ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

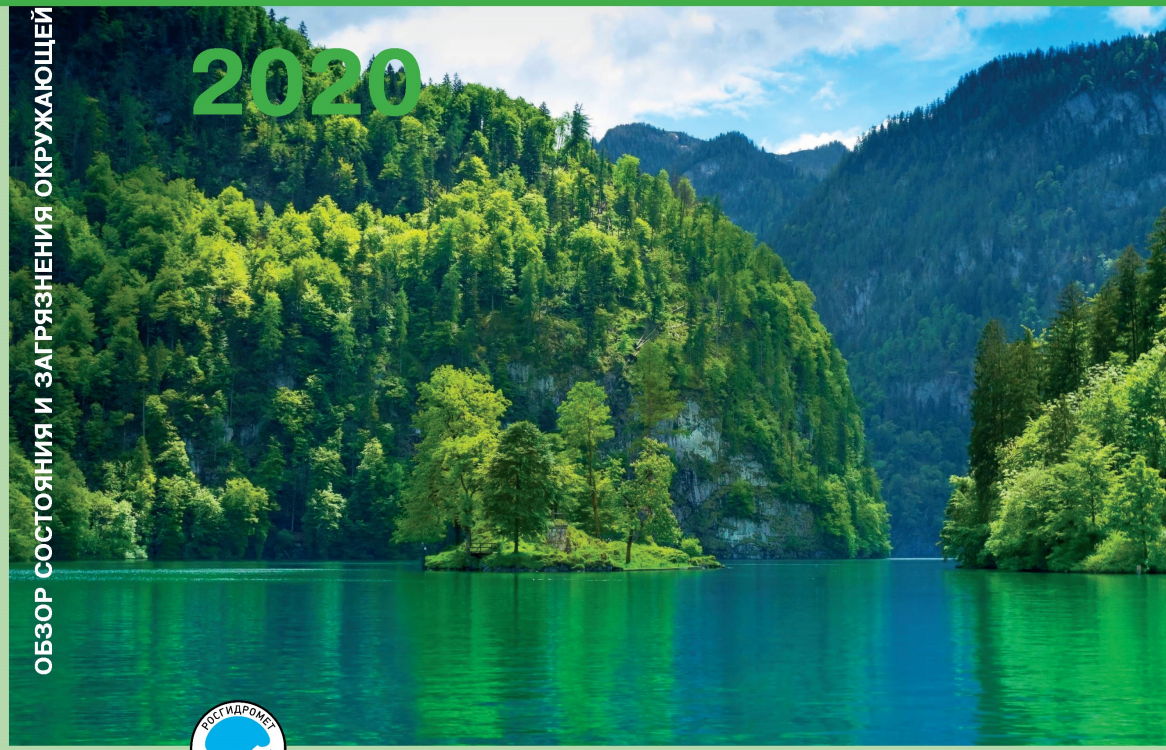
2020

ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 2020

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)

Обзор

состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации



Москва 2021

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)

О Б З О Р

СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЗА 2020 ГОД

МОСКВА
2021

УДК 504.5:502.2(470+571)(058)«2020»
ISBN 978-5-9631-0897-0

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 2020 г. 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/review2020.pdf.

Дизайн обложки Д. Черногаев

© Росгидромет, 2021 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 8
1.3. Температура воздуха 10
1.4. Атмосферные осадки 13
1.5. Снежный покров 16
1.6. Водные ресурсы 17

2. Оценка антропогенного влияния на климатическую систему и состояние окружающей среды 25
2.1. Характеристика государственной сети наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды 25
2.2. Оценка антропогенного влияния на климатическую систему 26
2.2.1. Эмиссия парниковых газов 27
2.2.2. Содержание CO_2 и CH_4 в атмосфере 27
2.3. Оценка состояния и загрязнения атмосферы 30
2.3.1. Оптическая плотность и прозрачность атмосферы 30
2.3.2. Электрические характеристики приземного слоя атмосферы 33
2.3.3. Состояние озонового слоя над Россией и прилегающими территориями 35
2.3.3.1. Особенности состояния озонового слоя над регионами РФ 36
2.3.4. Фоновое содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (по данным сети СКФМ) 39
2.3.5. Ионный состав атмосферных осадков на российских станциях, входящих в систему Глобальной Службы Атмосферы ВМО 41
2.3.6. Кислотность и химический состав атмосферных осадков 46
2.3.6.1. Загрязнение и закисление снежного покрова в регионах Российской Федерации ... 51
2.3.7. Фоновое загрязнение атмосферных осадков (по данным сети СКФМ) 54
2.3.8. Загрязнение воздуха и осадков по данным станций ЕМЕП 55
2.3.9. Загрязнение воздуха и осадков по данным станций ЕАНЕТ 57
2.4. Содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности 59
2.4.1. Содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности (по данным сети СКФМ) 59
2.4.2. Фоновые массовые доли химических веществ в почвах в региональном аспекте 64
2.5. Загрязнение поверхностных вод 67
2.5.1. Фоновое загрязнение поверхностных вод (по данным сети СКФМ) 67
2.6. Радиационная обстановка на территории России 67
2.6.1. Радиоактивное загрязнение приземного слоя воздуха 68
2.6.2. Радиоактивное загрязнение поверхностных вод 70
2.6.3. Радиационная обстановка на территориях федеральных округов 70

3. Загрязнение окружающей среды регионов России 75
3.1. Загрязнение атмосферного воздуха населенных пунктов 75
3.1.1. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха 75
3.1.2. Тенденции изменений загрязнения атмосферного воздуха 76
3.1.3. Общая оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах 79
3.1.4. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха на территориях субъектов и федеральных округов Российской Федерации 84
3.2. Загрязнение почвенного покрова 88
3.2.1. Загрязнение почв токсикантами промышленного происхождения 88

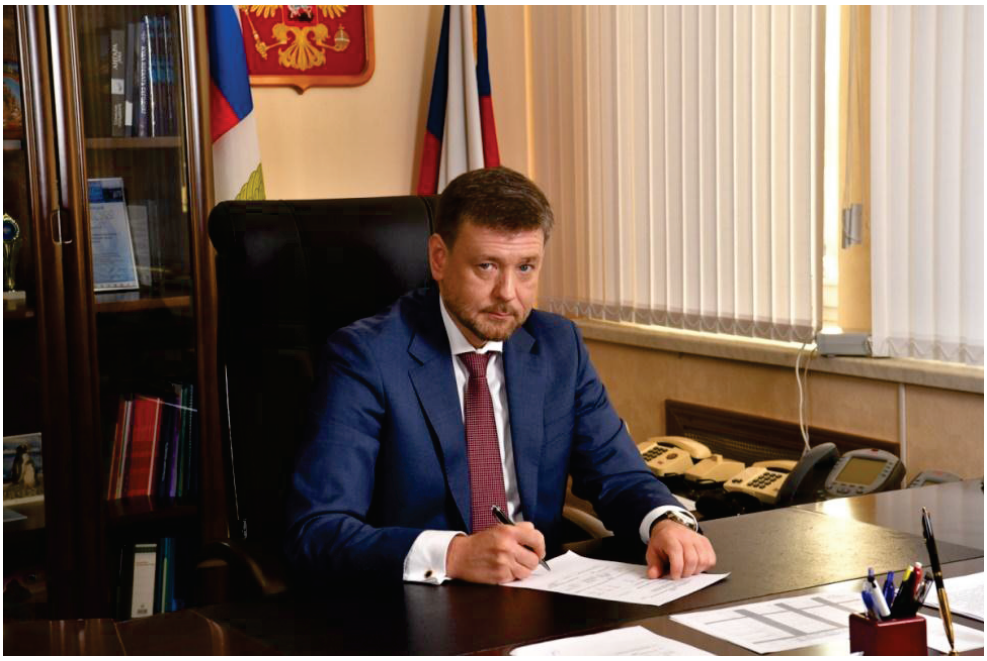
3.2.2. Загрязнение почв остаточными количествами пестицидов 93
3.3. Загрязнение поверхностных вод 98
3.3.1. Качество поверхностных вод по гидрохимическим показателям 98
на территориях субъектов и федеральных округов Российской Федерации 98
3.3.2. Гидробиологическая оценка состояния пресноводных объектов 120
3.3.3. Водные объекты с наибольшими уровнями загрязнения, аварийные ситуации 123
3.3.4. Загрязнение поверхностных водных объектов в результате трансграничного переноса химических веществ 125
3.3.5. Загрязнение морских вод Российской Федерации по гидрохимическим показателям ... 128
3.3.6. Гидробиологическая оценка состояния морских вод 141

4. Комплексная оценка состояния окружающей среды отдельных регионов и природных территорий 146
4.1. Московский регион 146
4.1.1. Загрязнение атмосферного воздуха 146
4.1.2. Загрязнение почвенного покрова 148
4.1.3. Загрязнение поверхностных вод 149
4.1.4. Характеристика радиационной обстановки 153
4.2. Озеро Байкал 154
4.2.1. Поступление химических веществ из атмосферы 154
4.2.2. Гидрохимические наблюдения за качеством поверхностных вод 156
4.2.3. Донные отложения 158
4.2.4. Гидробиологические наблюдения на озере 160
4.2.5. Характеристика выноса загрязняющих веществ с водным стоком основных притоков озера Байкал 162
4.3. Арктическая зона Российской Федерации 164
4.3.1. Особенности климатического режима года 166
4.3.2. Комплексная оценка состояния и загрязнения окружающей среды в Арктической зоне Российской Федерации 170
4.4. Комплексные исследования загрязнения окружающей среды в районе пос. Баренцбург и прилегающих территорий 192

Заключение 199

Список ежегодных Обзоров загрязнения природных сред, издаваемых НИУ Росгидромета 201

Список авторов 202



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 различным характеристикам солнечной активности, весь период с 2008 г. до середины 2020 г. можно рассматривать как аномальный, включая как рекордно глубокий минимум в начале этого периода, так и один из самых низких среди наблюдавшихся максимумов 11-летних солнечных циклов. В 2020 г. с января по июль, включительно, на видимой стороне диска Солнца одновременно находились группы старого 24 (с условного начала отсчета в 1775 г.) солнечного цикла и нового 25 солнечного цикла. С августа по декабрь 2020 г. на видимой стороне диска Солнца присутствовали только группы нового 25 солнечного цикла. На рис. 1.1 представлен прогноз для 25 солнечного цикла: максимум в июле 2025 г. (+/- 8 месяцев) со сглаженным числом солнечных пятен (SSN) 115. Прогнозируется, что 25 солнечный цикл будет иметь среднюю интенсивность и будет аналогичен 24 солнечному циклу. Новый 25 солнечный цикл медленно набирает силу. Максимум 25 солнечного цикла прогнозируется на июль 2025 г.

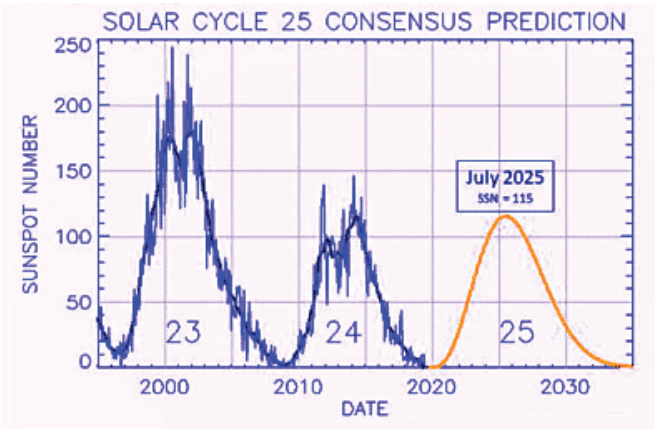


Рис. 1.1. Изменение сглаженных чисел Вольфа по данным Центра прогнозирования космической погоды (США, национальное управление океанических и атмосферных исследований)

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 2008 – 2020 гг.) и прогноз на 2021-2022 гг.

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

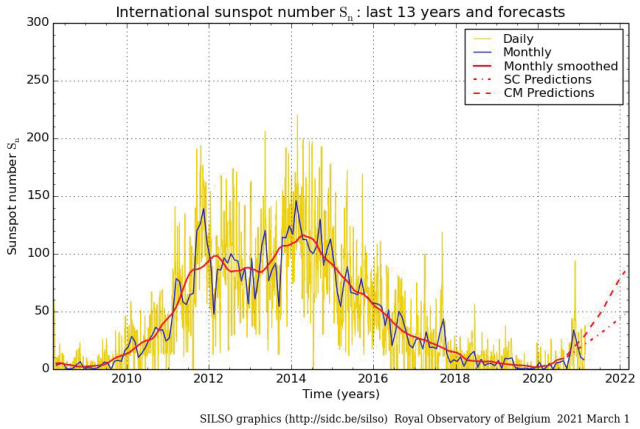


Рис. 1.2. График изменения среднемесячных значений чисел Вольфа

Известно, что на диске Солнца в течение некоторого времени могут присутствовать одновременно группы пятен как «старого», так «нового» циклов. Первые солнечные пятна нового цикла образуются на сравнительно высоких широтах. В течение цикла средняя широта образования пятен уменьшается, и в конце цикла пятна образуются, в основном, вблизи экватора. При этом при переходе от одного цикла к другому магнитные полярности головного и хвостового солнечных пятен меняют свой знак на противоположный, причем в южной полусфере Солнца полярность головных солнечных пятен в четных циклах преимущественно положительная, а хво-

стовых - отрицательная (- / +); в северной полусфере (+ /-). В следующем нечетном цикле полярность головных и хвостовых пятен изменится на противоположную.

В начале 2020 г. еще продолжался спад солнечной активности, на диске Солнца присутствовали группы старого 24-го солнечного цикла и появлялись отдельные группы нового 25 солнечного цикла. Начиная с августа месяца, на диске Солнца присутствовали группы только нового 25 солнечного цикла, а солнечная активность начинала возрастать.

Вблизи минимума низкоширотная активность старого и высокоширотная активность нового цикла могут перекрываться на протяжении, примерно, 3-х лет.

Текущий цикл существенно уступает предыдущему не только по числу Вольфа, но и другим проявлениям солнечной активности. Значения числа Вольфа W, по данным оперативного центра в Боулдере, и значения $F_{10,7}$ потока радиоизлучения на λ = 10,7 см (станции Пентиктон и Москва) за 24 солнечный цикл и начало 25 солнечного цикла (с 2008-2020 гг.) приведены на рис. 1.3.

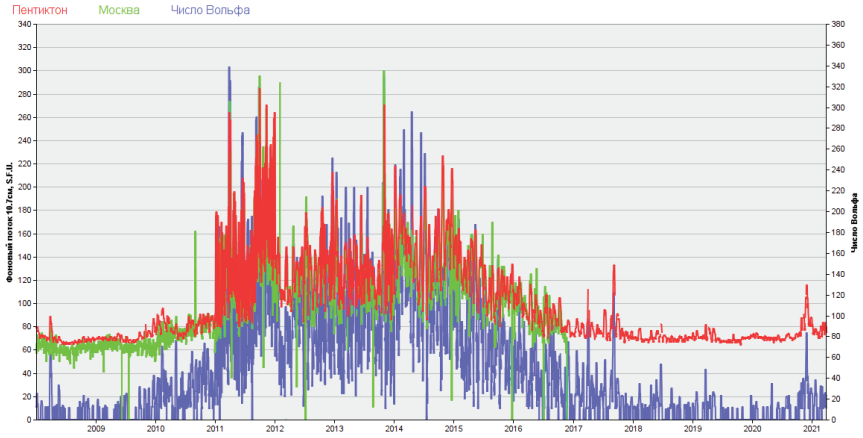


Рис. 1.3. Гистограмма значений числа Вольфа W и потока радиоизлучения Солнца по оперативным данным за период с 2008-2020 гг.

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 2020 г. интегральная солнечная активность в течение одних суток (29 ноября) соответствовала «умеренному» уровню, в остальное время «низкому» уровню. В 2019 г. интегральная солнечная активность в течение всего периода соответствовала «низкому» уровню.

По оперативным данным, получаемым из WWA Boulder, минимальные среднемесячные значения числа Вольфа пришлись на февраль-март, май и сентябрь 2020 г., минимальные среднемесячные значения потока радиоизлучения на длине волны λ=10.7 см пришлись на март-июль 2020 г.

В 2020 г. по данным среднеширотных станций Российской Федерации геомагнитное поле было слабо возмущенное в течение двух суток (28 сентября и 22 ноября), неустойчивое в течение семи суток (3 и 31 августа; 1, 26 и 27 сентября; 24 и 25 октября), в остальное время геомагнитное поле менялось от спокойного (в течение 68 суток) до очень спокойного (оценка по ApMos).

Данные о состоянии магнитного поля в высоких широтах в 2020 г. поступали в Гелиогеофизическую Службу с семи магнитных обсерваторий:

- Баренцбург, остров Визе, расположенных в зоне Полярная шапка(φ=80°);

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

Сильное возмущение магнитного поля наблюдалось станцией Баренцбург в течение одних суток, умеренное возмущение магнитного поля наблюдалось станциями Баренцбург и остров Визе соответственно в течение 12 и 10 суток (в 2019 г. в течение 10 и 6 суток, в 2018 г. в течение 17 и 5 суток, в 2017 г. в течение 53 и 31 суток), слабое возмущение магнитного поля соответственно в течение 29 и 21 суток (в 2019 г. в течение 32 и 26 суток, в 2018 г. в течение 45 и 37 суток), в остальное время состояние магнитного поля было от неустойчивого (в течение 39 и 38 суток) до очень спокойного.

Основным источником магнитных бурь (54 бури) в 2020 г. также как и в 2018-2019 гг. были корональные дыры, некоторые из которых существовали на диске Солнца ни один оборот.

Повышение магнитной активности, связанное с магнитной бурей (сентябрь, ноябрь) привело к нарушению радиосвязи, проявлению полярных сияний в авроральной зоне - это полоса широт, на которых регистрируются самые мощные магнитные возмущения и самые яркие полярные сияния. В высоких широтах наблюдались полярные сияния, некоторые из которых приведены на рис. 1.4.

В течение всего 2020 г., также как и 2018-2019 гг., состояние радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве и на трассах полетов пилотируемых космических аппаратов оценивалась как невозмущенное.

По сведениям, полученным от постоянных потребителей радиопрогнозов Мурманского региона, в 2020 г. практическое ухудшение условий радиосвязи в КВ-диапазоне из-за магнитных возмущений было отмечено в течение 107 суток (29,2% времени), из них более всего в январе (11 суток), в феврале (13 суток), а апреле (12 суток), в сентябре (13 суток), в октябре (14 суток).

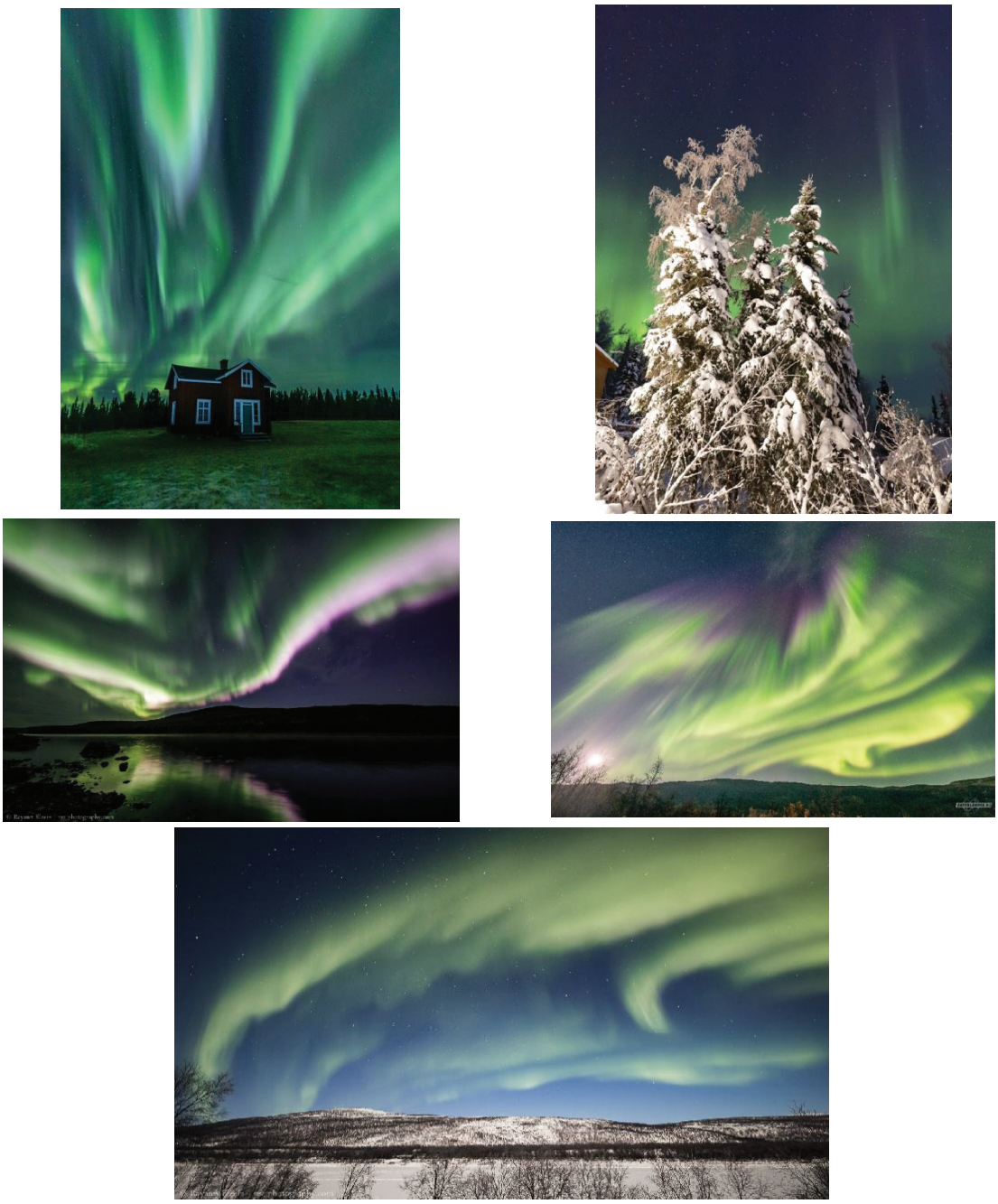


Рис. 1.4. Примеры наблюдения полярных сияний в разных регионах арктической зоны в период с сентября по ноябрь
Источник данных: http://www.spaceweather.com/archive.php

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 2020 г. в целом на территории Российской Федерации было отмечено 1000 опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ), включая агрометеорологические и гидрологические. Это на 97 явлений больше, чем в 2019 г., когда их было 903. Из всех ОЯ, наблюдавшихся в 2020 г., 372 нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения.

На рис. 1.5 приведены данные Росгидромета за 1996–2020 гг. о динамике количества гидрометеорологических ОЯ (включая гидрологические и агрометеорологические явления), которые нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения (общее число и количество непредусмотренных ОЯ). 2020 г. стал одиннадцатым по количеству ОЯ, нанесшим значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения. Число непредусмотренных ОЯ составило 21.

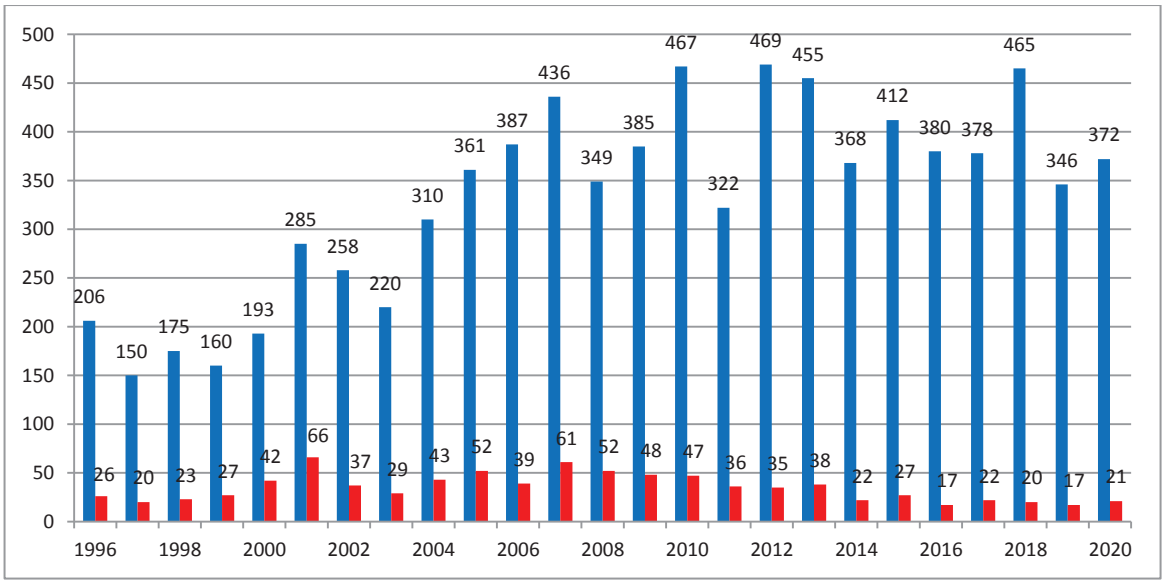


Рис. 1.5. Распределение гидрометеорологических ОЯ по годам: общее количество (синий) и количество непредусмотренных ОЯ (красный)

В 2020 г. на территории России было зарегистрировано 524 случая возникновения метеорологических ОЯ и комплексов метеорологических явлений (КМЯ). Это девятый год из 23 лет по количеству ОЯ и КМЯ.

По сравнению с 2019 г. количество зарегистрированных метеорологических ОЯ в 2020 г. уменьшилось на 18 случаев (рис. 1.6). Высокой была повторяемость сильного ветра, сильных осадков, КМЯ и заморозков (136, 129, 72 и 67 случаев соответственно). Это составляет 77% от всех опасных метеорологических явлений. КМЯ по своим параметрам не достигали критериев ОЯ, но в значительной степени затрудняли хозяйственную деятельность регионов. Все эти явления, как правило, наносили наиболее значительный ущерб секторам экономики и частному сектору.

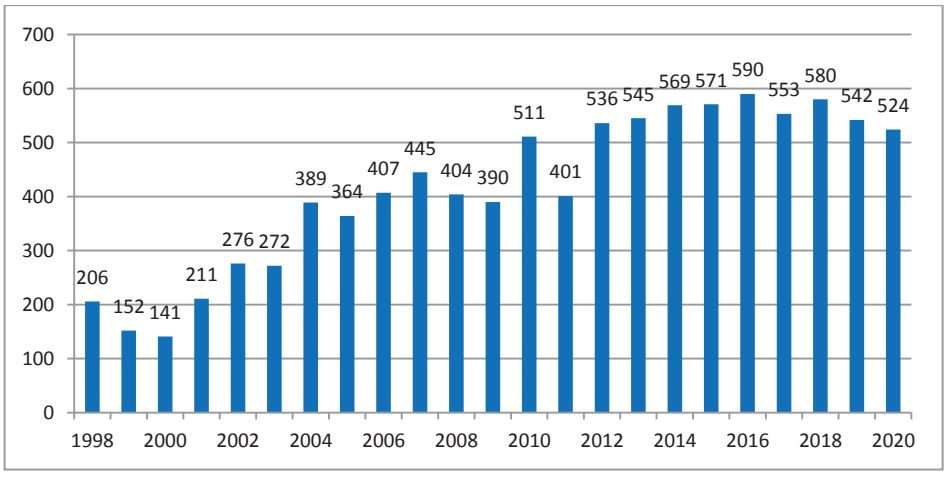


Рис. 1.6. Распределение метеорологических ОЯ по годам

Таблица 1.1. Распределение метеорологических ОЯ в 2020 г. по территории федеральных округов

№	Явления	Федеральные округа								Всего
		СЗФО	ЦФО	ПФО	ЮФО	СКФО	УФО	СФО	ДВФО	
1	Сильный ветер	14	5	11	5	4	10	51	36	136
2	Сильные осадки	2	15	8	24	10	10	21	39	129
3	Метель и снег	2		1			1	1	10	15
4	Смешанные осадки				1				1	2
5	Смерч				6					6
6	Сильный мороз	1					1	2		4
7	Аномально холодная погода	1		5			2	1	1	10
8	Сильная жара	1	7	1	6	4	3	1	3	26
9	Аномально жаркая погода		3	5	3		5	5	1	22
10	Град		1	2	6	5	1	5		20
11	Гололедные явления			2	4			1	3	10

№	Явления	Федеральные округа								Всего
		СЗФО	ЦФО	ПФО	ЮФО	СКФО	УФО	СФО	ДВФО	
12	Заморозки	10	5	11	7	5	9	10	10	67
13	Туман			1			2	1	1	5
14	КМЯ	6	3	4	11	6	1	21	20	72
Всего - 2020		37	39	51	73	34	45	120	125	524
Всего - 2019		37	37	51	86	43	42	106	135	537

Из таблицы 1.1 следует, что в 2020 г. по сравнению с 2019 г. количество ОЯ и КМЯ увеличилось в ЦФО (5%), УФО (7%) и СФО (13%), и уменьшилось в ДФО (7%), ЮФО (15%) и СКФО (21%).

1.3. Температура воздуха

2020 г. в России был необычайно теплым: максимальные значения с 1936 г. были отмечены не только для среднегодовой температуры, но и для всех сезонов, кроме лета. Осредненная по территории России среднегодовая аномалия температуры воздуха (отклонение от среднего за 1961-1990 гг.) +3.22°С - это более чем на 1 градус выше предыдущего максимума 2007 г. Осредненные по всем регионам и федеральным округам аномалии - максимальные величины в соответствующих рядах (кроме региона Приамурье и Приморье, ЮФО и СКФО). Очень теплыми месяцами были январь, февраль, март, апрель, май, сентябрь и ноябрь.

Ход средних годовых и сезонных аномалий температуры, осредненных по территории России, приведен на рис. 1.7. Географические распределения средних годовых и сезонных аномалий температуры 2020 г. представлены на рис. 1.8. Регионально осредненные аномалии приведены в таблице 1.2.

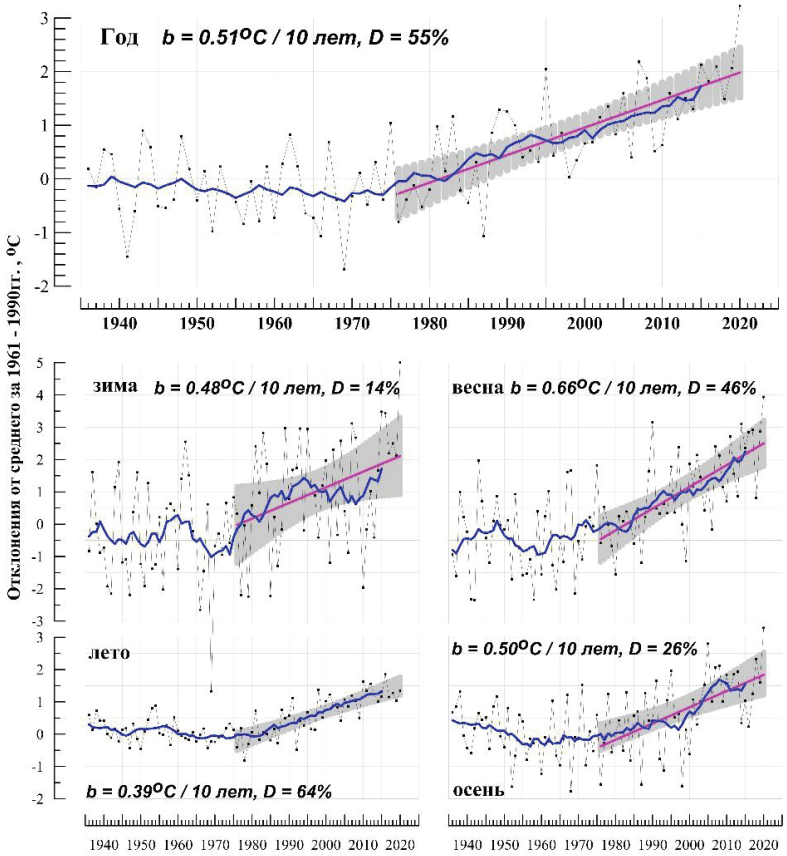


Рис. 1.7. Средние годовые (вверху) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°С), осредненные по территории РФ, 1936-2020 гг.
Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Показаны также 11-летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2020 гг. с 95%-й доверительной полосой; b - коэффициент тренда (°С/10 лет), D - вклад тренда в суммарную дисперсию (%)

Зимой 2019-2020 гг. средняя по России аномалия составила +5.00°С. Это на 1.5°С выше предыдущего максимума 2015 г. Зима была самой теплой с 1936 г. во всех федеральных округах, кроме СКФО и ДФО. В ЕЧР, в Западной и Средней Сибири были отмечены экстремальные условия: аномалии температуры до +8.5°С, на большинстве станций 95%-е экстремумы. Особенно тепло было в ЕЧР: средняя аномалия 6.82°С - почти на 2.5°С больше предыдущего максимума 2016 г. В АЧР аномалия +4.30°С - также максимум; в Западной Сибири экстремально тепло, аномалия +7.04°С. Лишь на небольших территориях севера ДФО наблюдались температуры немного ниже климатической нормы.

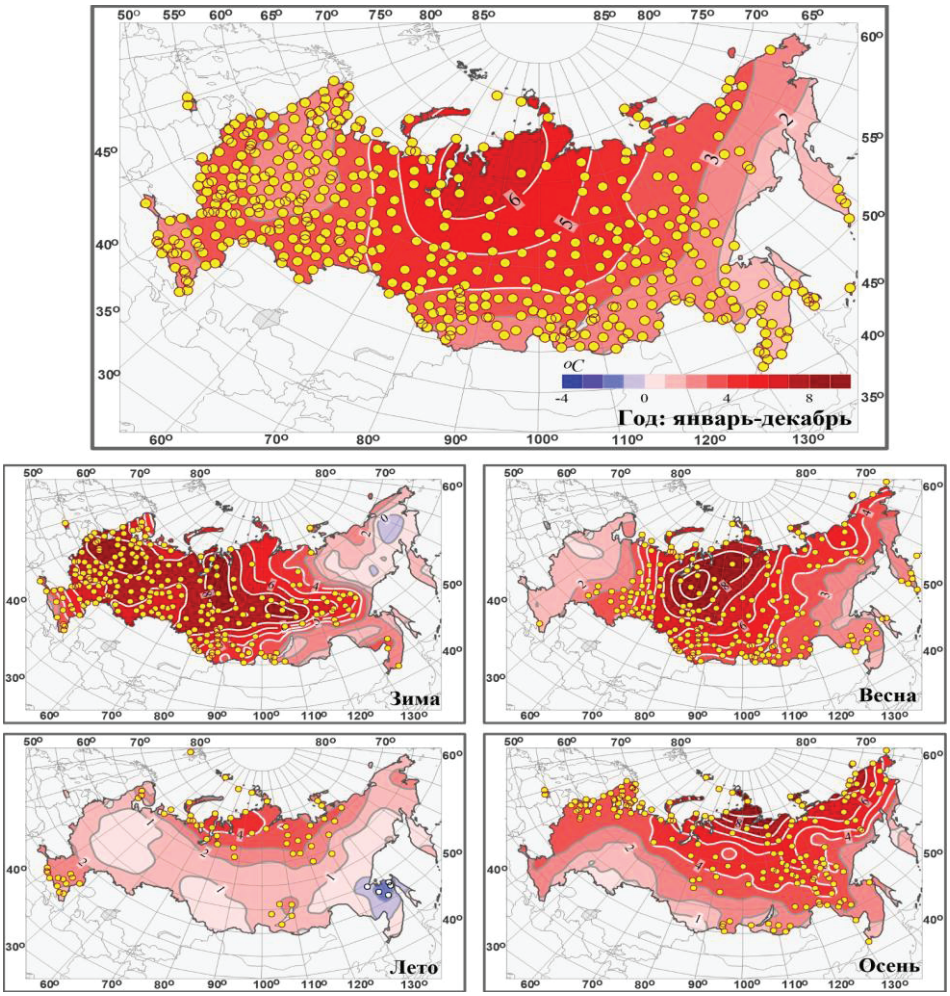


Рис. 1.8. Аномалии средней годовой и сезонных температур приземного воздуха на территории России в 2020 г. *(отклонения от средних за 1961-1990 гг.) с указанием локализации 95%-х экстремумов (желтые кружки)*

Таблица 1.2. Средние годовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха для физико-географических регионов и федеральных округов России в 2020 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), розовым - имеющие ранг 4 или 5.

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	vT, °C	*s, °C*	*vT, °C*	*s, °C*	*vT, °C*	*s, °C*	*vT, °C*	*s, °C*	*vT, °C*	*s, °C*
Россия	3.22	*0.76*	5.00	*1.81*	3.94	*1.20*	1.34	*0.34*	3.29	*0.90*
ЕЧР	2.86	*0.96*	6.82	*2.35*	2.20	*1.45*	1.35	*1.01*	2.64	*1.04*
АЧР	3.35	*0.80*	4.30	*1.86*	4.61	*1.86*	1.34	*0.34*	3.53	1.09
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	3.37	*1.19*	7.34	*2.82*	2.65	*1.62*	1.42	*1.22*	3.37	*1.28*
Центральный	2.96	*1.05*	7.94	*2.72*	1.45	*1.69*	1.29	*1.21*	3.21	*1.13*
Приволжский	2.50	*1.02*	7.79	*2.58*	2.62	*1.68*	0.86	*1.18*	1.47	*1.27*
Южный	2.39	*0.88*	5.09	*2.08*	1.49	*1.48*	2.31	*1.03*	2.51	*1.04*
Северо-Кавказский	2.03	*0.69*	2.97	*1.63*	1.31	*0.99*	2.10	*0.78*	2.45	*0.89*
Уральский	4.36	*1.16*	7.64	*3.09*	6.69	*1.79*	1.74	*1.02*	3.20	*1.65*
Сибирский	3.65	*1.04*	6.02	*2.53*	5.56	*1.54*	1.40	*0.52*	2.93	*1.61*
Дальневосточный	2.85	*0.71*	2.79	*1.43*	3.33	*1.22*	1.16	*0.44*	4.06	*0.98*

Весной средняя по РФ аномалия составила +3.94°С (максимальное значение в ряду); рекордная температура также была отмечена в АЧР (аномалия +4.61°С), а в ЕЧР аномалия +2.20°С. На всей территории страны температуры были выше климатической нормы более чем на 3°С.

Летом средняя по РФ аномалия температуры составила +1.34°С. Тепло было на юге ЕЧР и на севере страны. В центре и на востоке ЕЧР температура лишь незначительно выше нормы. Температуры ниже климатической нормы (до -1.9°С) наблюдались на юге Хабаровского края и на севере Сахалина.

Осенью осредненная по России аномалия температуры составила +3.29°С, а по АЧР +3.53°С – максимальные величины в рядах. Экстремальные условия (аномалии выше 3°С, на многих станциях отмечены 95%-е экстремумы) наблюдались в АЧР почти всюду, кроме юга Западной Сибири, а также в СЗФО. Аномально тепло было на севере Средней Сибири (на Таймыре аномалии +8-9°С). Осредненные по всем регионам и федеральным

округам (кроме ПФО) аномалии температуры – среди трех наибольших в соответствующих рядах.

На рис. 1.9 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов температуры воздуха на территории России за 1976-2020 гг. Оценки получены по станционным временным рядам средних годовых и сезонных аномалий температуры методом наименьших квадратов и выражены в градусах Цельсия за десятилетие (°С/10 лет). В таблице 1.3 приведены регионально-осредненные 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.

Крупные сезонные аномалии температуры в 2020 г. привели к значительному росту оценок тренда зимней и осенней температуры по сравнению с предыдущим годом. Зимой тренд за 1976-2020 гг. составил 0.48°С/10 лет (таблица 1.3) против 0.39°С/10 лет.

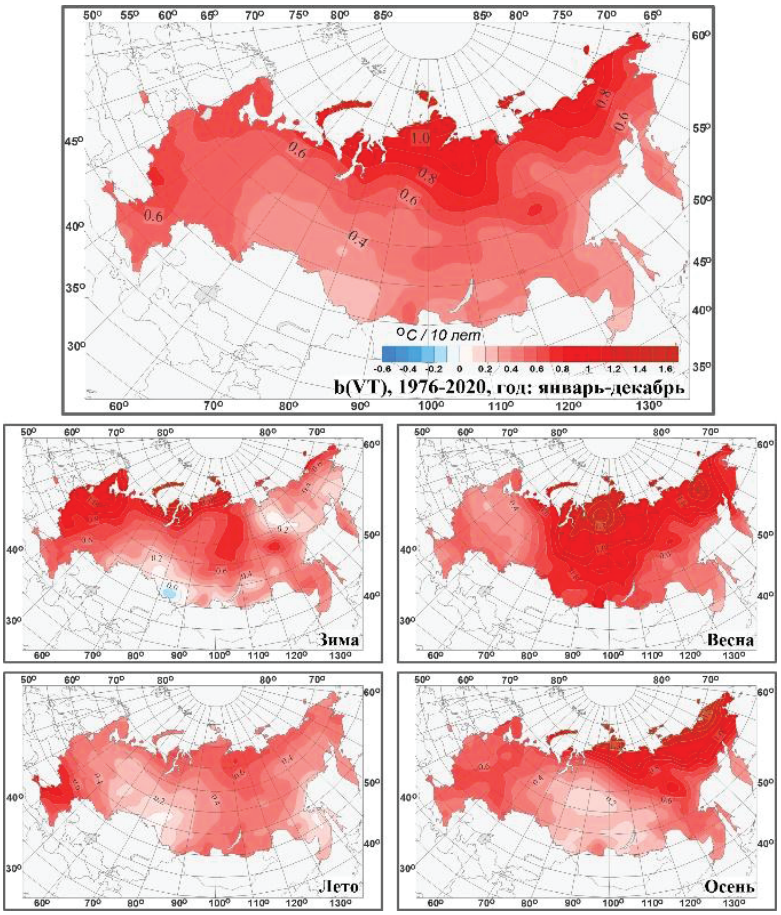


Рис. 1.9. Распределение коэффициентов линейного тренда среднегодовой и средних сезонных значений температуры приземного воздуха на территории России за период 1976-2020 гг. (°С/10 лет).

Таблица 1.3. Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха, осредненной за год и по сезонам по территории России, её регионов и федеральных округов за 1976-2020 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	0.51	55	0.48	14	0.66	46	0.39	64	0.50	33
ЕЧР	0.55	52	0.72	17	0.44	24	0.46	34	0.55	31
АЧР	0.50	51	0.40	10	0.75	45	0.37	65	0.49	27
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	0.59	44	0.88	16	0.44	17	0.39	26	0.57	25
Центральный	0.61	51	0.82	18	0.46	21	0.55	31	0.59	31
Приволжский	0.49	40	0.56	9	0.44	17	0.39	16	0.55	23
Южный	0.57	50	0.58	16	0.48	25	0.72	50	0.52	25
Северо-Кавказский	0.48	52	0.49	21	0.37	26	0.61	52	0.45	24
Уральский	0.49	29	0.50	5	0.74	24	0.31	13	0.38	8
Сибирский	0.44	32	0.34	3	0.79	39	0.36	47	0.25	5
Дальневосточный	0.55	62	0.41	19	0.71	44	0.38	58	0.69	50

Скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры (линейный тренд) составила +0.51°С/10 лет (вклад в общую изменчивость 55%). Наиболее быстрый рост наблюдается для весенних температур (0.66°С/10 лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (0.39°С/10 лет: описывает

64% суммарной дисперсии). Максимум летнего потепления отмечался на юге ЕЧР: (0.72°С /10 лет для ЮФО). Минимум потепления в среднем за год был отмечен на юге Сибири, где зимой все еще наблюдалась область убывания температуры, хотя и на существенно меньшей территории и значительно более слабого, чем в период 1976-2014 гг. Потепление зим за период 1994-2010 гг. наблюдалось в основном в Арктической зоне России; на остальной территории зимние температуры убывали, слабо на ЕЧР (до -0.2°С/10 лет) и значительно в АЧР, до -2°С/10 лет на юге Сибири; но тенденция похолодания прекратилась после 2010 г. (рис. 1.9). Летом и осенью рост температуры на юге Сибири (осенью также в центре) очень слаб.

Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры отмечается на побережье Северного Ледовитого океана, особенно в АЧР (+0.8°С/10 лет - +1.2°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 ЕЧР. Летом самое быстрое потепление происходит в ЕЧР южнее 55°с.ш. Кроме того, необходимо отметить следующие особенности: весной интенсивное потепление наблюдается в Западной (+0.75°С/10 лет) и Средней Сибири (+0.87°С/10 лет); а также в Восточной Сибири весной (+0.81°С/10 лет) и осенью +0.75°С/10 лет; летом в ЮФО, ЦФО и СКФО (+0.72°С/10 лет и +0.55°С/10 лет и +0.61°С/10 лет).

Осенью незначимые тренды (даже на 5% уровне) отмечаются в Западной и Средней Сибири, в Прибайкалье и Забайкалье. В период с середины 2000-х по 2016 г. наблюдалось определенное убывание осенней температуры для России в целом (рис. 1.7).

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 1976-2020 гг. с 95%-й доверительной полосой. Географические распределения годовых и сезонных аномалий осадков в 2020 г. представлены на рис. 1.11 в процентах от соответствующих норм, 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 1936-2019 гг. Регионально осредненные величины приведены в таблице 1.4.

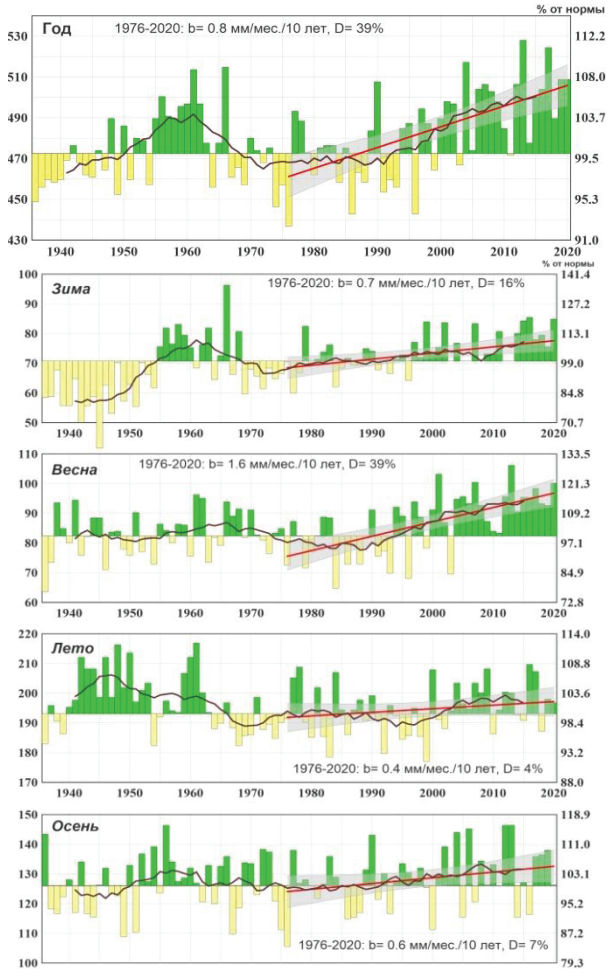


Рис. 1.10. Средние годовые и сезонные осадки (мм) осредненные по территории РФ, 1936-2020 гг.
Справа приведена шкала для осадков в % от нормы. В качестве нормы взят период 1961-1990 гг.
Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением.
Линейный тренд проведен по данным за 1976-2020 гг.; b - коэффициент тренда (% от нормы/10 лет), D - вклад в суммарную дисперсию (%).

Таблица 1.4. Годовые и сезонные суммы осадков (в % от нормы 1961-1990 гг.) для регионов России в 2020 г.
Зеленым цветом выделены значения, попавшие в число трех наибольших (ранги 1-3), светло-зеленым цветом - попавшие в число пяти наибольших (ранг 4 или 5), оранжевым - в число трех наименьших (ранги 83-85) - в ранжированных по убыванию рядах с 1936 г.

Регион	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
Россия	106	**120**	**121**	102	100
Европейская часть России	101	120	123	96	84
Азиатская часть России	109	**119**	**119**	104	**109**
Федеральные округа					
Северо-Западный	113	**149**	**129**	104	107
Центральный	106	108	**144**	107	82
Приволжский	94	123	139	89	63
Южный	**71**	86	79	68	**54**
Северо-Кавказский	98	78	91	92	97
Уральский	110	130	**152**	106	84
Сибирский	**118**	**133**	115	112	**123**
Дальневосточный	101	103	111	97	105

В 2020 г. средняя по России годовая сумма осадков составила 106% нормы. Доля площади с избытком осадков составила 27%, с дефицитом осадков – 12%. Значительный избыток осадков (рис. 1.11) наблюдался на востоке Западной – западе Средней Сибири (в СФО выпало 118% нормы – максимальная величина в ряду), в районе Байкала, Амура, в Приморье. Дефицит осадков наблюдался на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 71% нормы осадков – минимальная величина в ряду; в ЮФО и СКФО осадки были ниже нормы во все сезоны), на северо-востоке РФ.

Из сезонов выделяются избыточные осадки ***зимой*** и ***весной***. Зимой в целом по РФ количество осадков составило 120% нормы, весной в целом по РФ выпало 121%, а по АЧР – 119%.

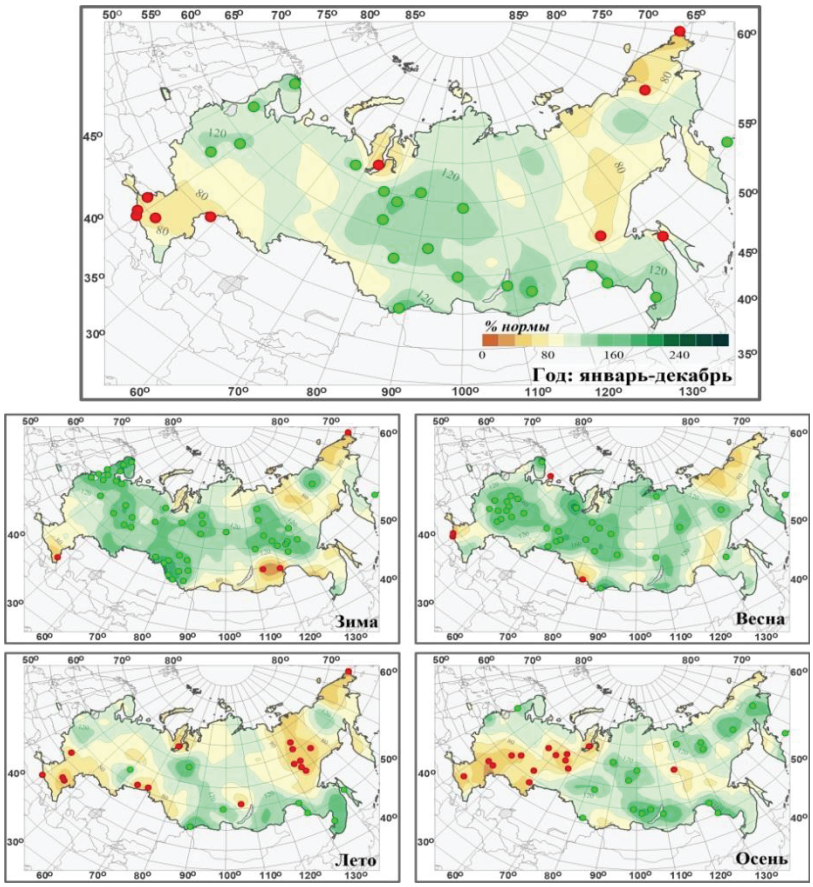


Рис. 1.11. Годовые и сезонные осадки на территории России в 2020 г. (% от нормы 1961-1990 гг.)
Кружками красного и зеленого цвета показаны станции, на которых осадки оказались соответственно ниже 5-го или выше 95-го процентиля.

В зимний сезон особенно много осадков выпало в АЧР (119%), а в Европейской части – в СЗФО (149%). На фоне общего значительного избытка осадков в целом по РФ дефицит осадков (60%-80%) наблюдался на юге ЕЧР, в Забайкалье, в Приамурье, в Якутии и на Чукотке.

Весна была особенно влажной в АЧР (119% сезонной нормы); особенно выделялся УФО (152%).

В ЕЧР осадки составили 123% нормы. Следует отметить СЗФО (129%) и ЦФО (144%). Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на западе ЮФО, на Алтае, в Амурской области и в Хабаровском крае, на северо-востоке Якутии, на Чукотке.

Летом в целом по России выпало 102% нормы осадков. Существенный дефицит осадков наблюдался на юге ЕЧР: в ЮФО выпало 68% нормы. Дефицит наблюдался на востоке Якутии, на Чукотке, на севере и на юге Западной Сибири. Значительный избыток осадков – более 120% нормы, был отмечен на юге СФО и ДФО.

Осень. Осредненные по РФ осадки составили 100% нормы. На юге и в центре ЕЧР, на Урале наблюдался дефицит осадков. В ЮФО выпало 54% нормы. Значительный избыток осадков наблюдался в центре и на юге СФО (в СФО выпало 123% нормы), на юге ДФО, в центре Якутии и в Корякском округе.

На рис. 1.12 представлено пространственное распределение коэффициентов линейных трендов атмосферных осадков на территории России для 2020 г. в целом и для сезонов года. Оценки получены по станционным временным рядам годовых и сезонных аномалий осадков за 1976-2020 гг. в точках расположения станций.

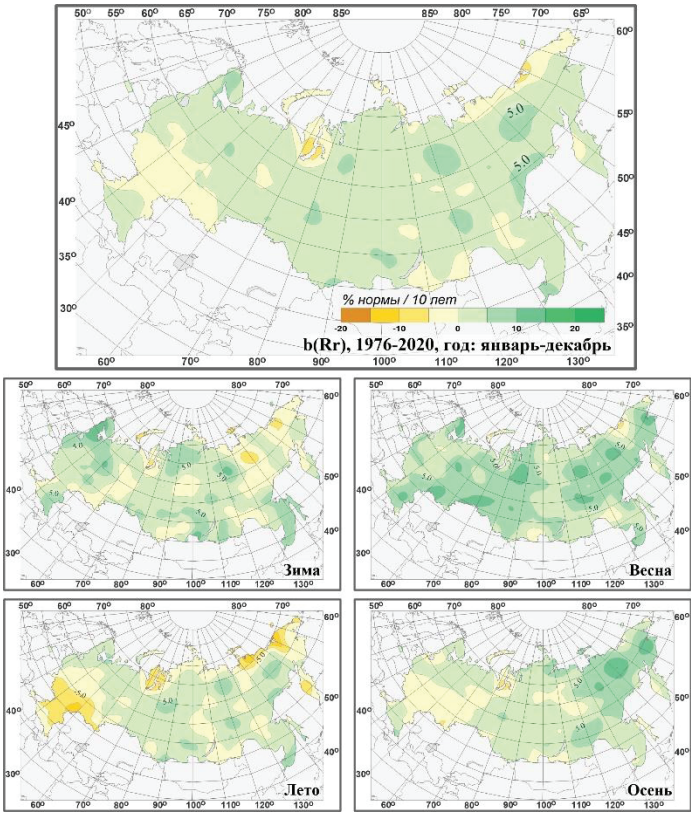


Рис. 1.12. Коэффициент линейного тренда годовых и сезонных сумм атмосферных осадков за 1976-2020 гг. на территории России (% нормы за 10 лет).

В таблице 1.5 приведены оценки трендов региональноосредненных осадков; значимость оценивалась с использованием Т-статистики Стьюдента.

Таблица 1.5. Оценки линейного тренда осредненных за год (январь - декабрь) и по сезонам месячных сумм атмосферных осадков для регионов России за 1976-2020 гг. ***b**, % / 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	39	2.9	16	5.8	39	0.7	4	1.5	7
Европейская часть России	0.9	4	3.0	10	5.0	20	-1.7	3	-0.5	0
Азиатская часть России	2.6	46	2.7	12	6.2	40	1.4	12	2.6	19
Федеральные округа										
Северо-Западный	3.0	20	5.9	20	4.2	13	2.0	2	1.4	1
Центральный	-0.2	0	3.1	4	4.8	9	-3.8	6	-1.3	0
Приволжский	-0.7	1	1.3	1	6.1	12	-3.9	7	-2.7	3
Южный	-1.1	1	-0.2	0	4.6	7	-5.4	9	-1.7	1
Северо-Кавказский	1.3	2	1.9	2	4.1	7	-2.4	2	1.6	1
Уральский	2.3	10	1.0	1	8.4	29	1.3	1	0.4	0
Сибирский	2.6	31	3.0	8	5.7	22	1.5	7	2.3	8
Дальневосточный	2.8	25	2.9	8	5.8	32	1.4	3	3.4	22

На территории России преобладает тенденция к увеличению годовых сумм осадков: тренд составляет 2,2% нормы /10 лет, вклад в дисперсию 39% (тренд статистически значим на уровне 1%). Тренд превышает 5%/10 лет лишь в ряде областей Сибири и Дальнего Востока. Рис. 1.10 показывает, что выраженный рост годовых осадков наблюдается со второй половины 1980-х гг. Наиболее значительные тренды (таблица 1.5) наблюдаются в СФО (2.6%/10 лет, 31%) и ДФО (2.8%/10 лет, 25%).

Убывают осадки в районе Обской Губы, на востоке арктического побережья АЧР. Незначительное убывание наблюдается в ЦФО, ПФО и в ЮФО.

Рост осадков в целом по РФ наблюдается во все сезоны. Наиболее значительный рост сезонных сумм осадков наблюдается ***весной*** (5,8% нормы / 10 лет, вклад в дисперсию 39%) – также со второй половины 1980-х гг. Осадки растут практически везде, особенно значительно в АЧР; местами тренд превышает 10% нормы за десятилетие (на отдельных станциях до 15-17% за десятилетие). Значимый на 1%-м уровне тренд отмечен в УФО, СФО и ДФО. ***Зимой*** наиболее заметный рост осадков происходит на севере и юге ЕЧР, в районе Таймыра, на западе Якутии, в районе Байкала, в Приморском крае. ***Летом*** и ***осенью*** рост осадков наблюдается в основном в АЧР, осенью на севере ДФО значительный: выше 5%, а местами 10% за десятилетие.

Зимой осадки уменьшаются на северо-востоке страны и в центральных районах Сибири.

Важное негативное явление: убывание ***летних*** осадков в основных зернопроизводящих районах страны: центральных и южных регионах ЕЧР, особенно в ЮФО (-5.4% нормы за десятилетие). Летние осадки убывают также на арктическом побережье АЧР.

Осенние осадки незначительно убывают в центральных районах ЕЧР и Западной Сибири (и более значительно в районе Обской губы).

Следует отметить, что региональные тренды наблюдаются на фоне существенных колебаний с периодом в несколько десятилетий, так что нельзя с уверенностью утверждать о наличии тенденции на масштабах, превышающих эти периоды.

1.5. Снежный покров

Первый снег зимой 2019-2020 гг. на большей территории ЕЧР выпал позже среднеклиматических сроков на 5-20 дней, за исключением части Южного и Северо-Кавказского ФО (рис. 1.13 б).

На АЧР раньше обычных сроков снежный покров появился в Курганской области, Тыве, Забайкалье, на юге Красноярского края, востоке Таймыра, юго-востоке Якутии и севере Приморского края. В центральных районах Красноярского края и на севере Таймыра первый снег лег уже в начале сентября, что на 10-20 дней раньше климатических сроков (рис. 1.13, а). На западе Таймыра, северо-западе Якутии, в Чукотском АО из-за очень теплой погоды в октябре-ноябре снежный покров появился гораздо позже климатических сроков. На большей части территории России снег сошел раньше обычного по причине очень теплой погоды практически на всей территории страны в январе и феврале. Особенно рано сошел снег на западе и в центре ЕЧР, на Урале и на севере АЧР, на Камчатке, в Приамурье и Приморье; позже - в Карелии и на Кольском полуострове, на юге ЕЧР и Сибири, в центре и на юге Якутии (рис. 1.13, в).

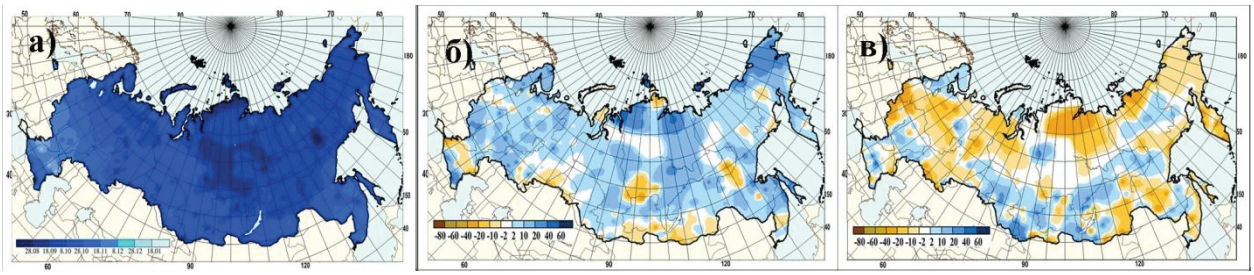


Рис. 1.13. а) Даты появления первого снега на территории России в зимний период 2019-2020 гг.;
б) Аномалии в датах появления первого снега (положительные аномалии соответствуют более поздним датам) на территории России в зимний период 2019-2020 гг. (от норм 1971-2000 гг.);
в) Аномалии в датах схода снега (положительные аномалии соответствуют более поздним датам) на территории России в зимний период 2019-2020 гг. (от норм 1971-2000 гг.).

В таблице 1.6 приведены подробные данные о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ РФ. Весна 2020 г. в Российской Федерации повсеместно была очень ранней, поэтому в таблице приведены три группы бассейнов рек в зависимости от даты максимального снегозапаса.

По состоянию на 29 февраля 2020 г., запасы воды в снежном покрове в бассейнах рек Суры, Ветлуги, Вятки, Камы, Белой, Куйбышевского и Саратовского водохранилищ составили 66-106% нормы, на остальных территориях бассейна реки Волги – 3-44% нормы. Снегозапасы, сформировавшиеся в бассейнах рек Камы и Белой, оказались больше прошлогодних на 21-42 мм, на остальной территории бассейна Волги – на 9-123 мм меньше аналогичных значений 2019 г. В целом в бассейне Волги запасы воды в снеге составили тем самым 74% нормы, что на 45 мм меньше прошлогодних значений. В бассейне Дона выше Цимлянского водохранилища, Хопра и Медведицы снегозапасы на 29 февраля составили 40-65% нормы и оказались на 83-113 мм меньше значений 2019 г. Также меньше нормы (и прошлогодних значений) были снегозапасы в бассейнах Нарвы и Волхова (26% и 13% нормы соответственно).

Запас воды в снежном покрове на 10 марта 2020 г. в бассейнах Северной Двины, Сухоны, Юга, Ваги, Пинеги, Вычегды и Мезеня составил 79-186% нормы. Снегозапасы в бассейнах рек Пинеги, Вычегды и Мезеня оказались больше прошлогодних значений на 10-56 мм; в бассейнах остальных рек севера ЕЧР – на 13-68 мм меньше.

Запас воды в снеге на 10 марта 2020 г. в бассейне Верхней Оби составил 170% нормы и на 54 мм больше прошлогодних значений, а в бассейне реки Тобол – 121% нормы и на 3 мм меньше значений 2019 г. В бассейнах Саяно-Шушенского, Красноярского, Братского, Усть-Илимского водохранилищ и озера Байкал запасы воды в снеге достигли максимальных значений в конце второй декады марта 2020 г. и составили 103-144% нормы. Запас воды в снеге по отношению к прошлогодним значениям существенно увеличился на 4-74 мм.

Таблица 1.6. Сведения о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ РФ по состоянию на 29 февраля, 10 и 20 марта 2020 г. (в сравнении с нормой и с влагозапасами 2019 г.): *w2019, w2020* – запасы воды в снеге в 2019 и 2020 гг.

№ п/п	Бассейны рек		Запасы воды в снеге в 2020 г.				
			норма	*w2019*	*w2020*		
			мм	мм	мм	% от нормы	% от *w2019*
Все данные на 29 февраля 2020 г.							
1	ВОЛГА, в т.ч.		111	127	82	74	114
2	до Рыбинского водохранилища		96	111	18	19	116
3	р. Кострома и р. Унжа		117	150	52	44	128
4	р. Москва		89	91	3	3	102
5	р. Ока, включая бассейн р. Москвы		82	112	18	22	137
6	р. Сура		98	119	65	66	121
7	р. Ветлуга		129	152	86	67	118
8	Чебоксарское водохранилище		92	119	36	39	129
9	р. Вятка		134	140	131	98	104
10	Куйбышевское водохранилище		123	137	105	85	111
11	Саратовское водохранилище		93	135	79	85	145
12	Волгоградское водохранилище		67	147	24	36	219
13	р. Кама		172	141	183	106	82
14	р. Белая		128	110	131	102	86
15	ДОН, в т.ч.		50	111	28	56	222
16	Хопер		59	143	38	64	242
17	Медведица		53	135	22	42	255
Реки северо-запада							
18	Нарва		54	41	14	26	76
19	Волхов		63	90	8	13	143
Реки севера ЕТР и Западной Сибири. Все данные на 10 марта 2020 г.							
20	Северная Двина		116	165	152	131	142
21	Сухона		121	157	90	74	130
22	Вага		118	151	93	79	128
23	Юг		111	193	125	113	174
24	Пинега		97	171	181	187	176
25	Вычегда		131	174	199	152	133
26	Мезень		134	147	203	151	110
27	Верхняя Обь		81	84	138	170	104
28	Тобол		62	78	75	121	126
Реки и водохранилища Сибири. Все данные на 20 марта 2020 г.							
29	Енисей	(Саяно-Шушенское водохранилище)	118	95	169	143	81
30	Енисей	(Красноярское водохранилище)	136	93	141	104	68
31	Ангара	(оз. Байкал)	79	84	88	111	106
32	Ангара	(Братское водохранилище)	70	63	79	113	90
33	Ангара	(Усть-Илимское водохранилище)	117	103	142	121	88

1.6. Водные ресурсы

Водные ресурсы Российской Федерации в 2020 г. составили 4565,0 км^3, превысив среднее многолетнее значение на 8,1%. Большая часть этого объёма – 4316,9 км^3 – сформировалась в пределах России, и 248,1 км^3 воды поступило с территорий сопредельных государств.

