ЭВЗ поверхностных пресных вод было зафиксировано в 55 субъектах Российской Федерации. Наибольшее суммарное количество случаев ВЗ и ЭВЗ (свыше 100) было отмечено на водных объектах в 10 регионах: Свердловской, Московской, Нижегородской, Мурманской, Смоленской, Челябинской, Новосибирской и Тульской областях, Хабаровском крае, Ямало-Ненецком автономном округе, что в совокупности составило 62% случаев ВЗ и ЭВЗ в стране. Всего в 2019 г. было зарегистрировано 3095 случаев ЭВЗ и ВЗ (в 2018 г. – 2743 случая) по 37 загрязняющим веществам и показателям качества воды.

Качество большей части шельфовых зон морей РФ изменялось от «чистых» до «загрязненных», при этом по сравнению с 2018 г. оно несколько улучшилось. Наиболее загрязненными являлись воды центральной части Северного Каспия, а также прибрежные воды залива Петра Великого. Наиболее «чистые» воды наблюдались в шельфовой зоне российской части побережья Черного моря.

Состояние экосистем рек, озер, водохранилищ и шельфовых зон морей по гидробиологическим показателям сохранилось на прежнем уровне. Кардинальных изменений в таксономическом составе и структуре сообществ не было выявлено.

В последние 10 лет радиационная обстановка на территории Российской Федерации была спокойной, и в 2019 г. по сравнению с 2018 г. существенно не изменилась. Загрязнение окружающей среды техногенными радионуклидами на территории РФ в настоящее время, в основном, обусловлено выбросами предприятий ядерного топливного цикла и вторичным поступлением радионуклидов, загрязненных в предыдущие годы территорий вследствие радиационных аварий: в 1986 г. – на Чернобыльской АЭС, в 1957 г. – на ПО «Маяк», расположенном в Челябинской области. Содержание техногенных радионуклидов на территориях, загрязненных вследствие аварии на ЧАЭС (Курская и Брянская области) и вследствие аварии в Челябинской области (Восточно-Уральский радиационный след), превышают современные региональные показатели. Однако в целом по стране содержание техногенных радионуклидов в приземной атмосфере на территории России было на 6-7 порядков ниже значений допустимой среднегодовой объемной активности, а в пресноводных водоемах - на 3-4 порядка ниже уровней вмешательства, установленных нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009 для населения.

Анализ данных, полученных в результате регулярных наблюдений за загрязнением окружающей среды Российской Федерации в 2019 г., свидетельствует, что на ряде территорий и акваторий страны по-прежнему сохраняются повышенные уровни загрязнения, обусловленные поступлением загрязняющих веществ в окружающую среду от объектов промышленности и энергетики, строительства и жилищно-коммунального хозяйства, транспорта, а также в ходе обращения с отходами производства и потребления.

Отсутствие значимого улучшения качества атмосферного воздуха, поверхностных вод и почвенного покрова в городах и промышленных центрах, где проживает большая часть населения страны, обусловлено отсутствием эффективного экономического механизма предотвращения загрязнения, стимулирующего субъекты хозяйствования сокращать выбросы и сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, а также ограниченными ресурсами, сдерживающими перевод объектов на работу по наилучшим доступным технологиям, а также внедрение современного пыле-газо- и водоочистного оборудования, установок и сооружений.

Список ежегодных Обзоров загрязнения природных сред, издаваемых НИУ Росгидромета

1. Ежегодник качества поверхностных вод Российской Федерации по гидрохимическим показателям

ФГБУ «Гидрохимический институт»
(ФГБУ «ГХИ»)
344090, Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 198
Факс: +7 (863) 222-44-70
E-mail: info@gidrohim.com

2. Ежегодник состояния экосистем поверхностных вод Российской Федерации по гидробиологическим показателям

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А.Израэля»
(ФГБУ «ИГКЭ»)
107258, Москва, Глебовская ул., 20-б
Факс: +7 (499) 160-08-31
E-mail: an_roman(at)igce.ru

3. Ежегодник «Мониторинг пестицидов в объектах природной среды Российской Федерации»

ФГБУ «НПО «Тайфун»
249038, Калужская обл.,
г. Обнинск, ул. Победы, 4
Факс: +7 (48439) 40-910
E-mail: post@typhoon.obninsk.ru

4. Ежегодник «Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения»

ФГБУ «НПО «Тайфун»
249038, Калужская обл.,
г. Обнинск, ул. Победы, 4
Факс: +7 (48439) 40-910
E-mail: post@typhoon.obninsk.ru

5. Обзор фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А.Израэля»
(ФГБУ «ИГКЭ»)
107258, Москва, Глебовская ул., 20-б
Факс: +7 (499) 160-08-31
E-mail: an_roman(at)igce.ru

6. Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям

ФГБУ «Государственный океанографический институт
им. Н.Н. Зубова» (ФГБУ «ГОИН»)
119034, Москва, Кропоткинский пер., 6
Факс: +7 (495) 246-72-88
E-mail: adm@oceanography.ru

7. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории Российской Федерации

ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова»
(ФГБУ «ГГО»)
194021, Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 7
Факс: +7 (812) 297-86-61
E-mail: director@main.mgo.rssi.ru

8. Ежегодник «Радиационная обстановка по территории России и сопредельных государств»

ФГБУ «НПО «Тайфун»
249038, Калужская обл.,
г. Обнинск, ул. Победы, 4
Факс: +7 (48439) 40-910
E-mail: post@rpatyphoon.ru

9. Ежегодный сборник информационно-справочных материалов «Состояние загрязнения окружающей среды Московского региона»

ФГБУ «Центральное УГМС»
127055 г. Москва,
ул. Образцова, д. 6
Факс: +7 (495) 688-93-97
E-mail: moscgms-aup@mail.ru

10. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А.Израэля»
(ФГБУ «ИГКЭ»)
107258, Москва, Глебовская ул., 20-б
Факс: +7 (499) 160-08-31
E-mail: an_roman(at)igce.ru

11. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А.Израэля»
(ФГБУ «ИГКЭ»)
107258, Москва, Глебовская ул., 20-б
Факс: +7 (499) 160-08-31
E-mail: an_roman(at)igce.ru

Список авторов

РАЗДЕЛ 1

1.1.	ФГБУ «ИПГ»	Денисова В.И., Лашина Г.А.
1.2.	ФГБУ «Гидрометцентр России»	Голубев А.Д., Сидоренков Н.С.
	УГНС Росгидромета	Жемчугова Т.Р.
1.3.-1.4.	ФГБУ «ИГКЭ»	Бардин М.Ю., Ранькова Э.Я., Платова Т.В., Самохина О.Ф.
	ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»	Коршунова Н.Н.
1.5.	ФГБУ «Гидрометцентр России»	Борщ С.В., Сидоренков Н.С.
1.6.	ФГБУ «ГГИ»	Гусев С.И., Куприёнок Е.И.

РАЗДЕЛ 2

2.1.	УМСЗ Росгидромета НИУ Росгидромета	Пешков Ю.В., Котлякова М.Г., Красильникова Т.А.
2.2.1.	ФГБУ «ИГКЭ»	Романовская А.А., Нахутин А.И., Гинзбург В.А., Говор И.Л., Грабар В.А., Григурина Т.В., Имшенник Е.В., Карабань Р.Т., Коротков В.Н., Вертянкина В.Ю., Лытов В.М., Полумиева П.Д., Попов Н.В., Трунов А.А.
2.2.2.	ФГБУ «ГГО»	Парамонова Н.Н., Ивахов В.М., Привалов В.И. ПГ
2.3.1.		Русина Е.Н., Боброва В.К.
2.3.2.		Зайнетдинов Б.Г., Соколенко Л.Г.
2.3.3.	ФГБУ «ЦАО»	Вязанкин А.С., Цветкова Н.Д., Банкова Т.В, Кирюшов Б.М., Лукьянов А.Н., Глазков В.Н., Юшков В.А.
2.3.3.1.	ФГБУ «ГГО»	Соломатникова А.А., Ромашкина К.И., Волохина Д.Ю.
2.3.4.	ФГБУ «ИГКЭ»	Парамонов С.Г., Которова М.С., Жигачева Е.С., Иванов В.А., Колесникова А.П., Орчикова К.М.
2.3.5.-2.3.6.	ФГБУ «ГГО»	Першина Н.А., Павлова М.Т., Полищук А.И., Семенец Е.С., Грановская Е.В., Лободина С.Т., Михайлова А.С.
2.3.6.1.	ФГБУ «ИГКЭ»	Беспалов М.С., Манзон Д.А., Черногаева Г.М.
2.3.7.		Парамонов С.Г., Бурцева Л.В., Конькова Е.С., Которова М.С., Пастухов Б.В., Позднякова Е.А.
2.3.8.		Брускина И.М., Громов С.А., Конькова Е.С., Которова М.С.
2.3.9.		Громов С.А., Жигачева Е.С.
	ФГБУН «ИГРАН»	Трифонова-Яковлева А.М.
	ФГБУ «ЛИН СО РАН»	Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Нецветаева О.Г., Оболкин В.А.
2.4.1.	ФГБУ «ИГКЭ»	Парамонова Т.А., Парамонов С.Г., Которова М.С.
2.4.2.	ФГБУ «НПО «Тайфун»	Павлова Н.Н., Лукьянова Н.Н., Башилова Н.И.
2.5.1.	ФГБУ «ГХИ»	Лобченко Е.Е., Емельянова В.П., Первышева О.А., Романюк О.Л., Купряхина Е.М.
2.5.2.	ФГБУ «ИГКЭ»	Парамонов С.Г., Бурцева Л.В., Пастухов Б.В.
2.6.	ФГБУ «НПО «Тайфун»	Булгаков В.Г., Гниломедов В.Д., Каткова М.Н.
2.6.1.		Булгаков В.Г., Каткова М.Н., Гниломедов В.Д., Полянская О.Н.
2.6.2.		Булгаков В.Г., Каткова М.Н., Гниломедов В.Д., Зубачева А.А.
2.6.3.		Булгаков В.Г., Гниломедов В.Д., Каткова М.Н., Богачева Е.Г., Козлова Е.Г.