На реках Северо-Западного, Приволжского, Южного, Уральского и Дальневосточного федеральных округов (табл. 1.7) наблюдалась повышенная водность, в Сибирском и Центральном федеральных округах – близкая к норме. В Северо-Кавказском федеральном округе водные ресурсы были ниже среднемноголетних значений.

Таблица 1.7. Ресурсы речного стока по федеральным округам

Территории	Площадь территории, тыс. км^2	Среднее многолетнее значение водных ресурсов, км^3/год	Характеристики водных ресурсов 2020 г., км^3/год			
			местный сток	приток	всего	Отклонение от среднего многолетнего значения,%
Северо-Западный **ФО**	1687,0	569,6	647,2	58,4	705,6	23,9
Центральный ФО	650,2	126,1	91,8	30,8	122,6	-2,8
Приволжский ФО	1037,0	271,3	196,7	123,4	320,1	18,0

Территории	Площадь территории, тыс. км^2	Среднее многолетнее значение водных ресурсов, км^3/год	Характеристики водных ресурсов 2020 г., км^3/год			
			местный сток	приток	всего	Отклонение от среднего многолетнего значения,%
Южный ФО	447,9	288,3	18,9	306,2	325,1	12,8
Северо-Кавказский ФО	170,4	28,0	20,9	1,7	22,6	-19,3
Уральский ФО	1818,5	597,3	475,3	213,6	688,9	15,3
Сибирский ФО	4361,8	1303,2	1100,9	216,7	1317,6	1,1
Дальневосточный ФО	6952,5	1960,3	1765,2	333,3	2098,5	7,0
Российская Федерация в целом	17125,3	4223,3	4316,9	248,1	4565,0	8,1

Средние многолетние значения водных ресурсов рассчитаны за период 1930-1980 гг. для ЕЧР и за период 1936-1980 гг. для АЧР. Подчёркнуты значения, уточнённые в 2020 г.

Водные ресурсы бассейнов крупнейших рек России (наблюдённый годовой сток рек) в 2020 г. в большинстве случаев значительно отличались как от средних многолетних значений, так и от значений 2019 г. (табл. 1.8).

Таблица 1.8. Ресурсы речного стока по речным бассейнам

Речной бассейн	Площадь бассейна, тыс. км^2	Среднее многолетнее значение водных ресурсов*, км^3/год	Водные ресурсы 2020 г., км^3/год	Отклонение от среднего многолетнего значения,%
Северная Двина	357	101,0	130,0	28,7
Печора	322	129,0	185,0	43,4
Волга	1360	238,0	293,0	23,1
Дон	422	25,5	10,8	-57,6
Кубань	57,9	13,9	6,46	-53,5
Терек	43,2	10,5	8,26	-21,3
Обь	2990	405,0	435,0	7,4
Енисей	2580	635,0	690,0	8,7
Лена	2490	537,0	584,0	8,8
Колыма	647	131,0	127,0	-3,1
Амур	1855	378,0	473,0	25,1

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

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 резко возрос по сравнению с 2019 г., когда превышение нормы было незначительным, а превышение стока Печоры над нормой почти не изменилось. Превышение нормы для этих рек составило 28,7% и 43,4% против 5,0% и 45,0% в 2019 г.

Сток Волги в 2020 г. резко возрос по сравнению с 2019 г. и превысил норму на 23,1%, что означало возобновление фазы высокой водности, продолжавшейся с 2016 по 2018 г. и прерванной в 2019 г., когда сток был ниже нормы на 3,8%.

В бассейнах Дона и Кубани продолжилась фаза низкой водности, начавшаяся ещё в 2007 г. При этом в 2020 г., как и в 2019 г., наблюдалось резкое снижение стока по сравнению с предыдущим годом. Сток был ниже нормы, соответственно, на 57,6% и 53,5% при 33,3% и 17,3% в 2019 г.

Водность в бассейне Терека, близкая к норме в период с 2016 по 2018 г. и снизившаяся до значения ниже нормы на 6,6% в 2019 г., характеризовалась падением в 2020 г. до значения ниже нормы на 21,3%.

В бассейне одной из крупнейших рек Сибири – Оби – продолжилась фаза повышенной водности, начавшаяся в 2014 г., однако превышение нормы 7,4% мало отличалось от показателя 2019 г. 8,1%.

В бассейнах двух других крупнейших сибирских рек – Енисея и Лены – имел место рост водности по сравнению с 2019 г. При незначительном росте стока Енисея от нормы (0,3%) рост стока Лены был весьма резким – от значения ниже нормы на 15,6%, что означает возобновление фазы высокой водности, продолжавшейся с 2012 по 2018 г.

В бассейне Колымы водность была близкой к норме с отклонением от неё на 3,1% в меньшую сторону. Это означает завершение фазы высокой водности, продолжавшейся с 2016 по 2019 г. с аномально высоким стоком Колымы, наблюдавшимся в 2017 и 2018 г.

В бассейне крупнейшей реки Дальнего Востока – Амура – в 2020 г. водность по-прежнему значительно превышала норму (на 25,1%), хотя и снизилась по сравнению с 2019 г., когда превышение составило 41,5%.

Водные ресурсы субъектов Российской Федерации в 2020 г. (табл. 1.9) также в большинстве случаев существенно отличались от средних многолетних значений и от значений 2019 г.

Таблица 1.9. Ресурсы речного стока по субъектам Российской Федерации

Субъекты федерации	Площадь территории, тыс. км^2	Среднее многолетнее значение водных ресурсов, км^3/год	Характеристики водных ресурсов 2020 г., км^3/год			
			местный сток	приток	всего	Отклонение от среднего многолетнего значения,%
Северо-Западный федеральный округ						
Республики						
Карелия	180,5	56,0	67,6	3.5	71.1	27.0
Коми	416,8	164,8	206,2	18.9	225.1	36.6
Области						
Архангельская, в том числе	589,9	354,9	188,3	266.8	455.1	28.2
Ненецкий АО	176,8	204,8	81,9	189.7	271.6	32.6
Вологодская	144,5	47,7	61,5	14.7	76.2	59.7
Калининградская	15,1	22,4	1,5	14.0	15.5	-30.8
Ленинградская	83,9	82,1	22,1	79.2	101.3	23.4
Мурманская	144,9	65,7	67,8	15.9	83.7	27.4
Новгородская	54,5	23,4	21,9	9.6	31.5	34.6
Псковская	55,4	12,1	10,3	1.1	11.4	-5.8
Центральный федеральный округ						
Области						
Белгородская	27,1	2,7	1,5	0.1	1.6	-40.7
Брянская	34,9	7,3	2,1	1.6	3.7	-49.3
Владимирская	29,1	35,2	2,1	23.2	25.3	-28.1
Воронежская	52,2	13,7	0,6	6.4	7.0	-48.9
Ивановская	21,4	57,3	5,2	71.4	76.6	33.7
Калужская	29,8	11,3	4,1	3.5	7.6	-32.7
Костромская	60,2	53,4	11,1	62.8	73.9	38.4
Курская	30,0	3,9	1,6	0.0	1.6	-59.0
Липецкая	24,0	6,3	1,6	2.1	3.7	-41.3
Московская	45,8	18,0	9,0	6.7	15.7	-12.8
Орловская	24,7	4,1	1,7	0.3	2.0	-51.2
Рязанская	39,6	25,7	2,5	15.0	17.5	-31.9
Смоленская	49,8	13,7	7,7	3.7	11.4	-16.8
Тамбовская	34,5	4,1	2,4	0.4	2.8	-31.7
Тверская	84,2	21,1	17,2	8.5	25.7	21.8
Тульская	25,7	10,6	2,4	4.2	6.6	-37.7
Ярославская	36,2	35,8	19,0	40.5	59.5	66.2
Приволжский федеральный округ						
Республики						
Башкортостан	142,9	34,2	30,0	10.9	40.9	19.6
Марий Эл	23,4	110,4	4,9	116.4	121.3	9.9
Мордовия	26,1	4,9	2,0	1.1	3.1	-36.7
Татарстан	67,8	229,6	6,9	276.7	283.6	23.5
Удмуртская	42,1	63,3	12,1	74.9	87.0	37.4
Чувашская	18,3	119,0	1,5	127.3	128.8	8.2
Края						
Пермский	160,2	56,0	65,6	10.2	75.8	35.4
Области						
Кировская	120,4	40,0	44,2	18.4	62.6	56.5
Нижегородская	76,6	105,8	11,9	103.9	115.8	9.5
Оренбургская	123,7	12,7	2,8	3.7	6.5	-48.4
Пензенская	43,4	5,6	4,1	0.5	4.6	-17.9
Самарская	53,6	236,8	3,4	292.4	295.8	24.9
Саратовская	101,2	241,5	3,0	295.1	298.1	23.4

Субъекты федерации	Площадь территории, тыс. км^2	Среднее многолетнее значение водных ресурсов, км^3/год	Характеристики водных ресурсов 2020 г., км^3/год			
			местный сток	приток	всего	Отклонение от среднего многолетнего значения,%
Ульяновская	37,2	231,2	4,3	287.7	292.0	26.3
Южный федеральный округ						
Республики						
Адыгея	7,8	14,1	1,7	5.9	7.6	-46.1
Калмыкия	74,7	0,4	0,6	0.1	0.7	75.0
Крым	27,0	1,0	0,4	0.3	0.7	-30.0
Края						
Краснодарский	75,5	23,0	10,9	4.4	15.3	-33.5
Области						
Астраханская	49,0	237,7	0,0	293.0	293.0	23.3
Волгоградская	112,9	258,6	2,6	301.4	304.0	17.6
Ростовская	101,0	26,9	2,7	8.8	11.5	-57.2
Северо-Кавказский федеральный округ						
Республики						
Дагестан	50,3	20,7	6,8	9.8	16.6	-19.8
Ингушетия	3,6	1,7	0,4	1.1	1.5	-11.8
Кабардино-Балкария	12,5	7,5	2,7	4.0	6.7	-10.7
Карачаево-Черкесская	14,3	6,1	4,5	0.0	4.5	-26.2
Северная Осетия – Алания	8,0	8,0	3,3	2.2	5.5	-31.3
Чеченская	15,6	11,6	3,1	6.2	9.3	-19.8
Края						
Ставропольский	66,2	6,0	0,1	3.3	3.4	-43.3
Уральский федеральный округ						
Области						
Курганская	71,5	4,3	1,1	1.8	2.9	-32.6
Свердловская	194,3	30,2	36,7	2.0	38.7	28.1
Тюменская, в том числе	1464,2	583,7	430,2	243.9	674.1	15.5
Ханты-Мансийский АО	534,8	380,8	155,0	254.1	409.1	7.4
Ямало-Ненецкий АО	769,3	581,3	260,4	409.1	669.5	15.2
Челябинская	88,5	7,4	7,3	0.9	8.2	10.8
Сибирский федеральный округ						
Республики						
Алтай	92,9	34,0	37,7	0.0	37.7	10.9
Тыва	168,6	45,5	53,6	9.3	62.9	38.2
Хакасия	61,6	97,7	20,9	91.9	112.8	15.5
Края						
Алтайский	168,0	55,1	15,2	39.3	54.5	-1.1
Красноярский	2366,8	930,2	712,0	225.0	937.0	0.7
Области						
Иркутская	774,8	309,5	162,6	172.0	334.6	8.1
Кемеровская	95,7	43,2	38,8	2.3	41.1	-4.9
Новосибирская	177,8	64,3	5,8	54.7	60.5	-5.9
Омская	141,1	41,3	4,6	37.5	42.1	1.9
Томская	314,4	182,3	49,7	119.0	168.7	-7.5
Дальневосточный федеральный округ						
Республики						
Бурятия	351,3	97,1	94,4	28.8	123.2	26.9
Саха (Якутия)	3083,5	881,1	561,7	344.5	906.2	2.8
Края						
Забайкальский	431,9	75,6	88,1	18.5	106.6	41.0

Субъекты федерации	Площадь территории, тыс. км^2	Среднее многолетнее значение водных ресурсов, км^3/год	Характеристики водных ресурсов 2020 г., км^3/год			
			местный сток	приток	всего	Отклонение от среднего многолетнего значения,%
Камчатский	464,3	275,2	242,1	2.1	244.2	-11.3
Приморский	164,7	46,3	64,1	9.7	73.8	59.4
Хабаровский	787,6	491,2	233,5	357.4	590.9	20.3
Области						
Амурская	361,9	170,6	136,6	101.2	237.8	39.4
Магаданская	462,5	124,9	112,6	3.3	115.9	-7.2
Сахалинская	87,1	57,3	63,9	0.0	63.9	11.5
Автономные области						
Еврейская	36,3	217,7	12,1	304.4	316.5	45.4
Автономные округа						
Чукотский АО	721,5	194,6	156,1	10.8	166.9	-14.2

Средние многолетние значения водных ресурсов рассчитаны за период 1930-1980 гг. для ЕЧР и за период 1936-1980 гг. для АЧР.
Подчёркнуты значения, уточнённые в 2020 г.

В 2020 г. во всех субъектах федерации Северо-Западного федерального округа, кроме Калининградской и Псковской областей, водность рек была намного выше средних многолетних значений. Наиболее высокими показателями водности характеризовались Вологодская область (59,7%) и Республика Коми (36,6%), наименее высокими – Ленинградская область (23,4%), Республика Карелия (27,0%) и Мурманская область (27,4%). В Псковской и Калининградской областях водность была ниже нормы, причём в Калининградской области она была весьма низкой, отличаясь от нормы на 30,8%.

В Архангельской, Вологодской, Ленинградской и Новгородской областях, а также в Республике Карелия имел место дополнительный рост показателей водности по сравнению с высокими значениями 2019 г. Во всех, кроме Архангельской области, он был значительным. В Мурманской области произошёл резкий рост водности от значения, близкого к норме. В восточной части округа, в Республике Коми водность несколько снизилась по сравнению с 2019 г., сохранившись при этом достаточно высокой. Более существенное снижение водности от весьма низких значений на крайнем западе округа и от значений несколько выше нормы на юго-западе сохранило характер водности Калининградской области и изменило его в Псковской области.

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

В 2020 г. все основные реки, протекающие по территории Архангельской, Вологодской, Ленинградской, Мурманской областей, Республик Коми и Карелия, характеризовались высоким стоком, весьма значительно превышающим норму. За исключением рек Республики Коми, сток рек на этих территориях превышал и значения 2019 г. Противоположная ситуация наблюдалась в Калининградской области, вся территория которой оказалась в зоне низкого стока, дополнительно снизившегося в 2020 г.

Сток реки Великой, главной реки Псковской области, близкий к норме, и низкий сток остальных рек, протекающих по территории области, определили характер её водности. Низкий сток рек Новгородской области, принадлежащих бассейну озера Ильмень, транзитных из Псковской области, с избытком компенсировался высоким стоком остальных рек.

В целом по округу отклонение водных ресурсов от среднего многолетнего значения составило 23,9% против 15,0% в 2019 г. Зона низкой водности охватила лишь крайний запад и юго-запад округа.

Запасы воды в Ладожском озере увеличились в 2020 г. на 0,40 км^3, а в Онежском - уменьшились на 0,54 км^3 (табл. 1.10).

Таблица 1.10. Изменение запасов воды крупнейших озёр Российской Федерации

Озера	Средние многолетние запасы воды, км^3	Средние многолетние уровни воды, м	Запасы воды, км^3		
			на 01.01.20	на 01.01.21	годовые изменения
Ладожское	911,00	5,10	900,00	900.40	0,40
Онежское	292,00	33,00	295,33	294.79	-0,54
Байкал*	23000,00	455,00			-12,28
Ханка	18,30	68,90	21,98	22,10	0,12

* *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.*

В Центральном федеральном округе в подавляющем большинстве субъектов федерации водность рек была ниже нормы с отклонением от неё в меньшую сторону от 12,8% в Московской до 51,2% в Орловской областях. При этом в пяти областях – Белгородской, Брянской, Воронежской, Липецкой и Орловской – отклонение от нормы превысило 40%. Ещё в четырёх областях – Калужской, Рязанской, Тамбовской и Тульской отклонение составило более 30%, не достигнув 40%. Высокая водность имела место только в Ивановской, Костромской, Тверской и Ярославской областях. Превышения нормы в них были весьма значительными и составили от 21,8% в Тверской до 66,2% в Ярославской областях.

Картина водности на территории округа, сформировавшаяся в 2020 г., в общих чертах повторяет картину

предыдущего года. Вместе с тем зона высокой водности, включавшая в 2019 г. только три приволжских области, расположенных в северо-восточной части – Ивановскую, Костромскую и Ярославскую, расширилась за счёт Тверской области, охватив всю северную часть округа, примыкающую к Северо-Западному федеральному округу. При этом показатели водности этих областей в 2020 г. значительно повысились. В Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой и Орловской областях, расположенных преимущественно в бассейне Дона, отрицательные показатели 2019 г. дополнительно снизились. В остальных областях, полностью или частично расположенных в бассейне Волги, отмечен некоторый рост показателей водности с сохранением их отрицательных значений.

В целом по округу водность рек повысилась по сравнению с 2019 г. и приблизилась к норме (2,8% ниже нормы против 17,7% ниже нормы).

Описанная ситуация в приволжских областях определилась резким ростом стока Волги в пределах территории округа в 2020 г. от значений ниже нормы, имевших место в 2019 г. Превышение стока над нормой в створе Нижегородского гидроузла составило 40,7%, а в створе Рыбинского гидроузла достигло аномально высокого значения 67,8%, благодаря высокому стоку притоков Рыбинского водохранилища. В остальной части округа картина определилась весьма низким стоком в бассейне Дона, дополнительно снизившемся по сравнению с 2019 г., и стоком в бассейнах Западной Двины, Днепра и Оки, по-прежнему низким, несмотря на некоторое его повышение по сравнению с 2019 г.

Запасы воды в волжских водохранилищах округа – Иваньковском, Угличском и Рыбинском – уменьшились в 2020 г. на 4,19 км^3, в основном, за счёт Рыбинского водохранилища, где они понизились на 4,20 км^3, а уровень понизился на 1,00 м.

В Приволжском федеральном округе в 2020 г., как и прежде, наиболее высокая водность с превышением нормы свыше 35% наблюдалась в его северо-восточной части – в Удмуртской Республике, Пермском крае и Кировской области. В последней превышение составило 56,5%. Вместе с тем в 2020 г. зона высокой водности распространилась за пределы этих традиционно высоководных регионов и охватила всю территорию округа, за исключением Республики Мордовия, Пензенской и Оренбургской областей. Водность этих субъектов федерации сохранилась низкой с отклонениями от нормы в меньшую сторону от 17,9% в Пензенской до 48,4% в Оренбургской областях. Превышение нормы в других регионах составило от 8,2% в Республике Чувашия до 26,3% в Ульяновской области.

Во всех субъектах федерации округа, кроме Пермского края и Удмуртской Республики, был отмечен рост показателя водности по сравнению с 2019 г.

По округу в целом водность рек в 2020 г. была выше нормы на 18,0% против 5,7% в 2019 г.

Распределение водных ресурсов по субъектам федерации Приволжского федерального округа и направление его изменения определились действием четырёх факторов. Первый из них – резкий рост стока Волги в пределах округа по сравнению с 2019 г. до весьма высоких значений при сохранении низкого стока правобережных притоков, несмотря на некоторое его повышение. Сток Волги в створах Нижегородского гидроузла, Жигулёвской ГЭС и Волжской ГЭС превысил норму, соответственно, на 40,7%, 26,5% и 23,2%. Второй фактор – сохранение высокого стока главного притока Волги – Камы, несмотря на незначительное снижение, сочетавшееся с ростом стока крупных притоков – рек Вятки и Белой до значений, превысивших норму, соответственно, на 63,1% и 28,0%. Третий фактор, дополнительно повлиявший на водность Кировской области – весьма высокая водность рек бассейна Северной Двины на её территории, дополнительно возросшая по сравнению с высокой водностью 2019 г. Наконец, четвёртым фактором стало сохранение низкого стока рек в бассейне Урала и всех других рек в пределах Оренбургской области, несмотря на его повышение по сравнению с 2019 г.

Запасы воды в водохранилищах Волжско-Камского каскада (Иваньковском, Угличском, Рыбинском, Горьковском, Чебоксарском, Куйбышевском, Камском, Воткинском, Саратовском, Волгоградском), расположенных в трёх федеральных округах, уменьшились в 2020 г. на 22,93 км^3, в основном, за счёт Куйбышевского водохранилища, где они понизились на 13,54 км^3, а уровень – на 2,34 м.

Запасы воды в Ириклинском водохранилище на реке Урал в 2020 г. увеличились на 0,38 км^3, а его уровень повысился на 1,70 м.

Во всех субъектах федерации Южного федерального округа, кроме Астраханской и Волгоградской областей, а также Республики Калмыкия, водность рек в 2020 г. была ниже нормы и дополнительно снизилась по сравнению с 2019 г. Отклонение от нормы в меньшую сторону составило от 30,0% в Республике Крым до 57,2% в Ростовской области. В Астраханской и Волгоградской областях характер водности резко изменился по сравнению с 2019 г. Средние многолетние значения водности этих областей были превышены, соответственно, на 23,3% и 17,6%.

В Республике Калмыкия норма водности была превышена на 75,0%.

Сложившаяся картина водности приволжских областей округа была обусловлена резким ростом стока Волги до значения выше нормы на 23,1%. В Ростовской области, Краснодарском крае и Республике Адыгея она определилась продолжившимся падением стока Дона и Кубани до значений ниже нормы, соответственно, на 57,3% и 53,5%. Наконец, продолжившееся снижение стока подавляющего большинства рек Крымского полуострова стало причиной более низкой водности в Республике Крым по сравнению с 2019 г.

Сохранение весьма высокой водности рек Республики Калмыкия, несмотря на её резкое снижение по сравнению с 2019 г., определилось, как и прежде, изменениями водности Калауса и Кумы не только под действием естественных факторов, но и в результате масштабной переброски стока в эти реки.

В целом по округу отклонение водных ресурсов от среднего многолетнего значения составило 12,8% против -5,6% в 2019 г.

Запасы воды в Краснодарском водохранилище уменьшились на 0,14 км^3, что привело к понижению уровня этого водоёма на 0,89 м. В Цимлянском водохранилище запасы воды в 2020 г. уменьшились на 1,09 км^3, а его уровень понизился на 0,50 м.

В Северо-Кавказском федеральном округе водность всех субъектов федерации была значительно ниже нормы. Отклонения от нормы в меньшую сторону составили от 10,7% в Кабардино-Балкарской Республике до 43,3% в Ставропольском крае. Во всех субъектах федерации на территории округа произо-

шло снижение водности по сравнению с 2019 г. Наиболее значительное снижение имело место в Карачаево-Черкесской Республике (от 6,6% до -26,2%), Республике Ингушетия (от 17,6% до -11,8%) и Ставропольском крае (от -15,0% до -43,3%).

Ситуация 2020 г. противоположна наблюдавшейся в 2018 г., когда во всех субъектах федерации в составе округа водность превышала норму или была близка к ней. Значительно отличается она и от ситуации 2019 г., когда на территории округа ещё оставались три субъекта федерации с превышением нормы водности – республики Ингушетия, Карачаево-Черкесская и Кабардино-Балкарская.

В целом по округу водность была ниже нормы на 19,3%, то есть значительно понизилась по сравнению с 2019 г., когда она была ниже нормы на 4,3%.

Картину водности рек Северо-Кавказского федерального округа сформировало снижение стока основных рек, протекающих по его территории – Кубани, Терека и Сулака, а также подавляющего числа их притоков. Как и прежде, естественная картина распределения водных ресурсов в немалой степени нарушалась масштабной межбассейновой и внутрибассейновой перебросками стока.

В Уральском федеральном округе распределение водности рек по субъектам федерации в значительной мере повторило картину двух предыдущих лет. Во всех субъектах федерации, кроме Курганской области, водность превышала норму. Наиболее значительное превышение 28,1%, как и прежде, имело место в Свердловской области. В Тюменской области с её автономными округами оно составило 15,5%. На этих территориях продолжилась фаза высокой водности, начавшаяся в 2014 г., хотя и с заметным снижением в Свердловской области по сравнению с 2019 г., когда норма была превышена на 47,7%. В Челябинской области завершилась двухлетняя фаза низкой водности, и в 2020 г. норма была превышена на 10,8%. На крайнем юге округа, в Курганской области продолжилась фаза низкой водности, начавшаяся в 2018 г. Отклонение от нормы на этой территории в меньшую сторону составило 32,6% при 37,2% в 2019 и 46,5% в 2018 г.

Решающую роль в формировании описанной ситуации в Тюменской области и автономных округах сыграл сток главной реки области и всего федерального округа – Оби, который по-прежнему превышал норму. Небольшое снижение стока Оби по сравнению с 2019 г. компенсировалось ростом стока других рек бассейна Обской губы. В Свердловской области ситуация определилась столь же или более высоким, чем в 2019 г., стоком рек бассейна Камы, протекающих по территории области – Уфы, Косьвы, Чусовой и Сылвы, а также весьма высоким стоком реки Тавды, компенсировавшим низкий сток остальных рек бассейна Тобола. Переход водности Челябинской области через норму в 2020 г. определился соответствующим поведением стока Урала и его притоков, а также высоким стоком рек бассейна Камы на территории области, дополнительно возросшим по сравнению с 2019 г. (реки Уфа, Сим, Ай, Юрюзань).

Низкая водность Курганской области определилась сохранившимся низким стоком Тобола и его притоков в верхнем и среднем течении.

В целом по округу сохранилось существенное превышение водности над нормой, составившее 15,3%, то есть почти не изменившееся по сравнению с 2019 г., когда норма была превышена на 14,5%.

В Сибирском федеральном округе в 2020 г. высокой водностью рек отличались Республики Алтай, Тыва и Хакасия, расположенные в южной части округа. Норма водности в этих субъектах федерации с преобладающим горным рельефом была превышена, соответственно, на 10,9%, 38,2% и 22,8%. Повышенной водностью характеризовалась также Иркутская область, где норма была превышена на 8,1%. В Алтайском и Красноярском краях, а также в Омской области водность была близка к норме, отличаясь от неё менее, чем на 2%. В остальных трёх субъектах федерации – Кемеровской, Новосибирской и Томской областях водность рек была ниже нормы на 5 – 8%.

На всей территории округа, кроме Омской области, имел место рост водности рек по сравнению с 2019 г., когда преобладала низкая водность, а высокая водность наблюдалась лишь в Республике Тыва и Омской области.

В целом по округу водность рек в 2020 г. была близка к норме, превышая её на 1,1%, против 10,9% ниже нормы в 2019 г.

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

В бассейне Оби водность, высокая в верхнем течении, как и в предыдущие годы, снижалась в направлении Новосибирской ГЭС. Сток реки в створе плотины был ниже нормы на 10,6% и сохранялся низким на участке ниже плотины в пределах территории округа, отличаясь от нормы на 8,0% в створе границы. Это более высокие показатели, чем в 2019 г. (соответственно, 23,1% и 15,0%). Ситуация определилась совокупным влиянием притоков Оби в пределах округа, рост стока которых по сравнению с 2019 г., оказался недостаточным для достижения нормы.

В бассейне Иртыша, в среднем течении, водность, ежегодно снижавшаяся, начиная с 2016 г. от весьма высоких значений, в 2020 г. приблизилась к норме с превышением её всего на 1,6%.

В бассейне Енисея водность участка бассейна от истока до Красноярской ГЭС в 2020 г., как и в предыдущие два года, превышала норму, снижаясь в направлении ГЭС. Однако показатели водности превысили значения этих лет, причём по сравнению с 2019 г. превышение было значительным: для створа плотины ГЭС оно составило 12,0% против 1,4% в 2019 г. Показатель водности бассейна в целом также был выше, чем в 2019 г. (8,7% против 0,3%) вследствие совокупного влияния всех притоков на участке ниже Красноярской ГЭС. При этом сток крупнейшего притока – Ангары продолжил свой рост, начавшийся в 2018 г. с весьма низкого значения, и в 2020 г. приблизился к норме с показателем -3,2%.

В бассейне Лены, в верхнем течении, сток превышал норму на 13,4% в противоположность 2019 г., когда он был ниже нормы на 22,1%. При этом сток главного притока Лены в верхнем течении – реки Витим был аномально высоким (60,8% над нормой).

Сток Хатанги, весьма низкий в 2019 г., в 2020 г. несколько повысился, но остался низким, достигнув показателя -18,8%.

Годовое уменьшение запасов воды в Новосибирском водохранилище составило 0,12 км^3, понижение уровня – 0,12 м. Запасы воды в озере Байкал понизились на 12,28 км^3. Суммарное увеличение запасов воды в водохранилищах Ангаро-Енисейского каскада

составило 6,40 км^3, в основном за счёт Братского водохранилища, запасы которого повысились на 6,84 км^3, что вызвало повышение уровня в этом водохранилище на 1,14 м. Запасы Красноярского водохранилища повысились на 0,26 км^3, а уровень – на 0,15 м. Запасы Саяно-Шушенского водохранилища понизились на 0,30 км^3, что вызвало понижение уровня на 0,75 м.

В Дальневосточном федеральном округе превышение нормы водности рек от 11% до 59% и более наблюдалось в Республике Бурятия, в Забайкальском, Приморском и Хабаровском краях, в Амурской и Сахалинской областях, а также в Еврейской автономной области. При этом в Забайкальском и Приморском краях, в Амурской области и в Еврейской автономной области норма была превышена более чем на 39%.

Водность, близкая к норме, имела место в Республике Саха (Якутия) с превышением 2,8%. В остальных субъектах федерации – Камчатском крае, Магаданской области и Чукотском автономном округе она была ниже нормы с показателями от -7,2% для Магаданской области до -14,2% для Чукотского автономного округа.

В Республиках Бурятия, Саха (Якутия), Забайкальском и Приморском краях, Амурской и Сахалинской областях, Еврейской автономной области в 2020 г. произошёл рост водности по сравнению с 2019 г., в том числе в Республике Саха (Якутия), Забайкальском крае и Сахалинской области – с переходом через норму. Наиболее впечатляющим, от -14,8% до 41,0% стал рост водности в Забайкальском крае.

Во всех остальных субъектах федерации на территории округа водность снизилась по сравнению с 2019 г., что не привело к изменению её характера. В Хабаровском крае она снизилась от 37,6% до 20,3% над нормой, а в Камчатском крае, Магаданской области и Чукотском автономном округе незначительно возросло отклонение от нормы в меньшую сторону.

В целом по округу водность рек была выше нормы на 7,0%, что выше, чем в 2019 г., когда она была близка к норме, отличаясь от неё на 0,4% в меньшую сторону, но ниже, чем в 2018 г., когда превышение составило 14,3%.

Распределение водности в Дальневосточном федеральном округе и его годовое изменение стали результатом действия многих факторов. Первый из них – резкий рост стока Лены и снижение стока Колымы по сравнению с 2019 г. с переходом через норму в сочетании с продолжением фазы низкой водности других наиболее крупных рек бассейнов морей Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского и Берингова, начавшейся в 2019 г. Второй фактор – продолжение роста стока Амура и его притоков, начавшегося в 2018 г. Третий фактор – продолжение фазы низкой водности основной части рек полуострова Камчатка, начавшейся в 2014 г. Четвёртый фактор – резкий рост стока рек бассейна озера Байкал от значений, близких к норме в 2019 г.

Пятый фактор – продолжение фазы высокой водности рек бассейна Японского моря, резко начавшейся в 2018 г. Наконец, шестой фактор – рост стока и начало высоководной фазы большинства рек острова Сахалин после одногодичной низководной фазы 2019 г.

Запасы воды в озере Ханка повысились на 0,12 км^3, а в Зейском водохранилище уменьшились на 0,11 км^3. Уровень воды в этом водохранилище понизился на 0,05 м.

В 2020 г. водность рек на территории Российской Федерации превысила норму на 8,1% (в 2019 г. она была близка к норме).

Количество субъектов федерации с повышенной водностью рек составило 45 единиц против 31 единицы в 2019 г. Общая площадь территории этих субъектов федерации значительно увеличилась и составила приблизительно 13,6 млн. км^2 против 5,87 млн. км^2 в 2019 г.

Высокая водность сохранилась, дополнительно повысилась или пришла на смену низкой водности на севере, северо-западе и северо-востоке ЕЧР, на Урале, кроме южной его части, в Западной Сибири, кроме её юго-западной, юго-восточной и восточной частей, на северо-западном склоне Среднесибирского плоскогорья, в горах и предгорьях Саян, на Приленском плато, в Прибайкалье и Забайкалье, в Приамурье, в Приморье и на острове Сахалин. Наиболее высокая водность имела место на севере и северо-востоке ЕЧР, в Саянах, в Прибайкалье, Приамурье и Приморье.

На остальных территориях России наблюдались низкая или средняя водности, сохранившиеся или пришедшие на смену высокой водности, наблюдавшейся в 2019 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;



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.

— 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.

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 2020 г. количественный состав государственной сети наблюдений следующий:

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводились в 253 городах Российской Федерации, на 684 станциях, из них регулярные наблюдения Росгидромета выполнялись в 221 городе на 612 станциях. Измеряются концентрации до 57 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 1 810 пунктов, 2 488 створов, 2 805 вертикалей, 3224 горизонта. Измеряются 104 показателя качества воды. В 2020 г. на 69 водных объектах (из них 57 водотоков и 14 водоемов), на которых находится 112 пунктов, 134 створа, 189 вертикалей, 316 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 125 водных объектах России на 197 гидробиологических пунктах и 289 створах. Программа наблюдений включала от 2 до 6 показателей.

Наблюдения за загрязнением шельфовых зон 9 морей проводились на 248 станциях по гидрохимическим показателям (от 6 до 9 показателей); на 4 морях - на 72 станциях по гидробиологическим показателям (по фитопланктону, мезозоопланктону, макрозообетосу, бактериопланктону).

Сеть станций наблюдения атмосферного трансграничного переноса веществ включает 4 станции на Европейской части России (программа ЕМЕП) и 4 станции на Азиатской части (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 8 федеральных округов, 39 субъектов РФ общей площадью 31,1 тыс. га. В отобранных пробах определялись 20 наименований пестицидов и их метаболитов.

Для оценки загрязнения почв токсикантами промышленного происхождения в 2020 г. проведён отбор проб в районах 38 населенных пунктов на территориях 16 субъектов РФ. В отобранных пробах определялось до 25 ингредиентов промышленного происхождения.

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 2020 г. осуществлялись на 523 пунктах. В пробах определялись основные ионы и значения pH.

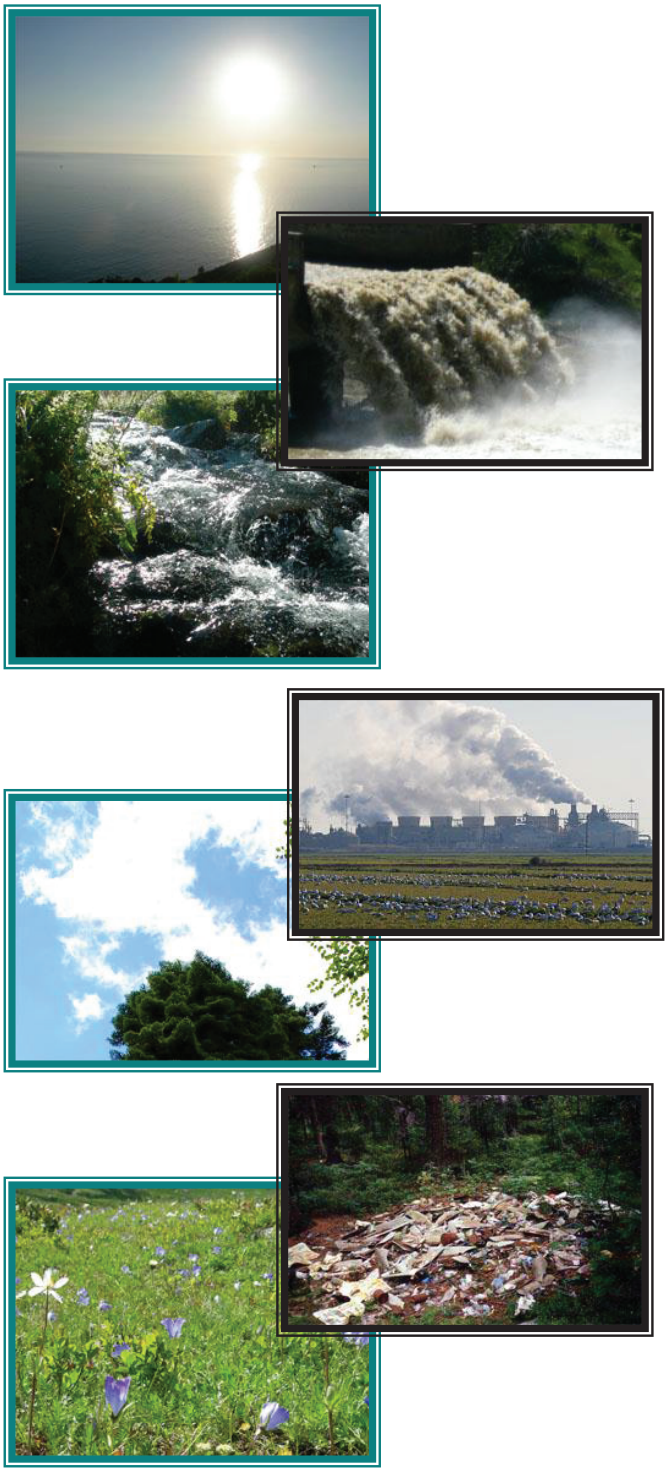
Система фонового мониторинга ориентирована на получение информации о состоянии окружающей среды на территории Российской Федерации, на основании которой проводятся оценки и прогноз изменения этого состояния под влиянием антропогенных факторов.

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 на стационарной сети осуществлялись на 1 267 пунктах.

Гамма-спектрометрический и радиохимический 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 2019 г., а также ранее выполненные оценки за период 2015–2018 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[1] 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 2019 г. совокупный выброс ПГ в Российской Федерации (без учета вклада ЗИЗЛХ) сократился по отношению к предыдущему году на 0,7% на фоне роста ВВП на 2,0%. 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 2019 г., 25,2% 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 48,7% с учетом сектора землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ), и на 32,9% – без учета этого сектора).

Таблица 2.1. Выбросы парниковых газов по секторам МГЭИК*

Секторы	Выбросы, млн. т CO_2-экв.				
	2015	2016	2017	2018	2019
Энергетика	1616,5	1612,3	1629,6	1679,2	1667,7
Промышленные процессы и использование продукции	218,6	218,3	232,6	243,3	237,4
Сельское хозяйство	108,6	112,5	113,1	112,8	114,2
ЗИЗЛХ**	-589,0	-608,9	-603,3	-586,7	-534,8
Отходы	92,1	94,1	96,2	98,2	100,2
Всего, без учета ЗИЗЛХ	2035,9	2037,2	2071,5	2133,6	2119,4
Всего, с учетом ЗИЗЛХ	1446,9	1428,3	1468,2	1546,9	1584,6

** Значения приведены с округлением*

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

В табл. 2.2 представлены данные по вкладу секторов МГЭИК в совокупный выброс парниковых газов. Распределение выбросов по секторам за период с 1990 г. (базового года обязательств Российской Федерации по международным климатическим соглашениям) по 2019 г. не претерпело существенных изменений. Доминирующую роль продолжает играть энергетический сектор. Уменьшился вклад сельского хозяйства, несколько возросла роль выбросов, связанных с промышленностью. Почти в два с половиной раза увеличился вклад в совокупный выброс обращения с отходами производства и потребления.

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
1990	100,0	81,3	9,0	7,8	1,9
2019	100,0	78,7	11,2	5,4	4,7

[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.

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

Результаты измерений на двух фоновых станциях (Териберка и Тикси) за последние 12 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.

Уровень концентрации CO_2 в атмосфере северных широт достиг в 2020 г. очередного максимума. Среднегодовое значение на фоновых станциях превысило 415 млн$^{-1}$, а максимальные за год концентрации, наблюдаемые в зимние месяцы, превзошли значение 420 млн$^{-1}$. Уровень концентрации и амплитуда сезонного хода на российских станциях Териберка и Тикси близки к данным станции Барроу.

Вместе с тем, скорость изменения концентрации CO_2 в 2020 г. снизилась и составила 1,7 млн$^{-1}$/год и 2,2 млн$^{-1}$/год для станций Териберка и Тикси соответственно, что является минимальными значениями за последние 5 лет наблюдений. Изменение CO_2 за 2020 г. меньше среднего за десятилетний период для этих станций (2,4 млн$^{-1}$/год и 2,5 млн$^{-1}$/год для станций Териберка и Тикси соответственно), а также среднеглобального значения за период с 2009 г. по 2019 г., составившего 2,37 млн$^{-1}$/год (Бюллетень ВМО по парниковым газам № 16 от 23 ноября 2020 г.).

Целый ряд работ посвящен исследованию влияния ограничений, связанных с COVID-19, на содержание CO_2 в атмосфере. Их результаты обобщены в «Бюллетене ВМО по парниковым газам № 16 от 23 ноября 2020 г.» Непосредственные измерения потоков CO_2 в индустриальных районах на территории Европы и инвентаризационные оценки свидетельствуют о сокращении выбросов CO_2 в атмосферу. Предварительные оценки показывают, что сокращение ежегодных глобальных выбросов (от 4,2% до 7,5%) могут приводить к замедлению темпов роста CO_2 на величину (0,08-0,23 млн$^{-1}$/год), не превышающую пределы естественной межгодовой изменчивости в 1 млн$^{-1}$. Это означает, что в краткосрочной перспективе воздействие ограничений, связанных с COVID-19, трудно отличить от естественной изменчивости.

Концентрация метана также продолжает увеличиваться. 2020 г. характеризуется значительным возрастанием CH_4 на станции Териберка (18,6 млрд$^{-1}$) и Тикси (9,9 млрд$^{-1}$). Однако указанные значения не выходят за пределы вариаций межгодового роста на этих станциях за последние 5 лет наблюдений.

Обращает на себя внимание трансформация от года к году сезонного хода метана, особенно ярко проявляющаяся на станции Тикси (рис. 2.2). С 2018 г. появляются повышенные концентрации метана в августе, когда ожидается максимальная природная эмиссия метана. В 2019 г. такие значения наблюдались в августе и сентябре, а в 2020 г. увеличение CH_4 началось с июня и продолжилось до конца года. Высокие значения концентрации метана во второй половине 2020 г. были зарегистрированы также на станции Териберка.

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

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$^{-1}$
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	1961,8	11,4	413,9	2,8	1983,7	23,3	414,3	3,0
2020	1980,4	18,6	415,6	1,7	1993,6	9,9	416,5	2,2

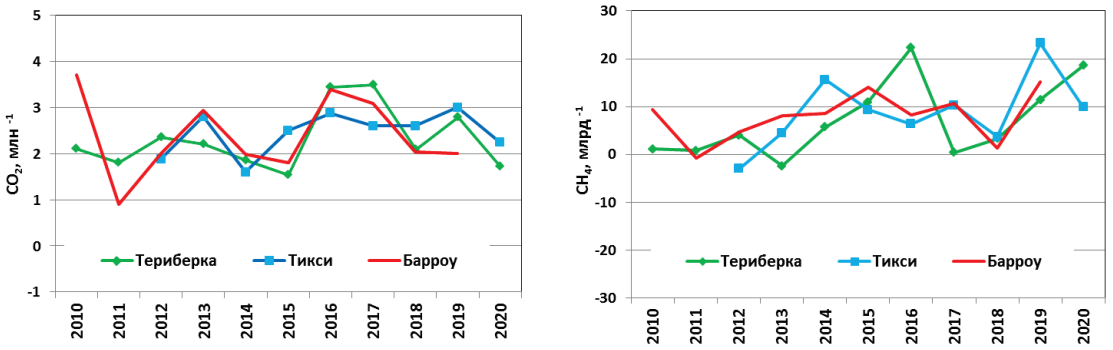


Рис. 2.1. Межгодовые изменения концентрации CO_2 и CH

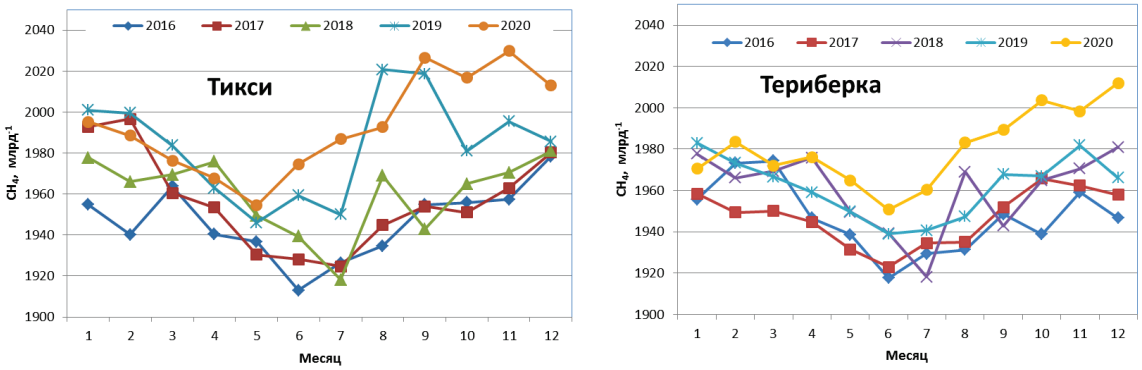


Рис. 2.2. Сезонный ход концентрации CH_4 на станциях Тикси и Териберка

Для станций, расположенных в окрестностях крупномасштабных источников, средняя за многолетний период скорость роста концентрации парниковых газов не сильно отличается от глобального тренда. Так, для десятилетнего периода (2009-2019 гг.) концентрация CO_2 на станции Новый Порт увеличивалась со скоростью 2,2 млн$^{-1}$/год при значении глобального тренда за этот же период равного 2,4 млн$^{-1}$. Аналогичные примеры есть для станции Обнинск («Доклад об особенностях климата на территории РФ за 2019 г.»).

Влияние источников парниковых газов, действующих в районах расположения станций, на основе определения превышения концентрации над фоновым уровнем, для станций Новый Порт, Воейково и Санкт-Петербург (до 2016 г.) представлены на рис. 2.3 и в табл. 2.5. При определении превышения в качестве фонового уровня использованы данные (средние за месяц) станции Териберка.

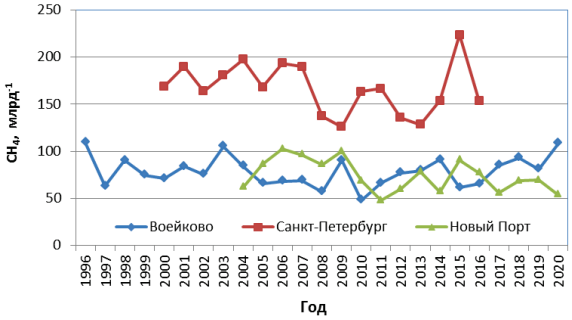


Рис. 2.3. Среднегодовое превышение концентрации CH_4 над фоновым уровнем

Таблица 2.5. Превышение концентрации парниковых газов над фоновым уровнем

Станция	Новый Порт	Воейково	Санкт-Петербург
Период измерений	2004-2020	1996-2020	2000-2016
CH_4, млрд$^{-1}$	76 ±17	77±15	167±27
CH_4, %	4,0	4,1	8,8
CO_2, млн$^{-1}$	4,5±1,2		
CO_2,%	1,1		

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 150-180 млрд$^{-1}$ и 10 млн$^{-1}$ соответственно, наиболее вероятно обусловлены снижением высоты слоя перемешивания атмосферы и поступлением парниковых газов от природных и антропогенных источников, включая месторождения природного газа и нефти в Западной Сибири.

Превышение концентрации парниковых газов над фоновым уровнем в 2020 г. на станциях Новый порт и Воейково не выходит за пределы вариаций, наблюдаемых за многолетний период.

2.3. Оценка состояния и загрязнения атмосферы

2.3.1. Оптическая плотность и прозрачность атмосферы

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

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

в котором $S_{\rho,30}$ – величина измеренного потока прямой солнечной радиации в кВт/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 Δλ = 0,3 – 4 мкм при оптической массе m = 2 (т.е. при высоте солнца 30°).

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

Список станций, районы их расположения и координаты указаны в таблице 2.6. В паре с тремя собственно региональными фоновыми станциями в трех близлежащих городах по аналогичной программе работают городские станции с целью установления разницы в уровне замутнения атмосферы. В таблице 2.6 парные к соответствующим фоновым станциям города расположены на строку ниже и отмечены звездочками.

Средние за 2020 г. значения P_2 и ОПА для региональных станций фонового мониторинга и трех парных им городов приводятся в таблице 2.7.

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

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

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 2020 г.

Станция	ОПА±σ	P_2±σ	Станция	ОПА±σ	P_2±σ
Туруханск	0,242±0,044	0,786±0,033	Курган*	0,279±0,042	0,758±0,031
Усть-Вымь	0,264±0,040	0,768±0,030	Хужир	0,236±0,038	0,790±0,029

Станция	ОПА±σ	P_2±σ	Станция	ОПА±σ	P_2±σ
Сыктывкар*	0,269±0,032	0,765±0,024	Иркутск*	0,256±0,032	0,776±0,040
Воейково	0,257±0,037	0,774±0,028	Шаджатмаз	0,194±0,033	0,824±0,027
Памятное	0,246±0,042	0,782±0,032	о-в Диксон	0,227±0,011	0,797±0,008

В 2020 г. по сравнению с предыдущим годом на семи станциях из десяти оптическая плотность атмосферы повысилась. Максимальное повышение ОПА было зафиксировано на станции Туруханск (48%) за счет аномально высокого уровня оптического замутнением атмосферы в августе, обусловленного влиянием лесных пожаров и повлекшего за собой увеличение среднегодового значения ОПА. На станции Иркутск ОПА не изменилась и только на двух станциях, Усть-Вымь и о-в Диксон, ОПА снизилась. Наибольшее снижение ОПА было зафиксировано на о-ве Диксон, -63,5%.

Сравнение осредненных за 2020 г. значений ОПА с 30-летней нормой ОПА приведено на рис. 2.4.

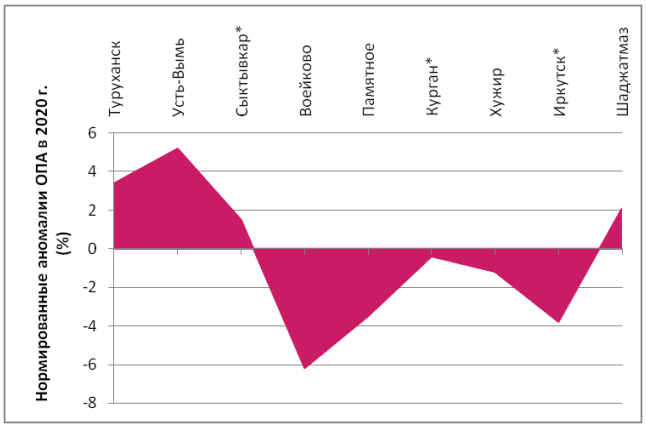


Рис. 2.4. Нормированные аномалии ОПА (%) в 2020 г. относительно многолетней нормы

За нормы ОПА принимались средние значения ОПА за период с 1979 по 2012 гг. 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 2020 г. положительные отклонения ОПА от 30-летней нормы наблюдались на станциях Туруханск, Усть-Вымь, Сыктывкар* и Шаджатмаз. На остальных станциях отклонения от нормы отрицательны. Однако максимальные отклонения от нормы не столь велики по абсолютной величине и практически не превышают ±6%.

На рис. 2.5 показаны внутригодовые изменения среднемесячных значений ОПА в 2020 г. на станциях фонового мониторинга.

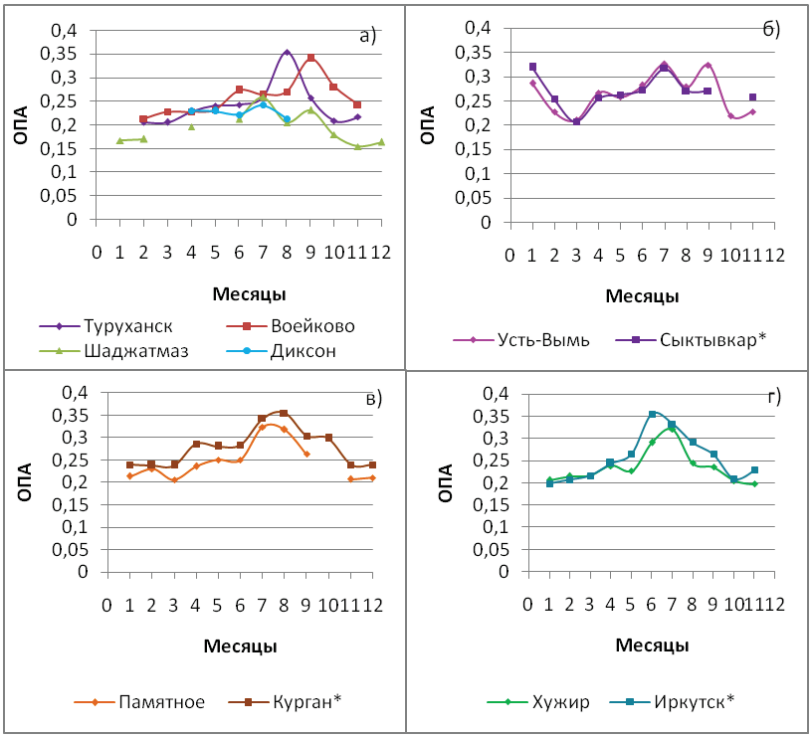


Рис. 2.5. Годовой ход ОПА на станциях фонового мониторинга атмосферы в 2020 г.

В 2020 г. максимальные среднемесячные значения ОПА достигали величины 0,350 или чуть превосходили её. На непарных фоновых станциях (рис. 2.5 а) максимальный уровень оптического замутнения, как упоминалось выше, был зарегистрирован на станции Туруханск в августе (ОПА=0,354) и в Воейково в сентябре (ОПА=0,340). Если для пригородной станции Воейково такая величина ОПА не является редкостью в случае, когда станция попадает под городской факел Санкт-Петербурга, то для станции Туруханск такое повышение ОПА необычно и связано с влиянием сильных лесных пожаров в Сибири.

Для пары станций Усть-Вымь – Сыктывкар* (рис. 2.5 б) характерна меньшая разница в уровне оптического замутнения, а в 2020 г. с января по август 2020 г. среднемесячные значения ОПА практически не отличались. Станция Усть-Вымь является одной из наиболее загрязненных станций. Так, в 2019 и 2020 гг. оптическое замутнение на ней превосходило таковое на станции Воейково, испытывающей на протяжении нескольких лет на себе периодически влияние Санкт-Петербурга.

На парах станций Памятное – Курган* и Хужир – Иркутск* среднемесячные значения ОПА достигали величины 0,350 летом и только в городах. Городское оптическое замутнение большую часть года превосходит таковое на фоновых станциях (рис. 2.5 в и 2.5 г).

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

В середине 1990 гг. в результате самоочищения атмосферы начался рост прозрачности, падение ОПА и постепенный переход нормированных аномалий ОПА в область отрицательных значений.

Представление о характере межгодовой изменчивости ОПА за весь период наблюдений дает рис. 2.6.

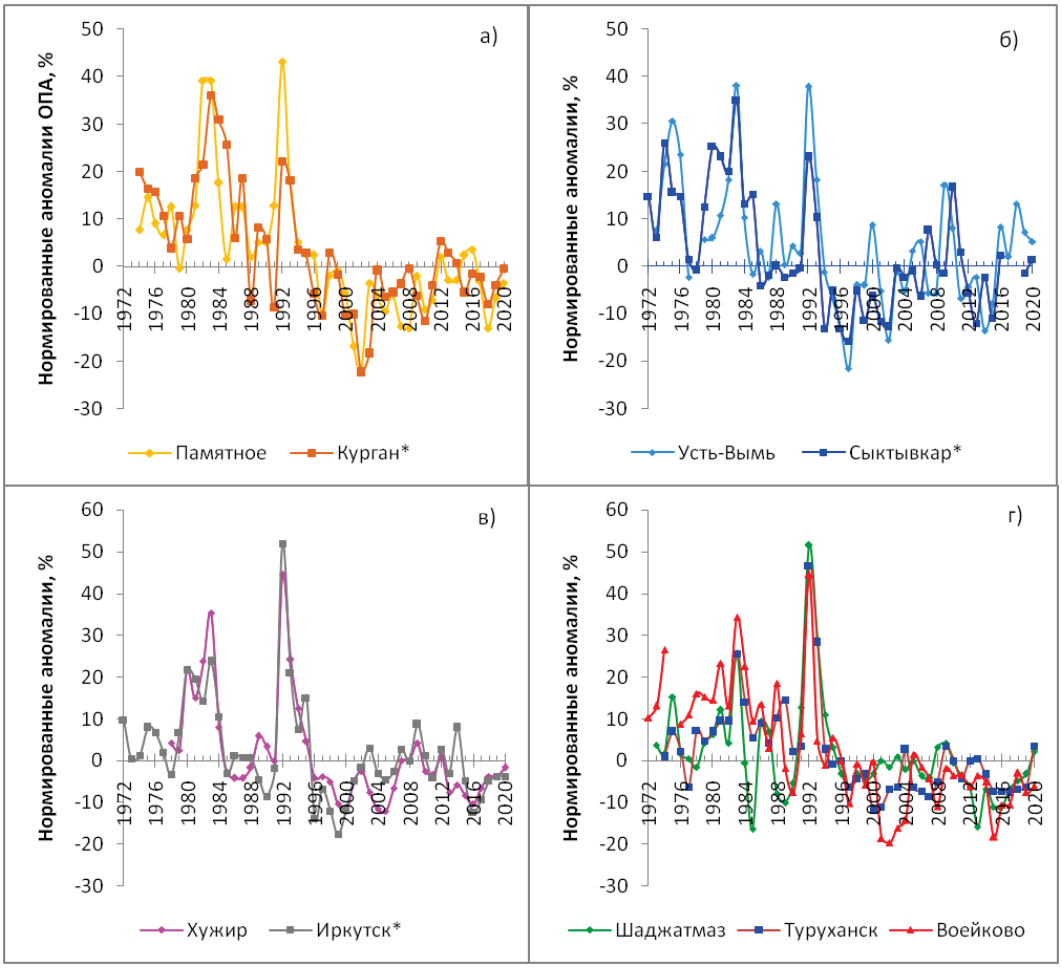


Рис. 2.6. Межгодовая изменчивость нормированных аномалий ОПА (%) на станциях фонового мониторинга

С 2000-ого года характер колебаний нормированных аномалий неодинаков. На парах станций Памятное и Курган* (рис. 2.6 а) и Хужир – Иркутск* (рис. 2.6 в) после 2000 г. нормированные аномалии ОПА в основном находятся ниже нормы. На паре Усть-Вымь – Сытывкар* с 1990-х г. прослеживалось повышение нормированных аномалий до конца первого десятилетия 2000-х годов, когда они заметно превзошли норму, а далее их падение ниже нормы к 2015 г. (рис. 2.6 б), после чего снова начался рост. На непарных станциях нормированные аномалии ОПА находятся в основном ниже нормы (рис. 2.6 г). Особенно заметно снижение ОПА проявилось в 2001-2004 гг. и в 2015-2017 гг. на станции Воейково.

Более детально изменения оптической плотности атмосферы на станциях фонового мониторинга за последние 20 лет можно оценить по рис. 2.7. На нем приведены среднегодовые значения ОПА с 2001 по 2020 гг.

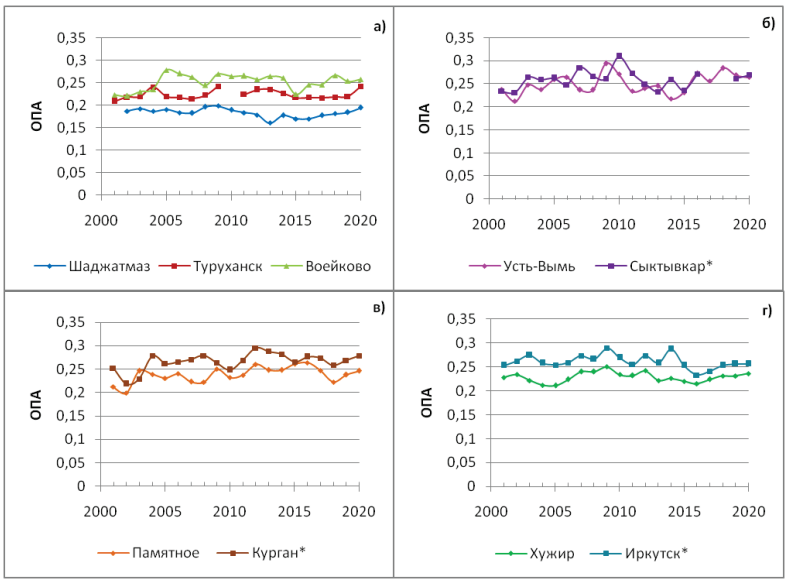


Рис. 2.7. Изменчивость среднегодовых значений ОПА в 2000-2020 гг.

Из рис. 2.7 следует, что на всех рассматриваемых станциях среднегодовые значения оптической плотности атмосферы варьируют 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 степных станциях Памятное – Курган* оптическое замутнение уже выше и варьирует на станции Памятное от 0,200 до 0,270, а в Кургане* от 0,250 до 0,300. Из непарных станций наибольшее оптическое замутнение характерно для пригородной станции Воейково.

На станциях, работающих по программе фонового мониторинга, за последние 20 лет не было зафиксировано значимых трендов среднегодовых значений оптической плотности атмосферы, хотя визуально прослеживается незначительная тенденция увеличения ОПА на парных станциях Усть-Вымь – Сыктывкар* и Памятное – Курган.

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 71 год, в Иркутске - 61 год, в Верхнем Дуброво - 63 года, в Южно-Сахалинске - 52 года. Датчики измерителей V', L+ и L- установлены в пределах одного-трех метров от земли. Наблюдения в Воейково, Иркутске и Верхнем Дуброво включены в программу комплексного фонового мониторинга атмосферы с 1980 г. 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 2015–2020 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 2015–2020 гг.

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

Таблица 2.8. Сезонные (V'_c), среднегодовые ($V'_г$) и среднемесячные минимальные и максимальные (в скобках) значения V' (даВ/м) за 2015–2020 гг. на станциях Воейково (В) и Иркутск (И)

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

Из представленных в таблице 2.8 данных наблюдений следует, что в 2020 г. на станциях Воейково и Иркутск значения V' по сравнению с периодом 2015-2019 гг. незначительно уменьшились.

Как видно из таблицы 2.9, в 2020 г. по сравнению с периодом 2015-2019 гг. наблюдается увеличение среднегодового значения L_S на станциях Воейково и Иркутск. На станциях Верхнее Дуброво и Южно-Сахалинск значительных изменений не произошло.

На рис. 2.8 представлен годовой ход V' за 2020 г. на фоне осредненного годового хода V' за период 2015-2019 гг. На рис. 2.9 в такой же форме показан годовой ход L_S по всем станциям. Как следует из рис. 2.8 значения V' за 2020 г. на обеих станциях незначительно ниже осредненных значений за предыдущие годы.

На рис. 2.9 значения L_S за 2020 г. на станциях Воейково и Иркутск увеличились относительно предыдущего периода, причем наиболее значительно в весенне-летний период. На станциях Верхнее Дуброво и Южно-Сахалинск значения L_S в 2020 г. чуть ниже осредненных значений за предыдущие годы.

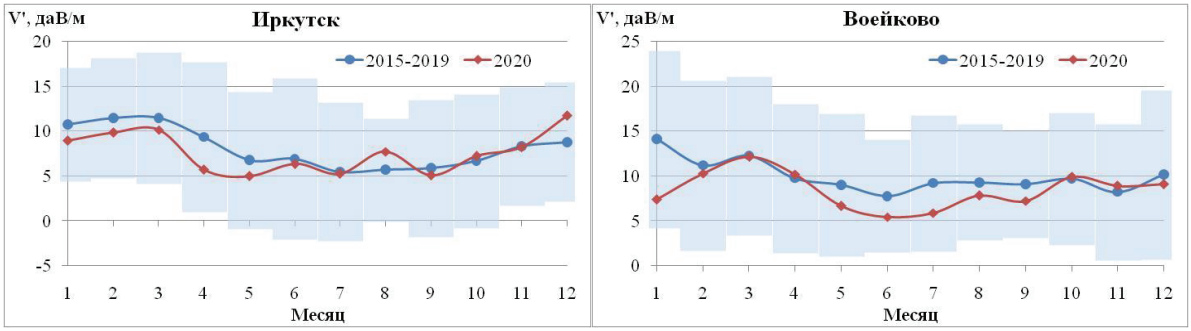


Рис. 2.8. Годовой ход V' по станциям атмосферно - электрической сети Воейково и Иркутск в 2020 г. на фоне осредненного годового хода V' за период 2015-2019 гг.
Цветным фоном обозначены границы стандартного отклонения ±σ от среднего значения за 2015-2019 гг.

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 Верхнее Дуброво (ВД), Воейково (В), Иркутск (И), Южно-Сахалинск (ЮС) (2015-2020 гг.)

Станция	Год	L_C, (L_S)				$L_Г$, (L_S)
		Зима	Весна	Лето	Осень	
ВД	**2020**	**16 (15, 19)**	**14 (13, 16)**	**15 (14, 16)**	**17 (14, 19)**	**16 (13, 19)**
	2019	12 (11, 13)	15 (13, 17)	16 (13, 19)	17 (16, 20)	15 (11, 20)
	2018	14 (12, 16)	13 (12, 14)	15 (15, 16)	13 (10, 14)	14 (10, 16)
	2017	13 (13, 14)	13 (12, 15)	14 (14, 15)	17 (16, 17)	14 (12, 17)
	2016	19 (Н)	17 (Н)	16 (16, 16)	18 (14, 19)	17 (14, 19)
	2015	17 (17, 17)	16 (15, 17)	17 (16, 18)	17 (14, 19)	17 (14, 19)
В	**2020**	**19 (19, 20)**	**21 (17, 24)**	**19 (17, 22)**	**20 (19, 21)**	**20 (17, 24)**
	2019	15 (11, 16)	18 (15, 21)	19 (18, 20)	18 (17, 20)	18 (11, 21)
	2018	16 (16, 18)	18 (14, 20)	20 (19, 22)	19 (18, 19)	18 (14 , 22)
	2017	16 (16, 17)	18 (15, 21)	19 (16, 21)	18 (16, 20)	18 (15, 21)
	2016	14 (11, 18)	17 (15, 19)	16 (14, 18)	18 (17, 20)	16 (11, 20)
	2015	16 (12, 18)	18 (16, 20)	18 (16, 20)	20 (18, 20)	18 (12, 20)
И	**2020**	**22 (19, 25)**	**28 (22, 32)**	**28 (27, 30)**	**27 (23, 30) Н**	**26 (19, 32)**
	2019	21 (18, 24)	23 (22, 25)	22 (20, 23)	28 (26, 33)	24 (18, 33)
	2018	19 (18, 20)	24 (23, 25)	22 (19, 15)	25 (24, 27)	23 (15, 27)
	2017	20 (19, 21)	23 (23, 24)	22 (20, 23)	25 (23, 27)	23 (19, 27)
	2016	15 (13, 17)	20 (19, 22)	18 (17, 21)	19 (19, 21)	18 (13, 22)
	2015	25 (22, 27)	24 (22, 27)	16 (14, 19)	22 (18, 26)	22 (14, 27)
ЮС	**2020**	**5 (4, 8)**	**8 (6, 9)**	**10 (8, 10)**	**10 Н**	**8 (4, 10)**
	2019	6 (5, 6)	7 (6, 8)	8 (7, 10)	9 (8, 10)	8 (5, 10)
	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».

В 2020 г. было выявлено снижение среднемесячных значений градиента потенциала электрического поля атмосферы V' на станциях Воейково и Иркутск и одновременное увеличение L_S по сравнению с 2015-2019 гг. Это может быть связано с уменьшением аэрозольных выбросов в атмосферу в ближайшем к Воейково Санкт-Петербурге и в Иркутске из-за сокращения промышленной и транспортной активности в период пандемии.

На арктических станциях Тикси и Диксон незначительное уменьшение суммарной электрической проводимости L_S в 2020 г. в Тикси и увеличение L_S на станции Диксон находятся в пределах ±σ и не нарушают закономерностей, выявленных за 2015-2019 гг.

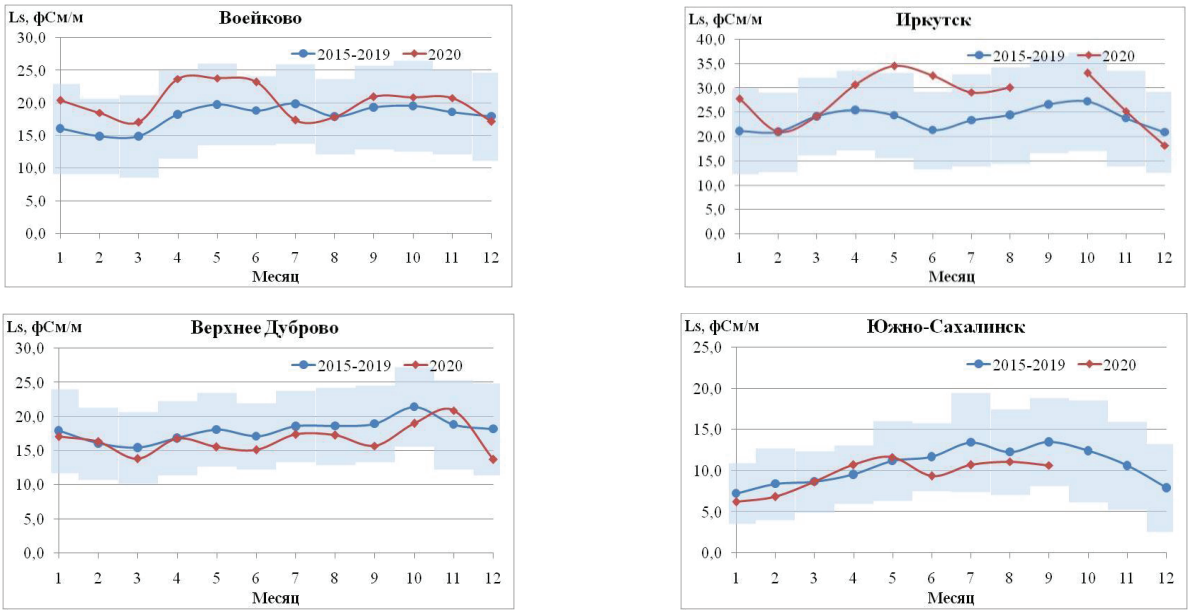


Рис. 2.9. Годовой ход L_S на станциях Воейково, Иркутск, Верхнее Дуброво и Южно-Сахалинск в 2020 г. на фоне осредненного годового хода L_S за период 2015-2019 гг.
Цветным фоном обозначены границы стандартного отклонения ±σ от среднего значения за 2015-2019 гг.

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)

Проведен анализ среднемесячных значений ОСО путем сравнения со средними многолетними значениями, за которые принимались усредненные данные измерений «NIMBUS-7»/TOMS за 1978-1988 гг.

Отклонения среднемесячных значений ОСО над территорией России от нормы находятся в интервале от -40% до +14%.

Над территорией России наибольший дефицит среднемесячного значения ОСО (-40%) в 2020 г. был зарегистрирован в апреле (рис. 2.10) над северными районами Якутии, Красноярского края, Тюменской области и над севером Европейской части России, а также над островами Северного Ледовитого океана.

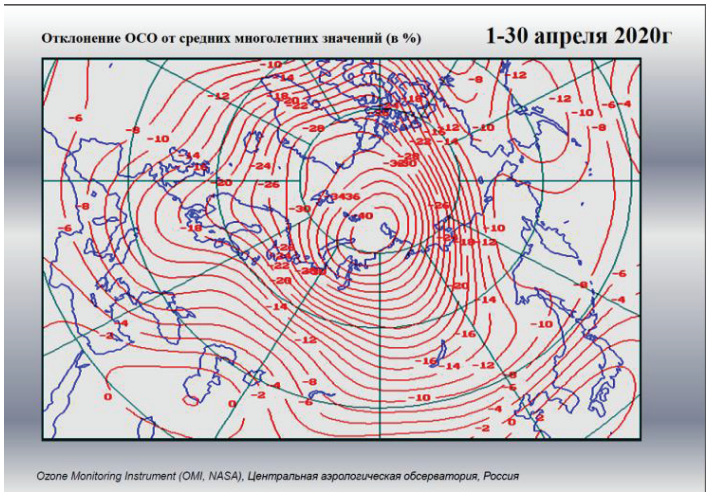


Рис. 2.10. Поле отклонений (%) общего содержания озона в апреле 2020 г. от среднемесячных многолетних значений (1978-1988 гг.)

Дефицит среднемесячного значения ОСО в марте и апреле не вызвал роста УФ радиации до опасных для населения значений из-за низкой высоты Солнца в северных регионах в это время года.

Особенности зимнего сезона 2019-2020 гг.

Разрушение озонового слоя весной 2020 г. в стратосфере Арктики стало близким к рекордному, зафиксированному весной 2011 г. Причиной столь сильного разрушения озонового слоя стали особые динамические условия – заниженное распространение волновой активности из тропосферы, особенно в феврале-марте 2020 г., а также отражение волновой активности в верхней стратосфере, в результате чего сильный, изолированный стратосферный полярный вихрь, разрушившийся в конце весны, способствовал в условиях низких температур и образовавшегося значительного объема полярных стратосферных облаков значительному разрушению озонового слоя. Химическое разрушения озона в стратосферном полярном вихре, рассчитанное с использованием данных наблюдений вертикального распределения озона, достигло к концу марта 2020 г. значения 157 ± 22 е.Д, что повторило рекорд зимы 2011 г. (153 ± 13 е.Д) и превысило значения зимы 2015-2016 гг. (также с сильным разрушением озонового слоя) 135 ± 40 е.Д.

В результате проведенного анализа полей отклонений ОСО от средних многолетних значений над территорией РФ в 2020 г. повышенные значения ОСО наблюдались в сентябре-декабре 2020 г. Максимальные значения ОСО наблюдались над Якутией во второй половине декабря и приходились на область близкую к границе измерений. 25 декабря превышение нормы составило 44% (580 е.Д).

Пониженные значения ОСО были зафиксированы:

Январь. В начале января над Красноярским краем до -28% (до 280 е.Д) и в конце января над севером Европейской части России на -26% – -34% (до 220 е.Д);

Февраль. В течение всего месяца на -38% – -46% (до 250 е.Д) над Красноярским краем, Якутией, Чукотским АО и Магаданской областью;

Март. В течение всего месяца над северными районами Красноярского края и Дальнего Востока. Отклонения от средних многолетних значений в отдельные дни достигали до -52% (до 230 е.Д);

Апрель. В течение всего месяца над северными районами РФ и над островами Северного ледовитого океана -50% (240 е.Д), в Забайкальском крае, Бурятии, Иркутской области, в центральных районах Западной Сибири, в центральных и южных районах Красноярского края и юго-западных районах Якутии. Ежесуточные отклонения от средних многолетних колебались в интервале -20% – -46%;

Май. 01-11.05 над Дальневосточным регионом на -20% – -30% (до 300 е.Д), в течение всего месяца над Сибирью, 23.05 отклонение до -28% (305 е.Д);

Июнь. Кратковременные незначительные изменения над отдельными районами РФ;

Июль. 07-10.07 над Европейским Севером до -19% (до 270 е.Д), 20-27.07 над северо-восточными районами Якутии, Магаданской областью, западными областями Чукотки, причем 24.07 до – 20% (до 255 е.Д);

Август. Над территорией РФ сильно выраженных отклонений от средних многолетних значений не наблюдалось. Можно отметить пониженные значения ОСО 08-10.08 на -14% – -17% (до 275 е.Д) над Ямало-Ненецким и Ханты-Мансийским АО;

Сентябрь. В первой половине месяца на - 18% – - 24% (до 250 е.Д) над Хабаровским и Приморским краями, южными районами Якутии, Амурской областью и близлежащими территориями;

Октябрь. 03-08.10 над северными районами европейской части РФ, затем над центральными и южными районами, над Уралом и 13.10 в районах западной и восточной Сибири до -10% – -26% (10 октября -26%, 220 е.Д);

Ноябрь. В отдельных районах Европейской части РФ, Сибири и дальнего Востока. 02-04.11 над Чукотским АО, Камчатским краем и Магаданской областью на -18% – -24% (до 285 е.Д). Над южными областями Красноярского края 05.11 до -20% (до 250 е.Д), 08-11.11 до -28% (до 270 е.Д) над Иркутской областью, Республикой Бурятия, Забайкальским краем и Амурской областью, южными районами Якутии, 15-20.11 до -30% (до 270 е.Д) над Хабаровским и Приморским краями, Амурской и Сахалинской областями;

Декабрь. 01-06.12 над Бурятией, Забайкальским и Хабаровским краями и Амурской областью, 03.12 - до -22% (270 е.Д). 08-12.12 до -28% (230 е.Д) над Европейским Севером, а затем сместилась в Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский АО. 21-25.12 до -20% – -24% (до 250 е.Д) над Европейской частью РФ, Уралом и западными районами Западно-Сибирского региона. 29-31.12 над Архангельской областью, Волго-Вятским районом и Поволжьем до -20% – -24% (до 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 2020 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 части России (Север ЕЧР), Юг Европейской части России (ЮГ ЕЧР), Западная Сибирь (ЗС), Восточная Сибирь (ВС) и Дальний Восток (ДВ).

Использование на сети фильтровых озонометров М-124 с единой методикой измерений, постоянный контроль и отбор достоверной информации 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 более 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 2020 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 2020 г., е.Д.*													
Сев. ЕЧР	*323*	*360*	*379*	*327*	*367*	*333*	*318*	*306*	*306*	*287*	*304*	*281*	*324*
Юг ЕЧР	*350*	*368*	*372*	*354*	*343*	*325*	*312*	*309*	*283*	*268*	*293*	*291*	*323*
ЗС	*357*	*363*	*378*	*323*	*348*	*347*	*314*	*296*	*299*	*297*	*290*	*315*	*327*
ВС	*378*	*345*	*372*	*346*	*348*	*347*	*314*	*301*	*293*	*326*	*299*	*371*	*337*
ДВ	*431*	*434*	*417*	*397*	*371*	*353*	*336*	*317*	*297*	*333*	*331*	*439*	*371*
Отклонения ОСО в 2020 г. от нормы, %													
Сев. ЕЧР	*-5*	*-5*	*-3,0*	*-17,9*	*-3,2*	*-5,2*	*-4,1*	*-3,0*	*1,7*	*-0,7*	*6,0*	*-9,8*	*-4,1*
Юг ЕЧР	*1,0*	*-1,1*	*-2,0*	*-6,2*	*-6,3*	*-7,3*	*-6,0*	*-3,6*	*-8,1*	*-9,6*	*-2,5*	*-8,7*	*-5,0*
ЗС	*-0,8*	*-5,2*	*-4*	*-17,5*	*-8,8*	*-1,8*	*-5,9*	*-7,9*	*-3,4*	*-0,1*	*-3,2*	*-2,3*	*-5,1*
ВС	*-3*	*-17*	*-13*	*-19,3*	*-13,3*	*-3,1*	*-4,0*	*-4,6*	*-6,7*	*3,9*	*-7,5*	*8,9*	*-6,5*
ДВ	*1*	*-3*	*-8*	*-8*	*-7*	*-1,8*	*1,7*	*1,6*	*-6,4*	*0,6*	*-8,7*	*11,5*	*-2,2*
Норма, е.Д. и среднеквадратические отклонения, %													
Север ЕЧР	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 ЕЧР	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 1973-2020 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);
- 1996-2020 гг. - существенные межгодовые колебания при незначительном общем тренде. Среднее значение ОСО (348,3 е.Д.) несколько ниже нормы, общее падение ОСО (- 0,3 е.Д./год).

В 1993 г. наблюдалась минимальная толщина озонового слоя.

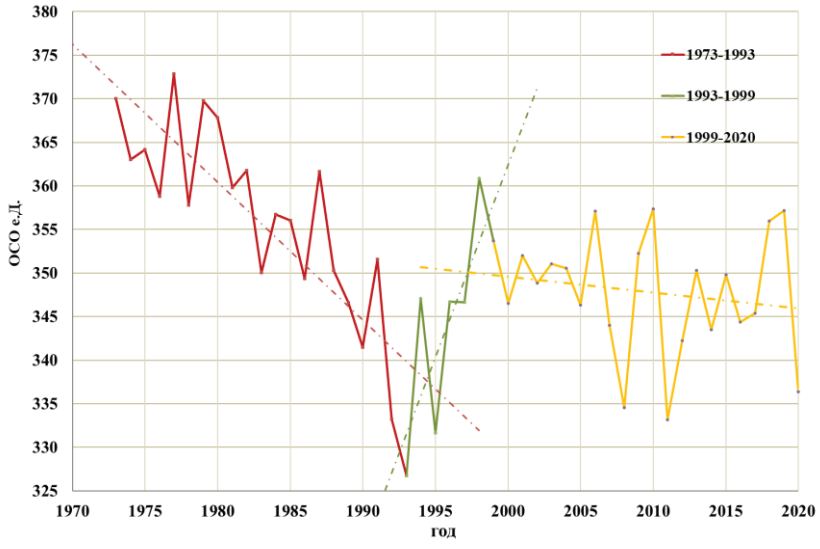


Рис. 2.11. Среднегодовые значения ОСО над территорией РФ в период1973-2020 гг.
Вариации поля ОСО над регионами РФ в 2020 г.

В течение 1973-2020 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%), 2015 г. (-5,6%).

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 2020 г. и их отклонения от нормы приведены в табл. 2.10 и представлены на рис. 2.12.

На Севере ЕЧР среднегодовой уровень ОСО в 2020 г. был существенно ниже нормы (-4,1 %). Отрицательные значения отклонений со значительными колебаниями по амплитуде наблюдаются в течение почти всего года. Среднемесячные значения (кроме апреля) оказались близки к нормам. Среднее значение ОСО в апреле было ниже нормы на 18%. В период с середины мая по октябрь поле озона было стандартно сглаженным, а отклонения от нормы не превышали значения его стандартного распределения. Осенью в регионе чаще наблюдались значения несколько выше нормы (около +10% в ежедневных данных). Средние за месяц значения были близки к норме. Ситуация изменилась во второй половине декабря, когда положительные отклонения сменились отрицательной аномалией (от -15 до -20%). Среднее за месяц значение ОСО в декабре было ниже нормы, и отклонение составило -9,8%.

На Юге ЕЧР среднегодовой уровень ОСО в 2020 г. был ниже нормы (-5,0%). Значительных аномалий в поле озона не наблюдалось. В течение года регион неоднократно оказывался в зоне умеренных положительных аномалий, но в целом среднемесячные значения по региону были устойчиво ниже нормы. Максимальные отклонения от нормы наблюдались в октябре и декабре, содержание озона было ниже нормы на 9,6% и 8,7% соответственно.

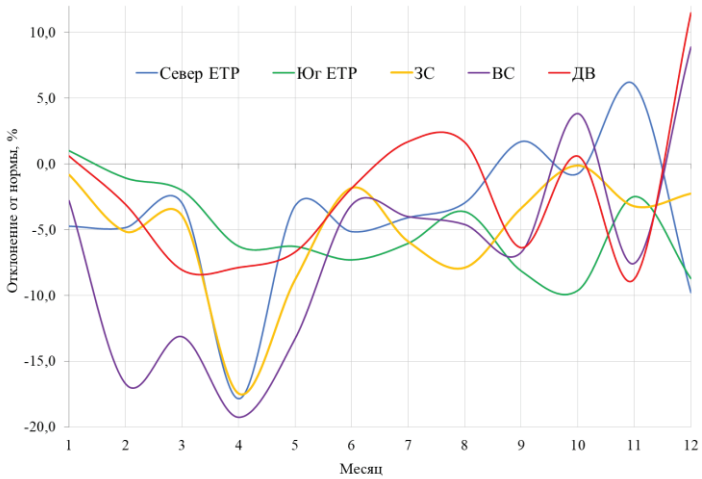


Рис. 2.12. Отклонения среднемесячных значений ОСО от норм по регионам РФ в 2020 г.
(Север ЕЧР – Север Европейской части России, Юг ЕЧР – Юг Европейской части России, ЗС – Западная Сибирь, ВС – Восточная Сибирь, ДВ – Дальний восток)

Над Западной Сибирью, среднегодовой уровень ОСО в 2020 г. был ниже нормы (-5,1 %). На протяжении всего года значения ОСО были понижены. В первые месяцы года на отдельных станциях сохранялась отрицательная аномалия с отклонениями (до -30%) в ежедневных значениях. Но значения, осредненные по региону за месяц, были ниже нормы не более чем на 5%. Наибольшее отрицательное отклонение от нормы за год было зафиксировано в апреле и составило -17,5%. В период с мая по август отклонения от норм не превышали статистически ожидаемых значений. С сентября по декабрь значения ОСО менялись волнообразно.

Над Восточной Сибирью среднее за год содержание озона было существенно ниже нормы (-6,5 %). Для первой половины года (январь-май) были характерны аномально низкие значения озона (до -45 %). С февраля по май отклонения среднемесячных величин превышали 10%. Наибольшие отклонения наблюдались в феврале и апреле (-17% и -19% соответственно). Во второй половине года отклонения от норм были не столь значительны, как в первой, но с сентября по декабрь наблюдались резкие скачки осредненных значений от месяца к месяцу со сменой знака отклонения. Положительные отклонения выявлены в октябре (+3,9 %) и декабре (+8,9 %).

На Дальнем Востоке поле ОСО в течение года было изменчивым, характеризовалось, преимущественно, пониженными значениями, но до ноября не наблюдалось столь значительных, как в остальных регионах, отклонений от нормы. Наиболее весомые отрицательные отклонения имели место в марте (-8%), апреле (- 8%), мае (-7%) и ноябре (-8,7%). В октябре начинается традиционное для этого периода накопление озона, и значения приближаются к норме, но уже в ноябре крупномасштабное образование с аномально низким озоном, занимающее Арктику и Восточную Сибирь, расширяется на Дальний Восток, и возникает отрицательная аномалия (-8,7%). В декабре, благодаря преимущественному расположению арктического антициклона и его величине, среднемесячное значение ОСО оказалось значительно выше нормы (+11,5%). Среднее по региону за год значение ОСО было несколько ниже нормы (-2,2%).

Над всей территорией РФ в 2020 г. средняя за год толщина озонового слоя составила 336 е.Д. и оказалась ниже нормы (353 е.Д.) на -4,6%.

Поле ОСО и особенности циркуляции 2020 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 (рис. 2.13).

Распределение ОСО над территорией РФ и его вариации в 2020 году имели ряд серьезных особенностей. Циркумполярный вихрь с характерными низкими значениями ОСО, сформировавшийся еще в 2019 г., был аномально устойчив и оказал сильное влияние на озоносферу. Непосредственное его влияние на поле ОСО ска-

зывалось вплоть до середины мая, а заложенный этим влиянием серьезный дефицит озона сохранялся до конца года и провоцировал возникновение более поздних аномалий.

В целом атмосферную циркуляцию в 2020 г. характеризует череда серьезных аномалий, оказавших заметное влияние на состояние атмосферы над территорией РФ и непосредственно на поле ОСО. Дефицит атмосферного озона был логичным следствием аномалий циркуляции в начале года, но есть вероятность, что часть более поздних аномалий в циркуляции усугубилась именно благодаря этому дефициту.

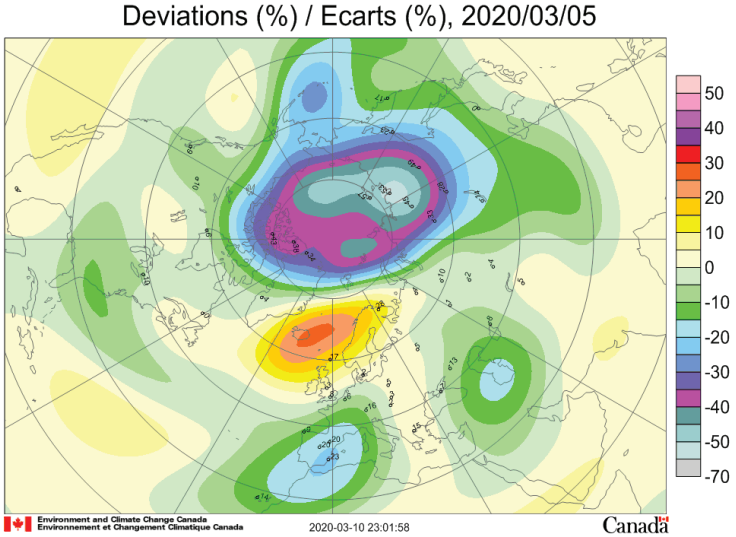


Рис. 2.13. Поле ОСО над Северным полушарием 05.03.2020 г. по данным канадского центра по окружающей среде и изменениям климата https://exp-studies.tor.ec.gc.ca.

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 2020 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 части России (ЕЧР).

Анализ загрязнения атмосферного воздуха подготовлен с использованием осредненных значений концентраций, измеряемых на СКФМ веществ в воздухе за месяцы, сезоны и год, рассчитанных из рядов годового цикла наблюдений с октября 2019 г. по сентябрь 2020 г. (геофизический год).

Тяжелые металлы. Среднегодовые концентрации свинца в воздухе фоновых районов ЕЧР составили 1,5 – 2,7 нг/м^3; значимых изменений его содержания в атмосфере фоновых территорий по сравнению с 2019 г. не произошло (рис. 2.14).

Среднегодовые концентрации кадмия в атмосферном воздухе в центральных районах ЕЧР не превышали 0,09 нг/м^3. На юге ЕЧР, в Астраханском БЗ продолжают регистрироваться повышенные уровни концентраций кадмия, что характерно для результатов наблюдений во всех средах на протяжении последних лет (табл. 2.11).

Таблица 2.11. Результаты наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на станциях комплексного фонового мониторинга в 2019-2020 гг. (числитель – среднегодовое значение, знаменатель – интервал изменений суточных концентраций)

Загрязняющие вещества	Приокско-Террасный БЗ	Воронежский БЗ	Астраханский БЗ	Кавказский БЗ
Pb, нг/м^3	2,5 0,1-8,4	2,7 0,3-33,7	1,8 0,09-11,1	1,5 0,05-14,2
Cd, нг/м^3	0,09 0,014-0,60	0,08 0,003-1,5	0,57 0,04-11,0	0,06 0,002-5,0
Hg, нг/м^3	1,36 0,062-12,0			
SO_2, мкг/м^3	0,23 0,1-2,8	0,31 0,01-1,78	0,17 0,02-1,11	0,018 0,01-0,06
NO_2, мкг/м^3	4,05 0,3-19,1	3,94 0,92-14,14	1,30 0,14-4,95	
SO_4, мкг/м^3	1,12 0,03-40,4		0,65 0,10-44,9	
Взвешенные частицы, мкг/м^3	23,6 2,0-186,0	19,7 6,0-40,0	17,6 0,1-526,6	12,3 2,1-38,4

В отдельные дни содержание в воздухе свинца и кадмия находилось существенно выше среднегодовых значений, максимальные среднесуточные концентрации свинца - более 30 нг/м^3 и кадмия - более 10 нг/м^3, наблюдались в Воронежском и Астраханском БЗ соответственно.

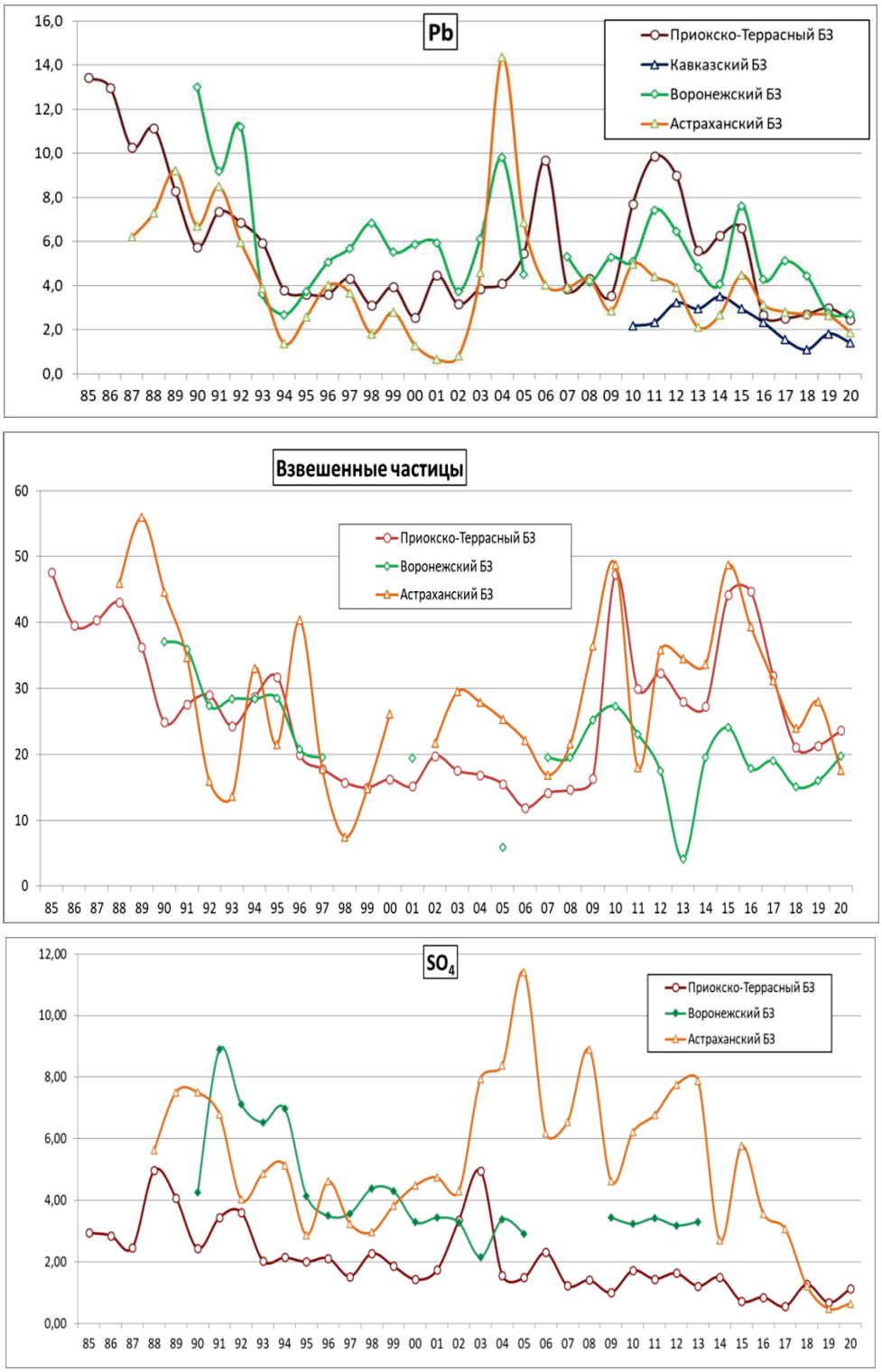


Рис. 2.14. Многолетнее изменение среднегодового содержания свинца (нг/м^3), взвешенных частиц и сульфатов (мкг/м^3)

Фоновое среднее содержание ртути в атмосферном воздухе, измерения которого проводится только в центральном районе ЕЧР, сохраняется ниже 5 нг/м^3: в 2019-2020 геофизическом году среднегодовая концентрация ртути составила 1,36 нг/м^3 (табл. 2.11).

Взвешенные частицы. В 2019-2020 гг. среднегодовые концентрации взвешенных частиц в воздухе на ЕЧР изменялись в пределах 12-24 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 достигали 527 мкг/м^3 в Астраханском БЗ (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 2019-2020 гг. среднегодовые фоновые концентрации диоксида серы на станциях ЕЧР сохранились на низком уровне – около 0,02-0,3 мкг/м^3 (рис. 2.15). В холодный период года наблюдались более высокие концен-

трации диоксида серы, увеличиваясь в отдельные сутки до 2,8 мкг/м^3 в центре ЕЧР (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.

Диоксид азота. В 2019-2020 гг. среднегодовые фоновые концентрации диоксида азота в воздухе на ЕЧР сохранились на уровне прошлых лет, варьируя от 1,3 до 4,05 мкг/м^3 (рис. 2.15). Сезонные изменения фоновых концентраций диоксида азота ясно выражены: в холодный период в центре ЕЧР наблюдаются максимальные значения, и повышается повторяемость среднесуточных высоких концентраций (табл. 2.11).

Сульфаты. В 2019-2020 гг. среднегодовые фоновые концентрации сульфатов в центре ЕЧР составили около 1,1 мкг/м^3, при этом значения меньше 3 мкг/м^3 были зарегистрированы в 95% измерений. В южных районах ЕЧР среднегодовые концентрации были несколько ниже, чем в центре ЕЧР - около 0,65 мкг/м^3 (рис. 2.14). В целом, относительно повышенные концентрации сульфатов в центре ЕЧР характерны для холодного периода года, в южных районах – для теплого периода.

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

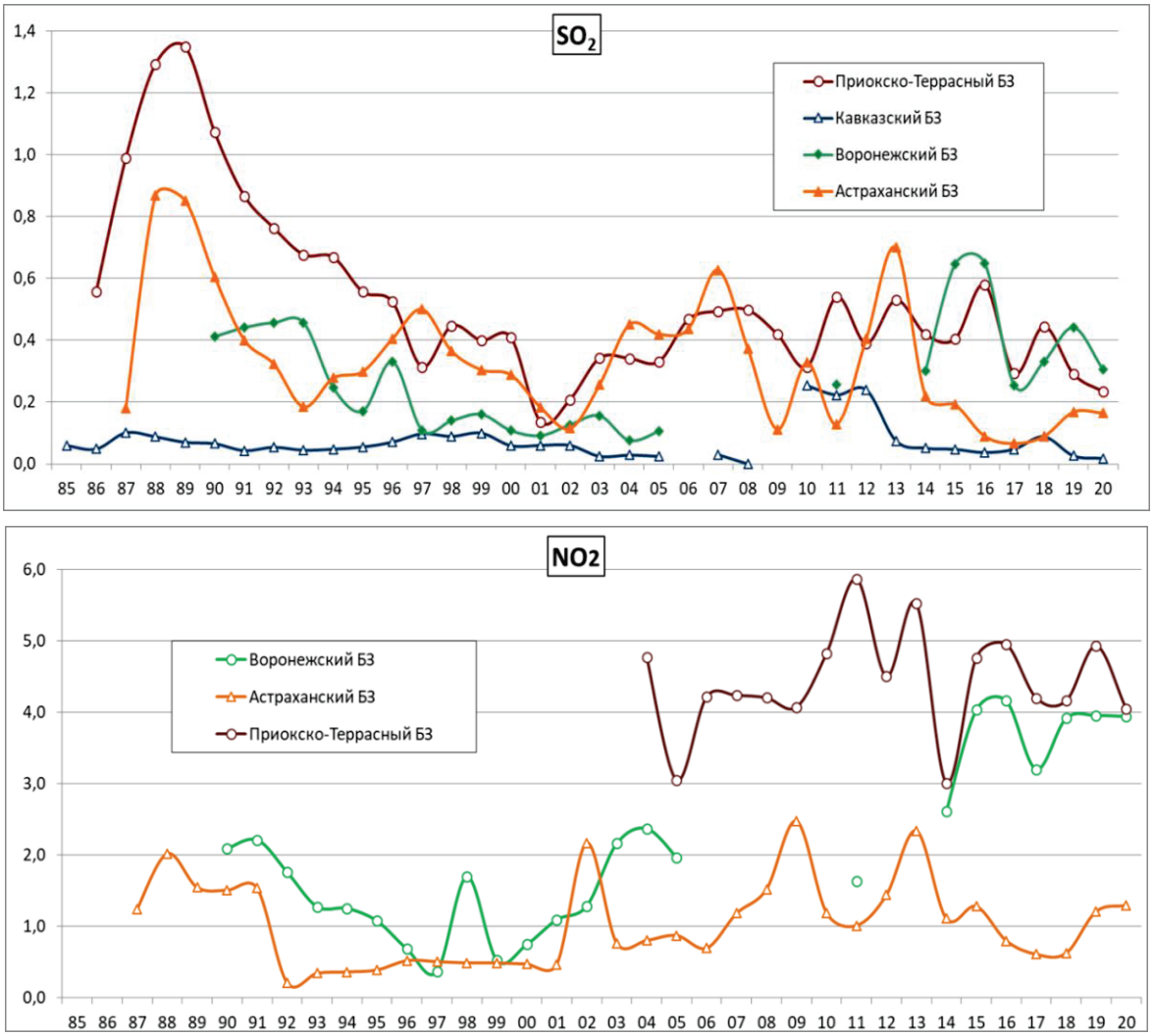


Рис. 2.15. Изменение фонового содержания диоксида серы и диоксида азота в атмосферном воздухе фоновых районов (мкг/м^3) за многолетний период (геофизические года)

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

Основные характеристики химического состава осадков (ХСО) фоновых станций в 2020 г., а также за период 2016-2020 гг. представлены в табл. 2.12 и 2.13.

Таблица 2.12. Средневзвешенные концентрации ионов и величины pH и удельной электропроводности (k) в осадках на станциях фонового мониторинга, 2020 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											
ЕЧР												
Усть-Вымь	0,92	0,46	0,68	1,77	0,48	0,47	0,21	0,42	0,06	5,5	5,9	15
Приокско-Террасный БЗ	0,87	0,41	0,79	0,23	0,17	0,15	0,13	0,37	0,07	3,2	5,5	10
Воронежский БЗ	2,44	0,85	1,72	1,47	0,45	0,58	0,49	0,86	0,14	9,0	5,7	22
Кавказский БЗ	1,24	0,38	0,84	0,89	0,23	0,17	0,11	0,62	0,07	4,6	5,7	14
Шаджатмаз	1,70	0,45	1,62	2,79	0,52	0,24	0,28	1,28	0,15	9,0	6,2	16
АЧР												
Памятная	1,93	1,05	1,11	1,59	0,34	0,71	0,53	0,70	0,16	8,2	6,0	22
Туруханск	1,68	0,63	0,54	3,75	0,17	0,67	0,25	0,56	0,55	8,8	6,3	15
Хужир	1,29	0,37	0,38	1,28	0,16	0,21	0,19	0,32	0,27	4,5	6,1	16
Терней	2,79	1,48	1,82	0,60	0,68	0,65	0,41	0,87	0,25	9,6	5,6	19
Тикси	2,79	3,98	0,23	1,56	0,42	2,03	0,44	0,40	0,28	11,8	5,9	28
Приморская (EANET)	3,03	1,17	1,19	0,96	0,46	0,86	0,39	0,83	0,24	9,1	5,9	18

Таблица 2.13. Средневзвешенные концентрации ионов и величины pH и удельной электропроводности (k) осадков станций фонового мониторинга, 2016-2020 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											
ЕЧР												
Усть-Вымь	1,07	0,44	0,85	2,44	0,48	0,40	0,19	0,66	0,08	6,6	5,9	14
Приокско-Террасный БЗ	0,94	0,45	1,03	0,30	0,27	0,16	0,14	0,36	0,07	3,7	5,4	11
Воронежский БЗ	2,04	0,89	1,73	1,01	0,40	0,56	0,44	0,67	0,12	7,9	5,5	20
Кавказский БЗ	1,30	0,49	0,84	1,68	0,25	0,24	0,13	0,85	0,10	5,9	5,8	15
Шаджатмаз	1,55	0,51	1,70	3,95	0,73	0,24	0,28	1,37	0,19	10,5	6,2	18
АЧР												
Памятная	2,04	1,21	1,30	1,83	0,44	0,78	0,49	0,73	0,21	9,1	5,8	23
Туруханск	1,63	0,67	0,56	2,63	0,19	0,53	0,29	0,57	0,40	7,5	6,1	16
Хужир	1,14	0,38	0,45	2,37	0,22	0,21	0,20	0,42	0,38	5,8	6,1	15
Терней	2,10	1,33	1,71	0,42	0,41	0,77	0,23	0,67	0,22	7,9	5,5	17
Тикси	2,39	4,14	0,45	2,72	0,35	1,96	0,56	0,61	0,34	13,5	5,91	27
Приморская (EANET)	3,19	1,28	1,70	1,13	0,78	0,74	0,53	0,83	0,27	10,5	6,0	25

В 2020 г. средневзвешенные значения минерализации осадков фоновых станций, в основном, были ниже величины регионального фона (15 мг/л). Превышение регионального фона чаще характерно для осадков АЧР. На Европейской части РФ осадки с низкой минерализацией преимущественно выпадают в Приокско-Террасном БЗ, где минерализация недельных проб осадков редко превышает 10 мг/л.

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 сульфатов и нитратов в осадках. В морском климате соотношение примесей в ионном балансе осадков изменяется вследствие иногда значительного преобладания хлоридной составляющей.

Наибольшие содержания гидрокарбонатов в осадках ЕТР характерны для ст. Усть-Вымь, располагающейся в сельской местности, для горных районов – Шаджатмаз и Кавказский БЗ, а также для Воронежского БЗ. На АЧР высокое содержание гидрокарбонатов в атмосферных осадках характерно обычно для Туруханска, Памятной, Тикси и Хужира.

В 2020 г. значительное снижение содержания гидрокарбонатов в осадках было характерно для Хужира, где их средневзвешенная концентрация снизилась практически в 2 раза по сравнению с 2016-2020 гг. Изменение содержания основных компонентов в атмосферных осадках фоновых станций ЕЧР и АЧР в 2020 г. по сравнению с периодом 2016-2020 гг. представлено на рис. 2.16.

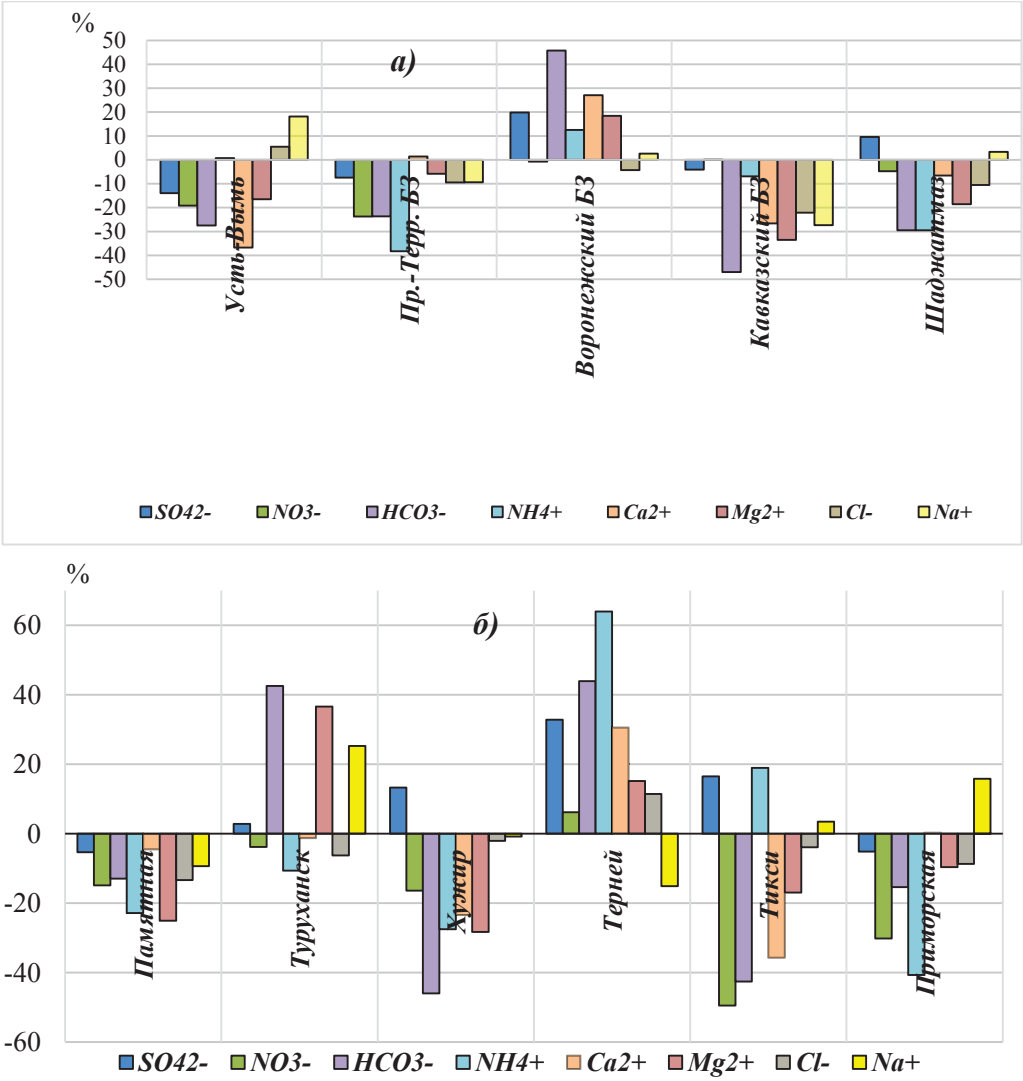


Рис. 2.16. Изменение (%) содержания основных компонентов в атмосферных осадках фоновых станций ЕЧР (а) и АЧР (б) в 2020 г. по сравнению с периодом 2016-2020 гг.

Пространственная неоднородность сульфатов проявляется повышенным их содержанием в осадках АЧР по сравнению с осадками ЕЧР. В 2020 г., как и в предыдущие годы, наименьшие средневзвешенные концентрации сульфатов были измерены в осадках Приокско-Террасного БЗ. Следует отметить, что на ЕЧР, кроме Воронежского БЗ и Шаджатмаза, содержание сульфатов в осадках Усть-Выми, Приокско-Террасного и Кавказского БЗ снизилось в пределах 5-15%. При этом на большей части АЧР концентрация сульфатов в осадках увеличилась.

В целом в 2020 г. средневзвешенная сумма ионов снизилась в осадках большинства фоновых станций: на 20% в Кавказском БЗ и в Хужире, в среднем на 15% – в Усть-Выми, Приокско-Террасном БЗ и в Шаджатмазе и на 10% – в Памятной и Приморской.

Для осадков Усть-Выми и Приокско-Террасного БЗ также свойственно снижение нитратов – на 20 и 24% соответственно, а для остальных станций ЕЧР изменение содержания нитратов в осадках в 2020 г. не превышало 5%. В целом для всех фоновых станций АЧР, за исключением Тикси и Тернея, специфично снижение аммония в осадках, на 10-40%.

Увеличение минерализации было присуще для осадков Воронежского БЗ – на 14%; для осадков Туруханска и Тернея – в среднем на 20%. Увеличение содержания аммония на ЕЧР в осадках Воронежского БЗ достигло 13%, на АЧР в осадках Тернея – в 2 раза.

В 2020 г. по сравнению с 2019 г. практически на всей ЕЧР кислотность осадков фоновых станций, выраженная среднегодовым значением pH, или снизилась в пределах 0,2-0,3 ед.pH, или сохранилась практически неизменной, а общая картина распределения среднегодовых значений pH в 2016-2020 гг. представлена на рис. 2.17.

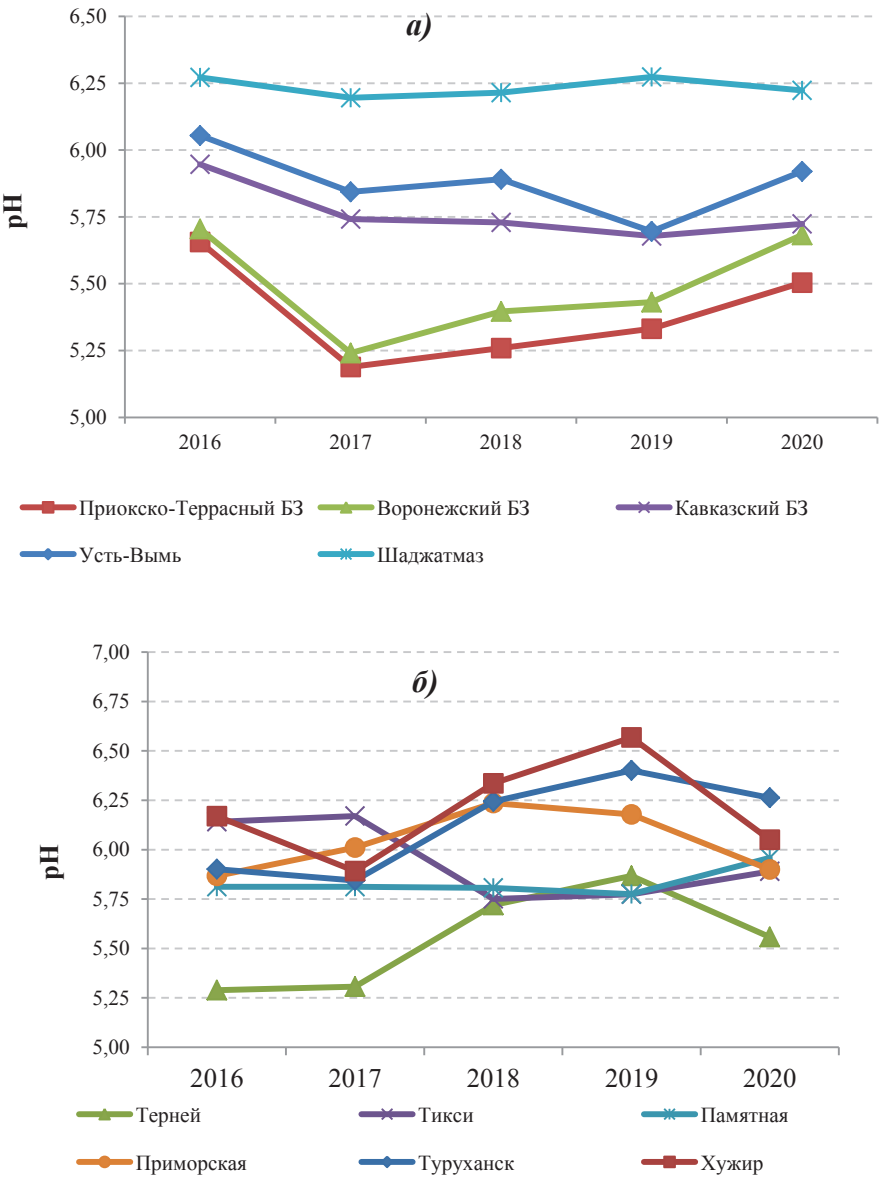


Рис. 2.17. Изменение среднегодовых значений pH атмосферных осадков фоновых станций на ЕЧР (а) и АЧР (б) в период с 2016 по 2020 гг.

В 2020 г. максимальная кислотность осадков (pHмин) на ЕЧР 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 ЕЧР, а диапазон изменения pH недельных проб осадков составил 4,3-7,4 ед.pH.

Диапазон изменения кислотности недельных и месячных проб осадков на АЧР составил 4,5-7,2 ед.pH. Минимальные значения pH наблюдались в осадках Тернея и Памятной. В осадках Приморской по данным суточных измерений минимальное значение pH составило 4,95, максимальное – 6,91.

Выпадение веществ с осадками. Значения выпадений основных кислотообразующих соединений - серы (S) и азота ($N(NO_3)$, $N(NH_4)$ и ΣN) и суммарные влажные выпадения (P) за 2020 г. представлены в таблице 2.14.

В 2020 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 50% на ЕЧР и от 35 до 60% на АЧР. Вклад азотосодержащих соединений в общую массу выпадений был максимальным (30%) в осадках Приокско-Террасного БЗ. Для большинства осадков, как на ЕЧР, так и на АЧР, вклад азотосодержащих соединений составил порядка 25%, а минимальный вклад, не более 10%, характерен для осадков Тикси и Туруханска.

Величина суммарных влажных выпадений (P) загрязняющих компонентов на большинстве фоновых станций в значительной степени определяется суммой осадков. Влажные выпадения веществ всегда более высокие на станциях с большим количеством осадков. Так, на ЕЧР максимальные суммарные выпадения характерны обычно для Кавказского БЗ, в 2020 г. они составили 6,3 т/км^2·год, а на АЧР – для Тернея (8,4 т/км^2·год) и Приморской (7,4 т/км^2·год).

Наибольший интерес представляют выпадения кислотных компонентов – серы сульфатной ($S(SO_4^{2-})$) и суммарного азота ($\Sigma N = N(NO_3)^- + N(NH_4^+)$), значения которых за 2020 г. представлены в табл. 2.14.

В целом, за 2016-2020 гг. выпадения серы сульфатной не превышали 1,0 т/км^2·год на ЕЧР и 1,3 т/км^2·год на АЧР (рис. 2.18, 2.19). Минимальные выпадения серы на ЕЧР характерны для Приокско-Террасного БЗ и Усть-

Выми. За последние 5 лет выпадения серы в Шаджатмазе не изменились и варьировались около 0,3 т/км^2·год, а в Кавказском БЗ выпадения серы продолжают снижаться – с 1,23 в 2016 г. до 0,57 т/км^2·год в 2020 г.

На АЧР минимальные выпадения серы характерны для Хужира, что объясняется малым количеством выпадающих здесь осадков. Увеличение в осадках Хужира содержания сульфатов на 20% повлекло за собой также увеличение выпадения серы сульфатной – с 0,06 до 0,10 т/км^2·год. Максимальное поступление серы характерно для ст. Приморская и за период 2016-2020 гг. составило от 0,6 - 1,3 т/км^2·год. Увеличение выпадений серы в 2020 г., по сравнению с 2019 г., характерно практически для всей АЧР.

Поступление суммарного азота с осадками на ЕЧР не превышало 1,0 т/км^2·год и на АЧР – 1,2 т/км^2·год. В 2020 г. доля ($N(NH_4)$) от суммарной величины выпадений составляла от 5 до 10% на ЕЧР и от 2 до 7% на АЧР. Превышение поступления с осадками азота аммиачного ($N(NH_4)$) над азотом нитратным ($N(NO_3)$) отмечалось за весь период 2016-2020 гг. в Усть-Выми и Шаджатмазе и в отдельные годы – в Приокско-Террасном и Кавказском БЗ. Следует отметить снижение выпадений аммиачного азота с осадками в Шаджатмазе в 2020 г. по сравнению с предыдущим годом – с 0,43 до 0,23 т/км^2·год. Для большинства фоновых станций АЧР характерно преобладание поступления азота аммиачного над азотом нитратным. Диапазон изменения этих величин составил от 0,02 до 0,8 т/км^2·год для азота аммиачного и от 0,01 до 0,4 т/км^2·год для азота нитратного. Как правило, низкое поступление суммарного азота наблюдалось в районе ст. Хужир, максимальное – ст. Приморская.

Таблица 2.14. Выпадение серы, азота и суммы ионов с осадками, 2020 г.

Станция	q, мм	$S(SO_4)$	$N(NO_3)$	$N(NH_4)$	ΣN	P	$N(NH_4)/N(NO_3)$	S / Σ N
		т/км^2·год						
ЕЧР								
Усть-Вымь	655,5	0,20	0,10	0,25	0,35	3,6	2,42	0,58
Приокско-Террасный БЗ	683,7	0,20	0,12	0,09	0,21	2,2	0,73	0,94
Воронежский БЗ	378,3	0,31	0,15	0,13	0,28	3,4	0,91	1,10
Кавказский БЗ	1393,2	0,57	0,26	0,25	0,52	6,3	0,96	1,11
Шаджатмаз	580,2	0,33	0,21	0,23	0,44	5,1	1,10	0,74
АЧР								
Памятная	412,5	0,25	0,10	0,10	0,20	3,1	1,04	1,26
Туруханск	762,1	0,42	0,09	0,10	0,19	6,7	1,12	2,18
Хужир	231,9	0,06	0,01	0,03	0,04	1,0	1,81	1,38
Приморская	881,3	0,82	0,22	0,29	0,51	7,4	1,34	1,60
Терней	941,7	0,81	0,36	0,14	0,50	8,4	0,40	1,61
Тикси	272,8	0,23	0,01	0,08	0,09	3,0	6,35	2,45

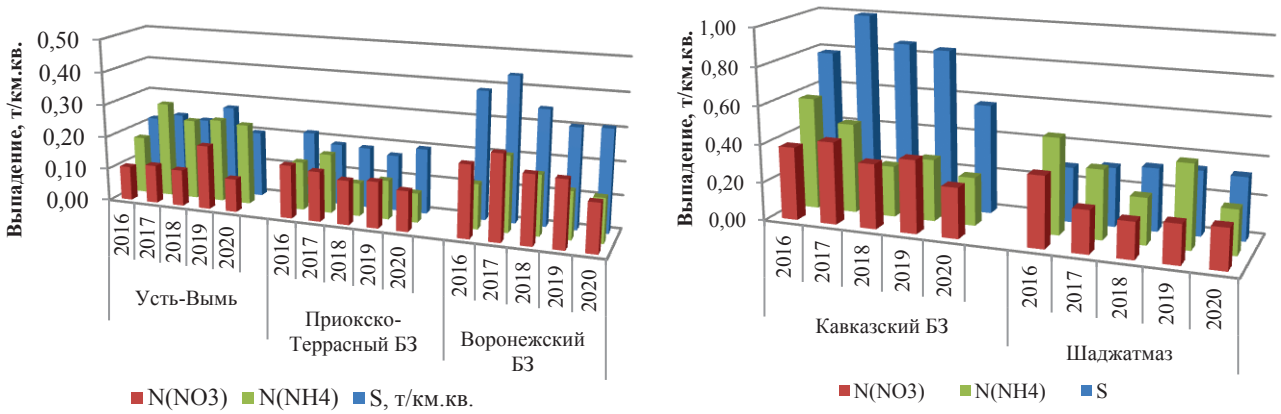


Рис. 2.18. Выпадения серы (S), азота нитратного ($N(NO_3)$) и азота аммонийного ($N(NH_4)$) с атмосферными осадками на ЕЧР в период с 2016 по 2020 гг.

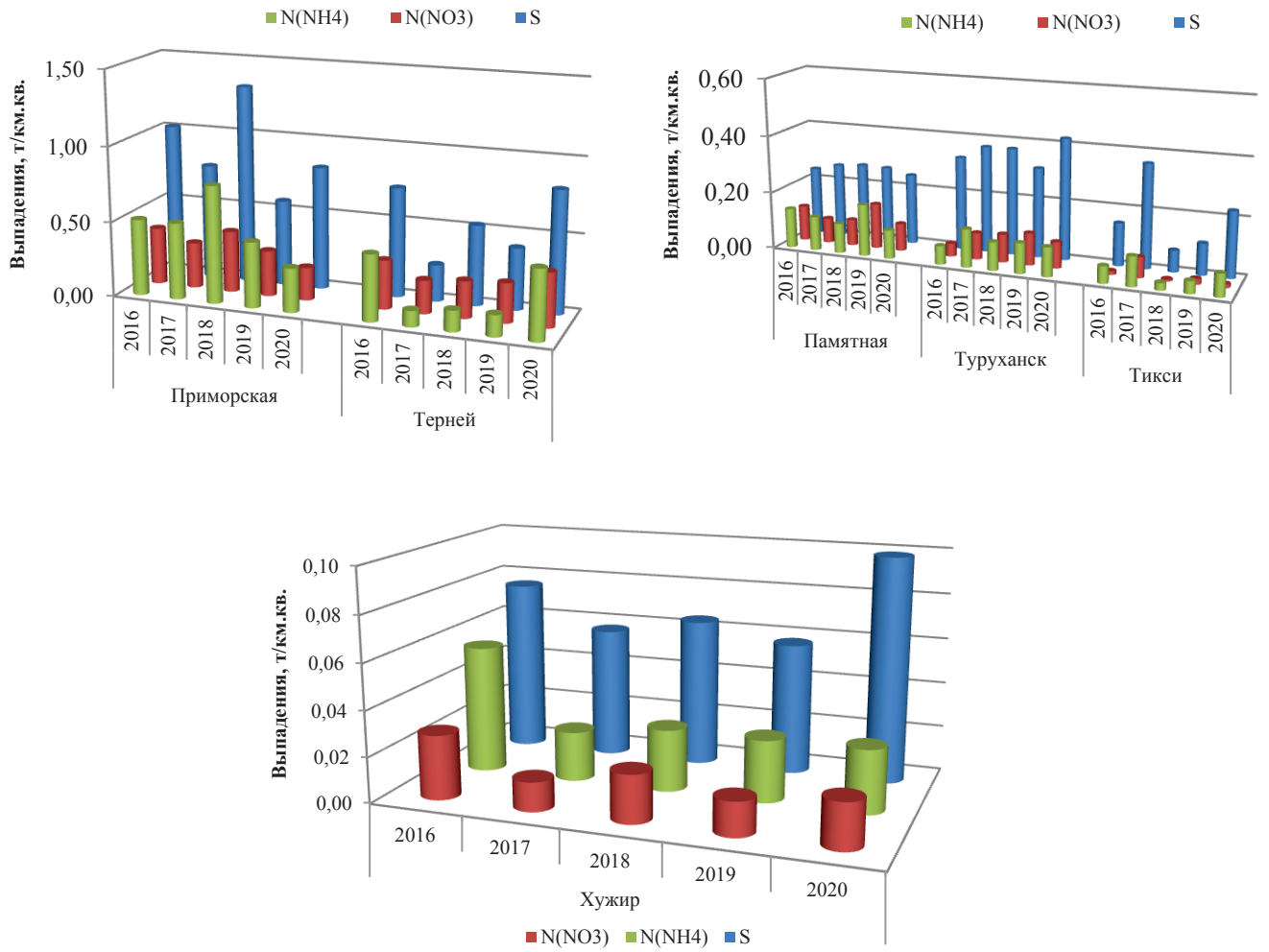


Рис. 2.19. Выпадения серы (S), азота нитратного ($N(NO_3)$) и азота аммонийного ($N(NH_4)$) с атмосферными осадками на АЧР в период с 2016 по 2020 гг.

2.3.6. Кислотность и химический состав атмосферных осадков

Минерализация, химический состав и кислотность осадков. Сумма ионов и средневзвешенная концентрация компонентов по ФО в 2020 г. представлены в табл. 2.15, а средние величины за последнее пятилетие (2016-2020 гг.) — в табл. 2.16.

Таблица 2.15. Средневзвешенные концентрации ионов в осадках по федеральным округам, 2020 г.

ФО	Количество станций	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	М	pH			k
		мг/л										ср.	макс	мин	мкСм\см
СЗФО	30	1,6	1,6	1,2	2,4	0,3	1,1	0,5	0,9	0,2	9,9	5,9	6,5	4,9	20
ЦФО	24	3,0	1,8	2,1	15,5	0,6	1,2	0,9	3,5	1,5	30,1	6,4	7,2	5,2	49
ПФО	20	6,0	1,8	2,7	11,6	1,0	2,1	1,0	4,1	0,7	32,6	6,4	7,0	5,6	51
ЮФО	6	3,3	2,3	1,9	4,5	0,6	1,4	0,5	1,9	0,3	16,8	6,1	6,7	5,0	31
СКФО	1	1,7	0,5	1,6	2,8	0,5	0,2	0,3	1,3	0,2	9,1	6,2	6,3	6,2	16
УФО	6	1,7	0,5	1,6	2,8	0,5	0,2	0,3	1,3	0,2	15,9	6,0	7,0	5,4	36
СФО	31	3,8	1,2	1,5	5,0	0,4	1,2	0,4	2,1	0,4	21,5	6,3	7,1	5,3	47
ДФО	31	5,0	1,5	1,3	8,0	0,5	1,7	0,6	1,7	1,1	14,3	6,1	7,0	5,4	29

Таблица 2.16. Средневзвешенные за период 2016-2020 гг. концентрации ионов в осадках по федеральным округам

ФО	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	М	pH			k
	мг/л										ср.	макс	мин	мкСм\см
СЗФО	2,0	2,6	1,1	3,3	0,3	1,6	0,6	1,0	0,3	13,1	5,9	6,8	5,1	27
ЦФО	3,1	2,0	2,3	13,9	0,6	1,1	0,9	3,4	1,4	28,8	6,3	7,0	5,3	48
ПФО	5,4	1,9	2,6	8,9	0,9	1,5	0,8	3,6	0,7	27,7	6,4	6,9	5,9	29
ЮФО	3,5	3,0	2,1	3,6	0,5	1,4	1,1	1,8	0,3	17,5	6,0	6,4	5,3	35
СКФО	1,6	0,5	1,7	4,0	0,7	0,2	0,3	1,4	0,2	10,5	6,2	6,3	6,2	18
УФО	3,5	1,1	1,9	5,3	0,5	1,0	0,5	2,2	0,3	16,4	6,0	6,6	5,5	35
СФО	5,7	1,3	1,5	7,2	0,5	1,2	0,6	1,7	1,4	21,2	6,3	7,0	5,6	46
ДФО	3,2	1,8	1,4	4,7	0,5	1,1	0,6	1,1	0,8	15,6	6,1	6,9	5,2	350

Из сравнения данных таблиц следует, что существенных изменений по сравнению с предыдущим периодом не произошло. По сравнению с 2020 г. отмечается как повышение минерализации, так и снижение, в пределах 10-25%.

Нижний предел минерализации менее 10,0 мг/л по-прежнему характерен для СКФО и СЗФО. Верхние значения около 30 мг/л наблюдались в ЦФО и ПФО, как в 2020 г., так и в среднем за период 2016-2020 гг., в основном за счет гидрокарбонатов, содержание которых составляло от 40 до 50% от общей суммы ионов. В осадках СФО, ДФО и ЮФО также преобладают гидрокарбонаты.

Концентрация нитратов в осадках не превышали 3,0 мг/л, как в 2020 г., так и в среднем за период 2016-2020 гг. Низкое содержание нитратов в пределах от 1,1 до 1,5 мг/л характерно для СЗФО, СФО и ДФО.

Концентрация хлоридов в 2020 г. изменялась от 0,5 мг/л (СКФО и УФО) до 2,3 мг/л (ЮФО).

Содержание металлов таких, как натрий, калий, кальций и магний в атмосферных осадках в 2020 г., в основном, не превышают 2,0 мг/л. Концентрации кальция, выше 2,0 мг/л, характерны для осадков ЦФО, ПФО и СФО.

Ход изменения повторяемости (%) минерализации (М) осадков по интервалам в 2020 г. и за период 2016-2020 гг. приводится на рис. 2.20.

Повторяемость минерализации осадков регионального фона с минерализацией М≤15 увеличилась на ЕЧР в среднем на 10%, а на АЧР – в среднем на 3% в пределах погрешности измерений.

В ПФО и ДФО в 2020 г. частота выпадений осадков с минерализацией 15<М≤30 увеличилась на 20 и 7% соответственно и снизилась на 10% – в СЗФО, на 7% – в ЦФО. В 2020 г. частота осадков с М>30 мг/л снизилась в ПФО и ДФО на 12 и 8% и увеличилась на 7% в ЮФО, а в Северо-Кавказском и Уральском округах не выпадали осадки с минерализацией свыше 30 мг/л.

Изменение концентрации основных анионов в направлении с запада на восток (сульфатов, гидрокарбонатов, хлоридов и нитратов) в 2020 г. и за период 2016-2020 гг. представлено на рис. 2.21 (а-г).

Содержание большинства компонентов в осадках за 5-ти летний период в сравнении с 2020 г. практически не изменилось в большинстве округов. Изменение в сторону снижения для нитратов в 2020 г. отмечено только в УФО и для хлоридов – в ЮФО.