РАЗДЕЛ 3

3.1.	ФГБУ «ГГО»	Ануфриева А.Ф., Загайнова М.С., Ивлева Т.П., Любушкина Т.Н., Смирнова И.В.
3.2.1.	ФГБУ «НПО «Тайфун»	Павлова Н.Н., Лукьянова Н.Н., Башилова Н.И.
3.2.2.		Цыцарева А.А., Лукьянова Н.Н.

3.3.1.	ФГБУ «ГХИ»	Лобченко Е.Е., Емельянова В.П., Ничипорова И.П., Лямперт Н.А., Первышева О.А., Олейникова Н.Н., Давыдова Н.И.
3.3.2.	ФГБУ «ИГКЭ»	Потютко О.М., Кандыба И.В.
3.3.3.		Жадановская Е.А.
3.3.4.	ФГБУ «ГХИ»	Матвеева Н.П., Даниленко А.О., Хорошевская В.О., Якунина О.В.
3.3.5.	ФГБУ «ГОИН»	Коршенко А.Н., Постнов А.А., Крутов А.Н., Костылева А.В., Аляутдинов А.Р., Жохова Н.В., Чекменева Н.А., Погожева М.П., Щербаков К.А., Матвейчук И.Г.
3.3.6.	ФГБУ «ИГКЭ»	Потютко О.М., Ясакова О.Н., Колесников М.В., Погожева М.П., Костылева А.В., Терентьев А.А.
	ФГБУ «ГОИН»	Коршенко А.Н.
		РАЗДЕЛ 4
4.1.	ФГБУ «ИГКЭ»	Малеванов Ю.А., Журавлева Л.Р., Черногаева Г.М.
	ФГБУ «Центральное УГМС»	Фурсов Н.А., Плешакова Г.В., Стукалова Е.Г., Маркина О.Д., Костогладова Н.Н., Родионова Н. А.
4.2.	ФГБУ «ГХИ»	Аджиев Р.А., Резников С.А., Якунина О.В., Тезикова Н.Б.
4.3.	ФГБУ «ИГКЭ»	Черногаева Г.М., Бардин М.Ю., Ранькова Э.Я., Самохина О.Ф., Беспалов М.С., Манзон Д.А., Журавлева Л.Р., Малеванов Ю.А., Потютко О.М., Кандыба И.В.
	ФГБУ «ААНИИ»	Алексеев Г.В., Радионов В.Ф.
	ФГБУ «ГГИ»	Гусев С.И., Куприёнок Е.И.
	ФГБУ «ГГО»	Парамонова Н.Н., Привалов В.И., Ивахов В.М., Русина Е.Н., Боброва В.К., Соколенко Л.Г., Зайнетдинов Б.Г., Соломатникова А.А., Ромашкина К.И., Волохина Д.Ю., Першина Н.А., Павлова М.Т., Полищук А.И., Семенец Е.С., Грановская Е.В., Лободина С.Т., Михайлова А.С., Ануфриева А.Ф., Загайнова М.С., Ивлева Т.П., Любушкина Т.Н., Смирнова И.В.
	ФГБУ «ГХИ»	Лобченко Е.Е., Олейникова Н.Н.
	ФГБУ «НПО «Тайфун»	Булгаков В.Г., Каткова М.Н., Гниломедов В.Д.
4.4.	Северо-Западный филиал ФГБУ «НПО «Тайфун»	Демешкин А.С., Бажуков К.А., Сторожилова А.В.
		ЗАКЛЮЧЕНИЕ
	ФГБУ «ИГКЭ»	Черногаева Г.М.

Федеральная служба по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды
(Росгидромет)

ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЗА 2019

©Росгидромет, 2019 г.

Подписано в печать
Формат 60x90/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Тираж 450 экз.