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 осадках практически всех округов преобладают гидрокарбонаты. В течение всего периода значения гидрокарбонатов свыше 10 мг/л характерны для осадков ЦФО и ПФО. По-прежнему, на большей части территории страны концентрация гидрокарбонатов приблизительно в 1,5 – 2 раза выше сульфатов.

Концентрации гидрокарбонатов свыше 14,0 мг/л были определены в ЦФО. При этом в ЦФО и ПФО наблюдалась смена тенденций: в начале периода наблюдалось снижение, а в последние два года отмечен рост.

Следует отметить, что Центральное Черноземье – это территории, богатые черноземом. Характерным признаком черноземов является высокая карбонатность (до 2,5-4,0% $CaCO_3$ в пахотном слое). Повышенные содержания гидрокарбонатов в атмосферных осадках наблюдались в весенний и осенний периоды. В это время, как правило, происходит посев и уборка сельскохозяйственной продукции, что при значительном количестве пахотных угодий создает дополнительные условия для повышенной запыленности атмосферы, особенно в условиях низкой годовой суммы осадков.

В осадках СЗФО, ЮФО, СКФО и ДВФО содержание гидрокарбоната не превышало 6,0 мг/л. Кроме того, в СЗФО и УФО наметился слабый тренд к снижению, в ДФО в период с 2016 по 2020 гг. концентрация гидрокарбонатов, в среднем, не превышала 4,0 мг/л. В СКФО отмечено изменение концентрации гидрокарбонатовв пределах от 2,0 до 5,0 мг/л, в СФО в последние 3 года в среднем около 8,0 мг/л.

Концентрация нитратов в осадках не превышали 2,5 мг/л. Более или менее выраженный тренд к снижению проявился в УФО и СФО. В ЦФО и ЮФО содержание нитратов изменялось от 2,0 до 2,5 мг/л и составило в среднем 2,2. В СЗФО концентрация нитратов в среднем за период составила – 1,1 мг/л и для ДФО – 1,4 мг/л.

В СЗФО концентрация хлоридов в среднем за 5 лет превышает 2,0 мг/л, однако в последние годы наблюдается постепенное снижение (рис. 2.21 б). В ЮФО с 2016 по 2018 гг. наметился рост, который обеспечивал в основном локальный источник - пос. Нижнегорский. Впо-

следствии, причина была устранена, и концентрация хлорида в 2019 г. снизилась в 2 -2,5 раза. Существенное снижение хлорида, приблизительно в 2 раза, установлено в ЦФО с 2017 г., и в последующие годы изменения не превышали ±0,5 мг/л. Для ПФО, УФО, СФО и ДФО характерны незначительные изменения концентраций хлоридов, проявляющиеся в виде колебаний возле некоторого относительно постоянного уровня в течение всего периода. Наиболее низкие значения, около 0,5 мг/л, определены в СКФО.

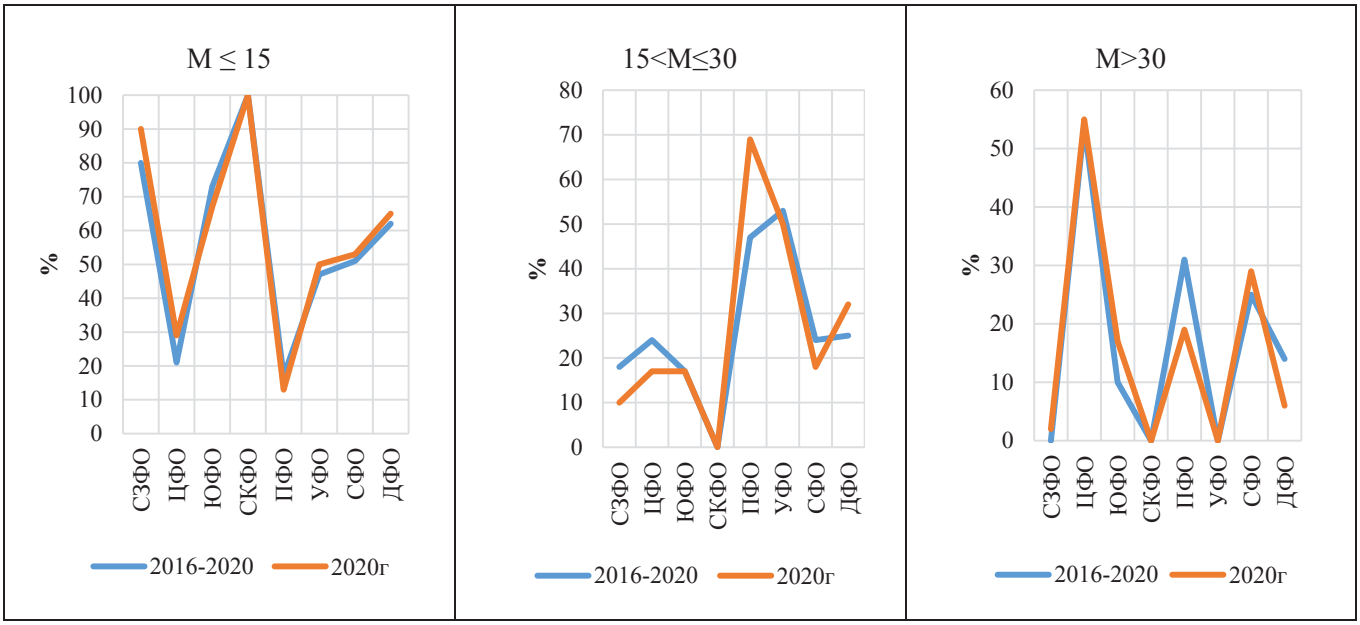


Рис. 2.20. Повторяемость (%) минерализации осадков (М,мг/л) по диапазонам в период с 2016 по 2020 гг. и в 2020 г.

Катионная часть в общей сумме компонентов составляет около 30 %. В химическом составе осадков преобладает кальций, далее в порядке снижения концентрации следуют нАЧРий или магний и калий. Содержание аммония в осадках ПФО около 1,0 мг/л, в остальных округах не превышает 0,6 мг/л.

Осредненные по площадям данные практически всегда сглаживают детали химического состава осадков, характерные для отдельных пунктов. В табл. 2.17 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 2020 г. уменьшилось с 16 до 11. По-прежнему, на всех станциях гидрокарбонаты являются основным загрязнителем, уступая сульфатам только в Норильске.

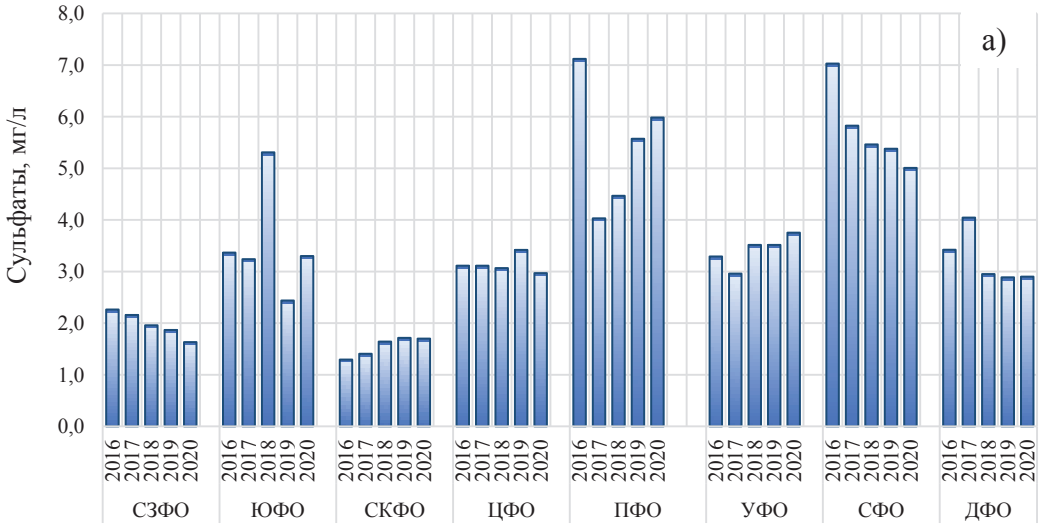


Рис. 2.21 (начало). Изменения средневзвешенной концентрации ионов (а- сульфатов; б- хлоридов; в- нитратов; г- гидрокарбонатов) в осадках по федеральным округам, 2016-2020 гг.

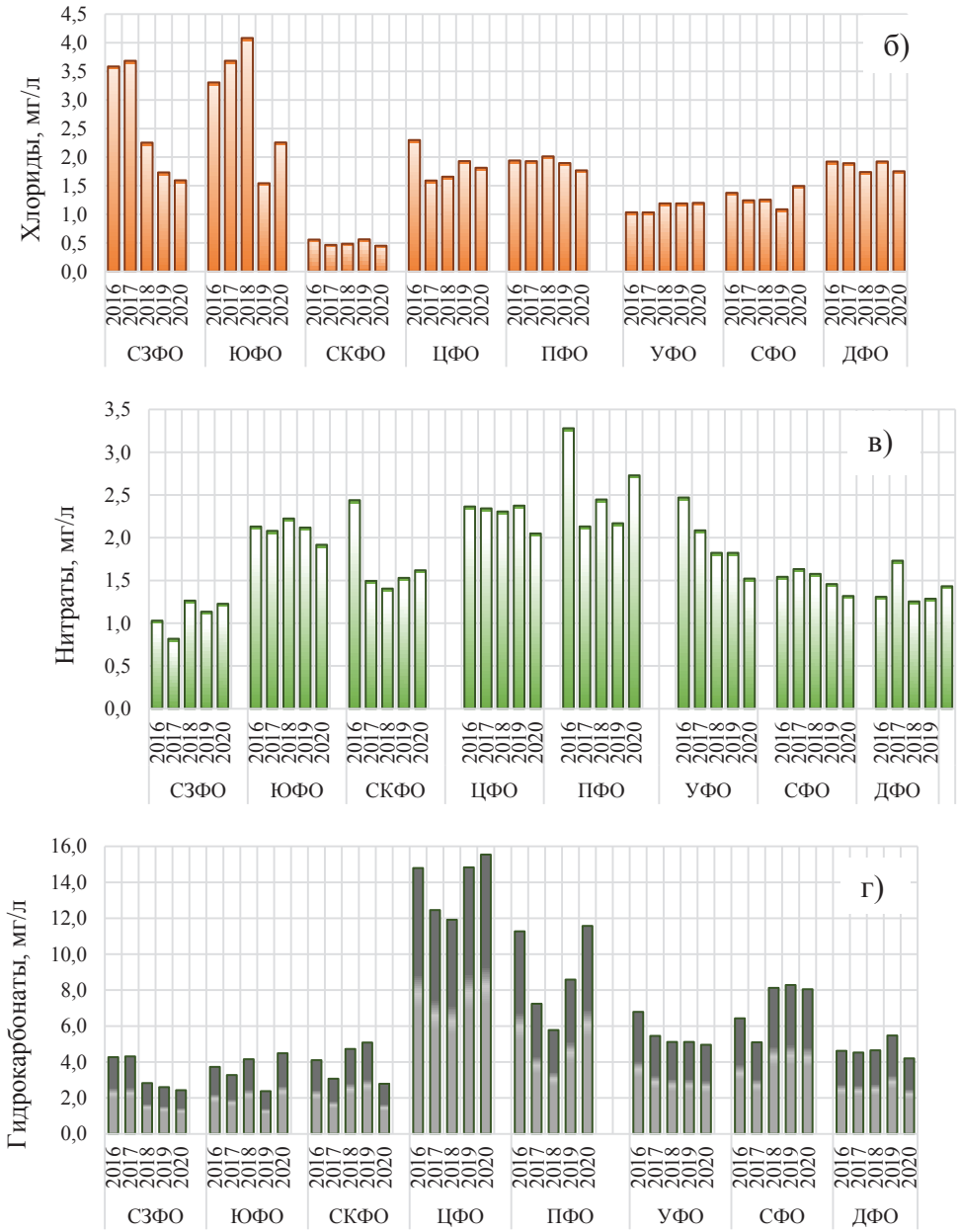


Рис. 2.21 (окончание). Изменения средневзвешенной концентрации ионов (а- сульфатов; б- хлоридов; в- нитратов; г- гидрокарбонатов) в осадках по федеральным округам, 2016-2020 гг.

В ЦФО количество станций с наиболее загрязненным ионным составом осадков снизилось с семи до пяти станций. В осадках ЦФО преобладают в основном гидрокарбонаты – более 30,0 мг/л и сульфаты, интенсивность выпадения которых в пересчете на серу составляет около 2,0 т/км^2•год.

В ПФО в список были снова добавлены Пенза и Акташ. В 2020 г. минерализация осадков на этих станциях приблизительно в 1,4 - 2,0 раза превысила 50 мг/л в основном за счет роста концентраций гидрокарбонатов и сульфатов. В осадках ПФО преобладают гидрокарбонаты – свыше 20,0 мг/л и сульфаты – от 9,0 до 19,4 мг/л.

В 2020 г. в список наиболее загрязненных станций СФО не вошли Барабинск и Ермаковское, вновь добавлен Мариинск, и впервые – Исток Ангары. Причина в высокой концентрации гидрокарбонатов. В осадках Истока Ангары содержание гидрокарбоната по сравнению с предыдущими значениями увеличилось в 5 раз, а в Мариинске – приблизительно в 8 раз.

Общая картина распределения средних значений pH – показателя кислотности атмосферных осадков в регионах РФ в 2016-2020 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.

Повторяемость осадков с величиной pH>6,5 в 2020 г. снизилась в СЗФО до 4%, хотя оставалась достаточно высокой в ЦФО – около 60%, в ПФО – увеличилось до 98% и ДФО – до 22%. 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.

Таблица 2.17. Средневзвешенные значения компонентов в наиболее загрязнённых по ионному составу осадков населённых пунктах РФ, 2020 г.

Пункт	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	М	pH среднее	k мкСм/см	Выпадения серы т/км²•год
	мг/л												
ЦФО													
Белгород	5,43	2,50	1,55	41,1	0,76	1,72	0,99	7,96	4,17	66,0	6,9	101	0,9
Грязи	6,29	4,15	2,97	43,6	0,49	1,77	1,48	9,24	4,97	75,0	6,8	112	0,8
Тула	4,93	34,8	4,26	31,6	2,01	8,20	23,55	8,02	0,61	118,0	6,9	252	1,1
Калач	8,04	3,45	2,54	32,3	0,69	2,35	1,69	6,65	3,81	61,6	6,6	101	0,9
Старый Оскол	5,69	1,92	2,38	31,21	0,86	1,25	0,71	5,91	3,22	53,1	6,8	87	0,7
ПФО													
Азнакаево	9,15	2,17	4,58	24,0	1,43	2,14	1,57	8,54	0,58	54,1	6,7	82	1,1
Акташ	8,89	2,73	2,31	36,8	3,56	2,13	1,40	9,65	1,14	68,6	6,9	102	1,8
Пенза	19,42	4,90	2,69	41,0	2,33	7,55	1,92	13,6	0,80	94,2	7,0	184	3,4
СФО													
Исток Ангары	5,84	1,46	0,81	25,3	0,75	1,12	0,30	6,97	1,79	44,3	7,0	101	1,0
Мариинск	6,23	2,45	1,90	61,1	0,67	19,4	1,49	1,82	2,44	97,5	7,0	119	1,5
Норильск	36,1	3,66	0,98	10,9	1,63	1,94	2,95	6,34	5,69	70,2	6,7	194	4,2

Влажные выпадения серы, азота и суммы ионов. В табл. 2.18 приведены средние значения интенсивности выпадений серы, азота и суммы ионов (Р) с атмосферными осадками, рассчитанные по данным наблюдений в 2020 г. Оценка выпадений с осадками осуществлялась на основе средневзвешенных месячных концентраций и количества выпавших осадков.

Таблица 2.18. Средние за год выпадения серы, азота и суммы ионов, 2020 г.

ФО	q, мм	$S(SO_4)$	$N(NO_3)$	$N(NH_4)$	Σ N	P	N(H)/N(O)	S/Σ N
		т/км²•год						
СЗФО	678,1	0,36	0,19	0,18	0,36	6,70	0,96	0,99
ЦФО	569,5	0,48	0,25	0,22	0,48	14,78	0,88	1,01
ПФО	484,3	0,94	0,30	0,40	0,70	16,12	1,34	1,34
ЮФО	488,2	0,37	0,16	0,15	0,31	5,15	0,90	1,21
СКФО	579,3	0,33	0,21	0,23	0,44	5,16	1,10	0,74
УФО	425,0	0,49	0,14	0,14	0,28	6,79	1,04	1,77
СФО	550,5	0,79	0,16	0,23	0,38	11,72	1,46	2,06
ДФО	569,2	0,53	0,20	0,24	0,44	7,31	1,20	1,20

В основном величина влажных выпадений находится в прямой зависимости от суммы осадков и концентрации компонентов.

По результатам расчетов в 2016-2020 гг. средняя интенсивность потоков серы с атмосферными осадками в большинстве регионов ЕЧР, Уральского округа и Дальнего Востока, находилась в пределах 0,4 – 0,9 т/км²•год, а на территории Сибири – около 1,0 т/км²•год (табл. 2.19).

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 0,6 т/км²•год характерен для ПФО и СКФО. По результатам расчетов за период 2016-2020 гг. суммарного азота больше, чем серы выпадало только в СКФО (рис. 2.22). Интенсивность потоков соединений азота в остальных регионах находилась в интервале 0,4-0,6 т/км²•год. Попрежнему, максимальный уровень поступления суммарного азота с атмосферными осадками в 2020 г. – 0,7 т/км²•год, свойственен для ПФО. В остальных округах суммарные выпадения азота были ниже 0,7 т/км²•год.

Таблица 2.19. Средние за период выпадения серы, азота и суммы ионов с осадками по федеральным округам, 2016-2020 гг.

ФО	q, мм	$S(SO_4)$	$N(NO_3)$	$N(NH_4)$	Σ N	P	N(H)/N(O)	S/Σ N
		т/км^2•год						
СЗФО	691,0	0,43	0,17	0,18	0,35	7,76	1,06	1,24
ЦФО	597,9	0,59	0,30	0,25	0,54	15,39	0,84	1,09
ПФО	509,2	0,93	0,30	0,34	0,64	15,37	1,14	1,45
ЮФО	683,6	0,59	0,25	0,19	0,44	8,13	0,78	1,36
СКФО	619,9	0,31	0,26	0,37	0,63	6,57	1,41	0,49
УФО	446,4	0,49	0,18	0,17	0,35	7,23	0,94	1,45
СФО	514,4	0,99	0,17	0,21	0,38	10,89	1,25	2,66
ДФО	548,6	0,66	0,19	0,20	0,39	7,77	1,05	1,72

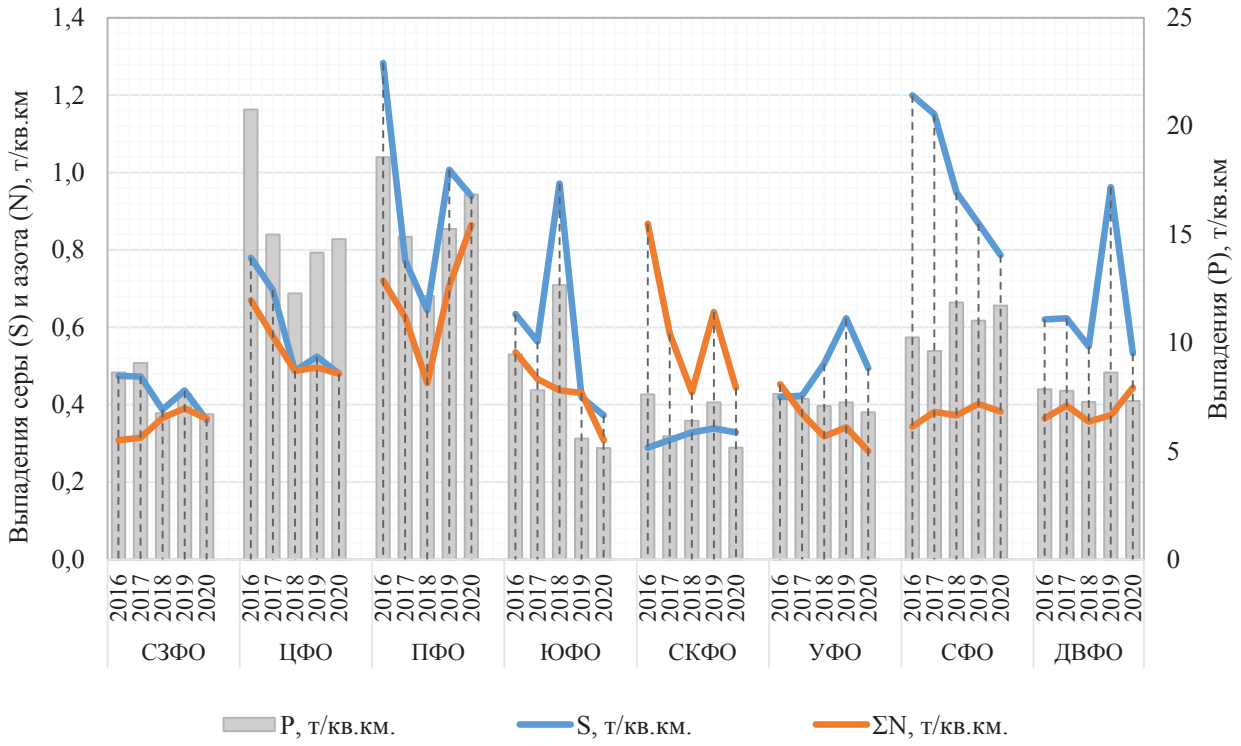


Рис. 2.22. Временной ход средних за год выпадений с осадками серы (S), суммарного азота (ΣN) и общей суммы ионов (P) по федеральным округам, 2016-2020 гг.

Годовое поступление компонентов с атмосферными осадками суммы ионов (P) в 2020 г. варьировало от 5,2 т/км^2•год в СКФО и ЮФО до 16,1 т/км^2•год в ПФО. В четырех федеральных округах СЗФО, СКФО, УФО и ДФО интенсивность суммарных выпадений не превышала 10,0 т/км^2•год и за период 2016-2020 гг. существенных отклонений относительно среднего значения для каждого из округов не было отмечено. Самое низкое значение суммарных выпадений – 6,6 т/км^2•год, за период 2016-2020 гг. характерно для СКФО (рис. 2.22).

2.3.6.1. Загрязнение и закисление снежного покрова в регионах Российской Федерации

Мониторинг химического состава снежного покрова (ХССП) осуществлялся по данным 523 пунктов наблюдений (ПН), расположенных в 68 субъектах РФ.

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

В связи с отсутствием устойчивого снежного покрова за период зимнего сезона 2019-2020 гг. на картах не представлены значительные территории юга и некоторые регионы северо-запада Европейской части России (ЕЧР).

На рис. 2.23 показана карта-схема интенсивности выпадения серы на снежный покров в регионах РФ, построенная по данным наблюдений на сети ХССП в 2020 г.

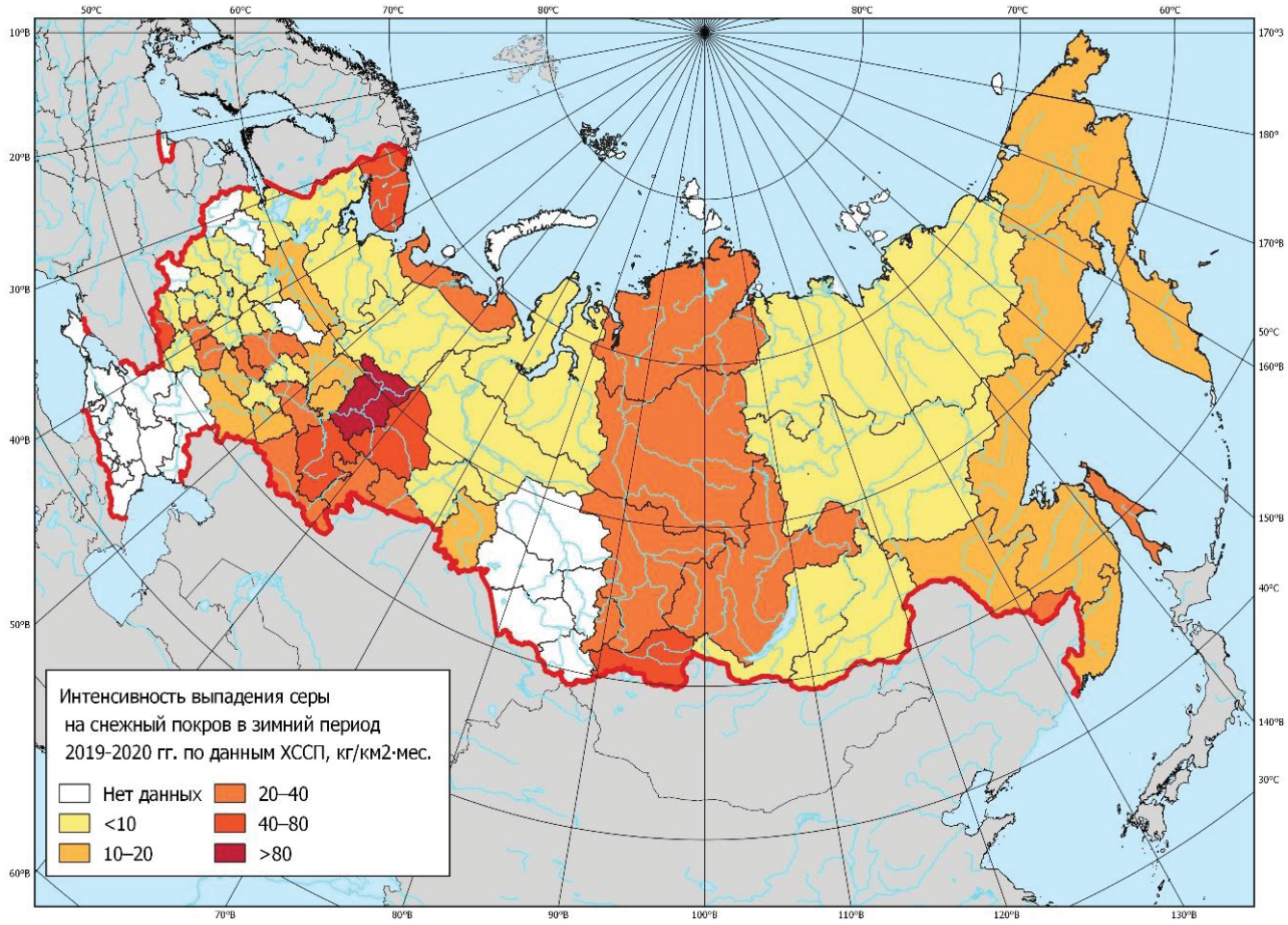


Рис. 2.23. Интенсивность выпадения серы на снежный покров в 2020 г.

На рис. 2.23 - 2.25 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 2019-2020 гг. большая часть территории страны была подвержена воздействию фоновых и близких к фоновым потокам серы с атмосферными осадками – менее 20 кг/км^2·мес. На 25% территории РФ наблюдалось загрязнение сульфатами в диапазоне от 20 до 40 кг/км^2·мес. В основном — это территории Красноярского края, Иркутской области на Азиатской части России (АЧР), и приграничные территории юга Урала.

Области с интенсивностью выпадения серы в 40 – 80 кг/км^2·мес. приходились на небольшие участки юго-востока Европейской части России (ЕЧР), Урала и Восточной Сибири. Максимальное значение интенсивности выпадения серы в РФ - более 80 кг/км^2·мес. – было отмечено на территории Пермского края (86 кг/км^2·мес.).

Показатели интенсивности выпадения азота на снежный покров были рассчитаны для суммы ионов нитрата и аммония (рис. 2.24). Интенсивность выпадения азота в РФ - менее 10 кг/км^2·мес. - характерна для большей части континентальной территории АЧР.

На 50% территории РФ показатель интенсивности выпадения азота находился в пределах 10 - 15 кг/км^2·мес. Эти регионы расположены, в основном, на АЧР, на Кольском п-ове, в центре европейской России.

Территории с интенсивностью выпадения азота 15 – 25 кг/км^2·мес. общей площадью в 23% РФ занимают восточную и южную части ЕЧР.

Показатель интенсивности выпадения азота выше 25 кг/км^2·мес. был отмечен в Липецкой (46 кг/км^2·мес.), Воронежской (32 кг/км^2·мес.), Тамбовской (27 кг/км^2·мес.) областях на юге ЕТР и в Удмуртской Республике (27 кг/км^2·мес.). Максимальное значение интенсивности выпадения азота приходилось на Белгородскую область - 54 кг/км^2·мес.

Анализ данных позволяет утверждать, что такое неравномерное распределение регионов с высокой интенсивностью выпадения азота в снежном покрове по территории России зависит от наличия на этих территориях промышленных комплексов, и от количества автомобильных дорог, имеющих значительно большую плотность на ЕЧР, чем на АЧР.

На более чем 80% территории РФ среднемесячный показатель pH по регионам в зимний период 2019-2020 гг. находился в пределах 5,5 – 6,5 единиц, то есть в близких к фоновым значениям (рис. 2.25).

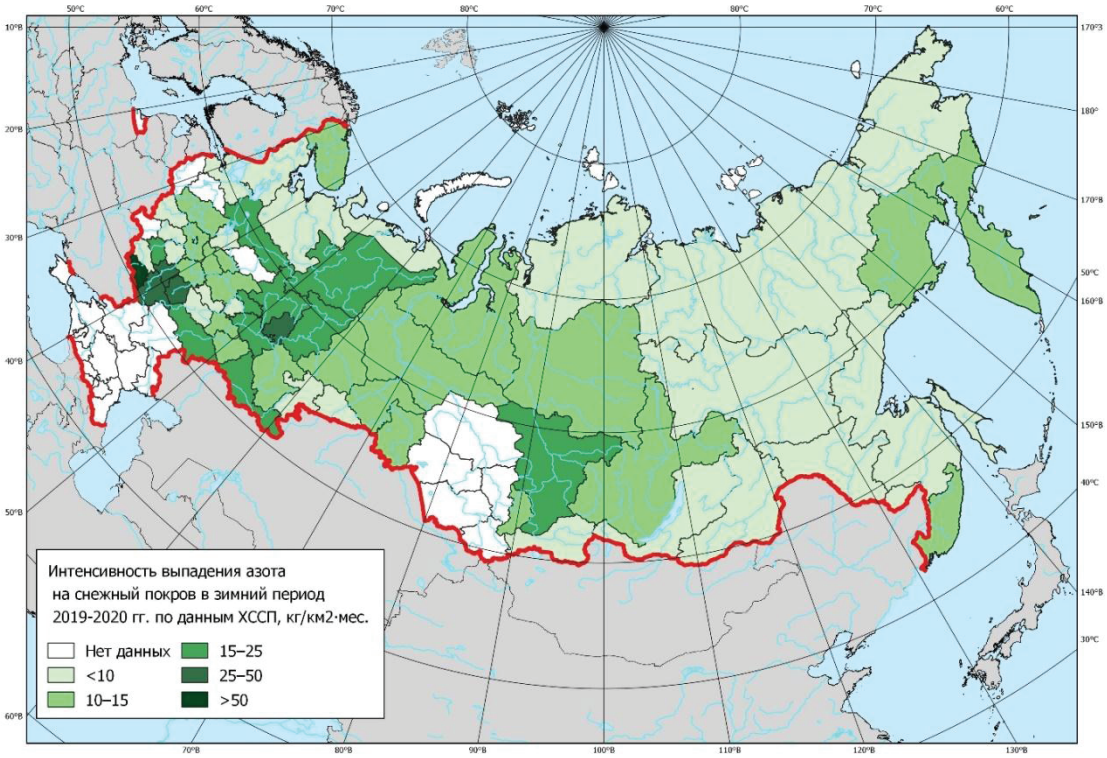


Рис. 2.24. Интенсивность выпадения азота на снежный покров в 2020 г.

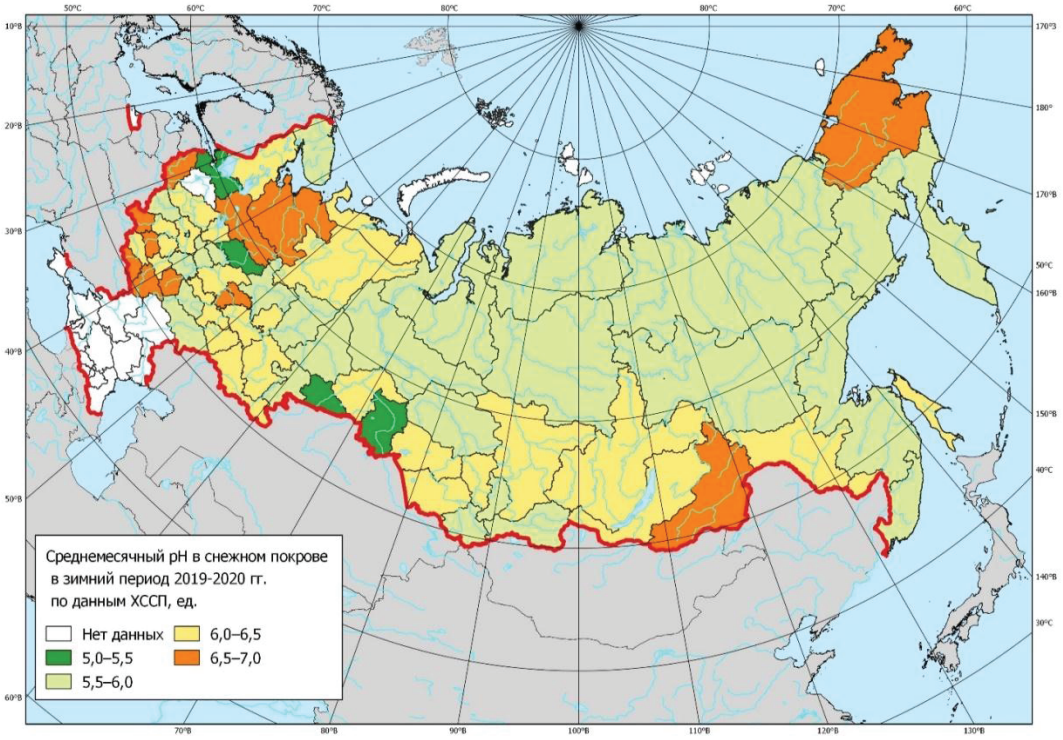


Рис. 2.25. pH снежного покрова в 2019 г.

Регионы с показателямием pH = 5,0 – 5,5 рассредоточены по ЕЧР и югу Западной Сибири: Омская, Курганская, Ленинградская и Костромская области. Значения pH в диапазоне 5,5 – 6,0 были характерны для центральных и северных регионов на ЕЧР и АЧР, в регионах на побережьях Северного Ледовитого и Тихого океанов. Диапазон pH 6,0 – 6,5 более характерен для континентальных территорий юга Сибири и большей части ЕЧР. Исключением является Чукотский автономный округ (6,9 ед. pH), что может быть обусловлено близостью незамерзающего моря, обеспечивающего подщелачивание.

Максимальные показатели pH выше 6,5 на ЕЧР были отмечены в Республике Марий Эл (7,0), в Брянской области (6,8) и в Чувашской Республике (6,8), а на АЧР – в Забайкальском крае (6,6).

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

Тяжелые металлы

Для оценки характеристик загрязнения осадков были использованы ряды наблюдений с октября 2019 г. по сентябрь 2020 г. (геофизический год). Средневзвешенные годовые фоновые концентрации свинца в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – около 0,5 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ - около 2,7 мкг/л, Астраханского БЗ - около 0,4 мкг/л, Воронежского БЗ - около 0,75 мкг/л, Алтайского БЗ (Яйлю) - 1,6 мкг/л. Средневзвешенная годовая фоновая концентрация свинца в атмосферных осадках на территории всех заповедников в рассматриваемый период была значительно ниже уровней, зафиксированных в предыдущие года, за исключением Алтайского БЗ (табл. 2.20, рис. 2.26).

Максимальная среднемесячная концентрация свинца в осадках за текущий геофизический год на территории Кавказского БЗ отмечалась в июне. В остальные месяцы концентрация свинца не превышала 1 мкг/л.

Таблица 2.20. Уровни содержания загрязняющих веществ в атмосферных осадках фоновых районов по результатам наблюдений СКФМ и среднегодовые концентрации за 2019-2020 гг.

Заповедник	Период наблюдений	Свинец, мкг/л		Кадмий, мкг/л		Ртуть, мкг/л	
		Диапазон	2019-2020 г.	Диапазон	2019-2020 г.	Диапазон	2019-2020 г.
Кавказский БЗ	1982-2020	0,19 – 69,0	0,5	0,010 – 49,0	0,06	0,001 – 22,4	0,55
Приокско-Террасный БЗ	1983-2020	0,2 - 696,0	2,7	0,009 – 20,0	0,10	0,01 - 80,0	0,35
Астраханский БЗ	1987-2020	0,05 – 91,0	0,4			0,02 – 376,0	0,7
Воронежский БЗ	1989-2020	0,18 - 44,2	0,75	0,025 – 19,0	0,04	0,001 – 311,0	0,15
Яйлю	1998-2020	0,25 – 48,0	1,6	0,011 – 12,5	0,08	0,001 – 0,97	0,15

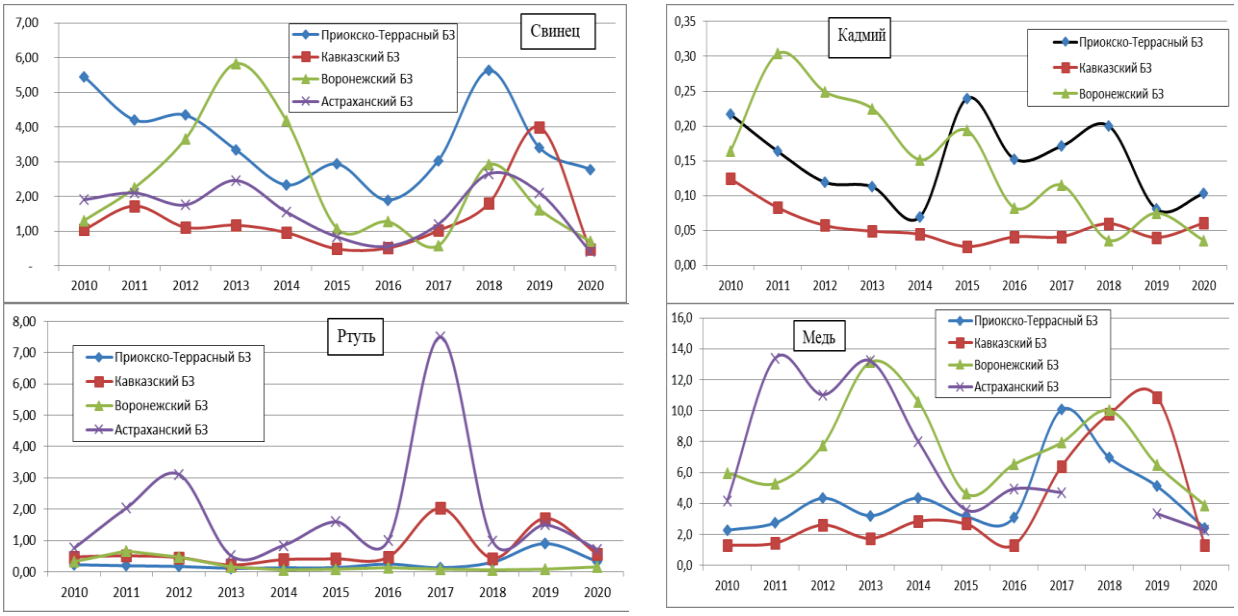


Рис. 2.26. Изменение среднегодовых концентраций тяжелых металлов в атмосферных осадках (мкг/л) фоновых районов в 2010-2020 гг. (геофизические гг.)

В Приокско-Террасном БЗ среднемесячное содержание свинца в атмосферных осадках в большинстве случаев не превышало 2 мкг/л (7 месяцев). Максимальное значение (8,2 мкг/л) было отмечено в августе 2020 г.

Среднемесячные концентрации свинца на территории Астраханского БЗ, как и Кавказского БЗ, находились на уровне ниже 1 мкг/л. Только в марте среднемесячная концентрация свинца была на уровне выше 1 мкг/л.

В Воронежском БЗ среднемесячные концентрации свинца были ниже, чем в предыдущие годы наблюдений. Максимальное содержание свинца в осадках на территории Алтайского БЗ отмечалось в феврале 2020 г. (около 6,5 мкг/л), минимальные уровни были зафиксированы в августе и сентябре (менее 0,5 мкг/л). Содержание свинца в атмосферных осадках на территории Алтайского заповедника в 6 месяцах из 12 в рассматриваемый период находилось в диапазоне близких к пределу обнаружения.

Годовые средневзвешенные фоновые концентрации кадмия в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – около 0,06 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ - 0,10 мкг/л, Воронежского БЗ – 0,04 мкг/л, Алтайского БЗ (Яйлю) – 0,08 мкг/л.

Средневзвешенные годовые фоновые концентрация кадмия в атмосферных осадках на территории заповедников в рассматриваемый период сохранились на низком уровне (табл. 2.20, рис. 2.26).

На территории Кавказского БЗ концентрации кадмия за рассматриваемый геофизический год находились в диапазоне от 0,01 мкг/л (август 2020 г.) до около 0,2 мкг/л (март и сентябрь 2020 г.). В остальные месяцы концентрации кадмия не превышали 0,05 мкг/л.

В Приокско-Террасном БЗ значительный рост содержания кадмия в атмосферных осадках был зафиксирован в феврале 2020 г. (выше 1 мкг/л) и сентябре 2020 г. (на уровне 0,35 мкг/л). Минимальное содержание кадмия в атмосферных осадках в рассматриваемый период было зафиксировано в октябре 2019 г.

На территории Воронежского заповедника концентрации кадмия варьировали и не превышали 0,07 мкг/л. Наименьшее содержание кадмия в атмосферных осадках было зафиксировано в марте и сентябре 2020 г., а максимальное – в январе 2020 г.

На территории Алтайского заповедника содержание кадмия не превышало 0,1 мкг/л, за исключением повышенного содержания в августе 2020 г. (0,25 мкг/л).

Средневзвешенные годовые фоновые концентрации ртути в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – около 0,55 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ – 0,35 мкг/л, Астраханского БЗ - 0,7 мкг/л, Воронежского БЗ - 0,15 мкг/л, Алтайского БЗ (Яйлю) – 0,15 мкг/л.

На территории Кавказского БЗ экстремально высокая концентрация ртути в атмосферных осадках была зафиксирована в июне, в июле также содержание ртути было на высоком уровне, но значительно ниже уровня июня. Минимальное содержание ртути в атмосферных осадках было зафиксировано в ноябре 2019 г. (табл. 2.20, рис. 2.26).

На территории Приокско-Террасного БЗ повышенное содержание ртути в атмосферных осадках было зафиксировано в марте 2020 г., в последующие месяцы уровень содержания ртути уменьшался, но все еще оставался на более высоком значении, чем в начале рассматриваемого периода. Минимальное значение было зафиксировано в декабре 2019 г.

На территории Астраханского БЗ максимальные концентрации ртути в атмосферных осадках отмечались в январе, феврале и мае 2020 г., а минимальные – в октябре 2019 г.

В Воронежском БЗ содержание ртути в атмосферных осадках в большинстве случаев находилось ниже 0,2 мкг/л, за исключением концентраций, зафиксированных в мае и июне 2020 г. Минимальные концентрации ртути были зафиксированы в ноябре и декабре 2020 г.

На территории Алтайского заповедника содержание ртути в большинство месяцев не превышало 0,1 мкг/л, за исключением декабря 2019 г. и марта 2020 г. В эти месяцы содержание ртути было в несколько раз выше 0,1 мкг/л. Минимальное значение содержания ртути в осадках отмечалось в октябре 2019 г.

Средневзвешенные годовые фоновые концентрации меди в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – около 1,4 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ – 2,5 мкг/л, Астраханского БЗ - 2,2 мкг/л, Воронежского БЗ – 4 мкг/л, Алтайского БЗ (Яйлю) – 1 мкг/л.

На территории Кавказского БЗ содержание меди в атмосферных осадках не превышало 1,5 мкг/л. Повышенные концентрации были зафиксированы в январе и июне 2020 г. (более 4,5 и около 3 мкг/л соответственно). Минимальные концентрации были зафиксированы в октябре 2019 г. и мае 2020 г.

На территории Приокско-Террасного БЗ минимальное содержание меди в атмосферных осадках было зафиксировано в июне-июле 2020 г., а максимальное – в марте 2020 г. (около 8 мкг/л).

На территории Астраханского БЗ содержание меди варьировало от уровня предела обнаружения до 7,5 мкг/л. Максимальное содержание меди в атмосферных осадках было отмечено в декабре 2019 г. и январе 2020 г., а минимальные значения (на уровне предела обнаружения) были зарегистрированы в августе и сентябре 2020 г.

В Воронежском БЗ концентрации меди варьировали в диапазоне от 1 мкг/л (апрель 2020 г.) до 12,4 мкг/л (декабрь 2019 г.). При этом большинство значений не превышало 5 мкг/л.

На территории Алтайского заповедника был зафиксирован значительный рост содержания меди в атмосферных осадках в октябре 2019 г., а также блыо отмечено повышенное значение в июле 2020 г. (около 2,5 мкг/л). В остальные месяцы рассматриваемого периода содержание меди в атмосферных осадках не превышало 1,5 мкг/л.

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 2020 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) и Лесной заповедник (Тверская область). Основные измерения по программе мониторинга ЕМЕП представляют собой регулярный анализ содержания в воздухе и атмосферных осадках основных химических соединений, определяющих кислотно-щелочной баланс. По результатам обработки годовых массивов данных мониторинга, полученных в районах размещения станций, оценены величины атмосферных выпадений 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 2020 г. кислые осадки с $pH < 4$ практически не наблюдались; на всех станциях повторяемость выпадений атмосферных осадков с pH от 5 до 6 превышала 45% (табл. 2.21).

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 2020 г. составила 0,31 мг S /л на станции Янискоски, 0,34 мг S/л на станции Пинега, 0,23 мг S/л на станции Лесной заповедник, 0,36 мг S/л на станции Данки (в районе Приокско-Террасного биосферного заповедника). Наименьшее значение среднегодовой концентрации азота составило 0,06 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) 0,08 – 0,10 мг N/л, а на станции - 0,14 мг N/л. Диапазон варьирования концентраций ионов аммония в осадках составил 0,11 - 0,26 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.

При этом колебания концентраций основных ионов в атмосферных осадках могут быть меньше, чем изменчивость сумм выпадающих осадков, особенно для межгодовых вариаций сезонных и годовых значений.

Рассчитанные по средневзвешенным концентрациям и месячным суммам выпавших осадков величины влажных выпадений для районов станций составили в 2020 г.: 0,19-0,32 и 0,11-0,34 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. 2.27. При относительно большой вариации годовых значений можно отметить отсутствие выраженного уменьшения сумм влажных выпадений за период действия Гетеборгского протокола (подписан в 1999 г.) с незначимыми характеристиками линейного тренда.

Таблица 2.21. Распределение измеренных значений показателя кислотности (ед. pH) по диапазонам характера закисления атмосферных осадков в районах расположения российских станций ЕМЕП в 2020 г.

Станция	pH минимальное	pH максимальное	pH среднее	Доля проб в диапазоне pH, %				
				< 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	> 7
Янискоски	4,34	7,76	5,54	0	3	46	48	3
Пинега	4,68	7,62	5,57	0	8	64	27	2
Лесной	4,22	6,83	5,25	0	23	71	6	0
Данки	4,15	7,11	5,40	0	11	61	26	2

По результатам расчетов многолетних выпадений сумм нитратных и аммонийных соединений с осадками представленными на рис. 2.28, в целом отмечается уменьшение выпадений, как серы, так и азота с осадками на всех российских станциях ЕМЕП.

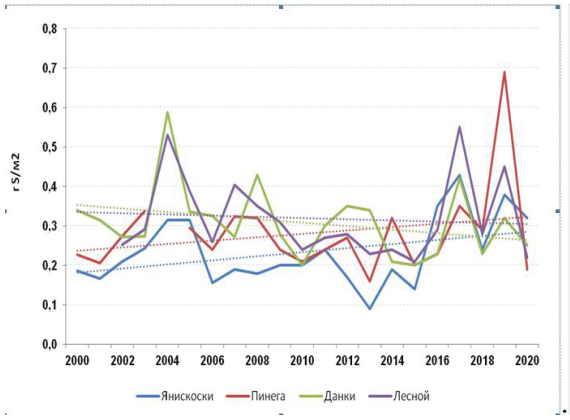


Рис. 2.27. Многолетние выпадения сульфатной серы из атмосферы с осадками на станциях ЕМЕП (г S/м^2/год)

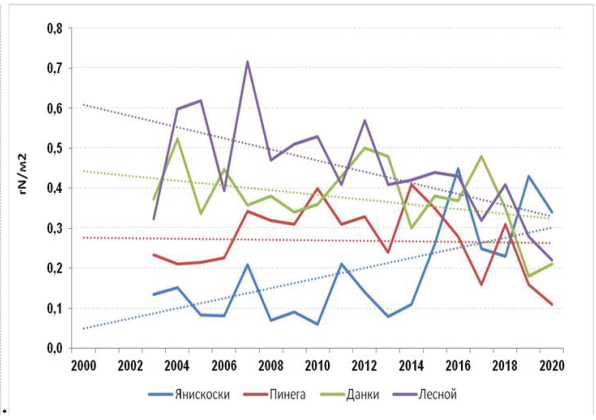


Рис. 2.28. Многолетние выпадения суммарного азота (нитратного и аммонийного) из атмосферы с осадками на станциях ЕМЕП (г N/м^2/год)

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 2020 г. и значений критических нагрузок по этим элементам для районов расположения станций, представленных в табл. 2.22, 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 ЕЧР. 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.

Таблица 2.22. Сравнение годовых влажных выпадений в 2020 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	0,32	0,32-0,64	0,34	<0,28
Пинега	0,19	0,32-0,64	0,11	<0,28
Лесной	0,22	1,6-2,4	0,22	0,56-0,98
Данки	0,25	1,6-2,4	0,21	0,56-0,98

2.3.9. Загрязнение воздуха и осадков по данным станций ЕАНЕТ

На азиатской части 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 2020 г. среднегодовое содержание газовых примесей в воздухе на всех региональных станциях увеличилось по сравнению с предыдущим годом, а среднее содержание SO_2 на станции Листвянка превысило уровни, отмеченные на других станциях ЕАНЕТ. В 2020 г. было отмечено снижение концентраций азот- и серосодержащих аэрозолей в целом на всех станциях. На станции Монды концентрации нитратов были близки к уровню среднего многолетнего, а в Приморье было отмечено значительное уменьшение содержания сульфатов. В общем составе взвешенных частиц наибольшие концентрации за весь период наблюдения на всех станциях ЕАНЕТ были характерны для сульфатов, определяющих 40-60% состава атмосферных аэрозолей по массе (рис. 2.29). В районе оз. Байкал сохранялись более низкие концентрации аэрозольных соединений, при этом за время наблюдений содержание практически всех основных ионов в аэрозолях воздуха уменьшилось вдвое.

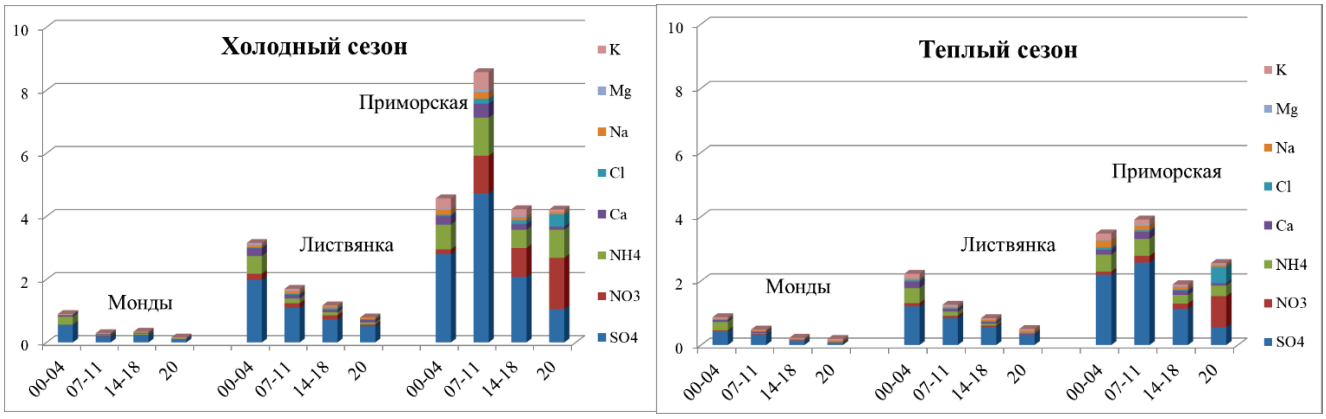


Рис. 2.29. Изменение среднего химического состава аэрозолей (мкг/м^3) на станциях ЕАНЕТ в холодный (слева) и теплый (справа) периоды по наблюдениям в 2000-2020 гг.

Для большинства веществ, содержащихся в аэрозолях, среднесезонные концентрации продолжают снижаться на станциях Монды и Листвянка. В многолетнем ходе среднегодовых концентраций серо- и азотсодержащих веществ в воздухе также продолжает отмечаться снижение их значений на станциях в регионе оз. Байкал по сравнению с 2015-2017 гг., кроме SO_2 (рис. 2.30). В 2020 г. в Приморье было отмечено увеличение содержания загрязняющих веществ в атмосфере после 3-х лет значительного их снижения, но для большинства из них концентрации остаются ниже по сравнению с 2013-2015 гг.

В начале 2020 г. в зимние месяцы наблюдалось относительно малое количество осадков. Содержание сульфатов в весенних осадках было в 2 раза выше, чем в другие месяцы года, кроме зимних, а концентрации нитратов, кальция и аммония в течение всего 2020 г.

В 2020 г. сезонные изменения выпадений веществ определялись, главным образом, годовым ходом осадков. Наибольшие потоки этих основных анионов были отмечены в Приморье летом (NO_3^- 0,16-0,18 г/м^2 и SO_4^{2-} 0,27-0,33 г/м^2) и в начале осени (0,11 и 0,28 г/м^2 для NO_3^- и SO_4^{2-},соответственно), а за все месяцы холодного периода их влажные выпадения в целом не превысили 0,26 г/м^2 для NO_3^- и 0,50 г/м^2 для SO_4^{2-}(рис. 2.31). Выпадения в 2020 г. на этих станциях составили для сульфатов 0,57 г/м^2 и 1,94 г/м^2 для ст. Листвянка и ст. Приморская, соответственно, для нитратов 0,29 и 0,88 г/м^2, аммония 0,09 и 0,32 г/м^2.

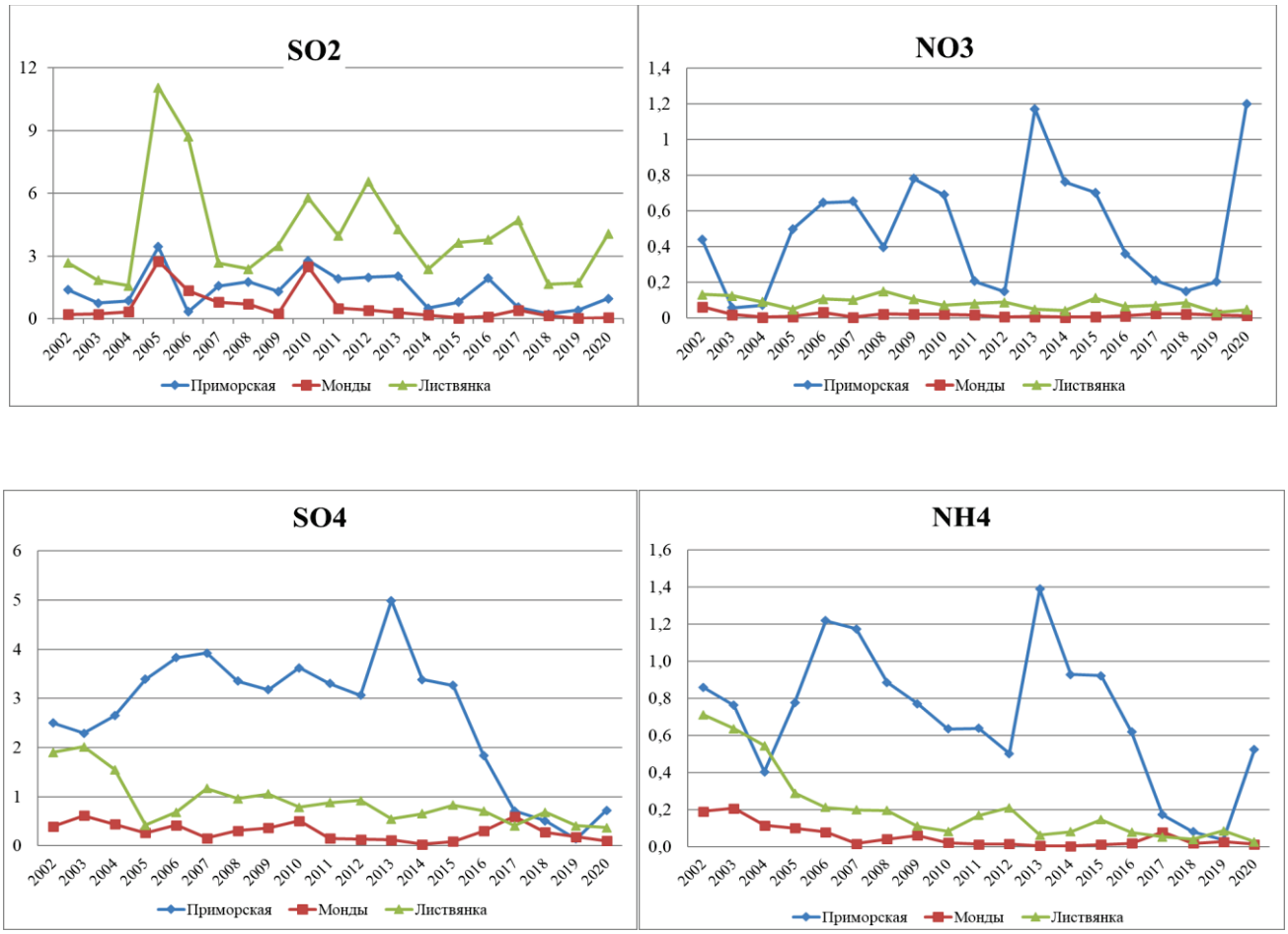


Рис. 2.30. Изменения средних годовых концентрации соединений серы (слева) и азота (справа) в воздухе на станциях ЕАНЕТ (мкг/м^3)

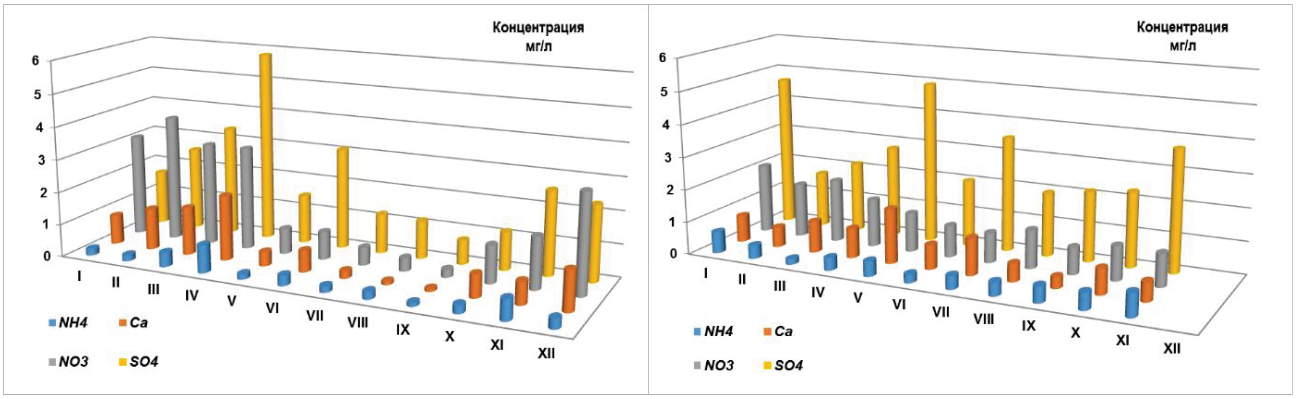


Рис. 2.31 (начало). Годовой ход концентраций (верхний) и выпадений (нижний) основных кислотообразующих ионов с осадками в районе оз. Байкал (ст. Листвянка, слева) и на Дальнем Востоке (ст. Приморская, справа) в 2020 г.

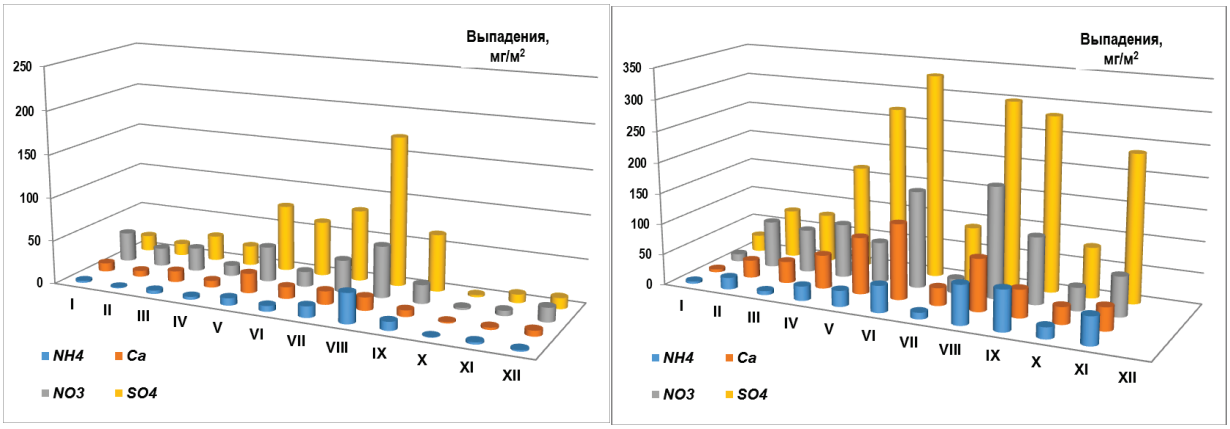


Рис. 2.31 (окончание). Годовой ход концентраций (верхний) и выпадений (нижний) основных кислотообразующих ионов с осадками в районе оз. Байкал (ст. Листвянка, слева) и на Дальнем Востоке (ст. Приморская, справа) в 2020 г.

2.4. Содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности

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

Непрерывное функционирование сети станций комплексного фонового мониторинга (СКФМ) позвляет обеспечивать получение репрезентативных данных о текущих уровнях накопления приоритетных экотоксикантов в наземных экосистемах фоновых территорий России, а на международном уровне сеть СКФМ входит в систему глобального мониторинга окружающей среды «The Global Environment Monitoring System», проводимого под эгидой ЮНЕП. Помимо этого, СКФМ (за исключением Алтайского БЗ (Яйлю)) включены во Всемирную сеть биосферных резерватов (БР) ЮНЕСКО.

Для защиты постоянных пробных площадок станций КФМ от импактных антропогенных воздействий различного рода (бытовая деятельность человека в крупных населенных пунктах, выбросы и сбросы загрязняющих веществ производственными предприятиями, внесение средств химизации в почвы сельскохозяйственных угодий, деятельность горнодобывающих производств и т.п.) их местоположение приурочено к особо охраняемым природным территориям – биосферным заповедникам (БЗ) и национальным паркам (НП) России, которые расположены в основных широтных природных зонах и областях высотной поясности (рис. 2.32).



Рис. 2.32. 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

На опорных площадках СКФМ каждые 3-5 лет по ротационной схеме осуществляется отбор образцов почв и доминантных видов растительности древесного, травянисто-кустарничкового и мохового ярусов. Смешанные образцы почв отбираются с учетом требований ГОСТ 17.4.3.01-2017 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб», ГОСТ 17.4.4.02-2017 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» и ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб» методом конверта». В травянистых биогеоценозах пробоотбор почв производится с площади 100 м^2 из верхнего минерального слоя профиля на глубину 10 см, а в древостоях – с площади 2500 м^2 из горизонта лесной подстилки и из нижележащих минеральных горизонтов также на глубину 10 см. Средние пробы доминантных видов растительного покрова или смешанные пробы травостоя отбираются с той же площади по фракциям: листва и хвоя деревьев, надземная часть травянисто-кустарничкового покрова, стебли и листья мхов.

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

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 А.П.Виноградовым (1962), З.Ху и С.Гао (2008), Н.А.Григорьевым (2009) (табл. 2.23), а также другими исследователями. Регионально повышенный средний уровень содержания соединений свинца в горных бурых лесных почвах Кавказского БЗ обусловлен геохимической специализацией материнских гранито-гнейсовых пород Альпийско-Гималайского складчатого пояса, обогащенных халькофильными и сидерофильными элементами.

Таблица 2.23. Средние величины содержания тяжелых металлов и органических загрязнителей в почвах СКФМ за период 2016-2020 гг.

СКФМ	Опробованные почвы	Свинец	Кадмий	Медь	Бенз(а)пирен	сумма-ДДТ	γ-ГХГЦ
		мг/кг			мкг/кг		
Центральный федеральный округ							
НП Смоленское Поозерье	Дерново-подзолистые супесчаные	8,8	0,35	11,9	0,2	≤0,2	≤0,2
Приокско-Террасный БЗ	Дерново-подзолистые суглинистые	4,6	0,64	2,6	0,6	4,5	0,3
Воронежский БЗ	Дерново-подзолистые песчаные	3,4	0,07	1,4	0,9	21,7	10,2
Южный федеральный округ							
Кавказский БЗ	Горные бурые лесные суглинистые	29,0	0,16	15,1	0,2	18,5	0,7
Астраханский БЗ	Аллювиальные луговые и лугово-болотные суглинистые	12,6	0,43	14,5	0,1	2,9	1,3
Приволжский федеральный округ							
Волжско-Камский БЗ	Дерново-подзолистые суглинистые	3,2	0,11	2,6	0,2	35,6	1,0
Сибирский федеральный округ							
Алтайский БЗ (Яйлю)	Горно-луговые суглинистые	5,4	0,22	8,5	0,5	4,8	0,25
Баргузинский БЗ	Горные мерзлотно-таежные суглинистые	4,9	0,23	6,1	0,5	15,5	1,7
Дальневосточный федеральный округ							
Командорский БР	Подзолы песчаные	5,2	0,17	10,4	0,3	36,0	1,1
$ОДК_{вал}$[*]		*32 / 65 / 130*	*0,5 / 1 / 2*	*33 / 66 / 132*	*20*	*100*	*100*
Кларк почв[**]		*16/17/17*	*0,13/0,06/0,64*	*47/27/39*	-	-	-

[*] *$ОДК_{вал}$ по 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 (утратило силу с 1 марта 2021)*

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

Текущие средние уровни накопления в почвах СКФМ соединений свинца, кадмия и меди не превышают величин предельно- и ориентировочно-допустимых концентраций (ПДК и ОДК, соответственно), что характеризует фоновый уровень загрязнения наземных экосистем России как допустимый.

Содержание в почвах СКФМ определяемых стойких органических загрязнителей глобального уровня рассеяния, в основном, характеризует их экологическое состояние как благополучное. Как правило, в поверхностных горизонтах почв выявляются лишь следовые количества поллютантов, которые существенно меньше установленных значений ПДК. Так, содержание в почвах СКФМ наиболее значимого химического канцерогена органической природы – бенз(а)пирена – на один-два порядка меньше, чем величина его ПДК. Содержание в почвах СКФМ персистентного пестицида ДДТ и его метаболитов в последние годы наблюдений в 3-5 раз ниже установленного ПДК. При определении 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.

Вместе с тем, за последнюю декаду наблюдений в почвах СКФМ регистрируется широкий размах варьирования величин валового содержания тяжелых металлов, при котором максимальные значения определяемых показателей приближаются к значениям ОДК для наиболее широко представленных в почвенном покрове кислых почв суглинистого гранулометрического состава (рис. 2.33).

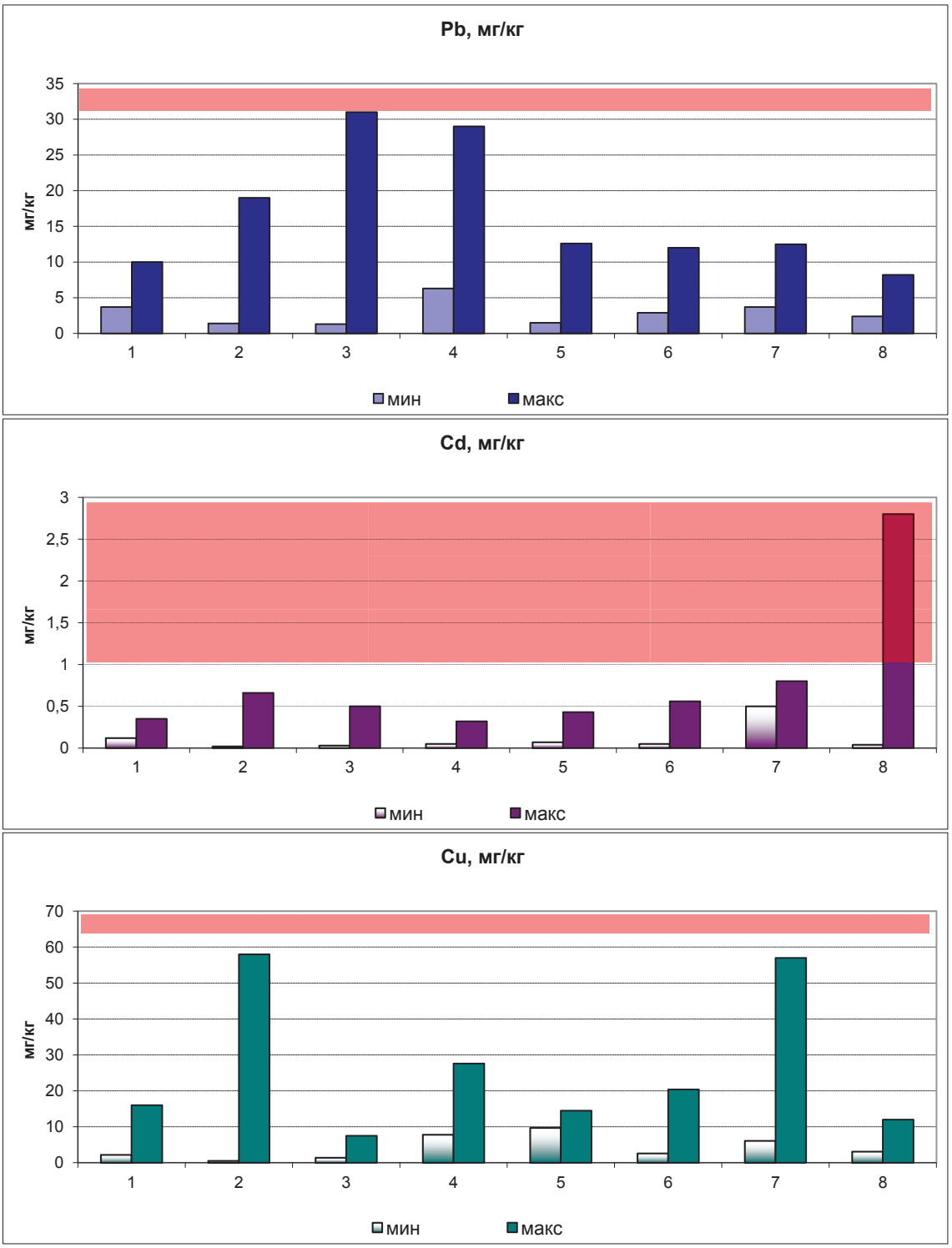


Рис. 2.33. Варьирование концентраций тяжелых металлов в почвах СКФМ за период 2010-2020 гг. СКФМ: 1 – НП Смоленское Поозерье, 2 – Приокско-Террасный БЗ, 3 – Воронежский БЗ, 4 – Кавказский БЗ, 5 – Астраханский БЗ, 6 – Волжско-Камский БЗ, 7 – Алтайский БЗ (Яйлю), 8 – Баргузинский БЗ.
Красными полосами выделены области концентраций, превышающие значения ОДК валовых форм тяжелых металлов в кислых почвах суглинистого гранулометрического состава.

Согласно данным последних сроков наблюдений концентрации соединений свинца, кадмия и меди в поверхностных горизонтах почв СКФМ, как правило, укладываются в диапазоны варьирования показателей, установленных за период с 2010 по 2020 гг. Однако в почвах Астраханского БЗ в последний срок наблюдения зафиксированы максимальные за последнюю декаду концентрации определяемых тяжелых металлов, а в почвах Кавказского БЗ и НП Смоленское Поозерье – максимальные концентрации свинца и кадмия соответственно. Вместе с тем, в почвах Воронежского БЗ отмечаются минимальные за период 2010-2020 гг. концентрации меди.

В отношении загрязняющих веществ органической природы за 10-летний период наблюдений отмечалось лишь единичное содержание бенз(а)пирена, повышен-

ное до 0,9 ПДК, в дерново-подзолистых почвах Воронежского БЗ (рис. 2.34), однако, согласно этому случаю, концентрация поллютанта была близка к пределу его обнаружения.

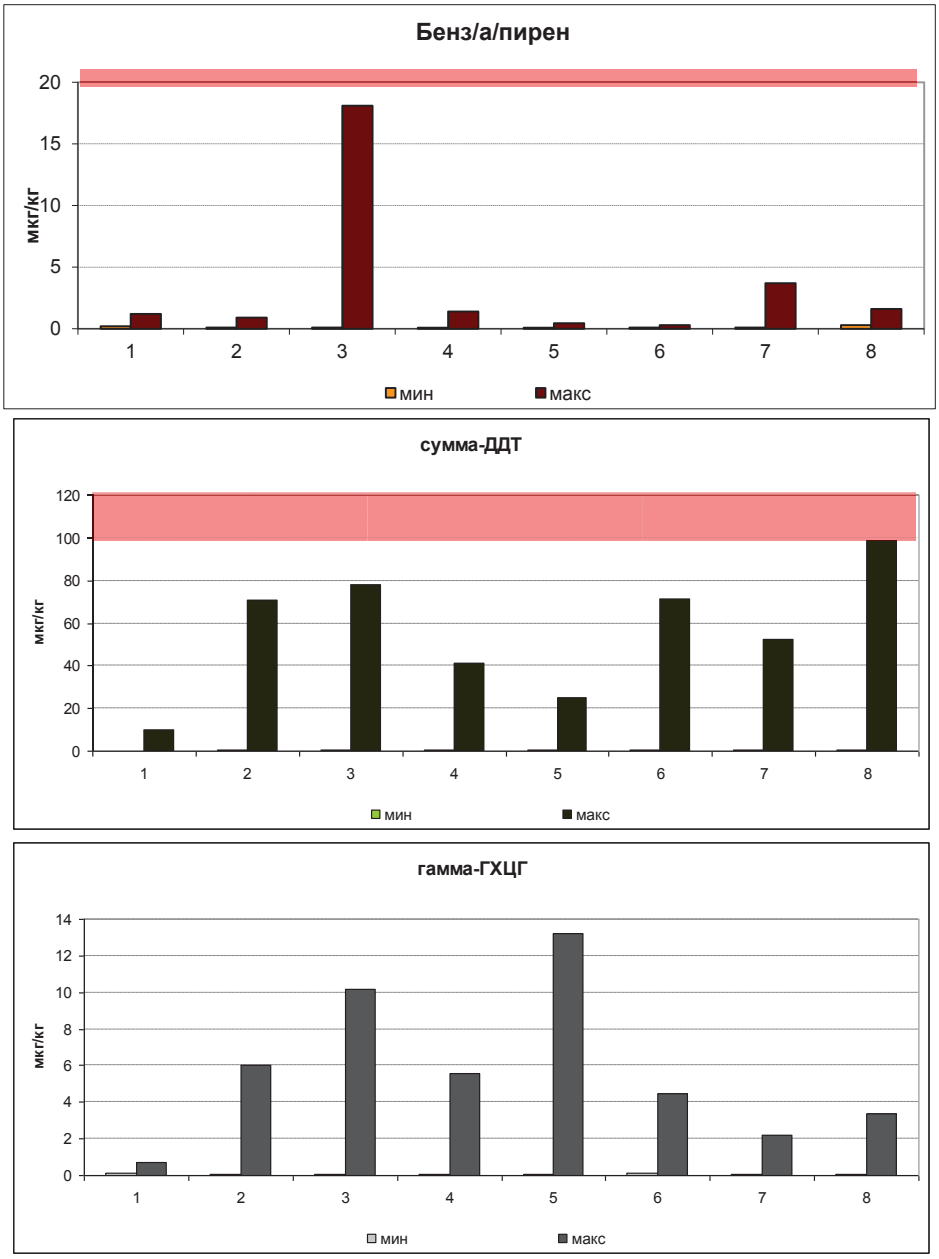


Рис. 2.34. Варьирование концентраций органических загрязнителей в почвах СКФМ за период 2010-2020 гг. СКФМ:
1 – НП Смоленское Поозерье, 2 – Приокско-Террасный БЗ, 3 – Воронежский БЗ, 4 – Кавказский БЗ, 5 – Астраханский БЗ, 6 – Волжско-Камский БЗ, 7 – Алтайский БЗ (Яйлю), 8 – Баргузинский БЗ.
Красными полосами выделены области концентраций, превышающие значения ПДК.

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. После перехода загрязняющих веществ в почву растения накапливают в своих тканях и те экотоксиканты, которые поступают в них путем корневого поглощения при процессах минерального питания. Таким образом, общее депонирование загрязняющих веществ в растительности служит важной характеристикой экологического состояния наземных экосистем.

За период наблюдений 2010-2020 гг., включая последний срок опробования, визуальное обследование состояния фитоценозов СКФМ не выявило видимых признаков нарушений роста и развития растений, которые могли бы отражать интенсификацию загрязнения окружающей среды.

Содержание определяемых тяжелых металлов и органических загрязнителей в зеленых частях основных 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 роль почв как буфера миграционных потоков загрязняющих веществ, предотвращающего их переход в сопредельные среды (табл. 2.24).

Таблица 2.24. Средние концентрации тяжелых металлов и органических загрязнителей в растительности СКФМ в период 2016-2020 гг. (на единицу абсолютно сухой массы растений)

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

* *- нет данных*

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

По сравнению с кларковыми значениями содержания тяжелых металлов в растительности суши, оцененными А.П.Виноградовым (1962), в настоящее время заметно увеличение в растительности СКФМ средних уровней содержания свинца, меди и особенно кадмия. Средние концентрации последнего максимальны в хвое сосны и листьях березы СКФМ Воронежского БЗ, а также в листьях ветлы на площадке СКФМ Астраханского БЗ. При этом существенное превышение измеренных на всех СКФМ абсолютных величин содержания элемента в растениях над его кларковым значением в живом веществе 0,01 мг/кг (Виноградов, 1962) может свидетельствовать о тренде расширения техногенного потока кадмия в последнюю декаду наблюдений.

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

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

Концентрации тяжелых металлов и органических загрязняющих веществ в разных видах растений СКФМ сильно варьируют по годам наблюдений, а также в зависимости от биологических особенностей самих растений (рис. 2.35).

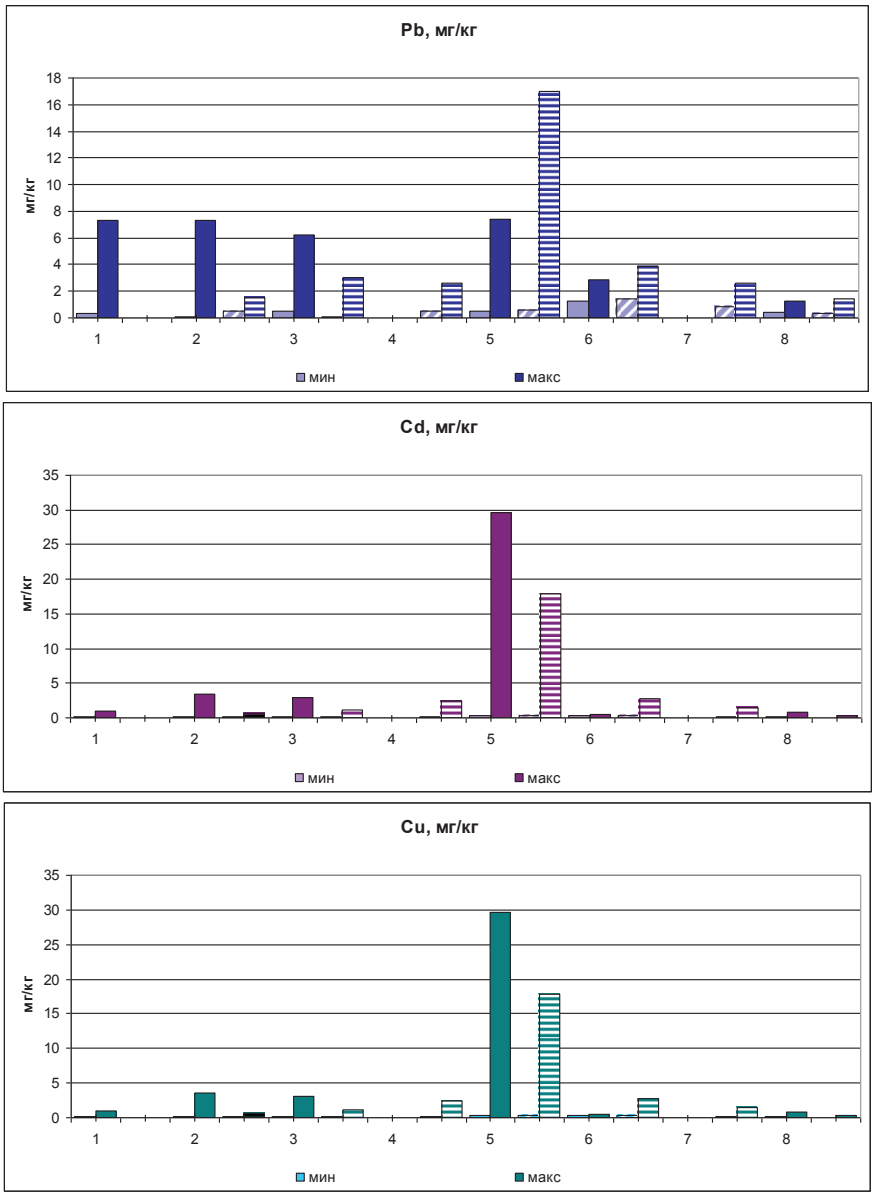


Рис. 2.35. Варьирование концентраций тяжелых металлов в листве и хвое древесного яруса (столбики без штриховки) и напочвенном травянистом покрове (столбики со штриховкой) СКФМ за период 2010-2020 гг.
СКФМ: 1 – НП Смоленское Поозерье, 2 – Приокско-Террасный БЗ, 3 – Воронежский БЗ, 4 – Кавказский БЗ, 5 – Астраханский БЗ, 6 – Волжско-Камский БЗ, 7 – Алтайский БЗ (Яйлю), 8 – Баргузинский БЗ.

Как правило, концентрации тяжелых металлов в листьях и хвое деревьев имеют как более выраженный диапазон определяемых показателей, так и характеризуются максимальными параметрами, зафиксированными за последнюю декаду наблюдений. Экстремальные увеличения содержания тяжелых металлов в растительности древесного яруса фиксируются на территории СКФМ Астраханского БЗ. Там же существенно увеличены количественные параметры максимальной аккумуляции свинца, кадмия и меди в растительности травянистого напочвенного покрова. В совокупности этот факт может отражать высокую антропогенную нагрузку на наземные экосистемы региона, как существующую в настоящее время, так и являющуюся результатом долговременного накопления тяжелых металлов за индустриальный период.

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. Фоновая площадка для вещества в почвах обследуемого города – это территория в районе расположения города с фоновой концентрацией вещества в почвах, аналогичных почвам города.

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

В 2020 г. наблюдения за содержанием в почвах фоновых участков ТМ, НП, фтора, нитратов, сульфатов, БП проводились на территориях Центрального федерального округа (Московской области), Дальневосточного федерального округа (Приморского края), Сибирского федерального округа (Иркутской, Кемеровской, Новосибирской, Омской и Томской областей), Уральского федерального округа (Свердлов-

ской области), Приволжского федерального округа (Республик: Башкортостан, Татарстан, Удмуртской, Чувашской; Нижегородской, Оренбургской и Самарской областей).

В табл. 2.25 представлены значения массовых долей нитратов и водорастворимого фтора в почвах фоновых площадок на территории Новосибирской, Кемеровской, Томской, Самарской и Свердловской областей.

Таблица 2.25. 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	1995-2020	2,0-36,5 13,7	0,2-4,1 4,1
Кемерово, д. Калинкино ЮЮЗ 55 км от ГРЭС	Серая лесная	1995-2020	3,2-87,5 3,2	0,4-3,5 0,6
г. Новокузнецк, пос. Сарбала ЮЮВ 32 км от ГРЭС	Подзолистые	1995-2020	3,8-24,6 7,6	0,2-9,5 <1,0
г. Томск, с. Ярское Ю 43 км от ГРЭС-2		2001-2020	1,5-156,7 156,7	0,3-3,8 1,0
Приволжский федеральный округ				
Самарская область Волжский район НПП «Самарская Лука» З 30 км от г. Самара	Чернозёмы	2006-2020	1-47 2,1	0,2-3,3 0,3
Волжский район АГМС п. Аглос ЮЗ 20 км от г. Самара		2006-2020	0,7-36 31,9	0,8-4,1 1,0
Уральский федеральный округ				
Свердловская область п. Мариинск ЮЗ 54 км от г. Екатеринбург	Подзолистые	1999-2020	0,2-13,2 <2,8	–

Примечание: в знаменателе указаны результаты наблюдений 2020 г.

Данные, представленные в табл. 2.25, демонстрируют значительные колебания содержания в почвах нитратов и фтора за рассматриваемый период. Следует отметить, что в 2020 г. на территории фоновой площадки с. Ярское Томской области было зафиксировано максимальное за весь период наблюдения (2001-2020 гг.) содержание нитратов в почве на уровне 1,2 ПДК (157 мг/кг), тогда как в предыдущие годы наблюдений концентрация нитратов изменялась в диапазоне 1,5–49 мг/кг. В целом, несмотря на варьирование содержания вышеуказанных химических веществ, превышение допустимых гигиеническими нормативами значений выявляется в единичных случаях.

В 2020 г. продолжились наблюдения за выпадениями фтора на снежный покров Братского района Иркутской области. Плотность выпадений соединений фтора на фоновой площадке в районе г. Братска за пятилетний период 2016-2020 гг. изменялась в диапазоне 1,2–11,1 кг/км^2·мес., причем в последние два года наблюдений плотность выпадений увеличилась в 2 раза по сравнению с периодом 2016-2018 гг. По данным наблюдений 2016-2020 гг. плотность атмосферных выпадений фторидов на фоновой площадке п. Листвянка Иркутской области варьировала в диапазоне 0,46–2,41 кг/км^2·мес. и в 2020 г. снизилась в 1,7 раза по сравнению с 2019 г.

Массовые доли кислоторастворимых форм кадмия, меди, свинца, цинка и НП в почвах фоновых площадок на территории отдельных регионов Российской Федерации представлены в табл. 2.26. Данные многолетних наблюдений демонстрируют, что, несмотря на варьирование содержания ТПП в почвах фоновых площадок за весь период наблюдения, превышение допустимых гигиеническими нормативами значений выявляется редко.

Результаты обследований, проведенных с 1999 по 2020 гг. в районе п. Мариинск Свердловской области, показали, что в подзолистых почвах фоновые массовые доли подвижных форм хрома изменяются от 0,5 до 1,9 мг/кг (кислоторастворимых форм хрома – от 19 до 117 мг/кг), свинца – от 1,2 до 19 мг/кг, марганца – от 30 до 485 мг/кг, никеля – от 0,2 до 5,0 мг/кг, цинка – от 1,6 до 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.

В районе г. Артемовский Свердловской области (на расстоянии 120 км в северо-восточном направлении от г. Екатеринбурга) за период 2010-2020 гг. содержание подвижных форм свинца в подзолистых почвах изменялось в диапазоне 1,7–7,5 мг/кг, хрома – от 1,0 до1,9 мг/кг, марганца – от 42 до 173 мг/кг, никеля – от 2,7 до 5,7 мг/кг, цинка – от 1,7 до 2,7 мг/кг, меди – от 0,3 до 1,1 мг/кг, кобальта – от 0,3 до 1,1 мг/кг, кадмия – от 0,1 до 0,2 мг/кг. На территории Приморского края в 2020 г. содержание подвижных форм ТМ в почве определялось на фоновых площадках вблизи пгт. Лучегорска и г. Дальнереченска. В почве фонового участка в районе пгт. Лучегорска концентрация кадмия составила 0,4 мг/кг, никеля – 0,7 мг/кг, цинка – 3,3 мг/кг, марганца – 114 мг/кг. В почве фоновой площадки г. Дальнереченска содержание свинца было выявлено на уровне 1,4 мг/кг, меди - 0,6 мг/кг, кадмия - 0,1 мг/кг, никеля - 0,1 мг/кг, цинка – 5,8 мг/кг, марганца - 57,3 мг/кг. В г. Дзержинск Нижегородской области значения массовых долей подвижных форм ТМ в почвах фонового участка следующие: меди – 0,1 мг/кг, никеля – < 1,0 мг/кг, свинца – <0,4 мг/кг, цинка – < 1,0 мг/кг, кадмия – < 0,1 мг/кг, кобальта - 0,1 мг/кг. Почвы фоновой площадки в районе г. Ижевск Удмуртской Республики содержали меди <0,1 мг/кг, никеля – < 1,1 мг/кг, свинца – < 0,4 мг/кг, цинка – <1,0 мг/кг, кадмия – <0,1 мг/кг, кобальта – <0,1 мг/кг.

Таблица 2.26. Массовые доли валовых (или кислоторастворимых) форм кадмия, меди, свинца, цинка и НП, мг/кг, в почвах фоновых площадок на территории Российской Федерации

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Cd	Cu	Pb	Zn	НП
Центральный федеральный округ							
Московская область Мытищинский район	Дерново-подзолистые	2020	0,3	21,4	9,2	39,6	–
Сибирский федеральный округ							
Западная Сибирь г. Кемерово д. Калинкино ЮЮЗ 55 км от ГРЭС	Серые лесные	1995-2020	<0,1-6,3 0,44	4-41 19,1	5-31 15,8	18-169 64,2	6-110 54,1
г. Новокузнецк пос. Сарбала ЮЮВ 32 км от ГРЭС	Подзолистые	1995-2020	<0,1-1,3 0,21	3,0-27 17,9	7,0-25 16,0	11,0-133 66,1	36-510 73,6
Западная Сибирь г. Новосибирск с. Прокудское	Подзолистые	1995-2020	<0,1-3,0 1,3	3-30 11,2	1,6-40 13,0	5-129 41,7	9-264 133
г. Томск, с. Ярское Ю 43 км от ГРЭС-2	Подзолистые	2001-2020	<0,1-0,9 0,9	2-21,3 14,4	4,1-27 15,7	22-200 71,9	20-296 182,5
Иркутская область г. Иркутск	Серые лесные	2004, 2011, 2015, 2020	0,07-0,7 –	26-45 28,0	16-56 17,1	82-107 51,8	–
г. Шелехов с. Смоленщина ССВ 9 км	Серые лесные	1999, 2006, 2020	–	17-37 13,2	14-26 12,5	45-62 20,0	–
Дальневосточный федеральный округ							
Приморский край г. Дальнереченск	Луговые глеевые	1983, 1988, 2020	0,25 –	9,8-13 9,8	11,4-23 11,4	52-89 89	–
пгт. Лучегорск	Луговые глеевые	1983, 1992, 2020	0,07-0,25 0,07	7-13 7	9,7-23 9,7	41,2-52 41,2	–
Уральский федеральный округ							
Свердловская область п. Мариинск ЮЗ 54 км от г. Екатеринбург	Дерново-подзолистые	1999-2020	0,5-2,2 0,5	15-281 97,5	7,0-137 23,8	44-213 95,3	–
г. Артемовский СВ 120 км от г. Екатеринбург	Дерново-подзолистые	2010, 2015, 2020	0,3-1,4 0,3	24-37 37	14-17 14	57-84 84	–
Приволжский федеральный округ							
Нижегородская область г. Дзержинск территория городского округа г. Дзержинска	Дерново-подзолистые	2013, 2018-2020	<0,5-4,0 <0,5	5-13 6	<5-11 <5	16-49 16	32-98 37
Самарская область НПП «Самарская Лука» З 30 км от г. Самара	Черноземы	2006-2020	0,2-2,8 0,2	7-118 18,4	8-88 17,5	35-219 59,0	9-175 63,5
АГМС п. Аглос ЮЗ 20 км от г. Самара			0,1-2,5 0,3	8-55 31,8	1-21 12,4	31-271 66,5	2,4-32,7 30,4
Удмуртская Республика В 20 км от г. Ижевск	Дерново-подзолистые	2006-2020	<0,5-4,0 <0,5	7-48 21	5-130 5	18-191 40	26-73 57
Республика Татарстан г. Казань СЗ 20 км	Дерново-подзолистые	2008-2020	0,1-0,5 0,2	1,2-11 5,3	3-18 6,7	9,3-180 31,9	2,3-96 23,8
г. Нижнекамск г. Набережные Челны СВ, Национальный парк «Нижняя Кама»		2008-2020	0,1-1,0 0,1	5-28 9,5	2,3-22 5,4	17-70 30	15-150 20,3
Республика Башкортостан г. Баймак СЗ 19 км от АО «БЛМЗ»	Типичные черноземы	2005, 2011, 2020	0,1-0,3 0,1	27-51 51	17-21 17	60-140 63	–
г. Сибай Ю 18 км от СФ АО «УГОК»	Дерново-подзолистые	2005, 2011, 2020	0,3-0,5 0,5	25-40 40	16-22 16	60-140 60	–

Примечание: в знаменателе указаны результаты наблюдений 2020 г.

В 2020 г. на территории Азовского района Омской области, выбранного в качестве фонового на основании данных о розе ветров для г. Омска, было проведено обследование загрязнения почв нефтепродуктами с целью установления значения регионального фона. Наблюдение показало, что в 80% проб концентрация НП изменялась от 19 до 146 мг/кг, среднее значение составило 62,5 мг/кг, а стандартное отклонение 26,6 мг/кг. При этом в 5% проб содержание НП варьировало от 170 до 300 мг/кг, в 10% проб – от 300 до 700 мг/кг, а в 4% – от 700 до 1200 мг/кг. Повышенное содержание НП в почве Азовского района, вероятно, связано с антропогенным загрязнением почвы.

В 2020 г. содержание сульфатов измерялись в почвах фоновых площадок пгт. Лучегорска (13,3 мг/кг) и г. Дальнереченска (10,9 мг/кг) Приморского края, НПП «Самарская Лука» (86,2 мг/кг) и АГМС п. Аглос (134,2 мг/кг) Самарской области, а также в городах Иркутск (4,1 мг/кг) и Шелехов (4,0 мг/кг) Иркутской области. Несмотря на значительные колебания содержания сульфатов и нитратов в почве АГМС АГЛОС в период наблюдения 2015-2020 гг. не было выявлено превышения допустимых гигиеническими нормативами значений.

Концентрация БП в 2020 г. определялась в почвах фоновых участков пгт. Лучегорска и г. Дальнереченска Приморского края. Фоновые значения содержания БП в почве вышеуказанных населенных пунктов не превышали 0,005 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 регистрируются 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. Статистически достоверного накопления ТПП в почвах фоновых площадок за период наблюдений не отмечено.

2.5. Загрязнение поверхностных вод

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

Тяжелые металлы

В 2020 г. фоновое содержание ртути, свинца, кадмия в поверхностных водах большинства фоновых районов России соответствовало интервалам величин, наблюдаемых в последние годы, и составило для ртути 0,13–1,76 мкг/л, свинца 0,16–0,53 мкг/л, кадмия 0,01–2,4 мкг/л. На Азиатской части России фоновые концентрации тяжелых металлов, как правило, ниже, чем на ЕЧР (табл. 2.27).

По данным сети СКФМ в течение последних 10-лет сохраняется тенденция стабилизации фонового содержания тяжелых металлов.

Таблица 2.27. Фоновое загрязнение поверхностных вод по данным сети КФМ

Заповедник	Период наблюдений	Свинец, мкг/л		Кадмий, мкг/л		Ртуть, мкг/л	
		Диапазон	2020 г	Диапазон	2020 г	Диапазон	2020 г
Кавказский БЗ	1982-2020	0,2-16,0	0,53	0,004-2.5	0,015	0,03-1,4	0,40
Приокско-Террасный БЗ	1987-2019	нпо-39,4	0,46	0,03-3,5	0,04	0,03-8,7	0,43
Астраханский БЗ	1988-2020	0,08-128	0,28	0,1-413	2,41	0,01-74	1,76
Воронежский БЗ	1990-2020	0,16-50	0,16	0,01-4,6	0,01	0,06-0,54	0,135
Яйлю	2002-2020	0,01-3,6	0,28	0,01-0,7	0,014	0,01-0,44	0,05

нпо - ниже предела обнаружения

2.6. Радиационная обстановка на территории России

Наиболее сильное загрязнение окружающей среды техногенными радионуклидами территории РФ и всего мира происходило в 1954-1980 годах 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. в районе ПО «Маяк» произошло новое загрязнение из-за ветрового выноса радионуклидов с обнажившихся берегов оз. Карачай, куда сливались жидкие радиоактивные отходы предприятия. В результате образовался Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС).

Источниками локального радиоактивного загрязнения окружающей среды являются некоторые предприятия ядерно-топливного цикла, такие как Сибирский химический комбинат в Томской области (СХК), Горно-химический комбинат (ГХК) в Красноярском крае. Существенно меньшее влияние оказывают атомные электростанции (АЭС).

В 2011 г. 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 сетью радиационного мониторинга Росгидромета. В 2020 г. наблюдения за мощностью амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД) проводились на 1 267 пунктах и дополнительно измерения выполнялись на 30 постах в крупных городах.

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 2019-2020 г. на территории России за пределами отдельных территорий, загрязненных в результате аварийных ситуаций, приведены в таблице 2.28.

Анализ всей совокупности данных наблюдений показал, что в последние 10 лет радиационная обстановка на территории Российской Федерации была спокойной и в 2020 г. по сравнению с 2019 г. существенно не изменилась.

Объемная активность $^{239+240}$Pu в воздухе измеряется в г. Обнинске Калужской обл. В 2020 г. измерения выполнены только за первое полугодие, среднемесячная величина уменьшилась в 3,5 раза по сравнению с 2019 г. (по данным за год) до $1{,}4\cdot10^{-9}$ Бк/м^3 против $4{,}9\cdot10^{-9}$ 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.

Таблица 2.28. Радиоактивность компонентов природной среды на территории России в 2019-2020 гг.

Радионуклид, параметр	Единицы измерений	Диапазон среднемесячных значений (минимальное – максимальное)		Допустимые уровни
		2019 г.	2020 г.	
Воздух				ДОА$_{НАС}$, Бк/м^3
Объемная активность радионуклидов в приземной атмосфере				
ΣВ	10^{-5} Бк/м^3	12,71 – 20,47	10,66 – 17,93	-
^{137}Cs	10^{-7} Бк/м^3	1,12 – 1,57	1,28 - 3,31	27
^{90}Sr	10^{-7} Бк/м^3	0,10 – 5,0	0,07 - 5,95	2,7
$^{239+240}$Pu (Обнинск)	10^{-9} Бк/м^3	0,54 – 38,5	0,26 – 4,43*	$2{,}5\cdot10^{-3}$
Радиоактивные атмосферные выпадения				
ΣВ	Бк/м^2·сутки	0,26 – 3,91	0,96 – 1,10	-
^{137}Cs	Бк/м^2·квартал	0,023 - 0,041	0,020 – 0,035	-
^{3}H	Бк/м^2·мес.	37 -172	28 -136	-
Объемная активность радионуклидов в атмосферных осадках				
^{3}H	Бк/л	1,15 - 2,42	0,94 - 2,02	-
Вода				УВ, Бк/л
Объемная активность радионуклидов в речной воде				
^{90}Sr	мБк/л	1,7 – 14,3	1,5 – 8,6**	4,9
^{3}H	Бк/л	0,9 - 2,2	0,95 – 2,13	7 600
Объемная активность радионуклидов в морской воде				
^{90}Sr***	мБк/л	1,14 – 5,7	1,32 – 5,81	-

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
** - по данным за первое полугодие*
*** - без рек Колва, Кама, Вишера*
****- без Таганрогского залива Азовского моря*

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 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 2020 г. наблюдалось увеличение среднегодовых значений объемной ΣВ в приземном слое атмосферы в пос. Новогорный (Челябинская обл.) до $21{,}8\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 (в 2019 г. – $14{,}5\cdot10^{-5}$ Бк/м^3), в центре ЕЧР до $20{,}21\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 (в 2019 г. – $18{,}84\cdot10^{-5}$ Бк/м^3) и в Западной Сибири до $15{,}1\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 (в 2019 г. – $13{,}53\cdot10^{-5}$ Бк/м^3). Некоторое увеличение наблюдалось и в загрязненной зоне – Брянск, Курск - до $8{,}75\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 (в 2019 г. – $7{,}62\cdot10^{-5}$ Бк/м^3). Уменьшение произошло на севере Восточной Сибири – до $15{,}7\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 (в 2019 г. – $20{,}49\cdot10^{-5}$ Бк/м^3). В центре ЕЧР среднегодовое значение объемной ΣВ практически не изменилось – $20{,}21\cdot10^{-5}$ Бк/м^3, против $18{,}84\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 в 2019 г. В среднем по России наблюдалось незначительное уменьшение – до $13{,}9\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 (в 2019 г. – $15{,}72\cdot10^{-5}$ Бк/м^3). Следует отметить низкий уровень объемной ΣВ в Заполярье – $3{,}74\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 (в 2019 г. – $4{,}05\cdot10^{-5}$ Бк/м^3), что можно рассматривать как некоторую стабилизацию глобального техногенного фона (рис. 2.36).

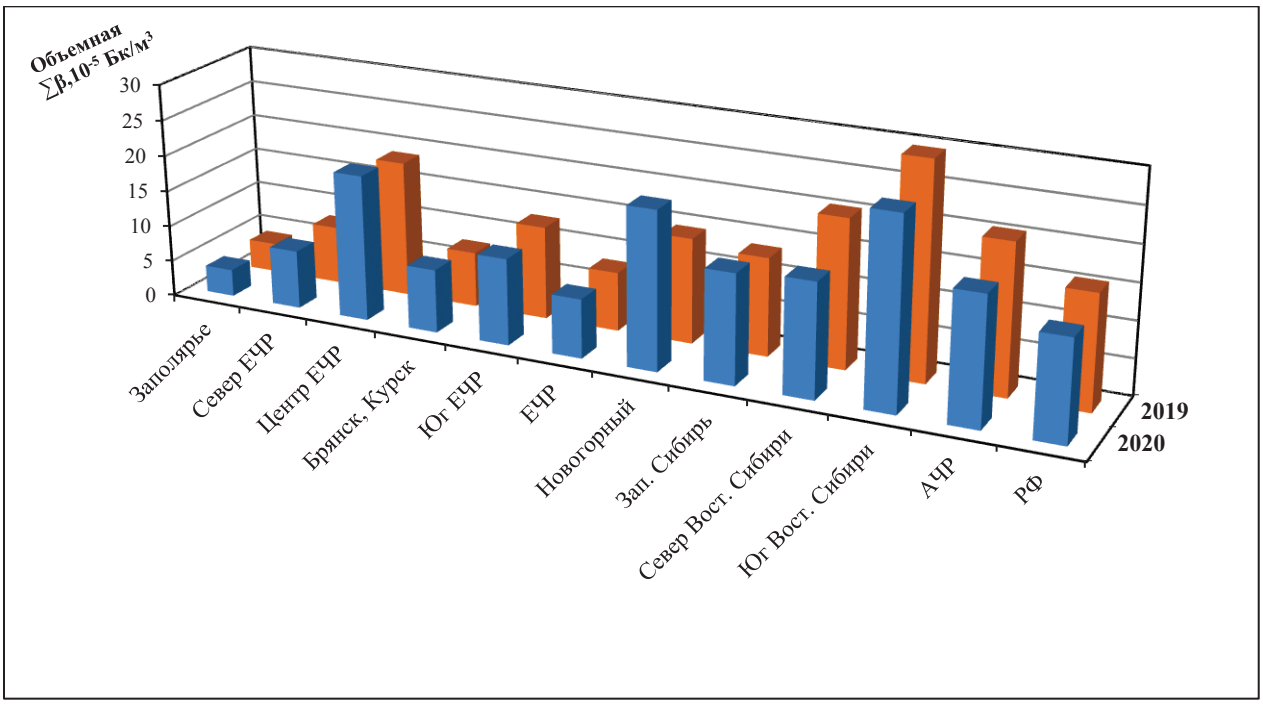


Рис. 2.36. Средние значения объемной ΣВ в приземном слое атмосферы на территории РФ в 2019-2020 гг., 10^{-5} Бк/м^3

В 2020 г. наиболее высокие значения объемной ΣВ наблюдались в мае в Иркутске ($192{,}2\cdot10^{-5}$ Бк/м^3, при среднемесячном $46{,}5\cdot10^{-5}$ Бк/м^3), в январе в Хабаровске ($157{,}8\cdot10^{-5}$ Бк/м^3, при среднемесячном $81{,}8\cdot10^{-5}$ Бк/м^3) и Барнауле ($139{,}2\cdot10^{-5}$ Бк/м^3, при среднемесячном $28{,}0\cdot10^{-5}$ Бк/м^3), в декабре в Обнинске (Калужская обл.) и Нижнем Новгороде ($163{,}6\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 и $155{,}8\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 при среднемесячном $64{,}2\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 и $78{,}4\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 соответственно).

В других пунктах наблюдения максимальные зафиксированные величины объемной ΣВ в 2020 г. не превышали $150{,}0\cdot10^{-5}$ Бк/м^3.

По данным наблюдений за радиоактивным загрязнением атмосферы по ΣВ радионуклидов, в 2020 г. случаев экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) на территории России зафиксировано не было. Случаев высокого загрязнения (ВЗ) было зафиксировано: 22 случая кратковременного превышения над фоновыми уровнями объемной ΣВ в аэрозолях и 10 случаев по выпадениям (в 2019 г. – 32 случая в аэрозолях и 21 случай по выпадениям). Большинство их было зафиксировано в пунктах наблюдения Среднесибирского УГМС зимой.

Среднегодовая, взвешенная по территории России, объемная активность ^{137}Cs в воздухе в 2020 г. увеличилась по сравнению с 2019 г. и составила $1{,}8\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 (в 2019 г. - $1{,}4\cdot10^{-7}$ Бк/м^3). Максимальная среднемесячная активность ^{137}Cs в воздухе вне загрязненных зон наблюдалась в апреле в г. Курчатов (Курская обл.) - $224\cdot10^{-7}$ Бк/м^3. Повышенные относительно фоновых разовые замеры наблюдались в апреле в городах Нововоронеже – $86\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, Курске - $32\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, Обнинске - $18\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, Брянске – $16\cdot10^{-7}$ Бк/м^3.

В пунктах наблюдения Заполярья и АЧР среднемесячная активность ^{137}Cs в большинстве случаев оказывалась ниже предела обнаружения - менее $1\cdot10^{-7}$ Бк/м^3.

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 первом полугодии 2020 г. изменялась от $0{,}26\cdot10^{-9}$ Бк/м^3 в июне до $4{,}43\cdot10^{-9}$ Бк/м^3 в апреле. Все зафиксированные величины на шесть порядков ниже допустимой объемной активности во вдыхаемом воздухе для населения по НРБ-99/2009 ($2{,}5\cdot10^{-3}$ Бк/м^3).

Средняя по РФ плотность выпадения ^{137}Cs из атмосферы на подстилающую поверхность в 2020 г. составила 0,11 Бк/м^2·год (в 2019 г. - 0,13 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 2020 г. в разных пунктах наблюдения изменялись в диапазоне (0,05 – 3,46) Бк/л и (1,0 – 460,8) Бк/м^2·месяц соответственно. Среднее содержание трития в осадках по РФ в 2020 г. несколько уменьшилось относительно 2019 г. (1,79 Бк/л) и составило 1,35 Бк/л. Выпадение трития с осадками в 2020 г. составили 60,1 Бк/м^2, в 2019 г. – 73,5 Бк/м^2.

На загрязненных в результате Чернобыльской аварии территориях Европейской части России (Брянск, Курск) вследствие ослабления вторичного ветрового подъема содержание радионуклидов в воздухе снизилось до среднего уровня по центру ЕЧР. В 2020 г. объемная активность ^{137}Cs в воздухе, основного дозообразующего радионуклида на загрязненных территориях, составила $5{,}6\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 против $6{,}2\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 по центру ЕЧР.

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 ($30{,}0\cdot10^{-7}$ Бк/м^3) наблюдалась в ноябре 2020 г., а среднемесячная за 2020 г. составила $13{,}8\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 (в 2019 г. - $16{,}2\cdot10^{-7}$ Бк/м^3), что на шесть-семь порядков ниже $ДОА_{НАС}$ по НРБ-99/2009.

Выпадения ^{137}Cs в п. Новогорный уменьшаются, однако до сих пор превышают фоновые уровни, характерные для незагрязненных зон. Годовые выпадения ^{137}Cs здесь в 2020 г. снизились до 7,8 Бк/м^2·год (в 2019 г. -

10,0 Бк/м^2·год). Все эти уровни были 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 2020 г. средняя объемная активность ^{90}Sr в воде рек России мало изменилась по сравнению с 2019 г. и составила 3,4 мБк/л (2019 г. – 3,5 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 (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, постепенно снижаясь с 2017 г., в 2019 г. сравнялась со средними значениями для рек РФ (3,5 мБк/л), а в 2020 г. оказалась существенно ниже среднего значения – 2,4 мБк/л против 3,4 мБк/л.

Объемная активность трития в водах рек в 2020 г., осредненная по всем пунктам наблюдения на реках несколько уменьшилась относительно 2019 года и составила 1,48 Бк/л против 1,64 Бк/л. Средняя активность ^{3}H в обследованных реках РФ в 2020 г. колебалась в пределах 0,95 – 2,13 Бк/л. Меньшее из этих значений было зафиксировано в Волге (п. Балаково), а большее – в Амуре (г. Благовещенск).

Среднегодовое значение объемной активности трития в атмосферных осадках в 2020 г. составило 1,34 Бк/л (в 2019 г. - 1,79 Бк/л).

На АЧР 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 Асановских болот. Поэтому загрязнение реки ^{90}Sr до сих пор сохраняется достаточно высоким. Среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в воде р. Течи (п. Першинское Курганской обл.) в 2020 г. по сравнению с 2019 г. увеличилась и составила 4,61 Бк/л против 3,83 Бк/л. Приведенные значения уровня загрязнения ^{90}Sr реки Течи 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 2020 г. составляла 0,26 Бк/л, 0,39 Бк/л и 0,61 Бк/л, что в 8-19 раза ниже УВ (4,9 Бк/л).

Уровни загрязнения морской воды ^{90}Sr несколько увеличились в 2020 г. Среднегодовые объемные активности этого радионуклида в поверхностных водах Белого, Баренцева, Охотского и Японского морей, а также в водах Тихого океана у берегов Восточной Камчатки (Авачинская губа) колебались в пределах от 1,77 мБк/л в Авачинской губе (в 2019 г. - 1,14 мБк/л) до 3,03 мБк/л в Белом море (в 2019 г. – 2,10 мБк/л). В Каспийском море в 2020 г. пробы не отборались.

Максимальное содержание ^{90}Sr в 2020 г., также как и в 2019 г., было зафиксировано в Азовском море (Таганрогский залив) – 6,3 мБк/л, и увеличилось в 1,7 раза по сравнению с 2019 г. (3,7 мБк/л).

2.6.3. Радиационная обстановка на территориях федеральных округов

Среднегодовые значения амбиентного эквивалента мощности экспозиционной дозы (МАЭД) на территории федеральных округов находятся в пределах 0,11-0,13 мкЗв/ч, что соответствует естественному радиационному фону.

Повышенные среднегодовые значения МАЭД были зафиксированы в отдельных наблюдательных пунктах на территории СФО – 0,19 мкЗв/ч. В ПФО и ЮФО – по 0,16 мкЗв/ч. Среднегодовые величины МАЭД в среднем по ДФО и УФО составляют 0,11 мкЗв/ч – нижняя граница диапазона средних величин по федеральным округам, в СФО и ЮФО – 0,13 мкЗв/ч (табл. 2.29).

Даже в районах расположения радиационных объектов (РОО) среднегодовое значение МАЭД в 2020 г. не выходило за пределы колебания фонового уровня, например, в 100-км зоне Ленинградской АЭС изменялось от 0,12 до 0,16 мкЗв/ч, Кольской АЭС – от 0,08 до 0,10 мкЗв/ч.

В 2020 г. на ЕЧР наиболее высокое среднегодовое значение объемной активности ^{137}Cs в приземном слое атмосферы наблюдалось в Новогорном – $13{,}8 \cdot 10^{-7}$ Бк/м^3. Наименьшее среднегодовое значение объемной активности ^{137}Cs отмечалось в Архангельске – $0{,}6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м^3.

Таблица 2.29. Радиационная обстановка на территории федеральных округов РФ в 2020 г.

Федеральный округ	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 (0,08-0,18)*	<0,01**	0,98 (0,45-2,15)	< 0,01	495.8 (148,2-1124,4)
Приволжский	0,12 (0,10-0,16)	3,1 (1,8-5,7)	0,62 (0,19-1,32)	0,28 (0,11-0,62)	728,2 (538,8-1004,1)

Федеральный округ	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
Северо-Западный	0,12 (0,11-0,19)	1,2 (0,6-2,9)	0,57 (0,09-1,69)	0,22 (0,12-0,29)	597,3 (538,9-617,6)
Сибирский	0,13 (0,10-0,22)	1,5 (0,2-3,6)	1,64 (0,08-5,95)	0,10	950,5 (526,7-1296,1)
Уральский	0,11 (0,10-0,13)	8,4 (5,2-13,8)	0,70 (0,15-1,74)	0,62	954,3
Центральный	0,12 (0,11-0,17)	7,8*** (3,9-15,2)	1,66 (0,62-4,21)	0,29 (0,08-1,6)	948,3 (736,2-1160,4)
Южный	0,13 (0,12-0,16)	6,7 (4,2-9,8)	1,16 (0,42-1,71)	0,42 (0,27-0,57)	320,1 (129,2-511,0)

** - в скобках даны минимальные и максимальные средние значения по субъектам федерации, входящим в федеральный округ.*
*** - в Чите 1,4·10^{-7} Бк/м^3*
**** - Курчатове в апреле и мае 224·10^{-7} Бк/м^3 и 116·10^{-7} Бк/м^3 (среднегодовая 38·10^{-7} Бк/м^3).*

После зарегистрированного в 2013 г. роста среднегодового значения объемной активности ^{137}Cs в СЗФО до 5,5·10^{-7} Бк/м^3, обусловленного радиационным инцидентом в г. Электросталь Московской обл., в 2017-2020 гг. ее значение снизилось до характерных для округа значений - 2,9·10^{-7} Бк/м^3, 2,7·10^{-7} Бк/м^3, 1,4·10^{-7} Бк/м^3 и 1,2·10^{-7} Бк/м^3 соответственно. В ряде пунктов СЗФО наблюдается заметное уменьшение объемной активности ^{137}Cs (рис. 2.37). Вдвое уменьшилась активность в Зашеекe (с 1,6·10^{-7} до 0,8·10^{-7} Бк/м^3), в меньшей степени в Санкт-Петербурге (с 3,6·10^{-7} до 2,9·10^{-7} Бк/м^3), Охонах (с 1,4·10^{-7} до 1,0·10^{-7} Бк/м^3) и Архангельске (с 1,1·10^{-7} до 0,8·10^{-7} Бк/м^3). Наибольшее увеличение объемной активности ^{137}Cs произошло в Вологде (с 0,6·10^{-7} до 3,0·10^{-7} Бк/м^3) и Сыктывкаре (с 0,6·10^{-7} до 2,8·10^{-7} Бк/м^3), существенно меньшее – в Мурманске (с 1,1·10^{-7} до 1,5·10^{-7} Бк/м^3) и Ухте (с 0,5·10^{-7} до 1,0·10^{-7} Бк/м^3).

Среднегодовое значение объемной активности ^{137}Cs в ПФО составило 3,1·10^{-7} Бк/м^3 (в 2019 г. – 2,1·10^{-7} Бк/м^3). За исключением 2011 г. (авария на АЭС "Фукусима-1") значения среднегодовых объемных активностей ^{137}Cs по ПФО за 2007-2016 гг. находились в пределах (2,5-5,0)·10^{-7} Бк/м^3, а в 2017 и 2018 гг. составили 1,6·10^{-7} Бк/м^3 и 1,9·10^{-7} Бк/м^3.

Для АЧР 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. 2.38). Тем не менее, среднее по округу значение объемной активности ^{137}Cs составило 1,5·10^{-7} Бк/м^3 (в 2019 г. – 1,4·10^{-7} Бк/м^3). Средневзвешенное значение по РФ в 2020 г. составило 1,7·10^{-7} Бк/м^3, что выше значения 2019 г. – 1,4·10^{-7} Бк/м^3.

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 2020 г. незначительно увеличилась и составила 1,10·10^{-7} Бк/м^3 (в 2019 г. - 1,04·10^{-7} Бк/м^3).

В ДВФО в 2020 г. объемная активность ^{90}Sr несколько уменьшилась по сравнению с 2019 г. (с 1.1 ·10^{-7} до 0,98·10^{-7} Бк/м^3) (рис. 2.39). Заметное уменьшение произошло в Благовещенске (с 2,8·10^{-7} до 2,15·10^{-7} Бк/м^3), незначительное – во Владивостоке (с 1,0·10^{-7} до 0,7·10^{-7} Бк/м^3), Южно-Сахалинске (с 0,7·10^{-7} до 0,65·10^{-7} Бк/м^3), Магадане (с 0,5·10^{-7} до 0,45·10^{-7} Бк/м^3). Слабо увеличилась объемная активность ^{90}Sr в Якутске (с 1,1·10^{-7} до 1,2·10^{-7} Бк/м^3), в Хабаровске – не изменилась - 0,7·10^{-7} Бк/м^3.

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

Атмосферные выпадения ^{90}Sr на подстилающую поверхность на территории большинства федеральных округов в 2020 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 2020 г. сравнительно небольшой (табл. 2.29). Наименьшая измеренная плотность выпадений ^{137}Cs отмечалась в СФО - 0,10 Бк/м^2·год, наибольшая в УФО – 0,62 Бк/м^2·год. В ДВФО во всех субъектах федерации плотности атмосферных выпадений ^{137}Cs была ниже порога обнаружения (<0,01 Бк/м^2·год).

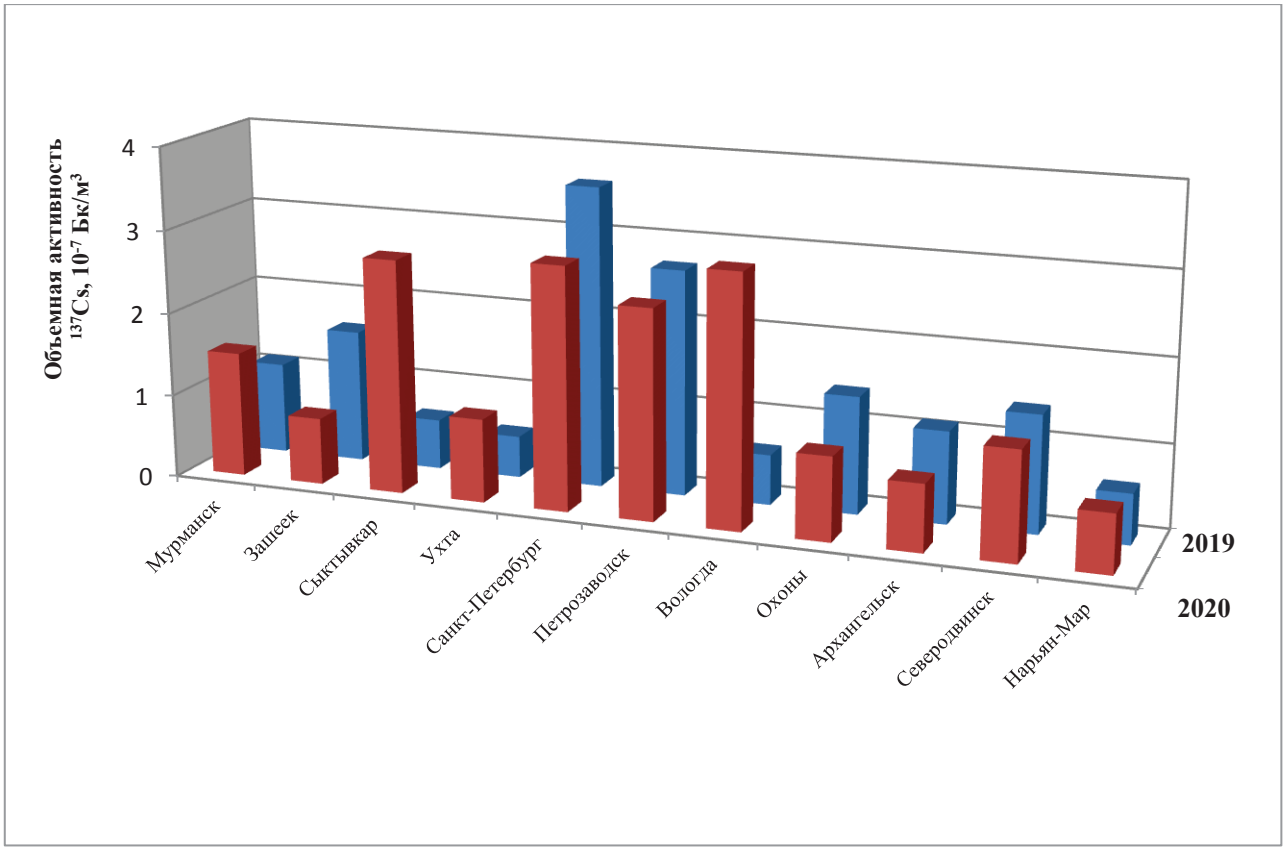


Рис. 2.37. Среднегодовая объемная активность ^{137}Cs в населенных пунктах СЗФО в 2019-2020 гг., 10^{-7} Бк/м^3

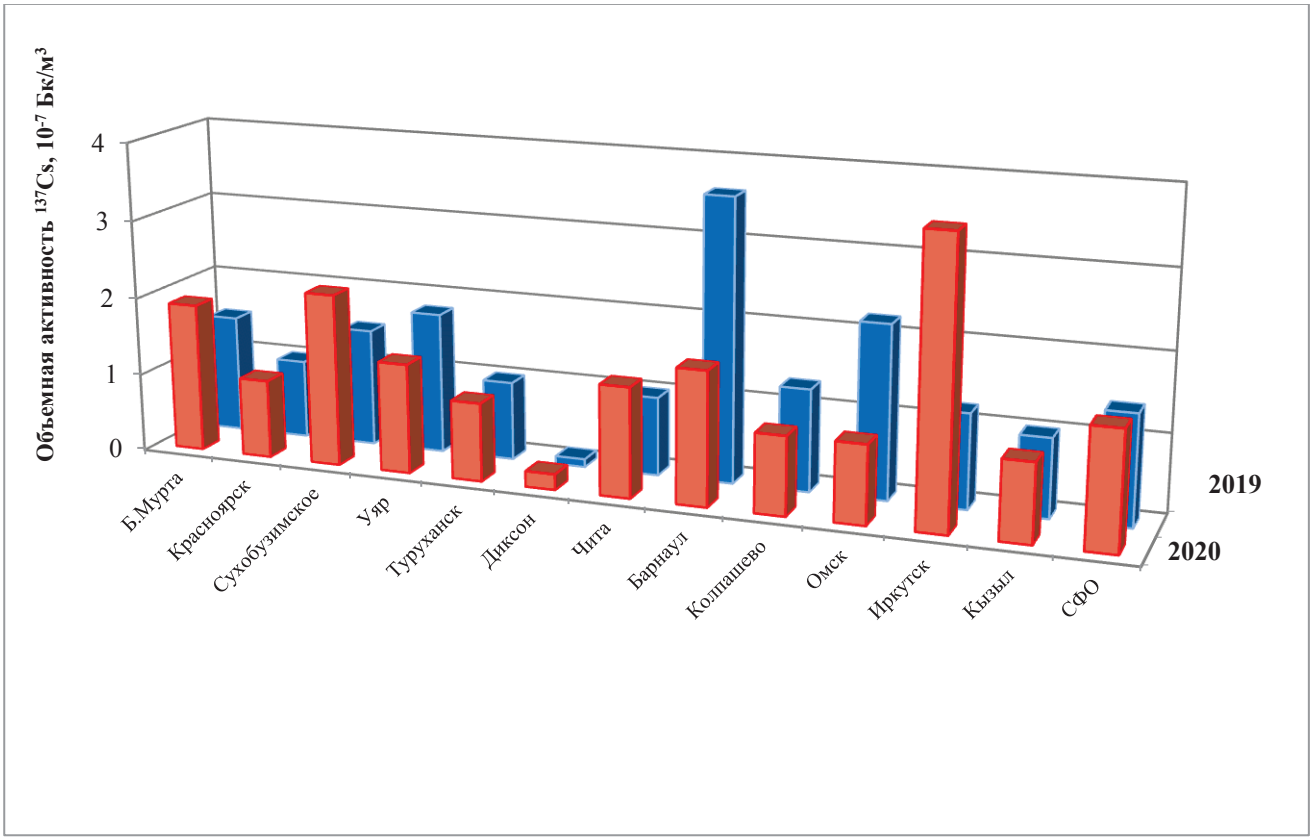


Рис. 2.38. Среднегодовая объемная активность ^{137}Cs в населенных пунктах СФО в 2019-2020 гг., 10^{-7} Бк/м^3

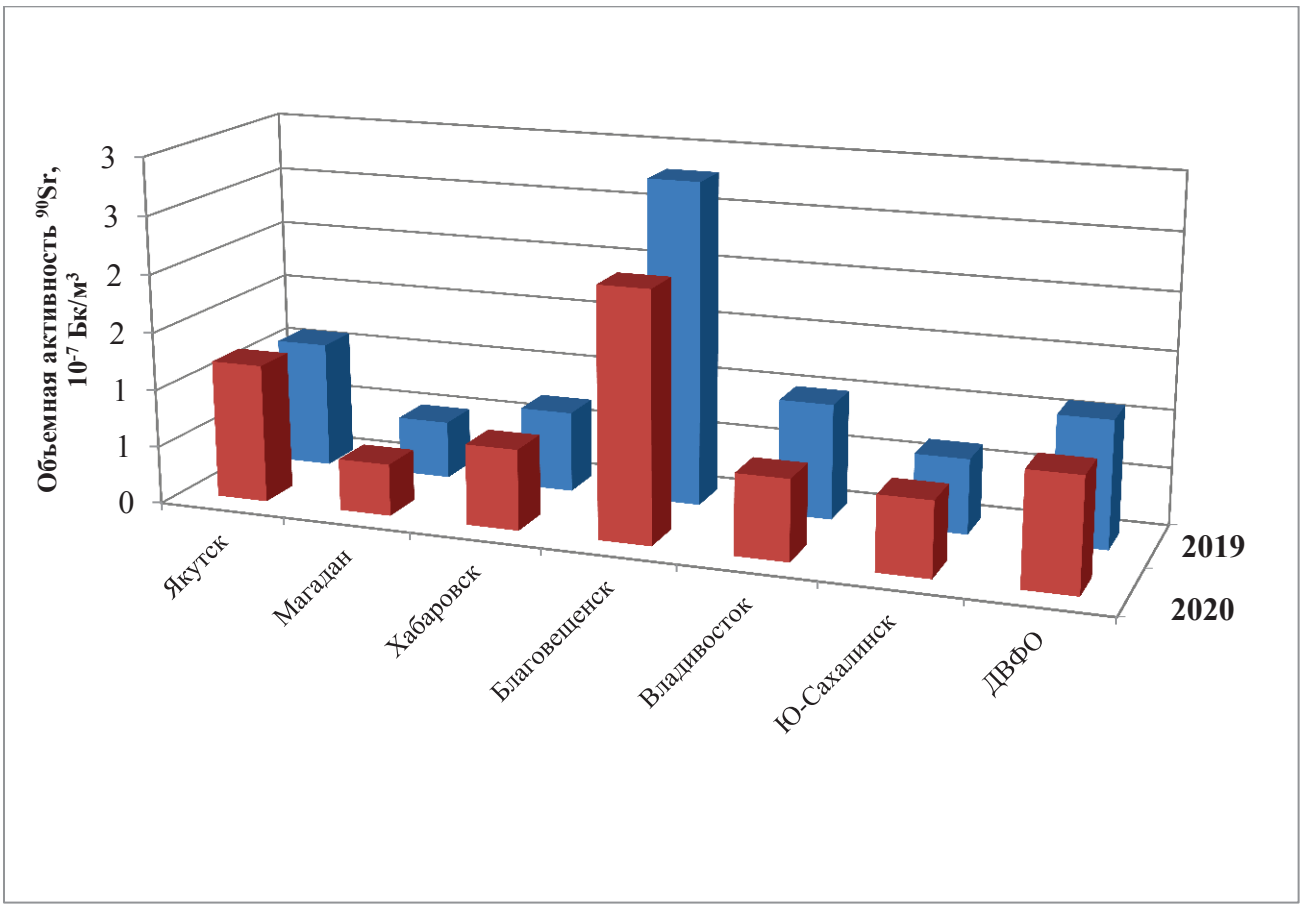


Рис. 2.39. Среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в населенных пунктах ДВФО в 2019-2020 гг., 10^{-7} Бк/м^3

Высокие годовые выпадения ^{137}Cs регистрировались, как и ранее, на загрязненных территориях. Самые высокие годовые выпадения ^{137}Cs наблюдались в районе расположения ПО «Маяк» в п. Новогорном 7,8 Бк/м^2·год (в 2019 г. – 10,0 Бк/м^2).

На рис. 2.40 приведены среднегодовые объемные активности трития в атмосферных осадках на территории федеральных округов в 2020-2019 гг., кроме Северо-Кавказского федерального округа, где наблюдения за тритием не проводятся.

Наименьшие и наибольшие значения объемной активности трития в атмосферных осадках в 2020-2019 гг. отмечались в одних и тех же округах. Наименьшие наблюдались в СЗФО и составили 0,86 Бк/л, (в 2019 г. – 1,28 Бк/л), наибольшие – в СФО и составили 1,71 Бк/л (в 2019 г. – 2,31 Бк/л). Диапазон значений по отдельным пунктам наблюдения незначительно изменился – от 0,64 Бк/л в Петропавловске-Камчатском до 2,25 Бк/л в Сковородино. Среднегодовая активность трития в осадках для всей территории РФ в 2020 г. составила 1,34 Бк/л (в 2019 г. - 1,79 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 2020 г. составило 1,48 Бк/л (в 2019 г. - 1,62 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 трех последних рек постоянно уменьшалась и в 2014 г. приблизилась к среднним по ЕЧР значениям. В 2016 г. содержание ^{90}Sr в воде этих рек существенно увеличилось, а 2017-2018 гг. произошло снижение. В 2020 г. в Каме (п. Тюлькино) содержание ^{90}Sr существенно выросло до 17,7 мБк/л (в 2019 г. – 7,5 мБк/л). В Колве (п. Чердынь) и Вишере (п. Рябинино) также произошло увеличение до 20,0 мБк/л и 12,3 мБк/л соответственно (в 2019 г. – 14,3 мБк/л и 9,0 мБк/л).

В поверхностных водах СЗФО в 2020 г. среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в воде р. Нева (д. Новосаратовка) уменьшилась и составила 2,4 мБк/л (в 2019 г. – 3,5 мБк/л). В водах Онежского озера (Петрозаводская губа) и оз. Имандра объемная активность ^{90}Sr мало изменилась и в 2020 г. составила 2,3 мБк/л (в 2019 г. – 2,5 мБк/л) и 1,7 мБк/л (в 2019 г. – 1,6 мБк/л) соответственно.

В ЮФО объемная активность ^{90}Sr в воде рек Кубань, Волга и Дон составила 2,6 мБк/л, 2,0 мБк/л и 2,6 мБк/л соответственно (в 2019 г. – 2,6 мБк/л, 2,4 мБк/л и 3,2 мБк/л).

В УФО в 2020 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 АЧР (4,7 мБк/л против 4,8 мБк/л в 2019 г.) и составило 8,6 мБк/л и 4,8 мБк/л соответственно (в 2019 г. – 7,6 мБк/л и 4,8 мБк/л).

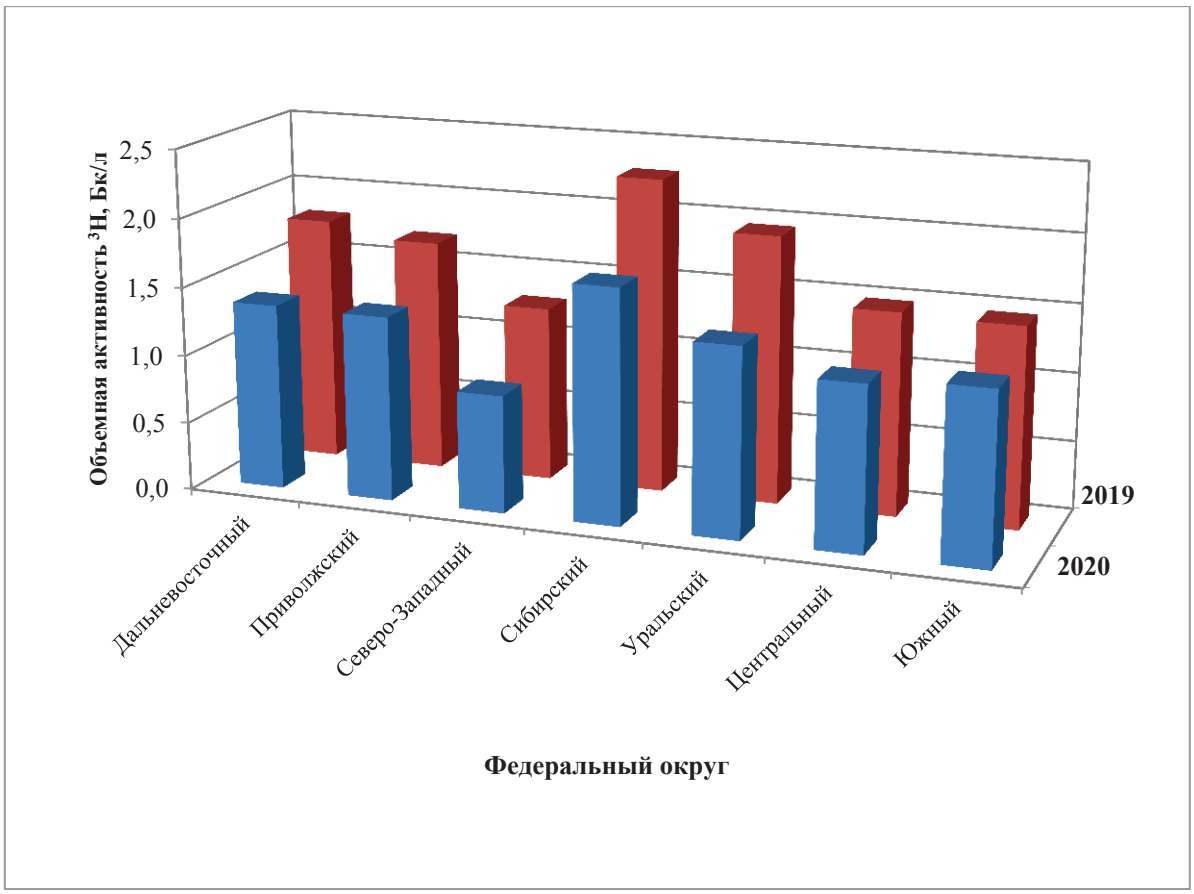


Рис. 2.40. Среднегодовая объемная активность ^{3}H в атмосферных осадках на территории федеральных округов РФ в 2020-2019 гг., Бк/л

Объемная активность ^{90}Sr в водах реках СФО изменялась от 6,1 мБк/л в истоках р.Ангары (в 2019 г. – 5,0 мБк/л) до 4,9 мБк/л в р. Селенге (г. Улан-Удэ) (в 2019 г. – 4,7 мБк/л) при среднем значении по округу 4,7 мБк/л (в 2019 г. – 5,1 мБк/л), что несколько выше среднего значения по рекам РФ (5,0 мБк/л).

В 2020 г. средняя объемная активность ^{90}Sr в водах рек и озер ДВФО составила 5,5 мБк/л (в 2019 г. - 3,8 мБк/л). Значительное снижение содержания ^{90}Sr в 2020 г., как и в 2019 г., было зарегистрировано в р. Оленек (Якутия) – 2,9 мБк/л (в 2019 г. – 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 снижаться и в 2020 г. составило 4,9 мБк/л (в 2019 г. – 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 253 городах на 684 станциях, из них регулярные наблюдения Росгидромета выполнялись в 221 городе на 612 станциях (рис. 3.1–3.2).

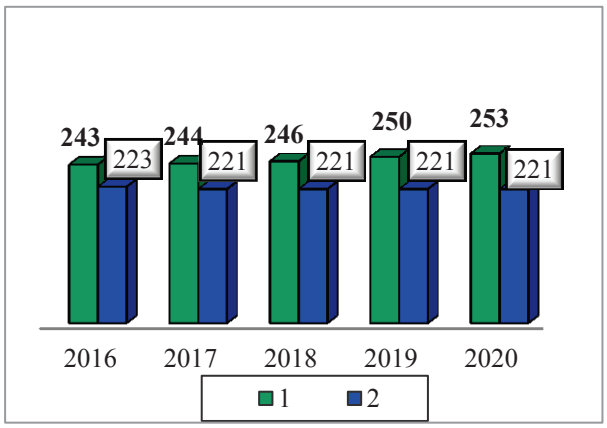


Рис. 3.1. Количество городов с наблюдениями за загрязнением воздуха (1), в том числе на сети Росгидромета (2)

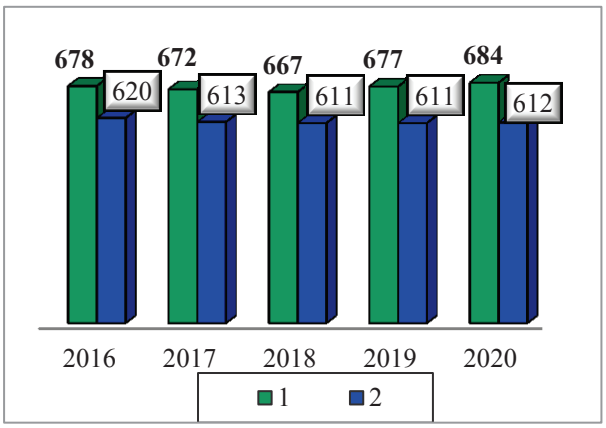


Рис. 3.2. Количество станций в городах с наблюдениями за загрязнением воздуха (1), в том числе на сети Росгидромета (2)

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 загрязняющего вещества для населенных мест, устанавливаемая Главным санитарным врачом Российской Федерации[2].

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

Используются показатели качества воздуха:

ИЗА — комплексный индекс загрязнения атмосферы. Величина ИЗА рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций приоритетных для каждого города загрязняющих веществ. Показатель характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха.

СИ — стандартный индекс — наибольшая измеренная разовая концентрация загрязняющего вещества, деленная на ПДКм.р. Определяется из данных наблюдений на станции за одним загрязняющим веществом, или на всех станциях рассматриваемой территории за всеми загрязняющими веществами за месяц или за год. В тексте приведено количество городов, в которых СИ > 5 или СИ > 10;

НП — наибольшая повторяемость, %, превышения ПДКм.р. одного из загрязняющего вещества 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, повышенным 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%.

[2]Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» (ГН 2.1.6.3492-17). Взамен ГН 2.1.6.3492-17 с 1 марта 2021 г. введены в действие санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

3.1.2. Тенденции изменений загрязнения атмосферного воздуха

По данным регулярных наблюдений за период 2016–2020 гг. средние за год концентрации формальдегида не изменились, бенз(а)пирена увеличились на 6%, взвешенных веществ, диоксида азота, оксида азота, диоксида серы и оксида углерода снизились на 4–13% (табл. 3.1, рис. 3.9–3.14).

Количество городов, в которых средние за год концентрации какого-либо загрязняющего вещества превышали 1 ПДК, за пять лет снизилось на 13 (рис. 3.3).

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

Количество городов, в которых уровень загрязнения атмосферы оценивался (по показателю ИЗА) как высокий и очень высокий, за пять лет снизилось на 10 городов (рис. 3.4), по сравнению с предыдущим годом — снизилось на 6 городов.

Таблица 3.1. Тенденция изменений средних за год концентраций загрязняющих веществ в городах РФ за период 2016–2020 гг.

Загрязняющее вещество	Количество городов	Тенденция средних за год концентраций,%
Взвешенные вещества	207	−4
Диоксид азота	232	−12
Оксид азота	138	−13
Диоксид серы	225	−5
Оксид углерода	207	−7
Бенз(а)пирен	177	+6
Формальдегид	152	0

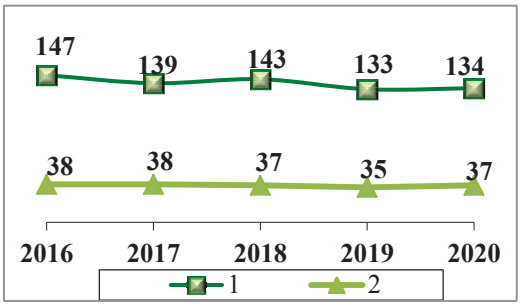


Рис. 3.3. Количество городов, в которых среднегодовые концентрации одного или нескольких веществ превышали 1 ПДК (1) и отмечались значения СИ больше 10 (2)

В список городов с наибольшим уровнем загрязнения воздуха в России в 2020 г. (Приоритетный список) включены 15 городов (рис. 3.4, табл. 3.4). За пять лет количество городов в Приоритетном списке снизилось на 5 городов.

Тенденция изменений загрязнения атмосферного воздуха отдельными веществами

Количество городов, где средние за год концентрации *взвешенных веществ* превышали 1 ПДК, за 5 лет увеличилось на 3 города, *диоксида азота* — уменьшилось на 22 города, *формальдегида* уменьшилось на 20 городов, *бенз(а)пирена* — не изменилось (рис. 3.5–3.8).

Количество городов, где максимальные разовые концентрации взвешенных веществ превышали 10 ПДК, за пять лет увеличилось на 1 город (рис. 3.5), диоксид азота — на 1 город (рис. 3.6), бенз(а)пирена — на 3 города (рис. 3.7), формальдегида — не изменилось (рис. 3.8).

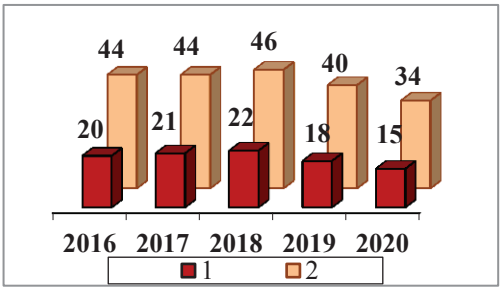


Рис. 3.4. Количество городов, в которых уровень загрязнения высокий и очень высокий (ИЗА>7) (2), в том числе городов в Приоритетном списке (1)

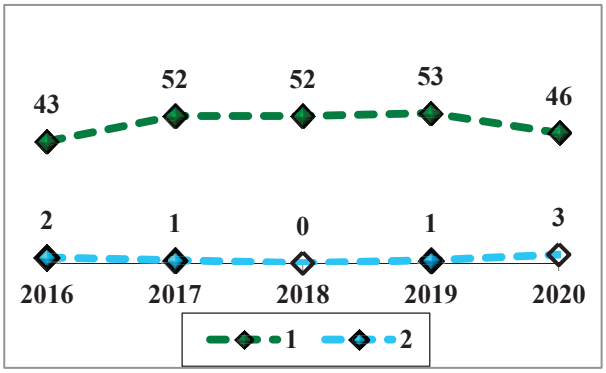


Рис. 3.5. Количество городов, в которых среднегодовые концентрации взвешенных веществ превышали 1 ПДК (1), СИ взвешенных веществ больше 10 (2)

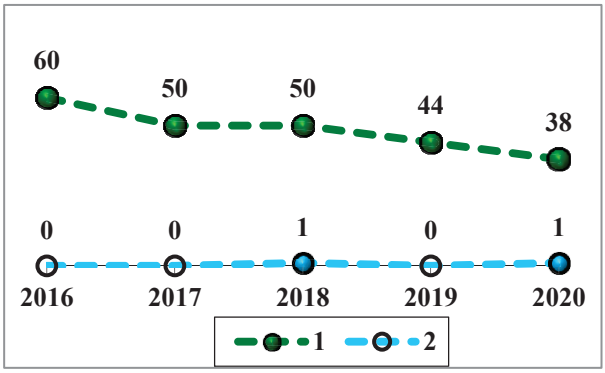


Рис. 3.6. Количество городов, в которых среднегодовые концентрации диоксида азота превышали 1 ПДК (1), СИ диоксида азота больше 10 (2)

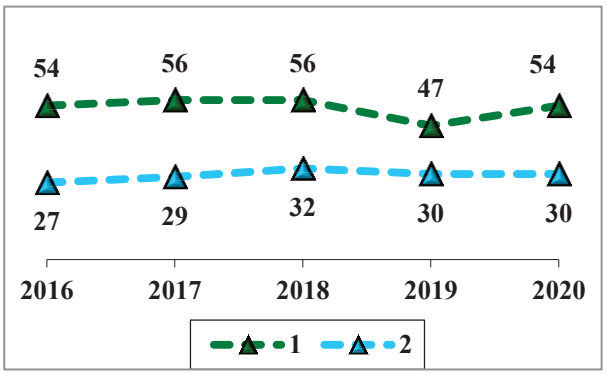


Рис. 3.7. Количество городов, в которых среднегодовые концентрации бенз(а)пирена превышали 1 ПДК (1), СИ бенз(а)пирена больше 10 (2)

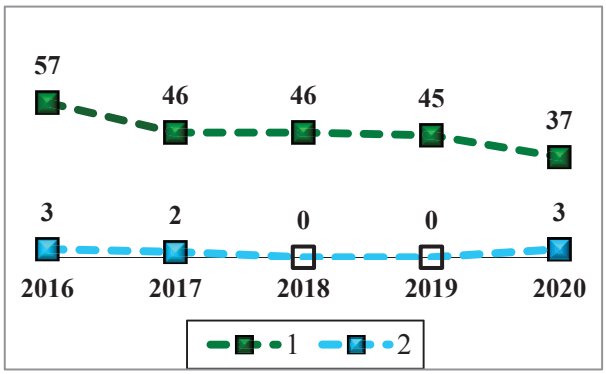


Рис. 3.8. Количество городов, в которых среднегодовые концентрации формальдегида превышали 1 ПДК (1), СИ формальдегида больше 10 (2)

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 показан на рис. 3.9-3.14.

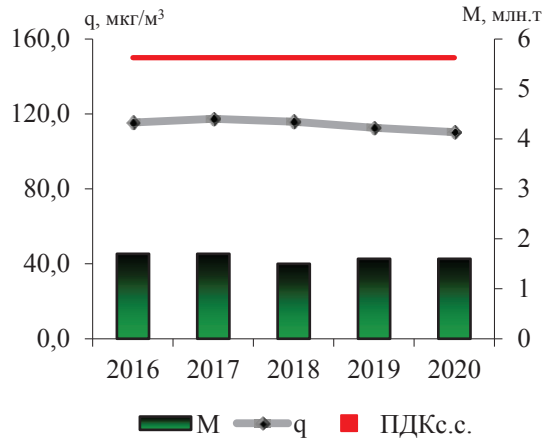


Рис. 3.9. Среднегодовые концентрации (q, мкг/м^3) взвешенных веществ и выбросы от стационарных источников (M, млн. т) твердых веществ

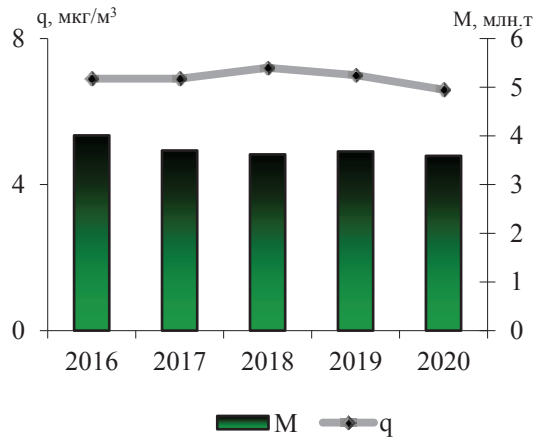


Рис. 3.10. Среднегодовые концентрации (q, мкг/м^3) и выбросы от стационарных источников (M, млн. т) диоксида серы

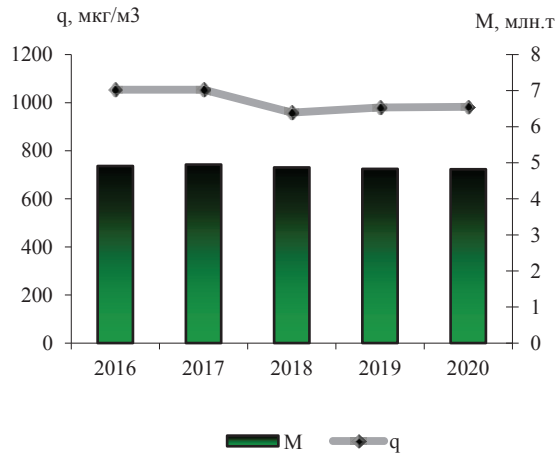


Рис. 3.11. Среднегодовые концентрации (q, мкг/м^3) и выбросы от стационарных источников (М, млн. т) оксида углерода

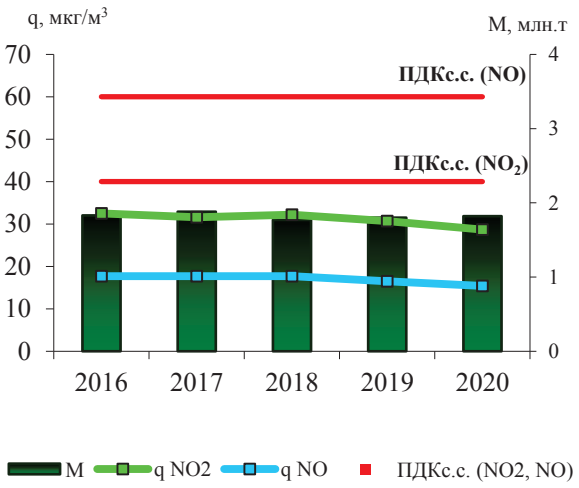


Рис. 3.12. Среднегодовые концентрации диоксида (qNO_2, мкг/м^3) и оксида азота (qNO, мкг/м^3) и выбросы от стационарных источников (М, млн. т) NOx (в пересчете на NO_2)

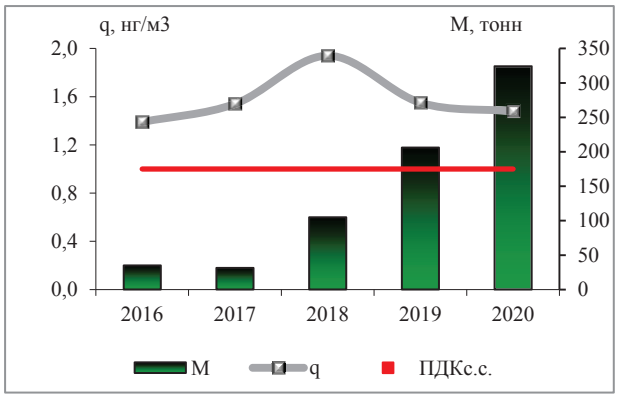


Рис. 3.13. Среднегодовые концентрации бенз(а)пирена (q, нг/м^3) и выбросы от стационарных источников (М, тонн)

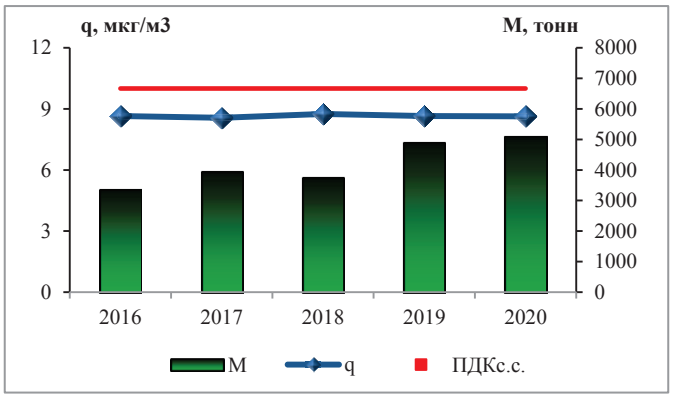


Рис. 3.14. Среднегодовые концентрации формальдегида (q, мкг/м^3) и выбросы от стационарных источников (М, тонн)

Сведения о выбросах от стационарных источников загрязняющих веществ за период 2016-2017 гг. приводятся по данным Росстата[3], за период 2018-2020 гг. — по данным Росприроднадзора[4].

Количество выбросов за период 2016-2020 гг. приводится только от стационарных источников в связи с изменением методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников[5].

За период 2016-2020 гг. среднегодовые концентрации взвешенных веществ существенно не изменились, выбросы твердых веществ от стационарных источников снизились на 6% (рис. 3.9).

Среднегодовые концентрации диоксида серы за последние пять лет снизились только на 5%, выбросы от стационарных источников за период 2016-2020 гг. снизились — на 10% (рис. 3.10).

Средние за год концентрации оксида углерода снизились на 7%, а выбросы от стационарных источников за период 2016-2020 гг. существенно не изменились (рис. 3.11).

Среднегодовые концентрации диоксида азота снизились на 12%, оксида азота — на 13%. Выбросы от стационарных источников за период 2016-2020 гг. существенно не изменились (рис. 3.12).

Концентрации оксида углерода и оксидов азота снижаются при отсутствии существенных изменений объемов суммарных выбросов.

Средние концентрации бенз(а)пирена повысились на 6%. Выбросы от стационарных источников за период 2016-2020 гг. увеличились существенно — на 828% (рис. 3.13).

Среднегодовые концентрации формальдегида за пятилетний период не изменились. При этом количество выбросов формальдегида от стационарных источников за период 2016-2020 гг. увеличилось на 53% (рис. 3.14).

[3] Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (https://rosstat.gov.ru, обновление по состоянию на 08.09.2020)
[4] Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (https://rpn.gov.ru/, обновление по состоянию на 19.03.2021)

[5] Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 27 ноября 2019 г. № 804 «Об утверждении методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха»

3.1.3. Общая оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах

Средние за год (qср) и средние из максимальных концентрации (qм) основных загрязняющих веществ, а также бенз(а)пирена и формальдегида, полученные по данным регулярных наблюдений в 2020 г. в городах России, представлены в табл. 3.2.

В **34** городах (15% городов) уровень загрязнения воздуха оценивается как очень высокий и высокий (рис. 3.15), в 66% городов — как низкий.

В городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха проживает 9,6 млн. человек, что составляет 9% городского населения России (рис. 3.16, табл. 3.4, 3.5).

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

В целом по городам России средние из максимальных концентраций всех рассматриваемых загрязняющих веществ, кроме диоксида серы и оксида азота, превысили 1 ПДК. Средние из максимальных концентраций диоксида азота, фторида водорода, аммиака, оксида углерода, фенола, формальдегида, приземного озона, взвешенных веществ и сероуглерода составили 1,1-1,7 ПДК, хлорида водорода и сероводорода - 2,1-2,2 ПДК, этилбензола — 3,4 ПДК и бенз(а)пирена — 6,1 ПДК (рис. 3.18).

Таблица 3.2. Средние концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов России по данным регулярных наблюдений в 2020 г.

Загрязняющее вещество	Число городов	Средние концентрации (мкг/м^3)	
		$q_{ср}$	$q_м$
Взвешенные вещества	233	112	850
Диоксид азота	247	28	214
Оксид азота	178	15	179
Диоксид серы	244	6	157
Оксид углерода	235	938	5993
Бенз(а)пирен (нг/м^3)	181	1,5	6,1
Формальдегид	165	9	75

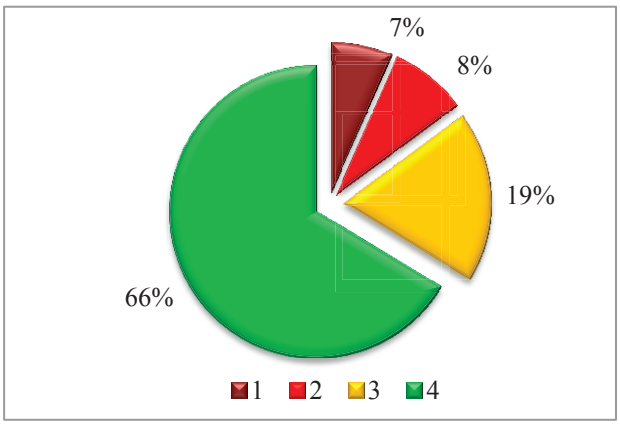


Рис. 3.15. Количество городов (%), где ИЗА≥14 (1), 7-13 (2), 5-6 (3), ≤5 (4)

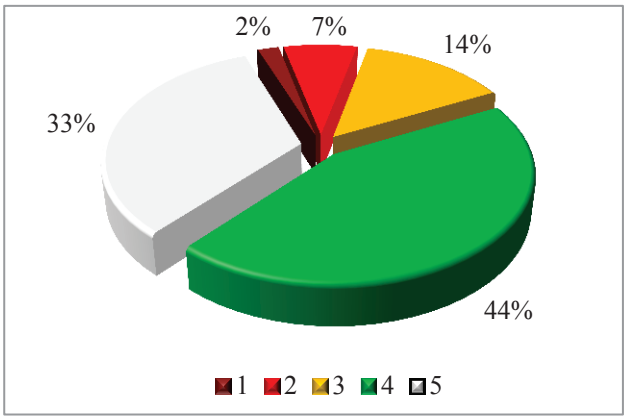


Рис. 3.16. Численность населения (%) в городах, где ИЗА≥14 (1), 7-13 (2), 5-6 (3), ≤5 (4),ИЗА не рассчитывался из-за отсутствия наблюдений или их недостаточного количества (5)

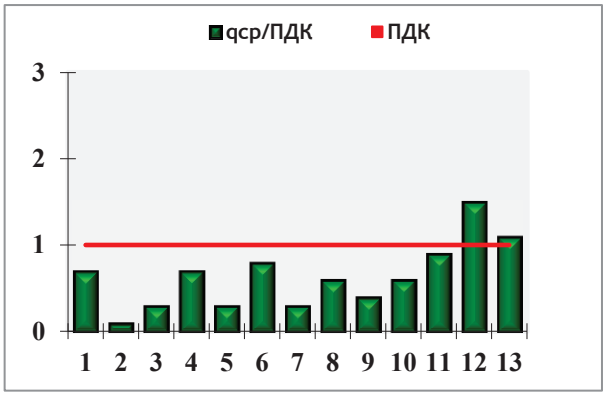


Рис. 3.17. Средние концентрации загрязняющих веществ в городах России

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), 13 - приземный озон (9).
Цифры в скобках указывают количество городов, в которых проводились регулярные наблюдения за загрязняющими веществами.

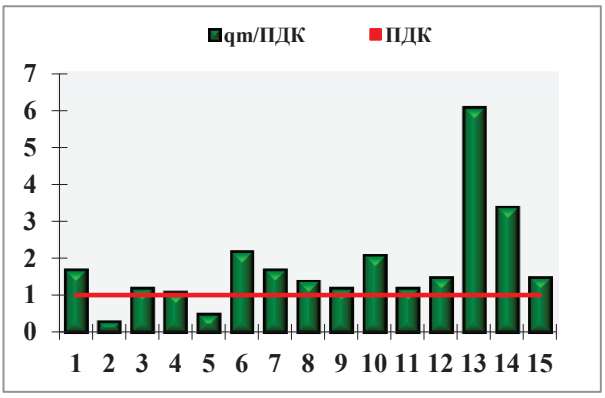


Рис. 3.18. Средние из максимальных концентрации загрязняющих веществ в городах России

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, 15 - приземный озон.

В **134** городах (**53**% городов, где проводятся наблюдения) средние за год концентрации какого-либо вещества превысили 1 ПДК. В этих городах проживает 52,6 млн. чел. (рис. 3.19).

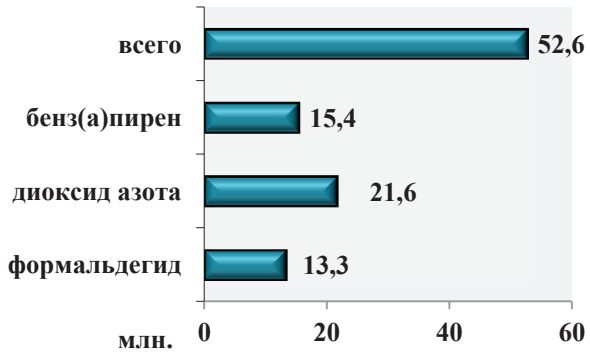


Рис. 3.19. Число жителей в городах (млн.), находящихся под воздействием средних концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе выше 1 ПДК

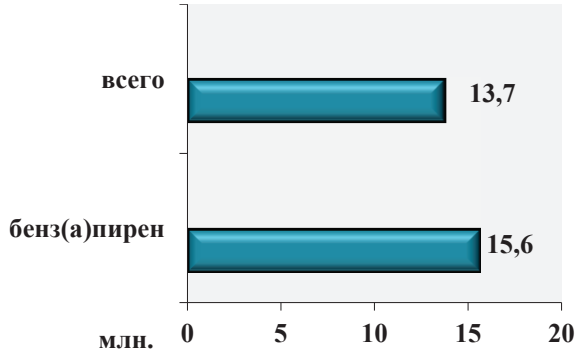


Рис. 3.20. Число жителей в городах (млн.), находящихся под воздействием максимальных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе выше 10 ПДК (всего) и 5 ПДК бенз(а)пирена

Средние за год концентрации взвешенных веществ превысили 1 ПДК в 46 городах, бенз(а)пирена — в 54 городах, формальдегида — в 37 городах, диоксида азота — в 38 городах.

Максимальные концентрации загрязняющих веществ превысили 10 ПДК в 37 городах (табл. 3.3). В них проживает 13,7 млн. чел. (рис. 3.20). Концентрации бенз(а)пирена превысили 10 ПДК в 30 городах с населением 9,2 млн. чел., 5 ПДК — в 50 городах с населением 15,6 млн. чел. Максимальные концентрации превысили 10 ПДК сероводорода в 3 городах, взвешенных веществ — в 3 городах, формальдегида — в 2 городах. Всего за год было отмечено 334 случая превышения 10 ПДК различных загрязняющих веществ.

Таблица 3.3. Перечень городов Российской Федерации, в которых зарегистрированы случаи превышения максимальными концентрациями отдельных загрязняющих веществ предельно допустимых концентраций более чем в 10 раз в 2020 г.

Город	Загрязняющее вещество	Кол-во случаев	Макс. конц. ПДК[1]	Город	Загрязняющее вещество	Кол-во случаев	Макс.конц. ПДК[1]
Абакан	бенз(а)пирен[3]	5	28,5	Новосибирск	бенз(а)пирен[3]	1	10,5
Азов	взвешенные вещества	1	13,2	Новочеркасск	взвешенные вещества	2	13,2
Ангарск	бенз(а)пирен[3]	2	13,0	Омск	формальдегид	1	11,1
Архангельск	бенз(а)пирен[2]	3	12,0	Орск	бенз(а)пирен[3]	1	11,5
Барнаул	бенз(а)пирен[3]	4	18,3	Ростов-на-Дону	взвешенные вещества	6	15,0

Город	Загрязняющее вещество	Кол-во случаев	Макс. конц. ПДК[1]	Город	Загрязняющее вещество	Кол-во случаев	Макс.конц. ПДК[1]
Братск	бенз(а)пирен[3]	2	20,5	Рязань	сероводород	3	>10
Вихоревка	бенз(а)пирен[3]	3	29,1	Самара	сероводород	204	84,3
Зима	бенз(а)пирен[3]	4	68,6	Свирск	бенз(а)пирен[3]	6	39,6
Ижевск	бенз(а)пирен[3]	1	10,3	Селенгинск	бенз(а)пирен[3]	4	23,6
Иркутск	бенз(а)пирен[3]	1	11,1		сероводород	2	15,6
Канск	бенз(а)пирен[3]	2	21,5	Улан-Удэ	бенз(а)пирен[3]	11	42,1
Кемерово	бенз(а)пирен[3]	1	11,0	Ульяновск	бенз(а)пирен[3]	1	11,6
Комсомольск-на-Амуре	бенз(а)пирен[3]	3	11,3	Усолье-Сибирское	бенз(а)пирен[3]	3	33,6
Красноярск	бенз(а)пирен[3]	12	25,9	Чегдомын	бенз(а)пирен[3]	1	12,3
Кызыл	бенз(а)пирен[3]	6	63,7	Черемхово	бенз(а)пирен[3]	5	19,3
Лесосибирск	бенз(а)пирен[3]	3	23,1	Черногорск	бенз(а)пирен[3]	3	26,0
Минусинск	бенз(а)пирен[3]	3	47,6	Чита	бенз(а)пирен[3]	16	52,5
Новодвинск	бенз(а)пирен[2]	1	12,0	Шелехов	бенз(а)пирен[3]	3	17,2
Новокузнецк	бенз(а)пирен[3]	3	12,9	Южно-Сахалинск	формальдегид	1	10,2

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

Кроме случаев, приведенных в табл. 3.3, были отмечены максимальные из разовых концентрации диоксида азота в Новоалександровске, хлорида водорода и этилбензола — в Омске, достигающие 10 ПДКм.р.

Приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнением атмосферного воздуха в 2020 г. включает 15 городов с общим числом жителей в них 1,8 млн. человек (табл. 3.4). В этот список были включены города, для которых комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) достигал или выше 14.

При формировании перечня городов учитывались также показатели, характеризующие уровень кратковременного воздействия загрязненного воздуха (стандартный индекс - СИ и наибольшая повторяемость превышения ПДК - НП).

Таблица 3.4. Города с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы (ЗА) и вещества, его определяющие, в 2020 г.

Город	Вещества, определяющие уровень ЗА	Город	Вещества, определяющие уровень ЗА
Вихоревка	**БП**, **ВВ**, NO_2, CO, SO_2	Улан-Удэ	**БП**, **PM2.5**, **PM10, ВВ**, **NO_2**
Зима	**БП**, NO_2, Ф, HCl, CO	Усолье-Сибирское	**БП**, **NO_2,** Ф, ВВ, SO_2
Канск	**БП**, **ВВ,** NO_2, NO, SO_2	Черемхово	**БП, NO_2, ВВ**, SO_2, NO
Кызыл	**БП**, **ВВ**, NO_2, Ф, углерод (сажа)	Черногорск	**БП**, NO_2, Ф, ВВ, CO
Минусинск	**БП**, NO_2, Ф, ВВ, CO	Чита	**БП**, **O_3**, **ВВ**, NO_2, фенол
Норильск*	**SO_2**, CO, NO_2, ВВ, БП	Шелехов	**БП**, **O_3**, **NO_2**, ВВ, PM10
Свирск	**БП**, **ВВ**, NO_2, SO_2, CO	Южно-Сахалинск	**Ф**, **БП**, **NO_2**, **углерод (сажа)**, **ВВ**
Селенгинск	**БП**, **PM2.5**, **PM10**, **ВВ, O_3**,		

БП — бенз(а)пирен, ВВ — взвешенные вещества, PM — взвешенные частицы фракций PM10 и PM2.5, Ф — формальдегид, CO — оксид углерода, HCl — хлорид водорода, 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

В 2020 г. из Приоритетного списка в связи со снижением уровня загрязнения воздуха с очень высокого до высокого были исключены 5 городов, расположенных на территории Сибирского федерального округа — Абакан (Республика Хакасия), Братск и Иркутск (Иркутская обл.), Лесосибирск (Красноярский край) и Новокузнецк (Кемеровская обл.). В 2020 г. впервые за всю 130-летнюю историю регулярных метеонаблюдений в Сибирском федеральном округе прежние рекорды среднегодовой температуры были превышены сразу на 1,5°С. Завершившаяся зима 2019–2020 гг. стала аномально теплой, что позволило частично снизить нагрузку на отопительную систему городов и привело к снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха, в первую очередь бенз(а)пиреном. Также снижению уровня загрязнения способствовали сложившиеся благоприятные метеорологические условия. На территории Сибири под влиянием глубоких полярных ложбин и циклонов осадков выпадало, как правило, значительно больше нормы. На юге Западной Сибири, на юге Иркутской области их количество местами превысило 2–3 месячные нормы, в Кемеровской области, а также на юге Красноярского края их количество составило 130–140% нормы.

На рис. 3.21 показано изменение средних за месяц концентраций бенз(а)пирена в течение 2019-2020 гг. — в 2020 г. они были существенно ниже. Наибольшее сни-

жение концентраций бенз(а)пирена в большинстве рассмотренных городов отмечались в первые два месяца зимы — в январе и феврале. В самых крупных промышленных годах — Братске и Новокузнецке — концентрации бенз(а)пирена снизились в 3-4 раза, в Абакане, Иркутске и Лесосибирске — в 1,5-2 раза. В Иркутске и Братске наибольший максимум бенз(а)пирена, превысивший 10 ПДК, был зафиксирован в декабре.

Во всех пяти городах снизились средние за год концентрации взвешенных веществ на 20-30%. В Абакане также снизились в 1,5 раза концентрации оксидов азота и формальдегида, в Новокузнецке на 20-30% — концентрации диоксида азота и фторида водорода. В Новокузнецке снижение концентраций загрязняющих веществ было отмечено на фоне снижения выбросов, так объем выбросов твердых веществ от стационарных источников уменьшился в 3 раза по сравнению с 2019 г.

В 2020 г. в Приоритетный список были включены два города - Вихоревка (Иркутская обл.) и Канск (Красноярский край), в которых уровень загрязнения повысился.

В Вихоревке в 2020 г. были начаты наблюдения за содержанием бенз(а)пирена. Средняя за год концентрация бенз(а)пирена составила 8,4 ПДК, было отмечено 3 случая превышения гигиенического норматива в 10 и более раз, максимум был зафиксирован в январе — 29,1 ПДК.

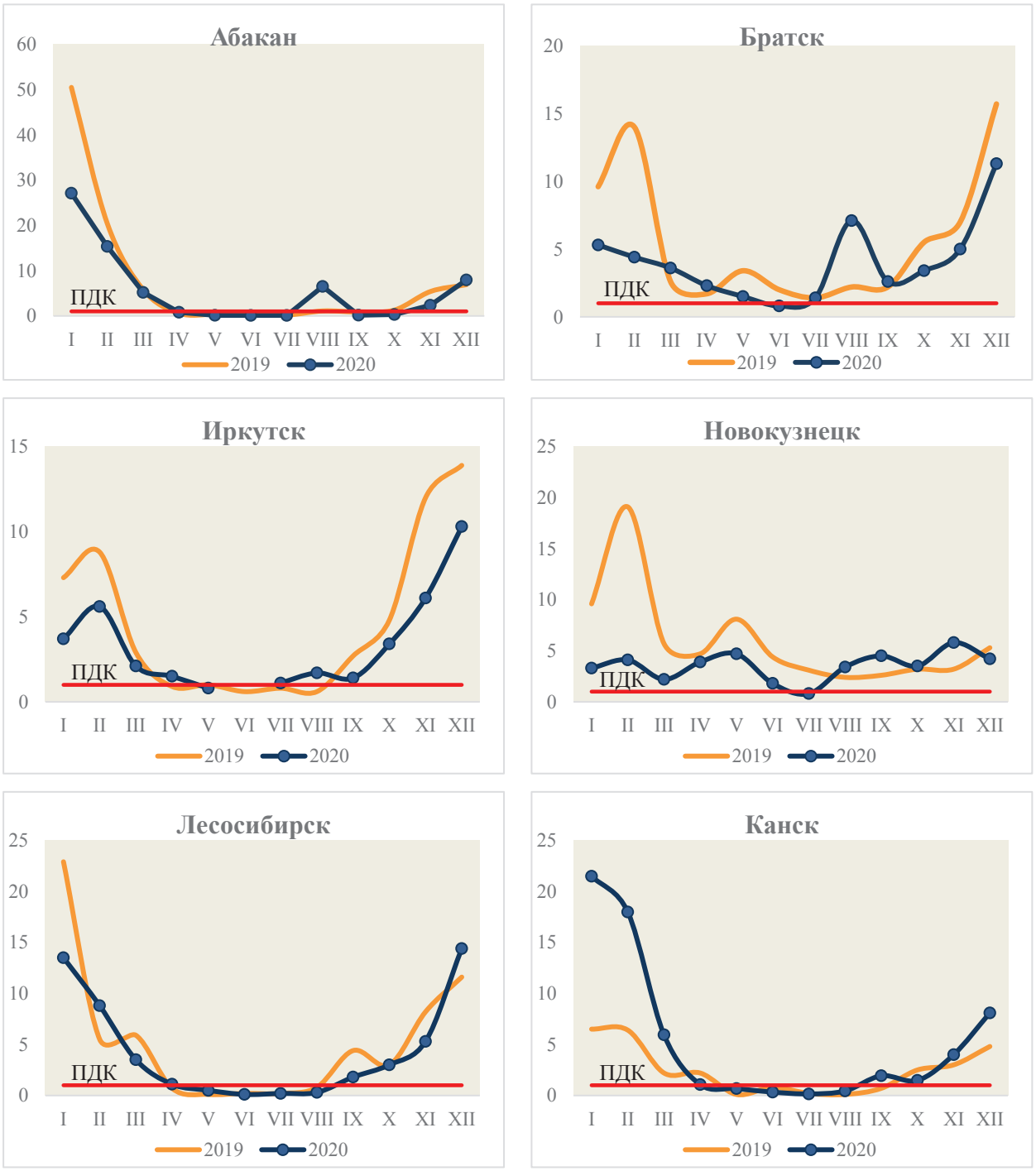


Рис. 3.21. Изменение средних за месяц концентраций бенз(а)пирена (нг/м^3) за 2019-2020 гг. в городах: Абакан, Братск, Иркутск, Новокузнецк, Лесосибирск и Канск

В Канске по сравнению с 2019 г. концентрации бенз(а)пирена в первые месяцы зимы увеличились в 2 раза. Средняя за год концентрация бенз(а)пирена составила 5,3 ПДК, наибольшая из средних за месяц в январе — 21,5 ПДК, в феврале — 18 ПДК. Несмотря на то, что январь и февраль оказались чрезвычайно теплыми практически на бóльшей территории Красноярского края, где преобладание мощных южных потоков формировало огромные аномалии среднемесячных температур, создавались и такие условия, когда температура воздуха колебалась ночью от -23 до -30°С и осадков уже выпадало меньше нормы. Такие условия в отдельные периоды создавались и в Канске, при этом было отмечено увеличение повторяемости слабых ветров и туманов. Кроме того, выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников, в том числе твердых веществ и оксида углерода, по сравнению с 2019 г. увеличились на 40%. Эти факты могли привести к увеличению концентраций бенз(а)пирена и, как следствие, уровня загрязнения воздуха.

Очень высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха в Норильске подтверждается данными наблюдений за химическим составом атмосферных осадков. Как и в предыдущие годы, в 2020 г. на территории Российской Федерации самые загрязненные атмосферные осадки сульфатами, составившими 36,1 мг/л, были зарегистрированы в Норильске. Выполненая оценка выпадений серы с осадками с установленными значениями критической нагрузки серы сульфтаной на окружающеую среду (2 т/км^{2}год) показала, что влажные выпадения серы в Норильске (4,2 т/км^{2}год) превысили критическое значение нагрузки в 2 раза.

В Улан-Удэ, Селенгинске и Южно-Сахалинске среднегодовые концентрации пяти, в Черемхово, Чите и Шелехове — трех загрязняющих веществ превысили санитарно-гигиенические нормативы. Во всех городах Приоритетного списка вклад в очень высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха внес бенз(а)пирен, в наибольших количествах поступающий в воздух в результате сжигания твердого топлива.

Существенный вклад в уровень загрязнения воздуха в 9 городах внесли также сверхнормативные среднегодовые концентрации взвешенных веществ, в 5 городах — диоксида азота, в 3 городах — приземного озона, в 2 городах — взвешенных частиц PM10 и PM 2.5 и в одном городе — диоксида серы, формальдегида и углерода (сажи).

В Приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха были включены города, в которых основными источниками выбросов являются предприятия топливно-энергетического комплекса. Из них, в 3-х городах имеются предприятия угольной и горнодобывающей промышленности. Кроме того, в 2-х городах имеются предприятия машиностроения, цветной и алюминиевой промышленности, а также химической, лесной и деревообрабатывающей промышленностей.

Список городов с высоким уровнем загрязнения в 2020 году (табл. 3.5) включает 19 городов с общим числом жителей в них 7,9 млн. человек. В него были включены города, для которых значение комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) равно или выше 7, а также наблюдались высокая повторяемость максимальных разовых концентраций загрязняющих веществ, превышающих ПДК (НП >20%), или случаи высокого загрязнения атмосферного воздуха (максимальные концентрации загрязняющих веществ более 10 ПДК).

Таблица 3.5. Города с высоким уровнем загрязнения атмосферы (ЗА) и вещества, его определяющие, в 2020 г.

Город	Вещества, определяющие уровень ЗА	Город	Вещества, определяющие уровень ЗА
Абакан	**БП**, ВВ, CO, NO_2, Ф	Курган	**БП**, **углерод (сажа),** Ф, CO, ВВ
Ангарск	**БП**, **NO_2**, **PM10**, Ф, ВВ	Лесосибирск	**БП**, **Ф, ВВ**, NO_2, CO
Астрахань	**Ф,** NO_2, ВВ, медь, NH_3	Махачкала	**ВВ**, **NO_2, HF,** CO, $HF_{тв.}$,
Барнаул	**БП**, **ВВ**, NO_2, Ф, CO	Нижний Тагил	**Ф, БП**, NO_2, NO, ВВ
Братск	**БП**, **ВВ**, CS_2. Ф, HF,	Новокузнецк	**БП**, HF, ВВ, NH_3, NO_2
Иркутск	**БП**, **NO_2**, **ВВ,** PM2.5, PM10	Новочеркасск	**ВВ,** NO_2, NO, Ф, CO
Каменск-Уральский	**HF, $HF_{тв.}$, ВВ,** NO_2, CO	Орск	**БП**, Ф, ВВ, NO_2, фенол
Кемерово	**БП**, NO_2, NH_3, Ф, ВВ	Ростов-на-Дону	**HF**, **ВВ,** Ф, NO_2, NH_3
Комсомольск-на-Амуре	**БП**, **ВВ**, Ф, NO_2, CO	Чегдомын	**БП**, **Ф, ВВ**, CO, NO_2
Красноярск	**БП**, **Ф,** NH_3, NO_2, ВВ	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, HF — фторид водорода, HFтв — твердые фториды, NH_3 — аммиак, NO_2 — диоксид азота, NO — оксид азота.
Выделены вещества с наибольшим вкладом в уровень ЗА.
**Установлено с учетом $ПДК_{леса}$.*

Большинство городов (14) из этого списка расположены на территории АЧР. В Сибирском федеральном округе находятся 9 городов с высоким уровнем загрязнения, в Уральском и Южном ФО — по 3 города, в Дальневосточном ФО — 2, в Северо-Кавказском и Приволжском ФО — по 1 городу.

Существенный вклад в уровень загрязнения воздуха в 14 городах внесли сверхнормативные среднегодовые концентрации бенз(а)пирена, в 10 городах — взвешенных веществ, в 5 гоордах — формальдегида, в 3 городах — диоксида азота, в 3 городах — фторида водорода. Кроме того, по одному городу имели существенный вклад сверхнормативные среднегодовые концентрации углерода (сажи), твердых фторидов и взвешенных частиц PM10.

Среднегодовые концентрации 3 загрязняющих веществ превысили санитарно-гигиенические нормативы в Ангарске, Иркутске, Каменске-Уральском, Лесосибир-

ске, Махачкале и Чегдомыне, 2 загрязняющих веществ — в Барнауле, Братске, Комсомольске-на-Амуре, Красноярске, Кургане, Нижним Тагиле, Ростове-на-Дону, 1 загрязняющего вещества — в Абакане, Астрахани, Кемерово, Новокузнецке, Новочеркасске и Орске.

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

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 число 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 34 городах РФ (15% городов) уровень загрязнения воздуха характеризовался как высокий и очень высокий (ИЗА>7). В среднем по стране 9% городского населения испытывали воздействие высокого и очень высокого уровня загрязнения воздуха.

Сравнение загрязнения воздуха в городах на территориях федеральных округов показало, что больше половины (20 из 34) городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения были расположены в Сибирском федеральном округе.

На территории Красноярского края расположено 4 города с высоким и очень высоким уровнем загрязнения, в Иркутской области — 9 городов. В 4 субъектах РФ уровень загрязнения воздуха высокий и очень высокий во всех городах, где проводятся наблюдения.

В 17 субъектах РФ 9% и более городского населения находилось под воздействием высокого и очень высокого загрязнения воздуха, в Астраханской области, Республике Бурятия и Таймырском АО — более 75% городского населения.

В 61 субъекте РФ высокий и очень высокий уровень загрязнения воздуха городов не был отмечен.

В 134 городах РФ средняя за год концентрация одного или нескольких веществ превысили ПДК (Q>1 ПДК). На территориях Дальневосточного и Сибирского федеральных округов в большинстве городов концентрации загрязняющих веществ превысили ПДК. В Республике Башкортостан, в Хабаровском крае, в Свердловской, Оренбургской и Ульяновской областях имелось по 4 таких города, в Сахалинской областях— 5 городов, в Красноярском крае — 6, в Ростовской области — 11, в Иркутской области — 14.

В городах 19 субъектов Российской Федерации максимальная концентрация какого-либо вещества превысила 10 ПДК (СИ>10). В Республиках Бурятия и Хакасия, в Хабаровском крае, в Архангельской и Кемеровской областях имелось по 2 таких города, в Ростовской области — 3, Красноярском крае — 4, в Иркутской области — 9 городов.

Таблица 3.6. Характеристики уровня загрязнения воздуха на территориях субъектов и федеральных округов Российской Федерации в 2020 г.

Субъект РФ	Количество						Население (%) в городах с В и ОВ уровнем ЗВ
	городов	станций	городов, в которых				
	с регулярными наблюдениями за загрязнением воздуха		ИЗА>7	Q >ПДК	СИ >10	НП >20	
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	0	0	0	0
Владимирская обл.	1	4	0	0	0	0	0
Воронежская обл.	1	5	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	5	0	0	0	0	0
Московская обл.	10	19	0	3	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	0	0	0	0
Всего по округу	35	112	0	17	1	0	0
Северо-Западный федеральный округ							
г. Санкт-Петербург	1	24	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	1	0	0	0
Калининградская обл.	1	5	0	1	0	0	0
Ленинградская обл.	9	10	0	1	0	0	0
Мурманская обл.	9	20	0	1	0	0	0
Новгородская обл.	3	5	0	1	0	0	0
Псковская обл.	2	2	0	1	0	0	0

Субъект РФ	Количество						Население (%) в городах с В и ОВ уровнем ЗВ
	городов	станций	городов, в которых				
	с регулярными наблюдениями за загрязнением воздуха		ИЗА>7	Q >ПДК	СИ >10	НП >20	
Ненецкий АО	-	-	-	-	-	-	-
Всего по округу	38	92	0	7	2	0	0
Южный федеральный округ							
г. Севастополь	1	1	0	0	0	0	0
Республика Адыгея	-	-	-	-	-	-	-
Республика Калмыкия	-	-	-	-	-	-	-
Республика Крым	5	11	0	3	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	11	3	5	45
Краснодарский край	3	8	0	2	0	0	0
Всего по округу	31	59	3	17	3	5	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	0	1	61
Свердловская обл.	5	18	2	4	0	0	14
Тюменская обл.	2	8	0	0	0	0	0
Челябинская обл.	3	16	0	3	0	0	0
Ханты-Мансийский АО — Югра	7	8	0	2	0	0	0
Ямало-Ненецкий АО	1	1	0	0	0	0	0
Всего по округу	19	56	3	10	0	1	9
Приволжский федеральный округ							
Республика Башкортостан	5	20	0	4	0	0	0
Республика Марий Эл	-	-	-	-	-	-	-
Республика Мордовия	1	4	0	1	0	0	0
Республика Татарстан	3	18	0	2	0	0	0
Удмуртская Республика	1	6	0	1	1	0	0
Чувашская Республика	2	5	0	1	0	0	0
Пермский край	4	14	0	1	0	0	0
Кировская обл.	2	6	0	2	0	0	0
Нижегородская обл.	5	17	0	1	0	0	0
Оренбургская обл.	5	13	1	4	1	0	19
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.	9	15	0	4	1	0	0
Всего по округу	**49**	**165**	**1**	**25**	**4**	**0**	**1**
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	1	2	1	0	48
Красноярский край	6	18	4	6	4	1	58
Таймырский АО (в сост. Красноярского края)	1	3	1	1	0	0	99
Иркутская обл.	18	39	9	14	9	0	70
Кемеровская обл.	3	18	2	3	2	0	47
Новосибирская обл.	3	13	0	3	1	0	0
Омская обл.	1	8	0	0	1	0	0
Томская обл.	1	7	0	0	0	0	0
Всего по округу	**39**	**121**	**20**	**32**	**21**	**1**	**38**
Дальневосточный федеральный округ							
Республика Бурятия	3	6	2	3	2	0	77
Республика Саха (Якутия)	4	7	0	2	0	0	0
Забайкальский край	3	7	1	3	1	0	47
Камчатский край	2	6	0	0	0	0	0
Приморский край	5	10	0	2	0	0	0
Хабаровский край	4	10	2	4	2	0	24

Субъект РФ	Количество						Население (%) в городах с В и ОВ уровнем ЗВ
	городов	станций	городов, в которых				
	с регулярными наблюдениями за загрязнением воздуха		ИЗА>7	Q >ПДК	СИ >10	НП >20	
Амурская обл.	3	3	0	2	0	0	0
Магаданская обл.	1	3	0	1	0	0	0
Сахалинская обл.	6	9	1	5	1	4	49
Еврейская авт. обл.	1	1	0	1	0	0	0
Чукотский АО	2	2	0	0	0	0	0
Всего по округу	**34**	**64**	**6**	**23**	**6**	**4**	**21**
Всего по РФ	**253**	**684**	**34**	**134**	**37**	**12**	**9**

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.

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 осуществляемого Росгидрометом мониторинга загрязнения атмосферного воздуха 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.

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 (пыль)	Аммиак
Кадмий	Водород цианистый	Диоксид серы	Оксид углерода
Озон	Сероводород	Диоксид азота	Кумол
Свинец	Сероуглерод	Оксид азота	Метилмеркаптан
Хром	Серная кислота	Ксилол	
	Фенол	Толуол	
	Фториды твердые	Углерод (сажа)	
	Фторид водорода	Хлорбензол	
	Формальдегид	Этилбензол	
	Хлорид водорода	Железо	
	Никель	Цинк	
	Медь	Магний	
	Марганец		

** индикатор содержания в атмосферном воздухе группы канцерогенных полициклических углеводородов*

Ряд веществ из перечня (формальдегид, приземный озон) относятся к вторичным загрязняющим веществам, так как содержатся в атмосферном воздухе в бóльших количествах, чем в результате поступления с выбросами антропогенных источников. Вторичные загрязняющие вещества образуются в результате трансформации загрязняющих веществ, поступающих в воздух с выбросами, за счет протекающих в атмосфере фотохимических реакций.

По сравнению с базовым 2017 г. в 2020 году уровень загрязнения атмосферного воздуха в 7 городах снизился, в 5 — не изменился (табл. 3.8, рис. 3.22).

В 2020 г. в 11 городах-участниках Проекта наибольший вклад в уровень загрязнения атмосферного воздуха внесли среднегодовые концентрации взвешенных веществ (пыли) и диоксида азота, в 10 городах — бенз(а)пирена, в 8 городах — формальдегида, в 3 городвх — фторида водорода, оксида углерода и аммиака, в 2 городах — диоксида серы, сероуглерода, фенола и оксида азота, в 1 городе — этилбензола, приземного озона и свинца.

Среднегодовые концентрации трех загрязняющих веществ превысили ПДКс.с. в Чите и Магнитогорске, двух — в Братске, Красноярске, Челябинске, Нижнем Тагиле и Череповце, одного — в Новокузнецке, Норильске и Медногорске. В городах Липецк и Омск средние за год концентрации загрязняющих веществ не превышали санитрано-гигиенических нормативов.

В 4 городах-участниках Проекта были зарегистрированы высокие концентрации (СИ≥10) бенз(а)пирена. В Омске была отмечена концентрация формальдегида более 10 $ПДК_{м.р}$, хлорида водорода и этилбензола — достигала 10 $ПДК_{м.р}$.

Наименования загрязняющих веществ, концентрации которых превысили санитарно-гигиенические нормативы, выделены в таблице 3.8 полужирным шрифтом.

В 2020 г. количество городов с «высоким» и «очень высоким» уровнем составило 6 городов.

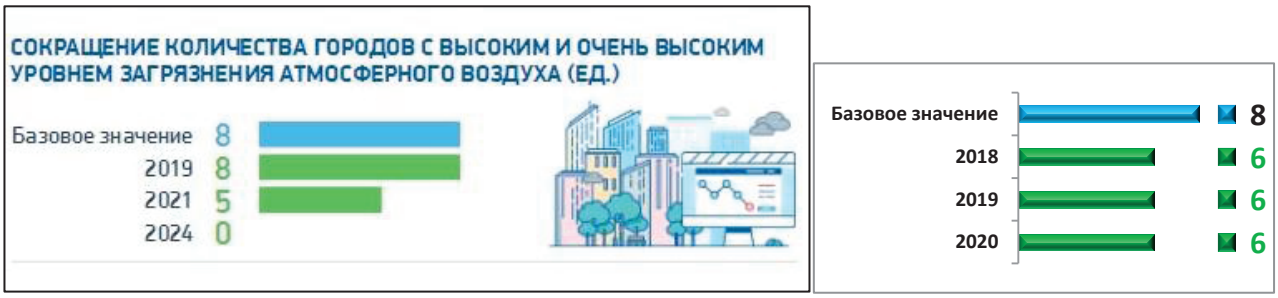


Рис. 3.22. Динамика целевого показателя Проекта «Количество городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха (ед.)» по плану и фактически

Таблица 3.8. Динамика уровня загрязнения атмосферного воздуха в 2017–2020 гг. и вещества, его определяющие в 2020 г., в городах, включенных в федеральный проект «Чистый воздух» национального проекта «Экология»

Город	Субъект РФ	Уровень загрязнения атмосферного воздуха (УЗВ)*				Загрязняющие вещества в 2020 г.			
		год				определяющие УЗВ**			измеряемые на стационарных пунктах наблюдений ***
		2017	2018	2019	2020	Комплексный ИЗА$_5$	СИ≥10	НП≥20	
Братск	Иркутская обл.	ОВ	ОВ	ОВ	В	**БП, ВВ,** CS_2, 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	В	**БП, Ф,** NH_3, ВВ, NO_2	БП	-	**ВВ, CO, SO_2, NO_2, NO, фенол, H_2S, HF, HCl, NH_3, Ф, БП, ксилол, этилбензол,** кумол, бензол, толуол, хлорбензол, ТМ (железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк)
Новокузнецк	Кемеровская обл.	ОВ	ОВ	ОВ	В	**БП,** HF, ВВ, NH_3, NO_2	БП	-	**ВВ, БП, NO_2, NO, CO, H_2S, фенол, HF, Ф,** NH_3, SO_2, углерод (сажа), ТМ (железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк), цианид водорода
Норильск****	Красноярский край	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ	**SO_2,** ВВ, БП, CO, NO_2	-	-	**SO_2, CO, ВВ, БП, H_2S,** NO_2, NO
Чита	Забайкальский край	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ	**БП, озон, ВВ,** NO_2, фенол	БП	-	**ВВ, PM10, БП, фенол, CO, H_2S, углерод (сажа), NO_2, NO,** Ф, озон, NH_3, SO_2, ТМ (железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк)
Магнитогорск	Челябинская обл.	ОВ	В	В	П	**БП, Ф, ВВ,** NO_2, CO	-	-	**ВВ, БП, Ф, фенол, CO, H_2S, этилбензол, SO_2, NO_2, NH_3,** NO, бензол, ксилол, толуол, ТМ (свинец, железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, хром, цинк)
Челябинск	Челябинская обл.	В	П	П	П	**Ф, HF,** NO_2, ЭБ, ВВ	-	-	**ВВ, БП, Ф, NO_2, фенол, CO, H_2S, HF, этилбензол,** SO_2, NO, NH_3, бензол, ксилол, толуол, ТМ (марганец, свинец, медь, железо, кадмий, магний, никель, хром, цинк)
Липецк	Липецкая обл.	П	Н	Н	Н	NO_2, БП, Ф, ВВ, фенол	-	-	**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	Н	**свинец,** ВВ, SO_2, NO_2, БП	-	-	**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	В	**Ф, БП,** NO_2, NO, ВВ	-	-	**БП, Ф, NO_2, NO, фенол, H_2S, этилбензол,** цианид водорода, ВВ, SO_2, CO, NH_3, бензол, ксилол, толуол, ТМ (железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк)

Город	Субъект РФ	Уровень загрязнения атмосферного воздуха (УЗВ)*				Загрязняющие вещества в 2020 г.			
		год				определяющие УЗВ**			измеряемые на стационарных пунктах наблюдений ***
		2017	2018	2019	2020	Комплексный $ИЗА_5$	СИ≥10	НП≥20	
Омск	Омская обл.	Н	Н	Н	Н	БП, NH_3, NO_2, Ф, CO	Ф, HCl, ЭБ	-	**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	П	**CS_2, NO,** Ф, NO_2, ВВ	-	-	**ВВ, БП, Ф, CO, NO_2, CS_2, NH_3, фенол,** H_2S, NO, SO_2, углерод(сажа), ТМ (железо, марганец, медь, никель, хром, цинк, свинец)

*Уровень загрязнения оценивается одной из четырех категорий («низкий» - Н, «повышенный» - П, «высокий» - В и «очень высокий» - ОВ), 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, PM10 — взвешенные частицы фракции PM10, 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 2011-2020 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 др. проводились на территориях Республики Башкортостан, Республики Татарстан, Удмуртской Республики, Чувашской Республики, 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 2020 г. наблюдения за загрязнением почв ТПП проводились в районе 38 населённых пунктов. Для определения в почвах содержания массовых долей ТМ, мышьяка, НП, фтора, сульфатов, БП, полихлорбифенилов (ПХБ) и нитратов было обследовано 33, 5, 25, 17, 9, 3, 1 и 16 населённых пунктов соответственно.

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 2020 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.

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. 3.23.

Данные многолетних наблюдений, представленные на рис. 3.23, демонстрируют, что к умеренно опасной и опасной категориям загрязнения относятся почвы вблизи предприятий черной и цветной металлургии.

Представленные на рис. 3.24 усредненные за определенные периоды наблюдений концентрации свинца и меди в почвах вокруг предприятий различных отраслей промышленности, показывают, что доминирующий вклад в загрязнение почв свинцом и медью вносят предприятия черной и цветной металлургии.

Перечень населённых пунктов с опасной и умеренно опасной категорией загрязнения почв ТМ представлен в табл. 3.9.

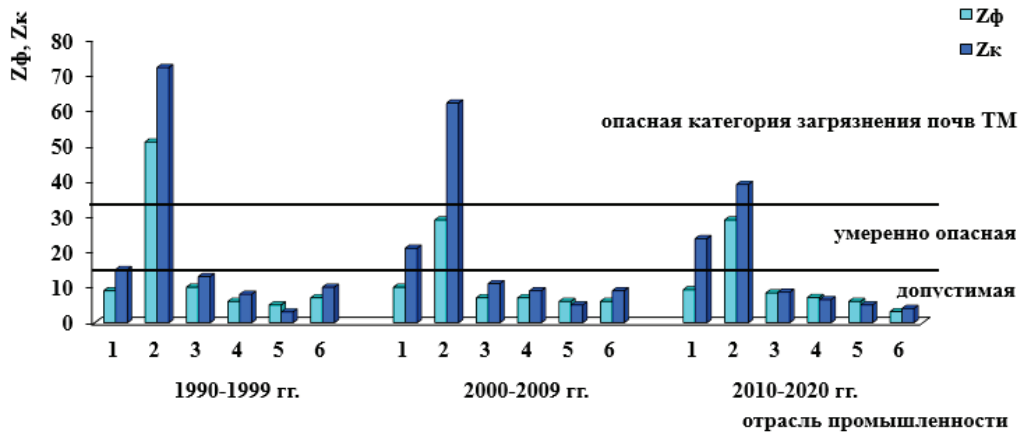


Рис. 3.23. Динамика усреднённых за несколько лет показателей загрязнения почв комплексом ТМ Zф и Zк вокруг предприятий черной металлургии (1), цветной металлургии (2), машиностроения и металлообработки (3), топливной и энергетической промышленности (4), химической и нефтехимической промышленности (5), строительной промышленности и производства стройматериалов (6)

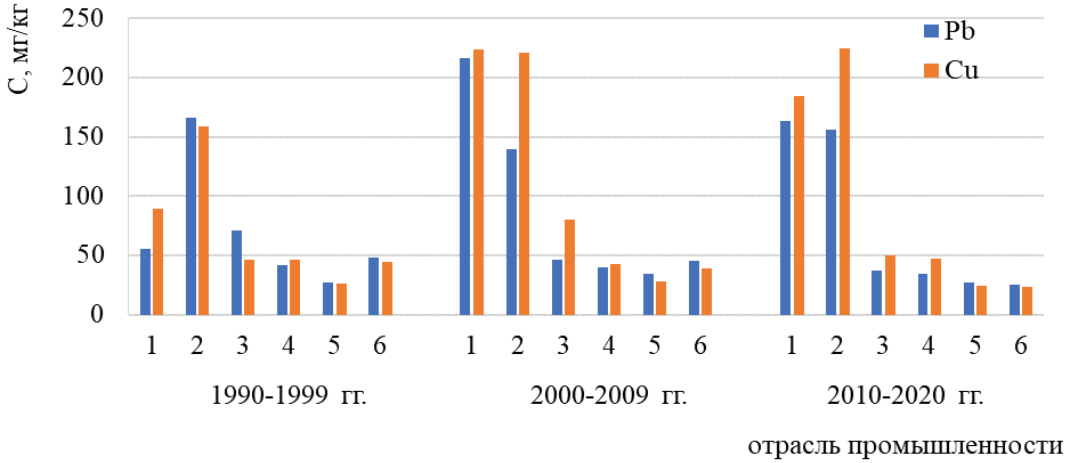


Рис. 3.24. Динамика усредненных за разные периоды наблюдений массовых долей свинца и меди в почвах 5-километровых зон вокруг предприятий черной металлургии (1), цветной металлургии (2), машиностроения и металлообработки (3), топливной и энергетической промышленности (4), химической и нефтехимической промышленности (5), строительной промышленности и производства стройматериалов (6)

Результаты наблюдений с 2011 по 2020 гг. показали, что к опасной категории загрязнения почв металлами, согласно Zф (32 ≤ Zф <128), относятся почвы участка многолетних наблюдений г. Свирска (Zф=54) Иркутской области, 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.

Таблица 3.9. Перечень населённых пунктов РФ с умеренно опасной и опасной категорией загрязнения почв металлами (2011-2020 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	2016 2020	УМН-1, 0,5	Свинец, медь, кадмий
Свердловская область г. Кировград	2013 2018	От 0 до 5	Свинец, медь, цинк, кадмий
г. Ревда	2014	УМН, 1 От 0 до 1	Медь, свинец, кадмий, цинк
г. Реж	2013 2018	От 0 до 5	Никель, кадмий, хром, кобальт, цинк
Красноярский край г. Норильск	2018	Территория города	Медь, никель, кобальт
Республика Северная Осетия-Алания г. Владикавказ	2015	От 0,2 до 2	Кадмий, свинец, медь, цинк, ртуть
Умеренно опасная категория загрязнения, 16≤ Zф<32			
Иркутская область г. Свирск	2014	Территория города	Свинец, медь, кобальт, кадмий

Республика, край, область, населённый пункт	Год наблюдений	Зона обследования радиусом, км, вокруг источника	Приоритетные техногенные металлы
г. Слюдянка	2013	Территория города	Никель, кобальт, свинец
г. Черемхово	2014	Территория города	Свинец, медь, цинк
г. Шелехов	2020	От 0 до 10	Медь, никель, свинец, 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
Республика Башкортостан г. Баймак	2011 2020	От 0 до 1 От 0 до 4	Медь, цинк, свинец, кадмий
г. Белорецк	2011	От 0 до 1	Медь, цинк, свинец
г. Давлеканово	2014	Территория города	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 2016 2019	0 до 5 УМН 0 до 10	Медь, свинец, кадмий, цинк
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

За период 2011-2020 гг. к опасной категории загрязнения почв отнесено 4%, к умеренно опасной категории – 10% населенных пунктов. Хотя отдельные участки почв обследованных территорий могут иметь более высокую категорию загрязнения ТМ, чем в целом по городу. Динамика количества населенных пунктов, относящихся к разной категории загрязнения почв ТМ за период 2011-2020 гг., представлена на рис. 3.25.



Рис. 3.25. Количество населенных пунктов, обследованных в 2011-2020 гг., относящихся к разной категории загрязнения почв тяжелыми металлами

Данные, представленные на рис. 3.25, показывают, что в последние годы наблюдений количество населенных пунктов, относящихся к опасной категории загрязнения почв ТМ, снижается. По результатам обследования 2020 г. в соответствии с показателем загрязнения почв Zф наиболее загрязнены комплексом ТМ почвы участка №1 пункта многолетних наблюдений г. Свирска (Zф=54), а также городов Баймак (Zф=22) и Шелехов (Zф=16,5).

Участок №1 в г. Свирске расположен на левом берегу р. Ангары на расстоянии 0,5 км южнее промплощадки, на которой ранее располагался Свирский Аккумуляторный завод «ВостСибЭлемент», а в настоящее время функционируют следующие предприятия: ООО «Аккумуляторные технологии», ООО «Центральная котельная», ООО «ТМ Байкал». Наблюдения на этом пункте проводятся с 1986 г. Содержание некоторых ТМ в

почвах этого участка в г. Свирске в разные годы обследований представлено на рис. 3.26. Массовые доли цинка и свинца в почвах этого пункта наблюдений в последние годы снижаются, а меди, никеля и кобальта – увеличиваются. Несмотря на тенденцию к снижению, содержание свинца в почве все еще сохраняется высоким. По данным обследования 2020 г. средняя концентрация свинца в почве соответствовала 3,2 ОДК, никеля - 1,6 ОДК, меди - 1,1 ОДК.

Динамика средних значений массовых долей ТМ в почвах территорий отдельных городов или ПМН, обследованных в 2020 г., приведена в табл. 3.10.

В основном, с 2011 г. явного увеличения общего содержания ТМ в обследованных в 2020 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 выявлено 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.

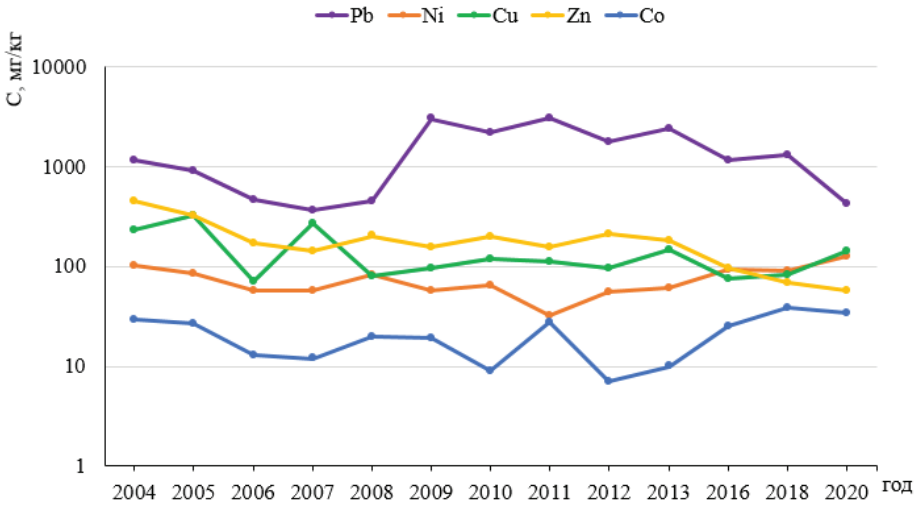


Рис. 3.26. Содержание некоторых тяжелых металлов в почвах участка №1 пункта многолетних наблюдений г. Свирска

За последние пять лет наблюдений отмечается значительное загрязнение почв ТМ (среднее значение не ниже 3 ПДК или 3). При неоднократном обследовании почв города за этот период приведены уровни загрязнения по данным последнего года наблюдений. Здесь и далее первая цифра в скобках обозначает среднюю массовую долю ТМ или иного ТПП в почвах обследованной территории, вторая цифра - максимальную массовую долю.

С 2016 по 2020 гг. было выявлено загрязнение почв: кадмием - в городах Кировград (к 4 и 9 ОДК), Ревда (ПМН к 6 и 10 ОДК), Реж (к 7 и 49 ОДК); марганцем - в г. Нижний Тагил (п 3 и 6 ПДК); медью - в городах Верхняя Пышма (однокилометровая зона вокруг источника к 3 и 8 ОДК, п 32 и 109 ПДК, территория города п 24 и 115 ПДК), Кировград (к 7 и 24 ОДК, п 61 и 287 ПДК), Первоуральск (п 13 и 63 ПДК), Полевской (пятикилометовая зона вокруг ОАО «Северский трубный завод (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), Дальнегорск (30-километровая зона к 7 и 52 ПДК, п 7 и 20 ПДК), Зима (к 3 и 6 ПДК), Каменск-Уральский (п 4 и 10 ПДК), Кировград (п 18 и 65 ПДК), Медногорск (к 3 и 12 ПДК), Невьянск Свердловской области (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), с. Рудная Пристань (к 23 и 80 ПДК), Свирск (УМН №1 к 9 и 11 ПДК); в п. Хрустальный Приморского края (к 4 и 6 ПДК); цинком - в городах Верхняя Пышма (однокилометровая зона вокруг источника п 3 и 7 ПДК), 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 2020 г. наблюдения за загрязнением почв мышьяком проводились в городах Самаре, Новосибирске и Томске, а также в с. Прокудское Новосибирской области и с. Ярское Томской области. Среднее и максимальное содержание токсиканта на обследованной территории г. Новосибирска составило 1,4 и 6,1 ОДК соответственно. В г. Томске, г. Самаре, селах Прокудское и Ярское содержание мышьяка в почвах не превышало допустимых гигиенических нормативов.

Загрязнение почв фтором

Наблюдения за загрязнением почв водорастворимыми соединениями фтора в 2020 г. проводились в Иркутской, Кемеровской, Новосибирской, Самарской и Томской областей, за загрязнением атмосферных выпадений фтористыми соединениями – в Иркутской области.

Загрязнение почв водорастворимыми соединениями фтора было выявлено в почвах г. Новокузнецка, среднее содержание соответствовало 1,9 ПДК, максимальное - 4,7 ПДК. Средняя концентрация водорастворимых соединений фтора в почвах г. Шелехов составила 14 мг/кг (1,4 ПДК) максимальная - 27,4 мг/кг (2,7 ПДК).

Динамика изменений содержания водорастворимых соединений фтора в почве г. Шелехов и его окрестностей представлена на рис. 3.27. По сравнению с предыдущим обследованием (2006 г.), средний уровень загрязнения почв водорастворимыми фторидами на всей территории обследования снизился в 2,4 раза.

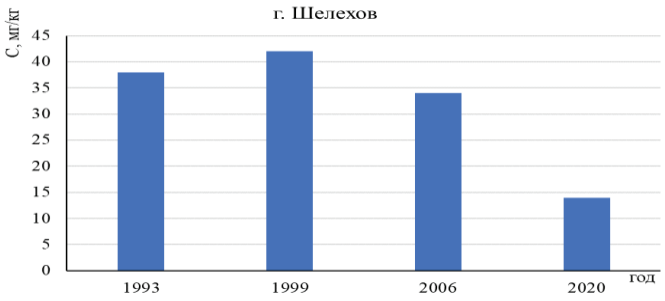


Рис. 3.27. Динамика изменений содержания водорастворимых соединений фтора в почвах г. Шелехов и его окрестностей

За последние пять лет (2016-2020 гг.) было зафиксировано загрязнение почв водорастворимыми соединениями фтора (выше 1 ПДК) отдельных участков в районе и/или на территории городов Братск, Новокузнецк и Шелехов.

В 2020 г. в Иркутской области в зоне влияния выбросов ПАО «РУСАЛ Братск» и его филиалов были продолжены наблюдения за атмосферными выпадениями соединений фтора в городах Братск, Иркутск, Шелехов и п. Листвянка. Результаты наблюдений показали, что в п. Листвянка (фоновая площадка) среднегодовое значение плотности выпадений по сравнению с 2019 г. снизилось в 1,8 раза и составило 1,35 кг/км^2·мес., в 2019 г. – 2,41 кг/км^2·мес. Средняя плотность выпадений фторидов в городах Братск, Иркутск и Шелехов составила соответственно 13,3 Ф, 7,4 Ф и 26,7 Ф. Максимальные среднемесячные значения плотностей выпадения фторидов были зафиксированы в районе телецентра в г. Братске 39 Ф (в мае), в г. Иркутске 28,7 Ф (в сентябре), в г. Шелехове 89 Ф (в мае). Наибольшая среднегодовая плотность выпадений фтористых соединений была отмечена в 12 км от ПАО «РУСАЛ Братск» в центральной части г. Братска в районе Телецентра (среднее значение 17,2 Ф, максимальное – 39 Ф).

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										
Дальнереченск, Приморский край	1983	в	17	832	19	67	123	-	-	-
	1988	в	39,1	1245	33,9	112,4	36,1	-	-	-
	2020	в	41,6	939	16,6	96,7	14,8	-	-	0,06
	2020	п	14,1	118,8	0,11	8,7	0,2	-	-	<0,05
	2020	вод	-	0,14	0,06	0,05	0,09	-	-	-
Приволжский федеральный округ										
Баймак, Республика Башкортостан	2005	к	85	-	110	352	351	-	-	4,0
	2011	к	52	651	28	271	273	-	12	0,8
	2020	к	75	-	49	308	173	-	-	1,2
Сибай, Республика Башкортостан	2005	к	51	-	72	81	266	-	-	2,8
	2011	к	33	381	37	329	203	-	25	1,4
	2020	к	39	-	45	321	197	-	-	0,9
Чебоксары, Чувашская Республика	2002	к	49	1000	50	160	49	240	12	-
	2006	к	110	710	34	630	58	-	7,2	-
	2011	к	<38	410	17	193	25	<64	<3,7	<4
	2020	к	<21	181	25	52	29	34	<6	<1,1
	2020	п	<4	-	<1,3	8,3	<1,1	-	<0,1	<0,3
Сибирский федеральный округ										
Иркутск, Иркутская область	2011	к	40	848	47	132	50	-	32	0,1
	2015	к	77	272	159	150	56	-	21	0,4
	2020	к	21	191	30	55	75	-	21	-
Шелехов, Иркутская область	1999	к	35	840	44	140	47	140	12	-
	2006	к	37	487	72	81	80	74	13	-
	2020	к	14,5	198	52	53	72	-	21	-
Уральский федеральный округ										
Артемовский, Свердловская обл.	1995	к	32	597	86	129	56	68	20	1,5
	2000	к	32	665	71	112	43	48	17	1,8
	2005	к	44	695	78	119	62	55	19	1,2
	2010	к	77	756	134	108	46	64	20	0,9
	2015	к	26	761	64	86	44	55	20	1,6
	2020	к	23	791	125	123	57	69	18	0,6
	1995	п	3,2	112	14	27	1,8	0,02	1,5	0,1
	2000	п	3,9	93	3,2	22	0,6	1,2	0,8	0,3
	2005	п	5,7	113	3,4	21	2,2	0,9	1,1	0,3
	2010	п	15	85	4,5	9,4	1,8	1,1	1,0	0,2
	2015	п	4,4	100	3,4	14	1,4	1,3	1,0	0,2
	2020	п	3,8	202	8,1	17	1,8	1,3	0,9	0,3

Загрязнение почв нефтепродуктами, бенз(а)пиреном и полихлорированными бифенилами

В 2020 г. наблюдения за массовой долей нефтепродуктов (НП) в почвах проводились на территориях Западной Сибири, Республик Татарстан, Удмуртской и Чувашской, 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.

Содержание НП в почвах г. Казани превысило фоновый уровень в 2–6 раз. Высокое содержание НП было выявлено в почвах г. Самары, среднее содержание составило 553 мг/кг (11 Ф), максимальное – 2243 мг/кг (45 Ф) и г. Ижевска, среднее значение 406 мг/кг (7 Ф), максимальное – 1257 мг/кг (22 Ф). Концентрация НП в почвах Нагорной части г. Нижнего Новгорода составила 463 мг/кг (6 Ф), максимальное содержание достигло 11100 мг/кг (146 Ф). Среднее содержание нефтепродуктов в почвах г. Чебоксары в целом по обследуемой территории составило 293 мг/кг (5 Ф), максимальное содержание – 976 мг/кг (17 Ф). Сохраняется высоким содержание нефтепродуктов в почвах городов Западной Сибири. Среднее содержание НП в почвах г. Томска составило 374,6 мг/кг, максимальное – 750 мг/кг. Средняя по г. Новосибирску концентрация НП в почве – 298 мг/кг, максимальная – 1448 мг/кг.

В 2020 г. проводилось обследование территории, загрязненной в результате слива нефтесодержащих отходов в н.п. Бердянка Оренбургского района Оренбургской области. Средняя концентрация НП в почве исследуемого района составила 0,4 Ф, максимальная – 0,9 Ф (Ф 52,6 мг/кг).

В 2020 г. продолжились наблюдения за загрязнением почв НП в районе аварии, произошедшей в марте 1993 г. в результате проведения строительных работ в 7 км южнее г. Ангарска на 840 км нефтепровода «Красноярск-Иркутск». Вблизи с. Еловка Ангарского района Иркутской области утечка нефти из нефтепровода составила 7955 т. Площадь первоначального загрязнения составляла 2,5 га. Разлитая по поверхности почвы нефть была частично откачена, верхний слой грунта снят и вывезен в карьер для сожжения.

В табл. 3.11 представлена динамика средних массовых долей НП в зоне нефтяного пятна и за его пределами за период обследования 1994-2020 г.

Таблица 3.11. Динамика средних массовых долей НП, мг/кг, в районе аварии 1993 г., вблизи с. Еловка Ангарского района Иркутской обл.

Год обследования								
1994	1995	2004	2005	2008	2011	2014	2017	2020
Зона нефтяного пятна								
443	5200	24517	3988	713	1332	2249	201	165
Зона за пределами нефтяного пятна								
-	-	108	-	246	109	57	132	83
Фон 85								

Анализ результатов наблюдений за период 1994-2020 гг. показывает, что в почвенном покрове в районе аварии происходит постепенное снижение концентрации НП. В наиболее загрязненных точках в центре зоны разлива нефти концентрация НП к 2020 г. снизилась до уровня 2,4–3,1 Ф.

Наблюдения за загрязнением почв бенз(а)пиреном (БП) в 2020 г. проводились в районе пгт. Лучегорска и г. Дальнереченска Приморского края, а также на территории г.о. Самара. Среднее и максимальное содержание БП в почве г.о. Самара составило 0,5 ПДК и 1,9 ПДК соответственно. Почвы пгт. Лучегорска не загрязнены бенз(а)пиреном, содержание бенз(а)пирена было зарегистрировано только в одной пробе на уровне 0,005 мг/кг. Среднее содержание бенз(а)пирена в обследованных почвах г. Дальнереченска составило 0,006 мг/кг, максимальное содержание – 0,038 мг/кг (1,9 ПДК).

На территории г.о. Самара в 2020 г. определялось содержание в почвах полихлорированных бифенилов (ПХБ). Среднее и максимальное содержание суммы изомеров ПХБ в почве г.о. Самара составило 0,03 ПДК и 0,1 ПДК соответственно.

Загрязнение почв нитратами и сульфатами

Наблюдения за уровнем загрязнения почв нитратами проводились на территориях Западной Сибири, Самарской и Свердловской областей. По результатам обследования было выявлено локальное превышение содержания нитратов в Центральном районе г. Новосибирска на уровне 1,6 ПДК (206 мг/кг). На остальных обследованных территориях содержание нитратов не превышало допустимых нормативами значений. В целом наблюдается тенденция к снижению содержания нитратов в почвах или сохранению их на уровне содержания за последние пять лет.

Наблюдения за загрязнением почв сульфатами осуществлялись на территориях Приморского края, Иркутской и Самарской областей. В пгт. Лучегорске средняя по зоне обследования концентрация сульфатов не превышала ПДК, максимальная составила 1,4 ПДК. В почвах г. Дальнереченска содержание сульфатов не превышало установленных нормативами значений. В почвах г.о. Самара среднее и максимальное содержание сульфатов составило 1,1 ПДК и 3,4 ПДК соответственно. На территории парка «Дубки» среднее и максимальное содержание составило 0,3 ПДК и 1 ПДК, в почвах парка «60 лет Октября» – 0,4 ПДК и 1,8 ПДК, в почвах фонового участка АГМС АГЛОС (п.Аглос Волжского района Самарской области) – 0,8 ПДК и 4,4 ПДК, в почвах фонового участка «Самарская Лука» – 0,6 ПДК и 1 ПДК. В почвах обследованных городов Иркутской области содержание сульфатов не превышало гигиенических нормативов.

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 загрязнениях.

В 2020 г. были выборочно обследованы почвы различного типа на территории 39 субъектов Российской Федерации, общая обследованная площадь составила 31,1 тыс. га. Обследовались сельскохозяйственные угодья, отдельные лесные массивы, зоны отдыха на территории 119 районов, в 159 хозяйствах. На территории 8 субъектов Российской Федерации были обследованы почвы вокруг 9 складов и мест захоронения пестицидов, непригодных или запрещенных к применению.

В 2020 г. участки, почва которых загрязнена пестицидами выше установленных гигиенических нормативов, были выявлены на территории 12 субъектов Российской Федерации (в 2019 г. – на территории 13 субъектов). Несмотря на то, что препараты с ДДТ давно не применяются на территории России, данный пестицид является основным загрязнителем сельскохозяйственных угодий.

В 2020 г. доля почв, загрязненных пестицидами выше установленных гигиенических нормативов, составила 1,3% от обследованных земель в 30 тыс. га. На рис. 3.28 представлены максимальные уровни (в долях ПДК) суммарного ДДТ, выявленные в почвах некоторых субъектов РФ. Максимальное содержание персистентных хлорорганических пестицидов (ХОП), так же, как и в предыдущие годы, наблюдалось на территориях садов, зон отдыха, почва которых не подвергается механической обработке, а также локально на территориях вокруг складов хранения и захоронения пестицидов.

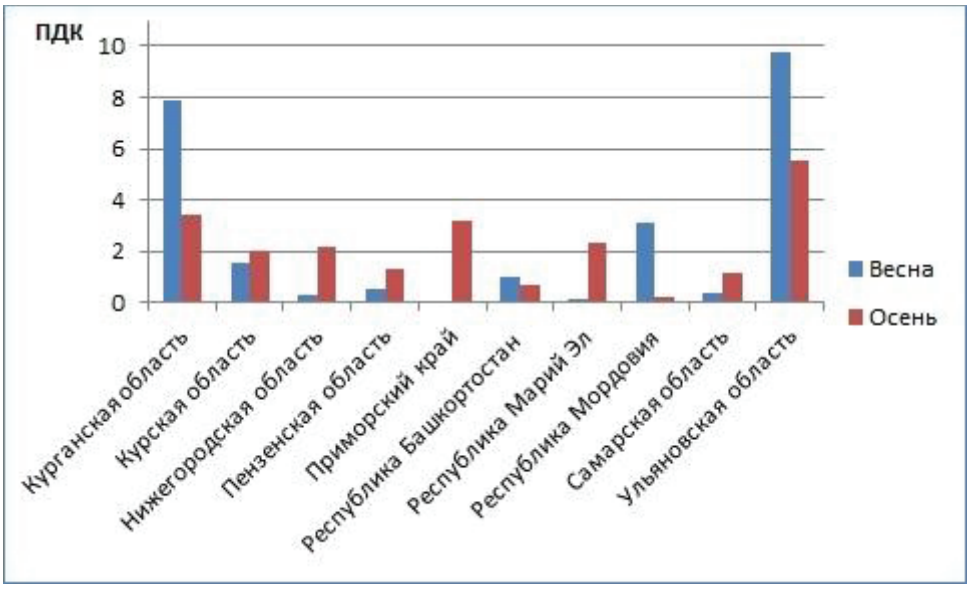


Рис. 3.28. Максимальные выявленные в 2020 г. содержания суммарного ДДТ в почвах на территории субъектов РФ

Помимо ДДТ и его метаболитов, вклад в загрязнение почв вносили суммарный ГХЦГ, ГХБ, ПХБ, далапон и 2,4-Д. Как и в предыдущие годы, выявленная площадь загрязнения суммарным ДДТ наибольшая по сравнению с другими определявшимися пестицидами. Территории, неудовлетворяющие санитарным требованиям, выявляются каждый год, при этом изменяется как перечень пестицидов-загрязнителей, так и площадь загрязнения, а также список субъектов РФ с загрязненными территориями.

В 2020 г. доля почв, загрязненных пестицидами выше установленных гигиенических нормативов, составила весной 1,3% и осенью 2,1% (2019 г. – весной 3,3% и осенью 5,8%, в 2018 г. – 1,6% весной и 1% осенью).

Центральный федеральный округ. В 2020 г. на территории ЦФО были обследованы почвы Белгородской, Брянской, Владимирской, Воронежской, Костромской, Курской, Липецкой, Московской, Рязанской, Тамбовской, Тульской и Ярославской областей общей площадью 3913 га. В почвах определялось содержание хлорорганических инсектицидов, 2,4-Д, триазиновых гербицидов и трифлуралина.

В 2020 г. на территории ЦФО из 2247 га обследованных почв - 5,5% были загрязнены суммарным ДДТ на территории садов Курской области. Почвы данной территории стабильно сохраняют высокий уровень содержания ДДТ, который по сравнению с предыдущим годом снизился: средняя концентрация в 2020 г. варьировала от 0,120 мг/кг весной до 0,176 мг/кг осенью при годовом максимуме 1,55 ПДК (в 2019 г. диапазон наблюдавшихся массовых долей составлял 0,281-0,390 мг/кг), что возможно связано с проведенными работами по раскорчеванию садов. Меньшее среднее содержание ДДТ в обследованных почвах наблюдалось в Тульской и Владимирской областях, где ОК не превышали 0,005 мг/кг.

Содержание суммарного ГХЦГ в отобранных образцах не превышало 0,16 ПДК, что соответствует уровню последних лет. Исключение составила Брянская область, где весной на 12 га овсяного поля, ОК суммарного ГХЦГ составило 0,46 ПДК, а ДДТ – 0,89 ПДК.

Гербициды трефлан и прометрин активно применяются на сельхозугодьях, их остаточное количество выявлялось в почвах практически всех исследованных областей. Однако, загрязненных территорий не было выявлено, а годовые максимумы составили 0,95 ОДК и 0,56 ПДК соответственно. На содержание 2,4-Д обследовались 968 га земли. И если в 2019 году этот пестицид был выявлен только в единичных случаях, то в 2020 г. определялся повсеместно. Весной его среднее содержание достигало значений в 0,052 мг/кг (Брянская область), осенью же в большинстве областей массовая доля снизилась до десятых долей ПДК, за исключением Брянской области (0,041 мг/кг), при этом частота встречаемости наоборот увеличилась.

Южный федеральный округ. В 2020 г. на территории ЮФО проводились наблюдения за загрязнением почв ОК пестицидов в Астраханской, Волгоградской, Ростовской областях и Краснодарском крае. Всего весной и осенью было обследовано 3497 га сельскохозяйственных угодий. Так же, как и в предыдущие годы, содержание ни одного из 7 определяемых пестицидов,

среди которых ХОП, трифлуралин, метафос, 2,4-Д, не превышало ПДК. Среднее содержание суммы ДДТ и его производных на исследуемой территории не превышало 0,004 мг/кг, максимальное содержание соответствовало 0,11 ПДК (Краснодарский край). ОК суммарного ГХЦГ на всей площади обследования сохранилось неизменным в течение года – 0,001 мг/кг, с максимумом 0,04 ПДК (Ростовская область). Наблюдавшиеся ОК ХОП на обследованной площади не зависели от типа выращиваемых культур и частоты вспашки. Средние ОК метафоса были незначительными и не превышали 0,03 ПДК.

Содержание других пестицидов были низкими, а максимальные концентрации соответствовали для трефлана 0,08 ОДК, а для 2,4-Д – 0,06 ПДК, что несколько выше значений 2019 г.

Северо-Кавказский федеральный округ. В 2020 г. на территории СКФО были обследованы почвы Ставропольского края и Карачаево-Черкесской Республики. На обследованной территории общей площадью 132 га, загрязненные пестицидами почвы не были выявлены. Средняя концентрация суммарного ДДТ находилась в диапазоне от 0,002 до 0,003 мг/кг, а максимум не превышал 0,06 ПДК. Среднее ОК суммарного ГХЦГ для обоих субъектов было одинаковым – 0,001 мг/кг, а максимальная концентрация составила 0,03 ПДК. Остальные определяемые в почве пестициды находились на низком уровне с максимальным значением ОК трифлуралина – 0,08 ОДК, метафоса – 0,02 ПДК, 2,4-Д – 0,04 ПДК.

Приволжский федеральный округ. В 2020 г. в ПФО были выборочно обследованы почвы Республик: Башкортостан, Марий Эл, Мордовии, Удмуртской, Чувашской; областей: Кировской, Нижегородской, Оренбургской, Пензенской, Самарской, Саратовской и Ульяновской общей площадью 8254 га на содержание 14 действующих веществ пестицидов, а также полихлорированных бифенилов (ПХБ). Также в 2020 г. было продолжено обследование почв в местах складирования и захоронения пестицидов.

На территории ПФО регулярно фиксируется загрязнение почв ОК суммарного ДДТ. В 2020 г. превышения ПДК были выявлены на отдельных участках Нижегородской области, Республик: Башкортостан, Мордовия, Марий Эл. Общая площадь загрязнения составила 214 га или 2,6%. Средняя концентрация весной находилась в диапазоне от 0,001 мг/кг до 0,044 мг/кг, а осенью от 0,001 мг/кг до 0,065 мг/кг. Максимальное ОК пестицида было выявлено весной и осенью на территории Ульяновской области и составило 9,72 и 5,51 ПДК соответственно.

В почвах обследованных хозяйств Чувашской Республики и Оренбургской области ОК пестицида ДДТ весной и осенью находились на уровне десятых долей ПДК (максимум - 0,41 ПДК в Кваркенском районе Оренбургской области). На территории Кировской области суммарного ДДТ в отобранных пробах почвы не было выявлено. Последний раз загрязнение суммарным ГХЦГ было зафиксировано на территории ПФО в 2016 г. в Оренбургской и Самарской областях. В 2020 г. в Республике Башкортостан на участке площадью 10,3 га было выявлено ОК ГХЦГ на уровне 4,45 ПДК. Следовые же количества были также выявлены в Нижегородской области. ГХБ фиксировался в единичных пробах в Оренбургской, Самарской, Саратовской, Пензенской, Ульяновской, Нижегородской областях, с максимум 0,67 ПДК в Нижегородской области под зябью.

В 2020 г. на выборочно обследованной территории ПФО загрязнение почв метафосом выше ПДК не было выявлено. В Пензенской и Самарской области областях среднее ОК метафоса составило 0,002 мг/кг, а к осени увеличилось до 0,008 мг/кг и 0,006 мг/кг соответственно (при максимумах 0,39 и 0,40 ПДК). В Оренбургской, Саратовской, Ульяновской областях метафос был выявлен только осенью в незначительном количестве.

Гербицид 2,4-Д является одним из наиболее широко применяемых средств защиты растений. В 2020 г участки почв общей площадью 20 га в Кстовском районе Нижегородской области были загрязнены этим действующим веществом с максимумом 1,3 ПДК. Для сравнения: в 2019 г. были выявлены загрязненные участки на территории 4 субъектов РФ, а средние ОК в различных областях варьировали весной от 0,003 до 0,071 мг/кг и осенью от 0,001 до 0,060 мг/кг.

Гербицид далапон, который в настоящее время не входит в перечень разрешенных к применению в России пестицидов, после трехлетнего перерыва был выявлен на территории Оренбургской (максимум 1,18 ПДК) и Самарской (1,29 ПДК) областях. На территории других областей далапон был выявлен повсеместно, весной его среднее содержание варьировало в диапазоне от 0,170 мг/кг (Пензенская область) до 0,396 мг/кг (Оренбургская область), а осенью - от 0,236 мг/кг (Оренбургская область) до 0,307 мг/кг (Самарская область).

На содержание трифлуралина в почвах ПФО было обследовано 1600 га. ОК трифлуралина фиксировались на территории Нижегородской области. Среднее содержание в большинстве областей (кроме Ульяновской и Самарской) от весны к осени возрастало, а максимальное было зафиксировано в Саратовской области (0,011 мг/кг – весной и 0,020 мг/кг - осенью).

ТХАН чаще фиксировался в весенних пробах, осенью его ОК было отмечено в единичных пробах Самарской и Пензенской областей, тогда как в 2019 г. часть территории обследования была загрязнена данным пестицидом. Средняя концентрация весной не превышала 0,06 ПДК (Оренбургская область), а к осени не составляла и сотых долей ПДК.

Триазиновые гербициды: прометрин, симазин и атразин определялись в ПФО на площади около 1,5 тыс. га. В почве участков Кировской, Нижегородской областях, Удмуртской Республике эти вещества не были зафиксированы. На территориях Пензенской, Самарской, Саратовской, Оренбургской, Ульяновской областей триазиновые гербициды были выялены в большинстве отобранных проб. Несмотря на отсутствие разрешения применения симазина, в 2020 г. это действующее вещество было идентифицировано в более чем половине проб, из них 2 пробы из Ульяновской области – осенью в пшеничном поле (1,48 ПДК) и под картофелем (1,44 ПДК). Весной среднее содержание симазина в почве не превышало 0,074 мг/кг (Саратовская область), осенью максимальное среднее содержание было отмечено в Ульяновской области – 0,174 мг/кг. Разрешенный к применению прометрин был зафиксирован в единичных весенних пробах Самарской и Ульяновской областей, осенью же в единственной пробе Самарской области. Весной среднее содержание прометрина не превышало 0,017 мг/кг, а осенью не составляло и сотых долей ПДК. Агразин не был выялен ни в одной из отобранных проб.

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 2020 г. ПХБ были выявлены в почвах Кировской и Нижегородской областей. В Кировской области содержанием ПХБ определялось на территории 60 га Котельнического района, его ОК были выявлены только в весенний пробоотбор, среднее содержа-

ние составило 0,017 мг/кг, а максимум 0,33 ПДК. В Нижегородской области исследование проводилось на территории 676,6 га в оба сезона, ОК же было выявлено только в Городецком районе. Осенью в одной из семи проб, отобранной на 10 га под зябью, было зафиксировано превышение ПДК, содержание – 0,16 мг/кг. Средняя концентрация по области составила 0,003 мг/кг и 0,010 мг/кг весной и осенью соответственно.

Уральский федеральный округ. В 2020 г. на территории УФО наблюдения за содержанием пестицидов в почве проводились в Курганской области в Белозерском, Лебяжьевском, Кетовском, Целинном районах. Для расширения охвата территории наблюдениями обследованные районы были изменены по сравнению с предыдущим годом. Весной и осенью было обследовано 3704 га территории, что составляет 0,27% от общей посевной площади Курганской области. Помимо сельхозугодий обследовались пять зон рекреационного назначения, среди них лагерь им. А. Рогачева и лагерь им. Коли Мяготина (пункт многолетних наблюдений) в Белозерском районе, СОЛКД «Зеркальный» и СОЛКД «Романтика» в Кетовском районе, а также ЗОЛ «Весна» в Целинном районе. После годового перерыва было возобновлено обследование состояния почв вблизи захоронения пестицидов в Лебяжьевском районе. В пробах определялось содержание ДДТ и его метаболита ДДЕ, изомеров ГХЦГ и гербицида 2,4-Д.

В 2020 г. как и в предыдущие годы, ОК суммарного ГХЦГ, а также ДДТ и его метаболитов не было выявлено.

Ранее активно применявшийся для обработки от энцефалитного клеща ДДТ часто встречается в пробах почвы лесов Курганской области. При обследовании почв зон отдыха ОК суммарного ДДТ были выявлены на территории всех детских лагерей, кроме ЗОЛ «Весна». Максимальное содержание 7,9 ПДК было зафиксировано весной на территории лагеря «Романтика». Среднее содержание суммы ДДТ в почве обследованных зон отдыха достигало 0,9 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 (рис. 3.29). После последней санкционированной обработки территории лагеря препаратом ДДТ в 1997 г. до настоящего времени содержание ДДТ в почве превышает ПДК. В 2020 г. впервые за продолжительный период обследования средняя концентрация на территории лагеря не превышала нормативы. При этом, как и в 2019 году, максимальные значения 4,26 ПДК и 1,3 ПДК соответственно и весной, и осенью наблюдались в одной и той же точке на территории центральной площадки лагеря.

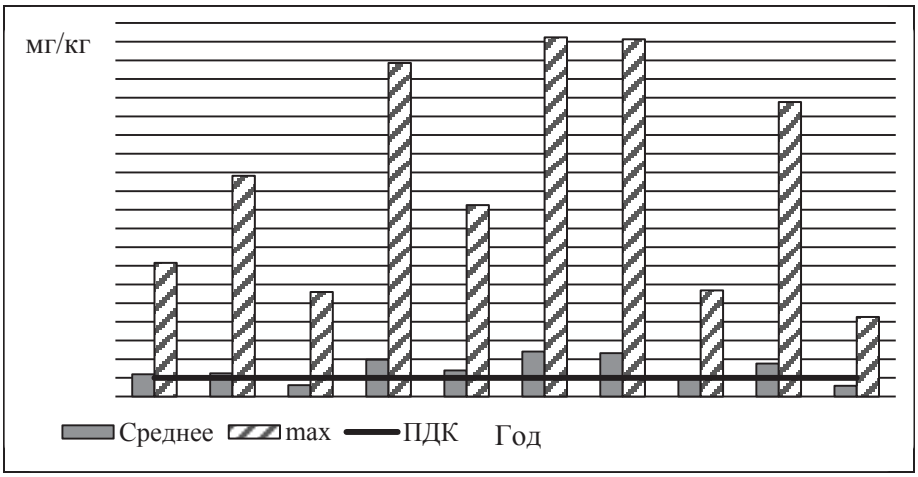


Рис. 3.29. Содержание суммарного ДДТ в почве лагеря им. Коли Мяготина за период 2011-2020 гг.

Была подтверждена миграция ДДТ и метаболитов в глубину почвенного профиля на загрязненном участке. ДДТ и ДДЭ были зафиксированы во всех слоях разреза до глубины 1,5 м. Результаты многолетних наблюдений показывают, что максимальные концентрации суммарного ДДТ и ДДЭ чаще всего сосредоточены в поверхностном слое (0-0,1 м) и на глубине 0,9-1,5 м. Грунт этого горизонта характеризуется повышением содержания глинистой фракции, способной сорбировать и удерживать ХОП. Эти глины – относительно водоупорные, имеют низкие фильтрационные свойства, служат хорошим гидроизоляционным слоем и выполняют назначение защитного экранизирующего слоя, препятствующего миграции химических веществ в подземные и грунтовые воды.

В 2020 г. в ПФО гербицид 2,4-Д в обследованных почвах не был выявлен (в 2019 г. - ОК 2,4-Д фиксировались на территории Долматовского района).

Сибирский федеральный округ. В 2020 г. на территории СФО были обследованы почвы Алтайского края, Иркутской, Кемеровской, Новосибирской, Омской и Томской областей общей площадью 10735 га на содержание 8 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 2019 г. загрязнение ДДТ участков наблюдалось в трех областях, то в 2020 г. в СФО загрязненных земель сельскохозяйственного назначения не было выявлено. Максимальные обнаруженные ОК суммарного ДДТ соответствовали 0,32 ПДК (Иркутская область) и 0,27 ПДК (20 га пшеничного поля в Кемеровской области). В Омской области суммарный ДДТ был зафиксирован практически во всех отобранных пробах. В основном его содержание в почве было незначительным, максимальные значения весной составили 0,17 ПДК, а осенью 0,09 ПДК. В Алтайском крае был выявлен ДДТ, его максимум на обследованной территории 400 га соответствовал 0,03 ПДК. В Новосибирской области этот пестицид определялся в количествах, не превышающих 0,05 ПДК. На обследованной территории Томской области ДДТ не был зафиксирован.

В 2020 г. ОК суммы изомеров ГХЦГ превышали ПДК на территории в 40 га Ангарского района Иркутской области, с максимумом 1,28 ПДК. Среднее содержание по Иркутской области составило 0,004 мг/кг и 0,006 мг/кг весной и осенью соответственно. Также суммарный ГХЦГ был выявлен весной в Новосибирской области (максимум 0,13 ПДК на 20 га пшеницы в Коченевском районе) и осенью в Мариинском районе Кемеровской области в следовом количестве. ГХБ в почвах СФО отмечался редко, но при этом в отдельных пробах, отобранных в Иркутской области, массовая доля ГХБ достигала уровня 0,7 и 0,6 ПДК весной и осенью соответственно.

Загрязненных трифлуралином почв в 2020 г. на территории обследования в Алтайском крае, Кемеровской, Новосибирской, Омской и Томской областях не было выявлено. ОК трифлуралина содержались в отдельных пробах, максимальное содержание было зафиксированл в Омской области (0,52 ОДК весной и 0,16 ОДК осенью).

Обследование почв на загрязнение 2,4-Д проводилось выборочно на территории Алтайского края и Иркутской области. Гербицид был выявлен в количествах, не представляющих опасности (максимум 0,07 ПДК).

Оценка содержания в почвах Иркутской области метафоса в 2020 г. проводилась на относительно небольшой территории, ОК содержались в единичных пробах, а годовой максимум составил 0,05 ПДК. На пиклорам анализировались почвы, отобранные в д. Куда ОАО «Хомутовское» (пункт многолетних наблюдений), площадь обследования составила 107,3 га и весной и осенью, ОК метафоса не было выявлено.

Дальневосточный федеральный округ. В 2020 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 742 га, что составило 0,25% от общей посевной площади Приморского края. В почвах определялись галоидорганические пестициды – ДДТ и его метаболиты; изомеры ГХЦГ, ГХБ и гербицид трифлуралин.

Среднее содержание суммарного ДДТ по Приморскому краю под всеми видами культур (зернобовыми, зерновыми, кукуруза, картофель) сохранилось почти на прежнем уровне и составило 0,047 мг/кг. Были выявлены загрязненные площади в Ханкайском районе. В отличие от 2019 г. на территории Кировского и Чугуевского районов загрязненных ДДТ участков почвы не было отмечено. Площадь загрязнения по сравнению с предыдущим годом сократилась с 117 га до 40 га, однако максимум составил 3,18 ПДК (в 2019 – 1,6 ПДК). Доля почв с превышением ПДК составила 5,4% от всей обследованной. Сравнение средних концентраций суммы ДДТ в почвах обследованных районов края представлено на рис. 3.30.

Присутствие изомеров ГХЦГ было выявлено в Ханкайском и Кировском районах, максимальное значение составило 0,02 ПДК. ГХБ не регистрировался только в почвах Октябрьского района. Среднее содержание по обследованной территории составило 0,003 мг/кг. Наиболее высокой массовая доля ГХБ была в Уссурийском районе – 0,018 мг/кг; на 17 га, засеянных соей - 1,01 ПДК.

Максимальная концентрация трифлуралина - 0,011 мг/кг наблюдалась на территории двух районов – Кировском и Уссурийском, среднее же содержание на всей площади обследования составило 0,003 мг/кг.

При обследовании пункта многолетних наблюдений в объединении личных подсобных хозяйств «Путий» с. Халкидон, Черниговского района было выявлено, что содержание суммы ДДТ в 2020 г по сравнению с 2019 г. незначительно снизилось и составило 0,078 мг/кг, при максимальном 0,10 мг/кг. ОК суммы ГХЦГ по сравнению с 2019 г. сохранилось на прежнем уровне.

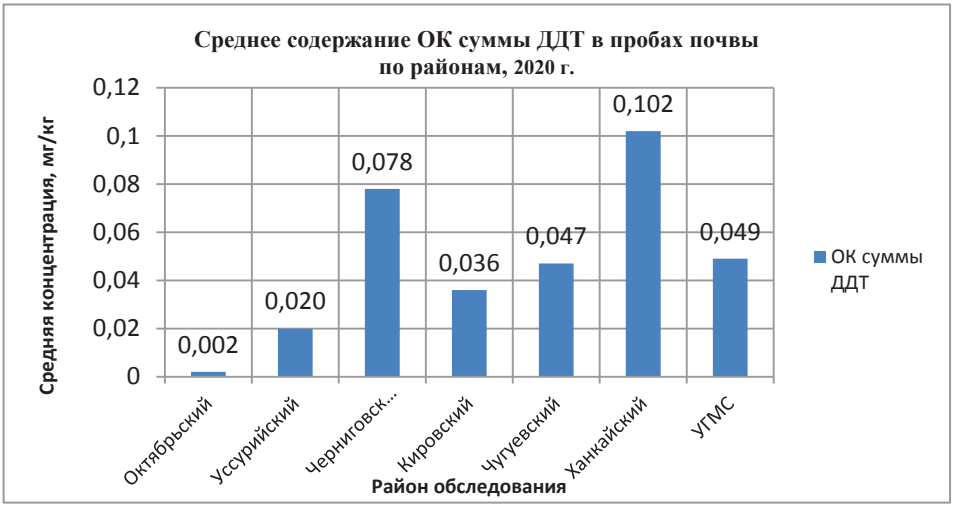


Рис. 3.30. Среднее содержание суммы ДДТ в почвах обследованной в 2020 г. территории районов Приморского края

Состояние участков, прилегающих к местам хранения пестицидов. В 2020 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 2020 г. было проведено обследование вокруг 9 складов неликвидных пестицидов в 8 субъектах Российской Федерации.

Как и в предыдущие годы, в 2020 г. продолжалось обследование состояния почвы ОПХ «Минское» *Костромской области*, прилегающей к заброшенным местам складирования пестицидов. Проб с превышением нормативов не было выявлено. Содержание суммарного ДДТ колебалось в пределах от нуля до максимального значения в 0,09 ПДК весной и 0,10 ПДК осенью, что незначительно выше значений предыдущего года. Максимальные уровни содержания суммарного ГХЦГ составляли 0,12 ПДК как весной, так и осенью. Максимальное содержание гербицида трифлуралина как в весенний, так и осенний периоды, не превышало 0,3 ОДК.

В *Удмуртской Республике* продолжилось обследование почв в местах складирования и захоронения пестицидов в с. Дебессы Дебесского района. В результате исследований в почвах были выявлены трифлуралин, 2,4-Д, а также ПХБ. Пестицид 2,4-Д находился в среднем на уровне 0,2 ОДК, с максимумом – 0,5 ПДК. Массовая доля ПХБ составила 0,02 мг/кг. Трефлан был отмечен в незначительном количестве, его максимальное содержание находилось на уровне десятой доли ОДК.

На территории, прилегающей к складу на землях Советского района Саратовской области, на расстояниях от 50 до 250 м от склада из тринадцати определяемых действующих веществ и метаболитов пестицидов были выявлены в следовых количествах ДДТ, ДДЭ, изомеры ГХЦГ, ГХБ, трефлан и симазин. Среднее содержание 2,4-Д составило 0,8 ПДК, максимальное – 0,9 ПДК было зафиксировано в 200 м от территории склада в западном направлении, среднее содержание далапона составило 0,6 ПДК, максимальное – 0,9 ПДК было отмечено в 200 м в северном направлении. Остальные пестициды не были выявлены.

В с. Новотулка Хворостянского района Самарской области весной проводилось обследование почвы вокруг склада пестицидов по четырем румбам на расстоянии от 50 до 450 м. На территории вокруг полигона превышений норм содержания пестицидов не было выявлено. Изомеры ГХЦГ, ГХБ, ДДТ, ДДЭ, трефлан, ТХАН и аглазин были отмечены в незначительных количествах. Среднее содержание метафоса составило 0,2 ПДК, максимальное – 0,8 ПДК (в 450 м в южном направлении), среднее содержание 2,4 –Д составило 0,6 ПДК, максимальное – 0,7 ПДК (в 250 и 350 м в восточном направлении), среднее содержание далапона составило 0,5 ПДК, максимальное – 1 ПДК (в 450 м в южном направлении), среднее содержание симазина было зафиксировано на уровне 0,5 ПДК, максимальное – 0,8 ПДК (450 м в южном направлении от полигона). Прометрин в отобранных пробах не был выявлен.

В Томском районе Томской области вокруг бывшего склада хранения пестицидов осенью обследовались почвы на участке в 3 га. В почвах был выявлен только суммарный ДДТ со средним содержанием 0,004 мг/кг и максимум на уровне 0,04 ПДК.

Были продолжены наблюдения за состоянием почв вблизи склада пестицидов в пос. Новостройка Кемеровской области. В почве были зарегистрирован ДДТ в количестве от 0,003 до 0,023 мг/кг. ГХЦГ был зарегистрирован в количестве 0,01 ПДК. Также был выявлен трефлан с максимумом - 0,02 ОДК. С 2017 г. наблюдается тенденция увеличения содержания ДДТ в почве этого участка.

В Иркутской области весной были обследованы участки, прилегающие к складам пестицидов в Ангарском и Усольском районах. В Ангарском районе было зафиксировано превышение суммарного ДДТ в концентрации до 0,122 мг/кг. Суммарный ГХЦГ был зафиксирован дважды с максимальным содержанием – 0,034 мг/кг. ГХБ и 2,4-Д в пробах не были выявлены.

На территории склада в Усольском районе загрязненных участков не было выявлено. Содержание суммарного ДДТ не превышало 0,22 ПДК (в 500 м к северу от склада). ГХЦГ был выявлен в 100 м в южном направлении в количестве 0,003 мг/кг. Максимальное значение ГХБ - 0,006 мг/кг было отмечено в непосредственной близости к складу в северном направлении. Гербицид 2,4-Д не был выявлен.

В Курганской области продолжилось наблюдение за содержанием пестицидов в почве поля, расположенного на расстоянии 10-200 м от захоронения ядохимикатов в Лебяжьевском районе. Из всех определяемых компонентов ни один не был выявлен в значимом количестве. Результаты обследования показывают, что захоронение ядохимикатов не оказывает негативного воздействия на окружающую среду и не представляет опасности для жителей близлежащего населенного пункта с. Хутора.

В 2020 г., также 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) по наиболее характерным для каждого водного объекта 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 речных бассейнов Калининградской области, в основном, связано с поступлением сточных вод промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Наиболее высокая загрязненность воды рек наблюдается в местах расположения промышленно развитых городов на р. Преголя – гг. Черняховск, Гвардейск, Калининград, на р. Неман – гг. Неман, Советск.

Вода р. Преголя в многолетнем плане характеризуется как «загрязненная». Качество воды участка реки, находящегося в промышленной зоне г. Калининград, в 2020 г. стабилизировалось на уровне «грязная». Характерными загрязняющими веществами являются нитритный азот, соединения железа, концентрации которых в 2020 г. не превышали 6 ПДК, органические вещества (по ХПК и $БПК_5$) – 49,0 и 4,80 мг/л соответственно. В летний период, вследствие нагонных явлений со стороны Калининградского залива, загрязненность воды реки возрастала, особенно в устьевой части, отмечалось увеличение в 2018-2020 гг. минерализации до 3729-4135 мг/л, сульфатов – 221-259 мг/л, хлоридов – 2127-2694 мг/л.

В целом качество воды р. Неман на протяжении ряда лет оценивается как «загрязненная». Загрязняющими веществами являются органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), нитритный азот, соединения железа, концентрации которых не превышают 2 ПДК.

Загрязненность воды трансграничных водотоков на территории Калининградской области р. Шешупе и рукава Мамоновка сохраняется на уровне «загрязненная». В 2020 гг. концентрации характерных загрязняющих веществ (органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), нитритный азот, соединения железа) воды этих рек варьировали в интервале 2-5 ПДК при среднегодовых значениях 1-3 ПДК.

Качество воды бассейна Невы сохраняется стабильным, вода большинства створов характеризуется как «загрязненная». Характерными загрязняющими веществами воды р. Нева и ее притоков являются соединения меди, цинка, железа, марганца, реже аммонийного и нитритного азота, концентрации которых находились ниже 8 ПДК, концентрации органических веществ (по $БПК_5$ и ХПК) составляли 0,30-3,76 и 18,8-44,8 мг/л соответственно. В 2020 г. критическими показателями загрязненности воды р. Ждановка являлись - соединения меди (23 ПДК), р. Мга – соединения железа (13 ПДК), р. Славянка – органические вещества (по $БПК_5$) (7,93 мг/л) и соединения марганца (15 ПДК); высокими показателями – в створах 1,4 км выше устья р. Нева, рук. Малая Невка – соединения цинка (10 ПДК), р. Ижора – нитритный азот (13 ПДК).

На протяжении десятилетий самым загрязненным притоком р. Нева, оцениваемым как «грязный», сохраняется **р. Охта** в створе г. Санкт-Петербург (рис. 3.31), где в 2020 г. были зарегистрированы 13 случаев высокого загрязнения воды соединениями марганца (до 31-48 ПДК).

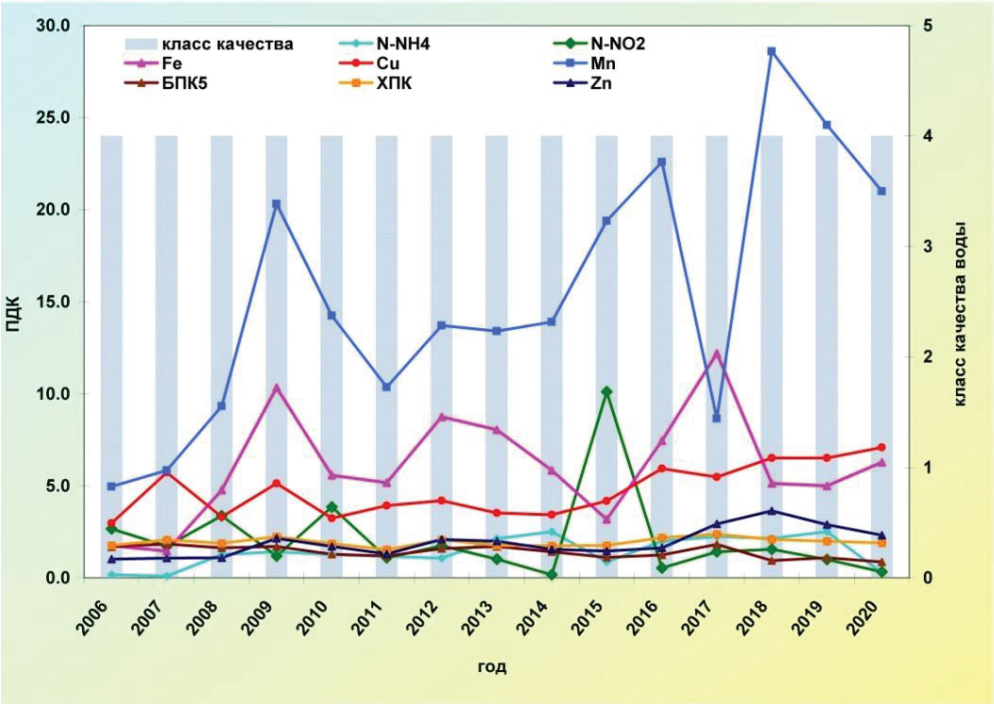


Рис. 3.31. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Охта, 0,05 км выше устья, в черте г. Санкт-Петербург

Основными источниками загрязнения водных объектов Волховского бассейна являются сточные воды промышленных, гидроэнергетических и коммунальных предприятий Новгородской и Ленинградской областей. Качество воды рек в многолетнем плане изменялось в диапазоне от «загрязненной» до «грязной». В целом в 2020 г. в бассейне превалировали «загрязненные» воды. Неудовлетворительное качество воды р. Волхов отмечается на всем протяжении от истока до устья и оценивается как «загрязненная». Среди притоков в 2020 г. наиболее загрязнены р. Большая Вишера выше п. Большая Вишера и р. Тигода, выше г. Любань, качество воды которых ухудшилось до «грязной». Среднегодовые концентрации характерных в целом для бассейна р. Волхов загрязняющих веществ: соединений железа, меди, марганца не превышали 6 ПДК, органических веществ (по ХПК) – 51,8 мг/л.

Поверхностные воды на территории Новгородской области отличаются повышенным содержанием органических веществ (по ХПК), концентрации которых на протяжении многих лет в створе ниже г. Кириши достигали критического уровня: 100-164 мг/л в 2013-2019 гг., 167 мг/л в 2020 г.

Малые реки Кольского полуострова. Характерными загрязняющими веществами воды малых рек Кольского полуострова на протяжении длительного ряда лет сохраняются соединения никеля, железа, меди, марганца, молибдена, ртути, алюминия, дитиофосфат крезиловый.

Наиболее негативное влияние на качество воды водных объектов Мурманской области оказывают сточные

воды горнодобывающей, горноперерабатывающей и металлургической промышленности: рр. Хауки-лампи-йоки, Колос-йоки – ОА «Кольская ГМК» комбинат «Печенганикель», р. Нюдуай – АО «Кольская ГМК» комбинат «Североникель», р. Белая и оз. Большой Вудъявр – АО «Апатит», рр. Можель и Ковдора – АО «Ковдорский ГОК», р. Сергевань – ООО «Ловозерский ГОК».

В 2020 г. вода рр. Колос-йоки, Хауки-лампи-йоки, Нюдуай Луоттн-йоки, Нама-йоки, Роста, Белая, Можель, Протоки без названия и оз. Большой Вудъявр характеризовалась как «грязная». Высокое содержание в воде руч. Варничный органических веществ (по $БПК_5$ и ХПК), нефтепродуктов, АСПАВ, аммонийного азота, фосфора фосфатов, а также соединений меди, железа, цинка, марганца и дефицит растворенного в воде кислорода обусловливают на протяжении последних двух десятилетий стабильно низкое качество ручья на уровне «экстремально грязная» вода.

В 2020 г. отмечалось незначительное ухудшение качества воды р. Хауки-лампи-йоки за счет роста среднегодового содержания аммонийного азота и соединений молибдена до 2 ПДК, нитритного азота и сульфатных ионов до 3 ПДК, соединений меди – 9 ПДК, никеля – 25 ПДК; незначительно при этом снизились концентрации соединений ртути и дитиофосфата крезилового в среднем до 2 и 4 ПДК; соединений цинка сохранились на уровне 2 ПДК (рис. 3.32). Качество воды оценивалось как «грязная».

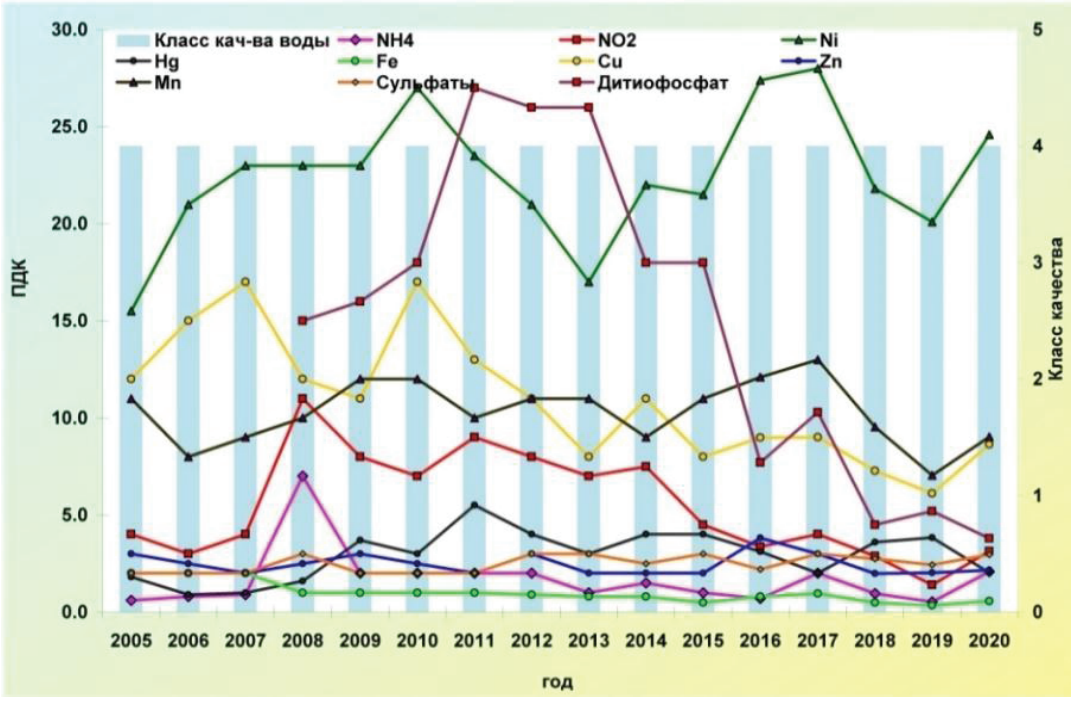


Рис. 3.32. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и качества воды р. Хауки-лампи-йоки, г. Заполярный в многолетнем плане

Река Нюдуай характеризуемая неудовлетворительным качеством воды (в 2017-2020 г. оцениваемая «грязной»), наиболее загрязнена соединениями никеля и меди, средние за год концентрации которых в 2020 г. увеличились до 54 и 84 ПДК (максимальные до 90 и 299 ПДК), также отмечен незначительный рост содержания в воде соединений ртути и марганца в среднем до 5 и 6 ПДК, сульфатных ионов до 9,5 ПДК. Наибольшее число случаев экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) (16) и высокого загрязнения (ВЗ) (19) отмечено в р. Нюдуай соединениями меди, никеля, ртути, сульфатами.

Состояние воды малых рек Кольского полуострова продолжает находиться в критическом состоянии. Загрязнение рек, испытывающих постоянную нагрузку сточными водами промышленных предприятий и жилищно-коммунального хозяйства при низкой способности к самоочищению в условиях Арктики, в течение ряда десятилетий носит хронический характер, что подтверждается неоднократно повторяющимися случаями высокого и экстремально высокого загрязнения воды, а также высоким средним уровнем содержания загрязняющих веществ в воде, накоплением их в донных отложениях водных объектов.

Бассейн р. Северная Двина. Вода верхнего течения р. Северная Двина загрязнена сточными водами предприятий гг. Великий Устюг, Красавино, Котлас, льяльными водами судов речного флота и водой притоков рр. Сухона и Вычегда. По качеству вода реки у г. Великий Устюг в 2020 г. улучшилась до «загрязненной», выше г. Красавино и в черте г. Котлас сохранилась на уровне «грязная»; ниже г. Красавино (Вологодская область) за период 2010-2019 гг. стабилизировалась на уровне «грязная», в 2020 г. улучшилась до «загрязненной» (рис. 3.33).

Среднее и нижнее течение, а также устье Северной Двины (Архангельская область) продолжают в многолетнем плане характеризоваться «загрязненной» водой.

Существенно не изменилась по сравнению с предыдущими годами загрязненность воды дельты Северной Двины (рук. Никольский, Мурманский, Корабельный, прот. Маймакса и Кузнечиха). Качество воды сохранилось как «загрязненная». Загрязненность воды реки на всех участках в среднем увеличилась органическими веществами (по ХПК) до 29,9-62,4 мг/л; снизилась соединениями алюминия до 1-2 ПДК, марганца до 5-8 ПДК, железа до 3,5-5 ПДК, меди до 2-3 ПДК (возрастая у г. Котлас и д. Телегово до 4 ПДК).

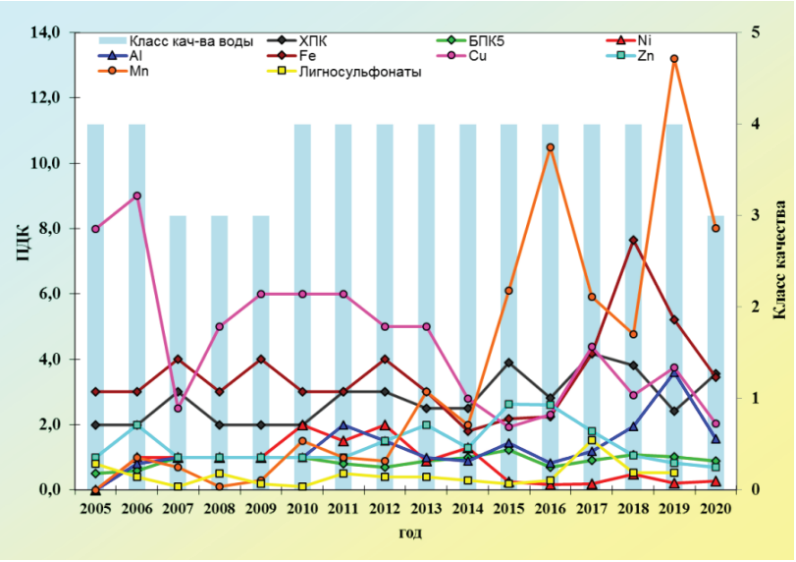


Рис. 3.33. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и качества воды р. Северная Двина, 3,5 км ниже г. Красавино в многолетнем плане

В августе 2020 г. наблюдались случаи нагонных явлений в протоках Кузнечиха (4 км выше устья) и Маймакса, сопровождающиеся проникновением морских вод в дельту реки; в этот период минерализация воды достигала 9,1 и 7,6 г/л, концентрации хлоридов - 5,0 и 4,2 г/л, ионов натрия - 2,5 и 2,1 г/л, сульфатов - 0,8 г/л соответственно. В это же время были отмечены случаи высокого загрязнения воды соединениями цинка: в прот. Кузнечиха (2 случая) - 10 и 11 ПДК, в прот. Маймакса (3 случая) - 17, 19 и 22 ПДК.

Вода р. Сухона (Вологодская область) – крупнейшего левобережного притока р. Северная Двина, загрязнённой льяльными водами судов речного флота, предприятий деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, жилищно-коммунального и сельского хозяйства, в 2020 г. выше и ниже г. Сокол улучшилась от «грязной» до «загрязненной», выше г. Тотьма ухудшилась до «грязной», в районе впадения р. Пельшма и ниже г. Тотьма как и в 2019 г. продолжала характеризоваться «загрязненной», в черте г. Великий Устюг - стабильно «грязной». Содержание в воде реки соединений меди в среднем составило 1,5-2 ПДК, органических веществ (по ХПК) 52,1-70,2 мг/л, соединений железа 2,5-5 ПДК, марганца 2-7 ПДК, метанола 1-2 ПДК (г. Сокол и район впадения р. Пельшма), соединений алюминия – 2 ПДК (район впадения р. Пельшма и в черте г. Великий Устюг).

Недостаточно очищенные сточные воды ПАО «Сокольский ЦБК» и МУП «Коммунальные системы» (г. Сокол) оказывают негативное влияние на формирование химического состава воды р. Пельшма. Вода р. Пельшма десятилетиями характеризуемая «экстремально грязной», в 2020 г. незначительно улучшилась до уровня «грязная» (рис. 3.34), за счет снижения в воде реки концентраций нефтепродуктов в среднем до уровня ПДК, органических веществ (по $БПК_5$) до 3,86 мг/л и соединений железа до 4 ПДК.

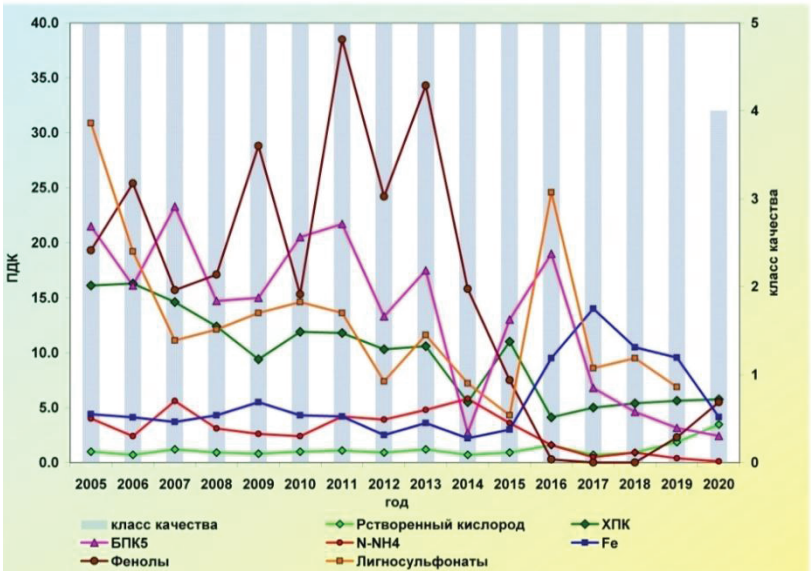


Рис. 3.34. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и качества воды р. Пельшма, г. Сокол в многолетнем плане

Критическими показателями загрязненности воды являлись растворенный в воде кислород (отмечалось снижение до 3,45 мг/л) и органические вещества (по ХПК) содержание которых в последние годы стабилизировалось на уровне 61,5-86,3 мг/л.

Вода р. Вычегда (Республика Коми) – правобережного притока р. Северная Двина, загрязняемого сточными водами АО «Монди Сыктывкарский ЛПК» и филиалом ОАО «Группа «Илим» в г. Коряжма, продолжала характеризоваться как «загрязненная» у

г. Сыктывкар и д. Гавриловка, а также у с. Межог, с. Малая Кужба и г. Коряжма. В 2020 г. загрязненность воды реки органическими веществами (по ХПК) по всему течению реки достигала 24,9-31,1 мг/л, несколько увеличилась (г. Сыктывкар и д. Гавриловка) и незначительно снизилась (г. Коряжма) соединениями железа до 5-7 ПДК, алюминия сохранилась на уровне 2 ПДК, меди и цинка варьировала от значений, не превышающих норматив до 2 ПДК, марганца несколько повысилась до 4,5-7 ПДК.

Бассейн р. Волга. Поверхностные воды бассейна р. Волга испытывают антропогенную нагрузку источников загрязнения 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. В течение многолетнего периода уровень загрязненности воды большинства водотоков бассейна р. Волга существенно не изменялся.

В 2011-2020 гг. вода Верхне-Волжских водохранилищ, за исключением отдельных створов, по качеству оценивалась как «загрязненная». На наиболее неблагоприятном участке Рыбинского водохранилища – ниже г. Череповец (Вологодская область), находящегося под влиянием сточных вод предприятий г. Череповец (ПАО «Северсталь», АО «Апатит», МУП «Водоканал»), вода изменялась от «грязной» в большую часть многолетнего периода (2010-2016 и 2019 гг.) до «загрязненной» в 2017-2018 и 2020 гг. Наиболее характерными загрязняющими веществами воды Верхне-Волжских водохранилищ были органические вещества (по ХПК), соединения железа, меди, в меньшей степени – цинка, фенолы, концентрации которых в 2017-2020 гг., не превышали среднегодовые 1-3 ПДК, максимальные – 10 ПДК, за исключением соединений меди, достигающих: в Иваньковском водохранилище в районе г. Тверь и д. Безбордово 26 и 11 ПДК; Угличском водохранилище в черте г. Кимры и г. Калязин 37 и 23 ПДК соответственно. На участке Рыбинского водохранилища ниже г. Череповец к выше перечисленным характерным загрязняющим веществам воды добавились соединения алюминия, концентрации которого, по сравнению с 2019 г. снизились по максимальным значениям до 2 ПДК, среднегодовым - до 1 ПДК.

Вода Чебоксарского водохранилища на протяжении многих лет варьировала от «загрязненной» в преобладающем числе створов наблюдений до «грязной» в отдельных створах. Наиболее часто как «грязная» оценивалась вода на участках водохранилища в черте и ниже г. Нижний Новгород, реже – выше и ниже г Кстово (2011-2015 гг.). В 2019-2020 гг. по сравнению 2015-2018 гг. качество воды ниже г. Нижний Новгород улучшилось от «грязной» до «загрязненной» возможно за счет снижения среднего уровня загрязненности воды соединениями меди до 1 ПДК, нитритным азотом до 2 ПДК и 1 ПДК соответственно в 2019 и 2020 гг. (рис. 3.35). Характерными загрязняющими веществами воды по акватории Чебоксарского водохранилища на территории Нижегородской области были соединения меди и органические вещества (по ХПК), реже – аммонийный азот, среднегодовые концентрации которых составляли 24,6-34,0 мг/л, 1-4 ПДК и 1-1,5 ПДК соответственно. На участке водоема в районе г. Чебоксары к вышеперечисленным загрязняющим веществам добавились нефтепродукты в концентрациях до 3-4 ПДК (в среднем 1-2 ПДК). В воде водохранилища выше и ниже г. Кстово эпизодически отмечались нефтепродукты в концентрациях до 24 и 10 ПДК соответственно. Под влиянием сточных вод Нижегородской станции аэрации в створе ниже г. Нижний Новгород по сравнению с фоновым створом возросло число случаев превышения ПДК нитритным азотом от 0 до 50% и соединений меди от 39%до 50%; максимальные концентрации которых достигали 4 ПДК. Единичные случаи загрязненности воды водоема метанолом в концентрациях, незначительно превышающих ПДК, были зафиксированы в створах выше и в черте г. Нижний Новгород, выше и ниже г. Кстово и ниже с. Безводное.

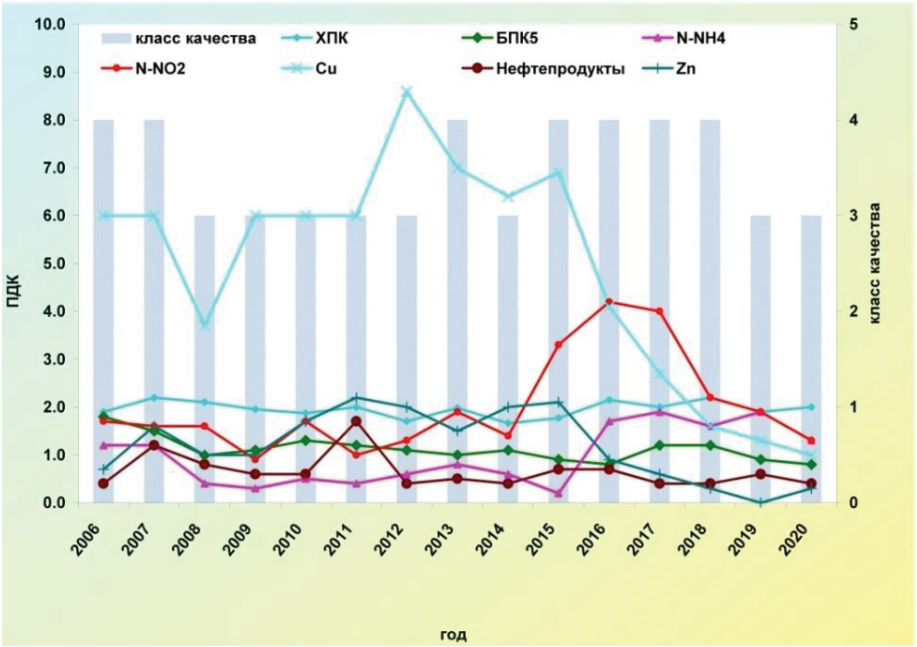


Рис. 3.35. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды Чебоксарского водохранилища, 4,2 км ниже г. Нижний Новгород за многолетний период

В течение многолетнего периода в Куйбышевском и Саратовском водохранилищах преобладали «загрязненные» воды. Наиболее неблагоприятная ситуация сохранилась на участке Куйбышевского водохранилища ниже г. Зеленодольск (Республика Татарстан), где в течение 2011-2020 гг. вода характеризовалась как «грязная» в результате более высокого, по сравнению с другими створами, уровня загрязненности воды нитритным азотом и соединениями цинка (до 9 ПДК, в среднем 2 и 3 ПДК соответственно). Характерными загрязняющими веществами Куйбышевского и Саратовского водохранилищ были органические вещества (по ХПК) и соединения меди, среднегодовое содержание которых в течение 2016-2020 гг. изменялось незначительно и в 2020 г. находилось в пределах 19,8-40,2 мг/л и 2-4 ПДК соответственно. На территории Республики Татарстан в Куйбышевском водохранилище фиксировалось повышенное содержание соединений марганца до 6-13 ПДК, алюминия до 5-9 ПДК, составляющее в среднем 1-3 ПДК.

В 2010-2020 гг. на территории Волгоградской области вода Волгоградского водохранилища в пунктах наблюдений – г. Камышин и г. Волжский и р. Волга у г. Волгоград стабильно оценивалась как «загрязненная»; на территории Саратовской области как «загрязненная» и «слабо загрязненная». Характерными загрязняющими веществами Волгоградского водохранилища и р. Волга у г. Волгоград являются органические вещества (по ХПК) и соединения меди, среднегодовые концентрации которых составили 21,4-43,9 мг/л и 2-3 ПДК, максимальные 33,4-50,0 мг/л и 3-6 ПДК соответственно. На территории Саратовской области (гг. Балаково, Вольск, Саратов, п. Ровное) к вышеперечисленным характерным загрязняющим веществам воды водоема добавились легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$), среднегодовые и максимальные концентрации которых находились в пределах 1,91-2,34 мг/л и 2,42-4,47 мг/л соответственно. В 2020 г. не было зарегистрировано ни одного случая высокого загрязнения воды нефтепродуктами; наиболее высокие значения максимальных концентраций 3-7 ПДК были зафиксированы у г. Камышин, г. Волжский и г. Волгоград – 3-6 ПДК.

В 2019-2020 гг. по сравнению с 2008-2018 гг. вода р. Волга ниже г. Астрахань улучшилось от «грязной» до «загрязненной» (рис. 3.36). В течение многолетнего периода среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в воде реки варьировали в пределах: нефтепродуктов от 2-4 ПДК в 2013-2015 гг. до 1,1-1,4 ПДК в 2006-2010 гг. и 2020 г.; соединений меди от 9 ПДК в 2005 г. с постепенным снижением до 3-4 ПДК в 2013-2019 гг. и 1,5 ПДК в 2020 г.; соединений цинка от 1-2 ПДК в 2006-2019 гг. до 4 ПДК в 2020 г. Среднегодовое содержание аммонийного азота в течение многолетнего периода было ниже ПДК, органических веществ (по $БПК_5$ и ХПК) незначительно превышало установленные нормативы. В отдельные годы единичные концентрации нитритного азота в воде реки превышали критерий ВЗ, в том числе и в 2020 г. (11 ПДК), наиболее высокие среднегодовые значения отмечались в 2011 и 2018 гг. – 2,5 ПДК, которые в 2019-2020 гг. снизились до значений ниже ПДК. В 2020 г. были зарегистрированы единичные случаи высокого загрязнения воды реки соединениями молибдена и кадмия до 3-4 ПДК.

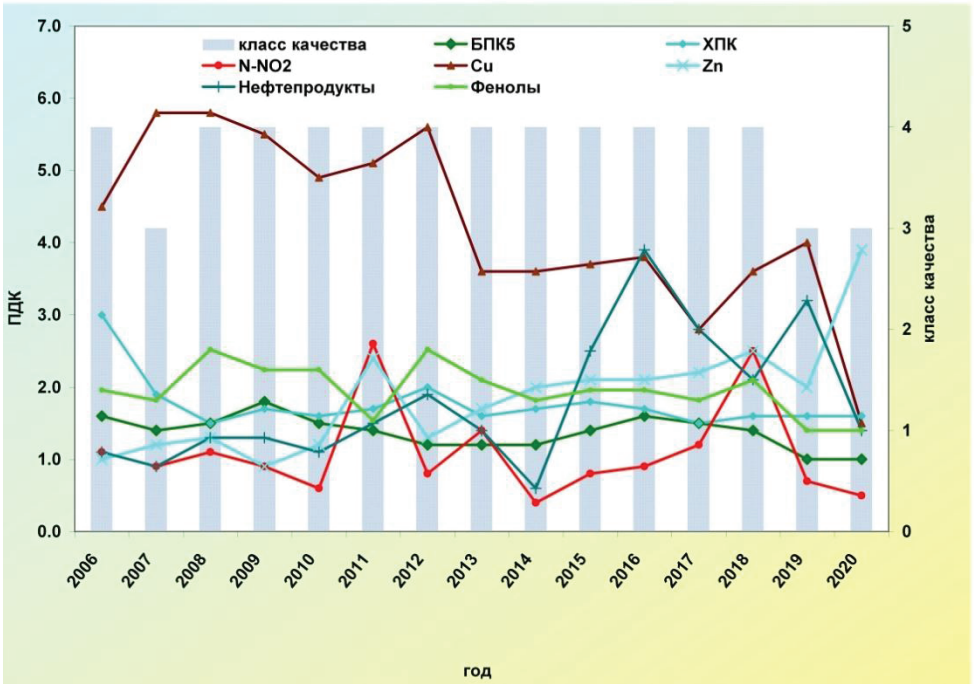


Рис. 3.36. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Волга, 5,5 км ниже г. Астрахань за многолетний период

В течение многолетнего периода в целом в р. Волга и ее водохранилищах в 91,4% створов вода оценивалась как «загрязненная». Число створов, вода которых характеризовалась как «грязная», снизилось от 14,9-20,2% в 2015-2018 гг. до 6,50 и 1,90 в 2019-2020 гг. соответственно. В 2020 г. к таким створам относились: Куйбышевское водохранилище в 2,5 км ниже г. Зеленодольск и протока Кигач (устье Волги) 1 км ниже с. Подчалык. Как «слабо загрязненная» характеризовалась вода в 6,7% створов: Чебоксарское водохранилище г. Васильсурск; Куйбышевское водохранилище с. Заовражные Каратаи; Волгоградское водохранилище г. Балаково (напротив устья р. Ревяка), г. Вольск (1,5 км выше пристани), г. Саратов (напротив с. Пристанное и 1 км выше п. Увек); п. Красный Текстильщик.

В 2020 г. вода притоков Волжских водохранилищ в 77% створов оценивалась как «загрязненная», 19,8% – как «грязная» (в 2019 г.- 23,7%). К «условно чистым» и «слабо загрязненным» относились: оз. Плещеево г. Переславль-Залесский: р. Нерехта ниже г. Нерехта; р. Большая Кокшага в черте г. Санчурск.

К наиболее загрязненным, оцениваемым как «грязные», притокам Верхне-Волжских водохранилищ относятся реки: на территории Московской области – Дубна, Сестра и Кунья; Вологодской области – Кошта; Ярославской области – Сить; Тверской области – Остречина и Гжать; Ивановской – Шача. В 2020 г. по сравнению с 2019 г. вода рек Лама, Ягорба и Андога улучшилась от «грязной» до «загрязненной». В 2020 г. в р. Дубна выше и ниже п. Вербилки в летний период были зарегистрированы дефицит растворенного в воде кислорода (2,29-2,36 мг/л) и случаи высокого загрязнения воды легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$) – 20,0 мг/л и органическими веществами (по ХПК) 156 мг/л. Критическими загрязняющими веществами воды р. Дубна были соединения цинка, максимальная и среднегодовая концентрациях которых соответственно составляли 9 и 4 ПДК. Случаи экстремально высокого загрязнения воды рек соединениями меди были зарегистрированы в водотоках на территории Московской области – рек Медведица и Кашинка, где максимальные значения достигали 80 и 76 ПДК, среднегодовые 14 и 9 ПДК соответственно. Основным источником загрязнения р. Кошта являются сточные воды предприятий г. Череповец (АО «Апатит», ПАО «Северсталь», МУП «Водоканал»). Критическими показателями загрязненности воды реки являлись соединения марганца, максимальная и среднегодовая концентрации соответственно составляли: 14 и 10 ПДК. Максимальная концентрация нитритного азота в воде р. Кошта приближалась к уровню ВЗ (9 ПДК), среднегодовая составляла 3 ПДК. Сохранилась хронической загрязненность воды реки соединениями алюминия, меди, цинка, железа до 5 ПДК (в среднем 2-3 ПДК). В 2020 г. не было зарегистрировано ни одного случая загрязненности воды хлорорганическими пестицидами в концентрациях выше ПДК. К критическим показателям загрязненности воды рек Чагодоща, Андога и Кема, протекающих по территории Вологодской области, в 2020 г. относились органические вещества (по ХПК), максимальные концентрации которых находились в пределах 90,0 - 92,1 мг/л.

В бассейне Чебоксарского водохранилища на уровне «грязная» стабилизировалась вода отдельных рек: Нижегородской области – Пыра, Кудьма ниже с. Ефимьево; Пензенской – Сура ниже г. Пенза; Республики Мордовия –Инсар и Нуя. По сравнению с 2015-2019 гг. снизилось качество воды рек Чувашской республики: р. Сура в черте с. Порецкое и р. Алатырь у г. Алатырь от «загрязненной» до «грязной». Реки Кудьма, Сундовик и Пьяна – правые притоки водохранилища, отличаются высокой минерализацией воды до 1067-1370 мг/л и повышенным содержанием на уровне критического сульфатных ионов до 556-746 мг/л. Высокое содержание в воде р. Пыра соединений железа и марганца соответственно до 26 и 29 ПДК (в среднем 19 и 10 ПДК) обусловлено природными факторами формирования химического состава воды. В 2020 г. до уровня 2017-2018 гг. снизилась загрязненность воды рр. Инсар и Нуя аммонийным и нитритным азотом: по максимальным значениям до 2-7 ПДК, среднегодовым до 1-4 ПДК. В 2020 г. в р. Алатырь ниже г. Алатырь и р. Сура в черте с. Порецкое в зимний период были зарегистрированы дефицит растворенного в воде кислорода (2,51-2,90 мг/л) и случай высокого загрязнения воды формальдегидом (4 ПДК).

Большинство притоков Куйбышевского и Саратовского водохранилищ относятся к рекам с сульфатно-магниевым составом воды и соответственно повышенной минерализацией, обусловленной природными условиями. Реки Карла, Казанка, Большой Черемшан, Съезжая, Большой Кинель выделяются среди остальных водотоков более высоким уровнем загрязненности воды соединениями марганца до 17-26 ПДК, в среднем 7-12 ПДК. В бассейнах Куйбышевского и Саратовского водохранилищ в 2020 г. по сравнению с 2019 г. число створов, где вода оценивалась как «грязная», увеличилось на 10% и составило 26,5% в результате возрастания уровня загрязненности воды отдельных рек по сравнению с предыдущими тремя-пятью годами. В 2020 г. как «грязные» характеризовались отдельные водотоки на территории Республики Татарстан – р. Казанка в черте г. Казань; Республики Марий Эл – рр. Малая Кокшага и Илеть; Ульяновской области – р. Свияга ниже г. Ульяновск, р. Сельда г. Ульяновск, р. Большой Черемшан выше п. Ново-Черемшанск и выше г. Димитровград; Самарской области – рр. Сургут, Съезжая и Чапаевка. В 2020 г. до уровня 2015 г. ухудшилось качество воды р. Падовая от «грязной» до «экстремально грязной». По сравнению с предыдущими годами число критических показателей загрязненности воды р. Падовая увеличилось от 2 до 5; к ним относились аммонийный и нитритный азот, соединения марганца, сульфаты и дефицит растворенного в воде кислорода. В летне-осенний период было зарегистрировано 4 случая ВЗ аммонийным азотом (13-45 ПДК) и 1 нитритным (11 ПДК); в мае-июне был зарегистрирован дефицит растворенного в воде кислорода (2,16-2,74 мг/л), октябре – острый дефицит (1,51 мг/л). В сентябре в р. Чапаевка ниже г. Чапаевск как в поверхностном, так и в придонном горизонте были зарегистрированы случаи ВЗ хлорорганическими пестицидами (α-ГХЦГ 0,040 мкг/л, γ-ГХЦГ 0,034 мкг /л) и 1 случай ВЗ формальдегидом 4 ПДК.

Бассейн р. Ока. В течение многолетнего периода вода верхнего течения р. Ока от г. Орел до г. Алексин оценивалась как «загрязненная», за исключением 2018-2019 гг., когда качество воды у г. Алексин снижалось до «грязной». На территории Московской области вода во всех створах наблюдений характеризовалась как «грязная», ниже по течению реки до устья вода варьировала от «загрязненной» до «грязной». В целом по реке число створов, характеризуемых «грязной» водой, изменялось по годам от 48,8-53,6% в 2015-2017 гг. до 21,4% в 2018-2019 гг. и 35,7% в 2020 г.

Характерными загрязняющими веществами воды реки являются: органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК) и соединения меди практически по всему течению реки; нитритный азот – в верхнем течении ниже городов Орел и Калуга, далее по течению – практически во всех створах; аммонийный азот – ниже гг. Калуга, Серпухов, Коломна, выше и ниже г. Рязань, выше и ниже г. Муром; соединения цинка – на территории Московской области. В 2020 г. были зафиксированы случаи высокого загрязнения воды: нитритным азотом ниже городов Коломна (15 и 34 ПДК) и Рязань (10 ПДК); аммонийным азотом ниже г. Коломна (11 ПДК). Единичные случаи загрязненности воды реки нефтепродуктами, в концентрациях превышающих

10 ПДК, были отмечены в мае выше и ниже г. Серпухов (19 и 22 ПДК соответственно) и феврале выше г. Дзержинск (15 ПДК). На территории Московской области сохраняется хроническая загрязненность воды реки соединениями цинка до 5-7 ПДК, в среднем 2-4 ПДК. Высокое, относительно других створов, 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 2019-2020 гг. по сравнению с 2014-2018 гг. наметилась тенденция снижения среднего уровня загрязненности воды нитритным азотом от 10-13 ПДК до 5-8 ПДК, аммонийным азотом от 7-10 ПДК до 2 ПДК. Обратная тенденция наблюдается в изменении уровня загрязненности воды соединениями цинка, содержание которых по сравнению с 2007-2015 гг. увеличилось от значений ниже ПДК до 3 ПДК (рис. 3.37).

В 2020 г. вода **притоков р. Ока** оценивалась: в 41,4% створов как «загрязненная», 48,8% – как «грязная», 4,1% - как «экстремально грязная», 5,7% – как «слабо загрязненная».

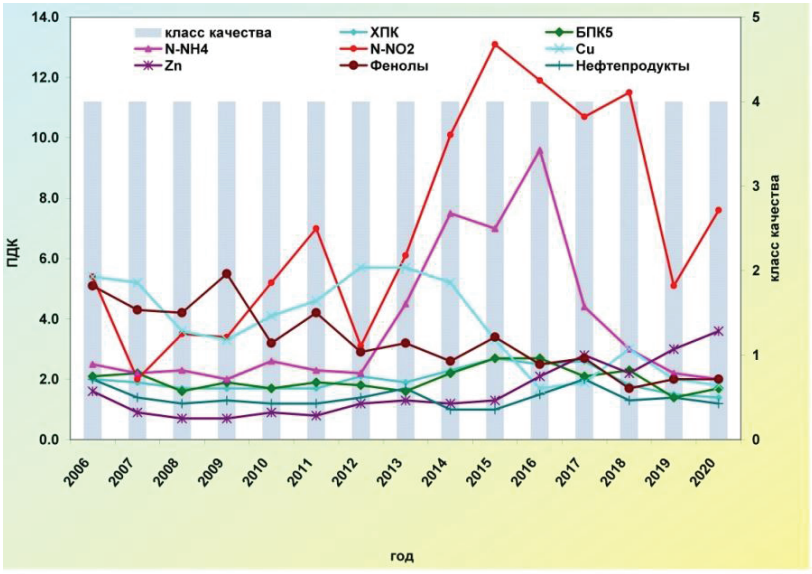


Рис. 3.37. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Ока ниже г. Коломна за многолетний период

В верхнем течении бассейна Оки к «грязным» относятся водные объекты Тульской области: рр. Упа, Воронка, Мышега и Шатское водохранилище. Критическими показателями загрязненности воды этих водных объектов являются: легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$) и нитритный азот, случаи высокого загрязнения воды которыми отмечались во всех створах наблюдений. Максимальные концентрации нитритного азота и легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$) достигали в створах: р. Упа 19 км ниже г. Тула 17 ПДК и 20,0 мг/л, р. Мышега в черте г. Алексин 10 ПДК и 39,0 мг/л, Шатское водохранилище 20 ПДК и 18,0 мг/л соответственно. Кроме вышеперечисленных загрязняющих веществ случаи ВЗ воды были зафиксированы: р. Упа – 1 случай формальдегидом (3 ПДК), р. Мышега – 4 случая формальдегидом (4-5 ПДК) и 2 органическими веществами (по ХПК 153 и 231 мг/л). В 2020 г. по сравнению с 2019 г. снизилось среднегодовое содержание органических веществ (по ХПК) в р. Упа до 11,4-17,6 мг/л, Шатском водохранилище до 25,0 мг/л, р. Мышега до 85,6 мг/л.

В течение 2011-2020 гг. сохранилось «грязным» качество воды рек Нара и Лопасня – левых притоков Оки, на территории Московской области, в которых содержание (максимальные концентрации) легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$) достигало (до 22,0 и 9,00 мг/л соответственно), соединений цинка (до 9 ПДК), нитритного и аммонийного азота (до 21 и 15 ПДК) и (до 21 и 7 ПДК).

Вода р. Москва изменялась от «загрязненной» в верхнем течении реки д. Барсуки – п. Ильинское до «грязной» на участке от г. Москва до устья. Средний уровень загрязненности воды участка реки от Бесединского моста МКАД до устья по сравнению с верхним течением реки увеличился: аммонийным и нитритным азотом в десятки раз до 5-8 ПДК и 12-15 ПДК соответственно, легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$) в 2-4 раза до 4,91-6,92 мг/л, органическими веществами (по ХПК) в 2 раза до 30,8-38,5 мг/л (рис. 3.38). Критическими показателями загрязненности воды р. Москва и ее притоков (рр. Закза, Пахра, Рожая), являлись аммонийный и нитритный азот, соединения цинка, легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$); р. Медвенка – соединения цинка и нитритный азот, р. Нерская – соединения железа; р. Яуза – нитритный азот, нефтепродукты, соединения меди и цинка, концентрации которых в течении 2020 г. неоднократно превышали критерии ВЗ.

В течение многолетнего периода вода притоков р. Ока на территории областей: Рязанской – р. Трубеж, р. Верда ниже г. Скопин, р. Пра, р. Бужа; Владимирской – р. Гусь ниже г. Гусь-Хрустальный оценивается как «грязная». В р. Верда ниже Скопинского промузла по сравнению с фоновым створом резко увеличилась до критического уровня загрязненность воды легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$) и нитритным азотом, максимальные концентрации которых составили 15,4 мг/л и 10 ПДК соответственно. Долины рек Пра и Бужа заболочены, в результате этого реки характеризуются высоким уровнем загрязненности воды, достигающим 44-48 ПДК соединениями железа и 113-124 мг/л органическими веществами (по ХПК). К критическим показателям загрязненности воды р. Гусь ниже г. Гусь-Хрустальный относятся аммонийный азот и

соединения железа, концентрации которых неоднократно превышали критерии ВЗ (до 46 ПДК). В 2018-2020 гг. по сравнению с предыдущим десятилетним периодом снизилось качество воды р. Цна ниже г. Тамбов от «загрязненной» до «грязной» в результате роста до критического уровня загрязненности воды соединениями марганца (до 20-25 ПДК, в среднем 10-13 ПДК), аммонийным и нитритным азотом (до 10 и 15 ПДК, в среднем 13,5 и 9 ПДК соответственно).

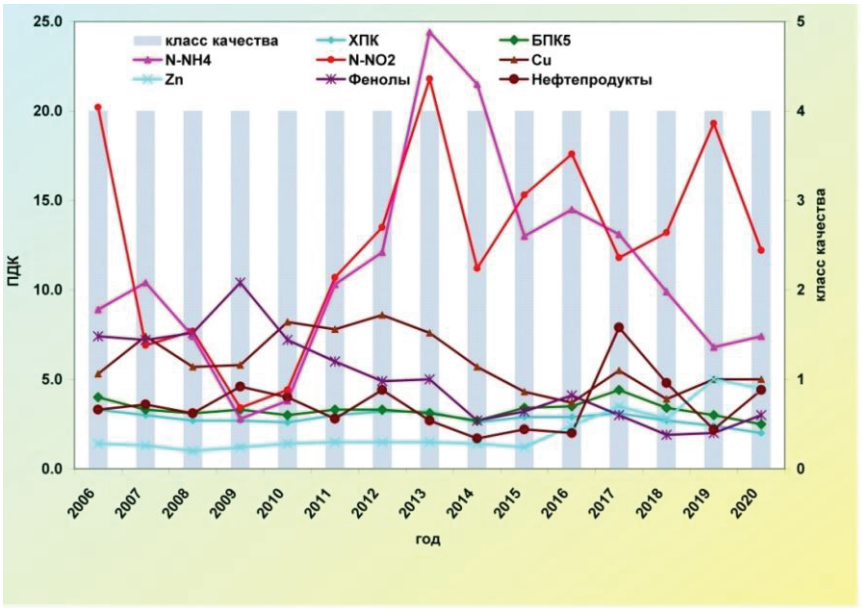


Рис. 3.38. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Москва, г. Москва выше Бесединского моста МКАД за многолетний период

Сточные воды очистных сооружений «Экоаэросталкер» г. Щелково являются основным источником загрязнения воды р. Клязьма. В течение многолетнего периода вода реки в створе 0,5 км ниже сброса сточных вод очистных сооружений изменялась от «грязной» (2011-2012 гг., 2015-2018 гг., 2020 гг.) до «экстремально грязной» (2013-2014 гг. и 2019 гг.). Критическими загрязняющими веществами были легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$), нитритный азот и соединения цинка. Во всех замыкающих створах пунктов наблюдений на территории Московской области были отмечены случаи ВЗ нитритным азотом. Наибольшее число случаев ВЗ было зарегистрировано ниже сбросов сточных вод ЗАО «Экоаэросталкер, из которых 3 нитритным азотом (11-15 ПДК) и 1 легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$ 18,0 мг/л). По сравнению с 2019 г. на этом участке реки снизилось содержание в воде аммонийного азота по среднегодовым значениям до 2 ПДК, максимальным до 5 ПДК; остальных загрязняющих веществ изменилось несущественно. Средний уровень загрязненности воды соединениями цинка снизился по течению реки от Московской до Владимирской области от 4-6 ПДК до 1-2 ПДК; максимальная концентрация достигла уровня ВЗ в воде реки выше г. Павловский Посад.

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 во Владимирской области, характеризующаяся «экстремально грязной» в 2016-2017 гг. и «грязной» в 2019 г. Критическими показателями загрязненности воды р. Воймега ниже г. Рошаль являются: аммонийный и нитритный азот, органические вещества (по ХПК и $БПК_5$), соединения железа; р. Ундолка – аммонийный азот, легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$), фенолы; содержание которых в течение года неоднократно превышало уровень ВЗ.

Большинство притоков р. Клязьма характеризуются низким качеством воды как «грязные». В течение 2011-2020 гг. вода р. Воймега ниже г. Рошаль оценивалась как «экстремально грязная». В 2020 г. было зафиксировано 22 случая высокого загрязнения воды, из них 7 аммонийным азотом (11-34 ПДК), 1 нитритным азотом (11 ПДК), 8 легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$ - 10,0-37,0 мг/л) и 1 случай дефицита растворенного в воде кислорода в июне месяце (2,10 мг/л). Критического уровня загрязненности воды достигали в р. Постна – аммонийный азот; р. Пекша – аммонийный азот, легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$), соединения меди.

Бассейн р. Кама. Основными источниками загрязнения поверхностных вод являются сточные воды предприятий Соликамско-Березниковского промышленного района, бывшего Кизеловского угольного бассейна, предприятий г. Пермь, районов Чусовского, Лысьвенского, Краснокамского, Чайковского. К потенциальным источникам загрязнения водоемов и водотоков относятся полигоны твердых бытовых и промышленных отходов, животноводческие комплексы, площадки промышленных предприятий, территории населенных пунктов, недостаточная мощность очистных сооружений и их неэффективное использование.

Наблюдения за качеством воды р. Кама, ее водохранилищ и рек ее бассейна свидетельствуют: существенных изменений в химическом составе воды в многолетнем плане не произошло. По-прежнему к наиболее распространенным загрязняющим веществам воды р. Кама и рек ее бассейна относятся соединения марганца, меди, железа, органические вещества (по ХПК), повторяемость превышения ПДК которыми в 2020 г. в целом по бассейну составляла 90%, 85%, 66%, 76%; несколько ре-

же, в среднем в 41% проб, наблюдалась загрязненность воды фенолами.

По всему течению вода р. Кама и каскада ее водохранилищ в многолетнем плане характеризуется как «загрязненная».

В 2017-2020 гг. наблюдалось незначительное улучшение качества воды **Нижнекамского водохранилища** в пункте д. Андреевка. Сохранилась повышенной загрязненность воды соединениями меди до 6 ПДК, соединениями марганца до 15 ПДК (рис. 3.39).

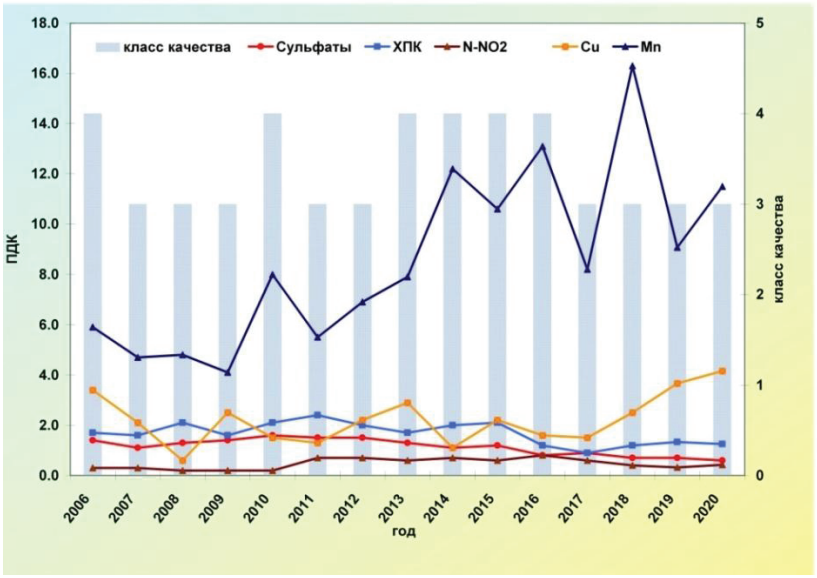


Рис. 3.39. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды Нижнекамского водохранилища в пункте д. Андреевка

Низким качеством как «грязная» продолжает характеризоваться вода притоков р. Кама рек **Косьва**, **Чусовая**, **Северушка**, **Иж**.

Качество воды **р. Косьва** на участке ниже г. Губаха формируется под влиянием самоизлива шахтных вод закрытых шахт Кизеловского угольного бассейна, определяется наличием фенолов, соединений железа, меди, марганца, аммонийного азота, органических веществ (по ХПК). В воде стабильно регистрируются случаи высокого и экстремально высокого загрязнения соединениями железа, в 2020 г. были зафиксированы один случай ЭВЗ (54 ПДК) и два случая ВЗ (31 ПДК).

К характерным загрязняющим веществам **р. Чусовая** многие годы относятся соединения железа, меди, цинка, марганца, шестивалентного хрома, нефтепродукты, реже сульфаты, фосфор фосфатов, органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), нитритный азот, фенолы и др., среднегодовые концентрации которых в течение 2020 г. варьировали от величин ниже 1 ПДК до 20 ПДК, органических веществ (по $БПК_5$) – 0,83-3,11 мг/л, по ХПК – 15,1-30,3 мг/л.

В течение ряда лет сохраняется «грязной» вода р. Чусовая на территории Свердловской области в районе г. Первоуральск (рис. 3.40). На участке реки 1,7 и 17 км ниже г. Первоуральск содержание соединений марганца в 2020 г. достигало высокого уровня загрязнения (до 30-41 ПДК), 8,5 км выше г. Первоуральск – экстремально высокого (71 ПДК).

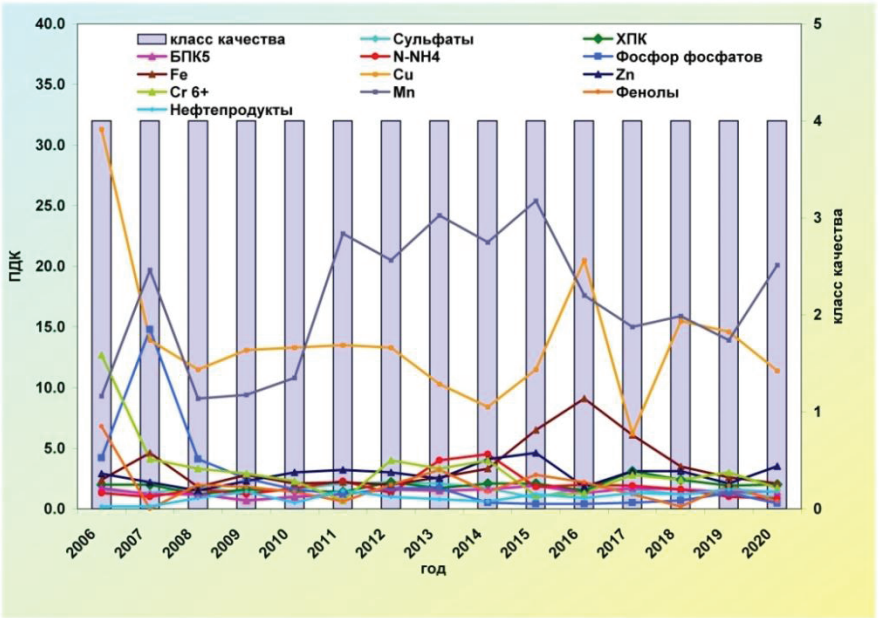


Рис. 3.40. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Чусовая, 1,7 км ниже г. Первоуральск

Вода устьевого участка **р. Северушка** хронически загрязнена органическими веществами (по ХПК и $БПК_5$), нитритным азотом, соединениями меди, железа, фенолами, нефтепродуктами, фторидами, среднегодовые концентрации которых не превышают 6 ПДК, органических веществ (по ХПК и $БПК_5$) – 28,5 и 3,33 мг/л соответственно. Сохраняется высокой загрязненность воды реки соединениями марганца, в 2020 г. было зафиксировано 2 случая экстремально высокого (65 и 104 ПДК) загрязнения воды, в среднем 28 ПДК. Взвешенные вещества присутствовали в воде в концентрациях, не превышающих 28 мг/л.

Несмотря на сокращение объема сбросов загрязняющих веществ со сточными водами Ижевского промышленного центра в воде р. **Иж** наблюдается повышенное содержание аммонийного и нитритного азота, соединений меди, железа, фосфора фосфатов, фенолов, среднегодовое содержание которых не превышает 7 ПДК, органических веществ по ХПК – 28,4 мг/л и по $БПК_5$ – 3,26 мг/л, максимальное изменяется в пределах 3-17 ПДК. В сентябре 2020 г. фиксировался случай высокого загрязнения воды реки нитритным азотом (15 ПДК).

Бассейн р. Белая. В 2018-2020 гг. в большинстве створов вода р. Белая по качеству характеризовалась как «загрязненная». Хронически «грязной» сохранилась вода в створах ниже г. Ишимбай и в районе г. Стерлитамак, где испытывает антропогенную нагрузку сточными водами предприятий химической, нефтедобывающей и пищевой промышленности, машиностроения и жилищно-коммунального хозяйства (рис. 3.41).

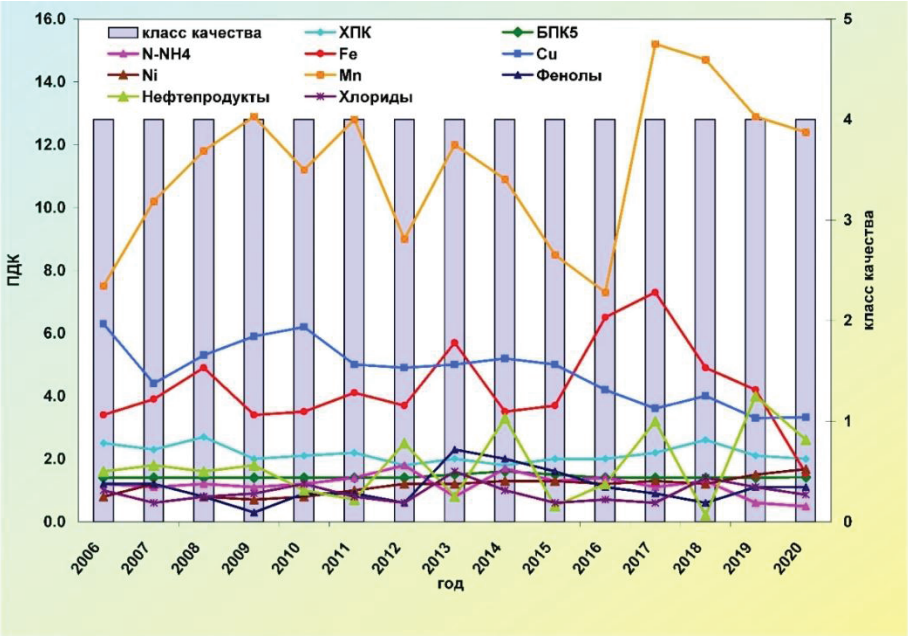


Рис. 3.41. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Белая, 10,5 км ниже г. Стерлитамак

Как и в предыдущие годы, в 2020 г., по всей длине реки в воде р. Белая наблюдалось повышенное содержание соединений марганца до 13-20 ПДК, на отдельных участках соединений меди до 7-13 ПДК, соединений железа до 5-7 ПДК, в отдельных пунктах органических веществ (по ХПК) до 41,3-49,5 мг/л, среднегодовое содержание которых для р. Белая в целом в 2020 г. составило 11, 4, 2, 1,1 ПДК соответственно.

На участках реки в районе гг. Белорецк, Стерлитамак, Уфа, р.п. Прибельский было зарегистрировано нарушение нормативных требований к содержанию в воде соединений никеля в 2-4 раза.

Среди притоков р. Белая превалируют створы, вода которых оценивается как «загрязненная». Стабильно «грязной» сохраняется вода **р. Уфалейка**, в створах 3 и 30 км ниже г. Верхний Уфалей и **р. Ай**, ниже г. Златоуст на территории Челябинской области. Наблюдается характерная загрязненность воды рек органическими веществами (по ХПК), соединениями железа, меди, цинка, марганца, реже нефтепродуктами, для р. Ай добавляются аммонийный и нитритный азот. Влияние месторождения никелевых руд, расположенного на водосборной площади, обусловило повышенную загрязненность воды р. Уфалейка соединениями никеля (до 2-3 ПДК). Практически ежегодно фиксируется критический уровень загрязненности этих рек соединениями марганца (до 19-48 ПДК), р. Ай - нитритным азотом в 2018-2019 гг. до 16-14 ПДК, в 2020 г. до 7 ПДК.

Река Вятка. В течение многолетнего периода вода р. Вятка и ее притоков оценивалась как «загрязненная». В 2020 г., как и в предыдущие годы, вода р. Шошма ниже с. Большие Лызи и в устье р. Хлыновка характеризовалась как «грязная». Характерными загрязняющими веществами поверхностных вод бассейна Вятки были органические вещества (по ХПК), соединения железа и меди; для рр. Шошма и Хлыновка добавлялся нитритный азот Максимальные концентрации загрязняющих веществ, как в самой Вятке, так и в ее притоках, как правило, находились в пределах 2-4 ПДК, за исключением соединений железа в верхнем течении р. Вятка, рек Кобра и Чепца (13-15 ПДК) и соединений меди в реках Лоза и Адамка (13 и 17 ПДК соответственно).

Сточные воды жилищно-коммунальных предприятий Республики Татарстан обуславливают низкое качество воды рек Степной Зай и Зай, которое в большую часть многолетнего периода соответствовало категории «грязная». Критическими показателями загрязненности воды был нитритный азот, содержание которого в течение 2020 г. неоднократно превышало критерий ВЗ (12-17 ПДК).

Бассейн р. Дон. В многолетнем плане вода р. Дон колеблется от «слабо загрязненной», в 2019 г. – «условно чистой» до «грязной». В 2020 г. в большинстве створов (80,5%) качество воды р. Дон не изменилось. Тенденция незначительного улучшения наблюдалась в створе пгт Нижний Чир Цимлянского водохранилища.

Ухудшение качества воды реки отмечалось на участке г. Данков – г. Лебедянь, где возросло количество загрязняющих веществ от 1-4 до 5-7 из 13, используемых в комплексной оценке. Вода по качеству перешла из «условно чистой» и «слабо загрязненной» в «загрязненную». Несколько снизилось качество воды реки у станицы Раздорская и Цимлянского водохранилища у с. Ложки и х. Красноярский до уровня «грязная».

Наиболее загрязненной в многолетнем плане и оцениваемой как «грязная» сохранилась вода р. Дон в верхнем течении в створах г. Донской (ЦФО) и в нижнем течении на участке г. Ростов-на-Дону – г. Азов (ЮФО).

Случаи высокого загрязнения (ВЗ) были зафиксированы: нитритным азотом (10 ПДК); органическими веществами (по $БПК_5$) 11,0-12,0 мг/л – выше и ниже г. Донской, причиной которых являлся сброс сточных вод ООО «Новомосковский городской водоканал».

Вода р. Дон ниже г. Данков, створах г. Задонск и на участке г. Воронеж – с. Новая Калитва, как в предыдущие годы, соответственно оценивалась как «слабо загрязненная» и «загрязненная».

Для большинства створов верхнего течения р. Дон характерна загрязненность воды органическими веществами (по $БПК_5$ и ХПК), соединениями меди, в отдельных створах к ним добавлялся нитритный азот. Среднегодовые концентрации колебались в пределах 1-3 ПДК, органических веществ (по $БПК_5$ и ХПК) 2,02-4,06 и 18,7-29,4 мг/л.

Вода среднего течения р. Дон (ст-ца Казанская – г. Калач-на-Дону) в многолетнем плане характеризуется как «загрязненная». Для реки на этом участке характерна загрязненность соединениями железа, меди, сульфатами и органическими веществами (по $БПК_5$ и ХПК), среднегодовые концентрации которых колебались, в основном, в пределах 1-2 ПДК, соединений меди 3-4 ПДК, органических веществ (по $БПК_5$) 3,18-3,34 мг/л, органических веществ (по ХПК) 21,7-22,6 мг/л.

Нижнее течение р. Дон на участке г. Ростов-на-Дону – г. Азов стабильно оценивается «грязной» водой. В 2020 г. во всех створах реки на этом участке количество загрязняющих веществ мало изменилось и составило 8-11 из 13, учитываемых в комплексной оценке качества воды, из них к характерным относились нефтепродукты, сульфаты и органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), в створах ниже г. Ростов-на-Дону-ниже г. Азов к ним добавился нитритный азот, в черте г. Ростов-на-Дону – соединения меди. Среднегодовые концентрации изменились незначительно и колебались в пределах 2-3 ПДК, органических веществ (по $БПК_5$) 2,49-2,93 мг/л, органических веществ (по ХПК) 27,4-30,8 мг/л; максимальные не превышали 3-4,5 ПДК, за исключением нефтепродуктов – 11 ПДК (ниже х. Колузаево) и соединений меди – 9 ПДК (на уровне нового водозабора г. Ростов-на-Дону). Максимальное содержание органических веществ (по $БПК_5$ и ХПК) достигало 4,27-5,87 и 40,8-66,8 мг/л. Сохранилась устойчивой загрязненность воды соединениями меди на уровне 2-3 ПДК в створах выше и в черте г. Ростов-на-Дону ниже впадения р. Темерник при повторяемости случаев превышения ПДК 32-46% максимальная концентрация достигала 13 ПДК выше города.

В течение 2017-2020 гг. вода р. Дон ниже г. Ростов-на-Дону стабильно характеризуется как «грязная» (рис. 3.42).

Существенное негативное влияние на р. Дон оказывает р. Северский Донец (правосторонний приток), берущая начало в Белгородской области (ЦФО), протекающая по территории Украины и впадающая в р. Дон на территории Ростовской области (ЮФО).

Наименее загрязнена в многолетнем плане вода р. Северский Донец в верхнем течении у с. Беломестное. В 2020 г. на этом участке реки снизилось содержание нитритного азота до величин ниже ПДК в среднем. К характерным загрязняющим веществам относились соединения марганца, меди и органические вещества (по ХПК) среднегодовые концентрации которых составили 2-3 ПДК и 25,7 мг/л, максимальные 6-8 ПДК и 43,0 мг/л соответственно. Вода реки оценивалась как «загрязненная».

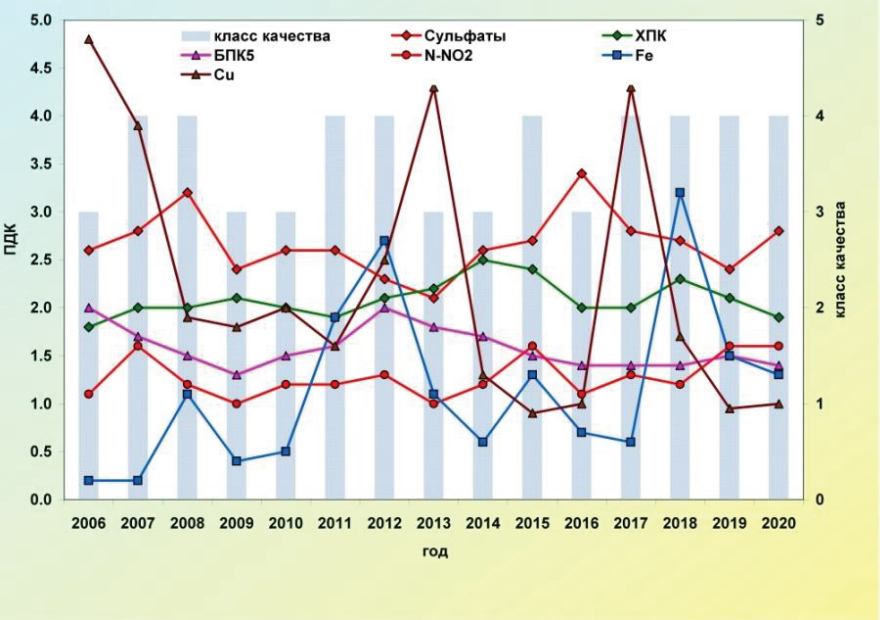


Рис. 3.42. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Дон, ниже г. Ростов-на-Дону за многолетний период

Вода Белгородского водохранилища в течение 2017-2020 гг. стабилизировалась на уровне «грязная». В 2020 г. наблюдался некоторый рост в воде обоих створов водохранилища среднегодовых концентраций нитритного азота, фосфатов до 7-13,5 ПДК и 2-3 ПДК и повторяемости случаев превышения ПДК до 83-100% и 58%. Увеличилось количество случаев ВЗ нитритным в створе 6 км ниже г. Белгород от 2 до 6 (11-34 ПДК). Причиной высокого уровня загрязненности воды водохранилища нитритным азотом являлся сброс сточных вод ГУП «Белоблводоканал».

Стабильно «грязной» характеризуется в течение многолетнего периода вода р. Северский Донец на территории Ростовской области. В 2020 г. наблюдался некоторый рост содержания в воде аммонийного азота у х. Поповка от величин ниже ПДК до 2 ПДК, нефтепродуктов выше г. Каменск-Шахтинский, г. Белая Калитва и в устье реки от 1 до 3 ПДК.

В 2020 г. для воды р. Северский Донец была характерна загрязненность: в верхнем течении у с. Беломестное - соединениями марганца, меди и органическими веществами (по ХПК); Белгородского водохранилища - органическими веществами (по $БПК_5$ и ХПК), аммонийным и нитритным азотом, соединениями меди, марганца и фосфатами; в нижнем течении (х. Поповка – устье) - органическими веществами (по $БПК_5$ и ХПК), нефтепродуктами, соединениями железа, магния и сульфатами, в отдельных створах аммонийным и нитритным азотом; среднегодовые концентрации которых колебались в пределах 1-5 ПДК, органических веществ (по $БПК_5$) 2,27-5,60 мг/л, органических веществ (по ХПК) 25,7-39,8 мг/л, за исключением нитритного азота в створах Белгородского водохранилища 7-13,5 ПДК. Критического уровня загрязненности воды достигала нитритным азотом в обоих створах Белгородского водохранилища, органическими веществами (по $БПК_5$) - 6 км ниже г. Белгород; сульфатами - в створах г. Белая Калитва и в устье р. Северский Донец.

Большинство притоков р. Северский Донец (р. Оскол, контрольные створы г. Старый Оскол; р. Болховец, г. Белгород; реки Большая Каменка, Глубокая, Калитва, Быстрая, Кундрючья) в течение многих лет характеризовались как «грязные».

В 2020 г. были зарегистрированы случаи ВЗ нитритным азотом (12-18 ПДК) - р. Оскол (г. Старый Оскол, пгт Волоконовка), (11 ПДК) - р. Осколец (гг. Губкин, Старый Оскол) и аммонийным азотом (12-21 ПДК) - р. Оскол (г. Старый Оскол), причиной которых являлся сброс сточных вод МУП «Старооскольский водоканал», Губкинский МУП «Водоканал», ОАО «Лебединский ГОК» и поступление загрязняющих веществ с площади водосбора.

Критического уровня достигала загрязненность воды р. Оскол в контрольных створах г. Старый Оскол органическими веществами (по $БПК_5$), аммонийным и нитритным азотом, ниже пгт Волоконовка - нитритным азотом, рек Большая Каменка, Глубокая, Калитва (г. Белая Калитва), Кундрючья - сульфатами, ниже г. Миллерово (р. Глубокая) к ним добавились соединения магния.

Бассейн р. Кубань. В 2020 г. ухудшилась вода р. Кубань ниже ст-цы Ладожская и в контрольных створах г. Краснодар от «загрязненной» до «грязной». В остальных створах на участке г. Невинномысск – г. Темрюк, как и в течение многолетнего периода, вода реки характеризовалась как «загрязненная».

На участке г. Невинномысск – г. Краснодар в большинстве створов увеличилось среднегодовое и максимальное содержание в воде реки фенолов до 2-5 и 6-14 ПДК, снизилось - соединений железа до 2-7 и 5-15 ПДК, в отдельных створах - соединений мели до 2 и 2-4 ПДК. Наиболее высокие концентрации были зарегистрированы: соединений железа в створах г. Кропоткин 18,5 и 20 ПДК, меди 6 и 6,5 ПДК - Краснодарском водохранилище и 30 км ниже г. Краснодар.

В 2020 г. в воде р. Кубань, 24,5 км ниже г. Краснодар увеличилось количество загрязняющих веществ от 7 до 11 из 13, учитываемых в комплексной оценке качества воды, и содержание в воде фенолов до 2 ПДК в среднем, коэффициент комплексности загрязненности воды до 39,7%. Увеличилось число случаев превышения ПДК соединениями меди до 100%, железа - 92%, нитритного азота - 83%. Качество воды снизилось до уровня «грязная» (рис. 3.43).

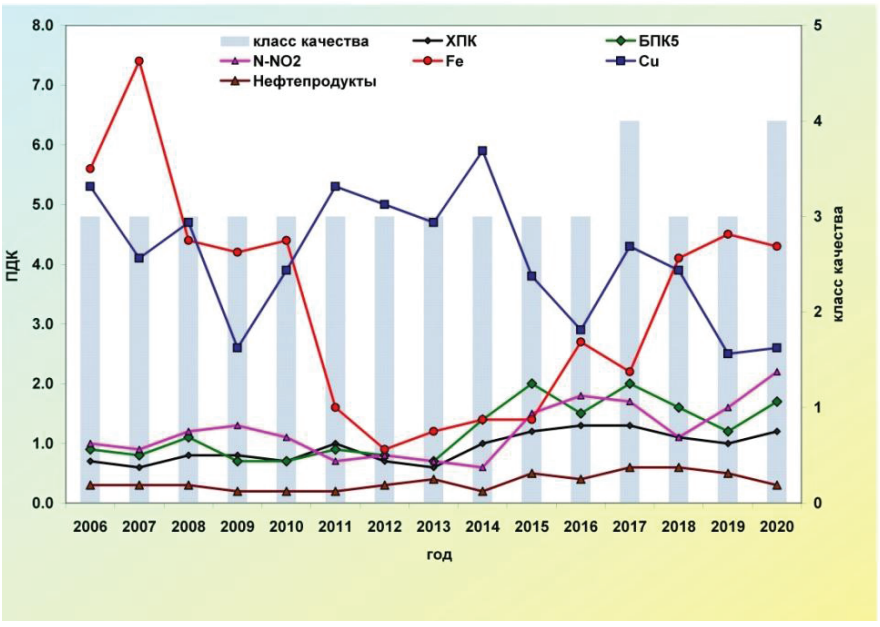


Рис. 3.43. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Кубань, 24,5 км ниже г. Краснодар за многолетний период

Для воды р. Кубань в верхнем и среднем течениях (г. Невинномысск – г. Краснодар) характерна загрязненность воды соединениями железа и меди, в отдельных створах к ним добавились органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), сульфаты, в контрольных створах г. Краснодар – нитритный азот, среднегодовые концентрации которых колебались в пределах 1-5 ПДК, соединений железа 2-7 ПДК, органических веществ (по $БПК_5$ и ХПК) 2,14-3,89 и 15,3-21,0 мг/л.

Наименее загрязненной в многолетнем плане оценивается устьевая часть р. Кубань, характеризуемая «загрязненной» водой. Среднегодовое содержание фенолов, соединений меди и органических веществ (по ХПК) в 1,5-2 раза превышало нормативы, остальных загрязняющих веществ было ниже или в пределах ПДК.

В 2020 г. вода большинства притоков р. Кубань оценивалась как «загрязненная», р. Лаба, выше г. Лабинск – как «слабо загрязненная». Ухудшение качества воды до уровня «грязная» наблюдалось р. Адагум выше и ниже г. Крымск, за счет снижения растворенного в воде кислорода до 2,49 и 2,38 мг/л; в створе ниже города увеличилось содержание соединений железа до 7 ПДК, меди – 4 ПДК в среднем. Незначительное ухудшение качества воды наблюдалось в реках: Лаба (х. Догужиев), Белая (ниже г. Майкоп), Пшеха (ниже г. Апшеронск), Пшиш (ниже г. Хадыженск, х. Фокин), Псекупс (выше г. Горячий Ключ), Афипс (ст-ца Смоленская), Абин (г. Абинск).

Для всех притоков р. Кубань характерной является загрязненность воды соединениями железа и меди, к которым в отдельных створах добавляются органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), в 2020 г. – фенолы.

Реки Крыма, впадающие в Черное море. В 2020 г. р. Биюк-Узенбаш и р. Кучук-Узенбаш продолжали характеризоваться «условно чистой» водой. Улучшилась вода р. Улу-Узень и р. Черная до уровня «условно чистая»; рр. Альма, Кача, Дерекойка выше г. Ялта до уровня «слабо загрязненная». Незначительно ухудшилась вода р. Бельбек у с. Фруктовое до уровня «загрязненная», р. Таракташ ниже г. Судак до уровня «грязная».

В 2020 г. снизилось среднегодовое и максимальное содержание соединений меди в воде р. Альма до 1,5 и 2 ПДК, р. Кача 1 и 2 ПДК, р. Дерекойка (ниже г. Ялта) 1 и 3 ПДК, органических веществ (по $БПК_5$) – р. Ускут до 1,37 и 2,29 мг/л, и увеличилось органических веществ (по ХПК) – р. Бельбек (с. Фруктовое) до 38,0 и 56,2 мг/л, сохранилось повышенным нитритного азота – р. Таракташ (ниже г. Судак) до 3 и 8 ПДК и р. Демерджи (г. Алушта) – 2 и 3,5 ПДК. В воде р. Ускут (с. Приветное) было зарегистрировано снижение растворенного в воде кислорода до 3,44 мг/л.

Для большинства рек, впадающих в Черное море, характерна загрязненность воды соединениями меди и органическими веществами (по ХПК), к которым в отдельных створах добавился нитритный азот и сульфаты.

В 2020 г. вода водохранилищ по качеству сохранилась на уровне 2019 г. и оценивалась как «условно чистая» - вдхр. Счатливое (с. Счастливое), «слабо загрязненная» – вдхр. Партизанское и вдхр. Чернореченское.

Реки Крыма, впадающие в Азовское море. В течение 2016-2019 гг. вода р. Салгир у с. Пионерское стабильно оценивалась как «слабо загрязненная»; р. Биюк-Карасу улучшилась от «загрязненной» до «слабо загрязненной; для этих рек характерно содержание в воде соединений меди на уровне 1-2 ПДК; р. Биюк-Карасу – органических веществ (по ХПК) – 28,8 мг/л. В результате снижения содержания нитритного азота от 4,5 до 2 ПДК в среднем, качество воды р. Салгир у с. Двуречье улучшилось от уровня «грязная» до уровня «загрязненная». Практически не изменилось и колебалось в пределах 2-3 ПДК содержание соединений меди, сульфатов и фосфатов, органических веществ (по $БПК_5$) 4,14 мг/л и органических веществ (по ХПК) 32,3 мг/л в среднем.

В 2020 г. наблюдался рост среднего уровня загрязненности воды нитритным азотом до 4 ПДК р. Салгир выше пгт ГРЭС и снижение соединениями меди до 1,5 ПДК р. Малый Салгир выше г. Симферополь.

Вода большинства створов, наблюдаемых рек Крыма, впадающих в Азовское море по-прежнему характеризовалась как «загрязненная».

В 2020 г. улучшилось качество воды водохранилищ: Симферопольского от уровня «слабо загрязненная» до «условно чистая», Феодосийского от «загрязненная» до «слабо загрязненная». «Условно чистой», как и в 2018-2019 гг., оценивалась вода Аянского водохранилища. Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ были, в основном, ниже ПДК, соединений меди в воде Симферопольского и Феодосийского водохранилищ и органических веществ (по $БПК_5$) в вдхр. Феодосийское незначительно превышали нормативы.

Бассейн р. Обь. Вода **р. Обь** в 2020 г. в 30% створов оценивалась как «загрязненная», в 70% створов – «грязная». В 2020 г. в верхнем течении **р. Обь**, на участке от с. Фоминское до г. Камень-на-Оби (Алтайский край) сохранялась вода, оцениваемая как «загрязненная». Характерными загрязняющими веществами для этого участка реки являлись нефтепродукты, соединения железа, реже фенолы, органические вещества (по $БПК_5$), и нитритный азот.

Как и в предыдущие годы, «грязной» оценивалась вода в среднем течении р. Обь и в Новосибирском водохранилище (в пределах Новосибирской области). Критического уровня загрязненности достигли соединения алюминия.

Качество воды в створах в пределах г. Колпашево, с. Дубровино, характеризовалось «загрязненной» водой. Характерными загрязняющими веществами среднего течения р. Обь являлись нефтепродукты, фенолы, соединения марганца, в отдельных створах соединения меди и цинка.

Вода р. Обь в районе с. Александровское (Томская область) и в нижнем течении (Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа) от г. Нижневартовск до г. Салехард – в большинстве створов с 2008 г. стабильно оценивалась как «грязная» (рис. 3.44).

Характерными загрязняющими веществами являлись соединения меди, цинка, марганца, железа, в некоторых створах добавлялись органические вещества (по ХПК и $БПК_5$), нефтепродукты, фенолы, алюминий, аммонийный азот.

Критического уровня загрязненности воды р. Обь в 2020 г. достигли: соединения марганца, железа, цинка и меди; в районе пгт Октябрьское, как и в предыдущие годы, наблюдался глубокий дефицит растворенного в воде кислорода, минимальное содержание которого снижалось до 1,40 мг/л. В 2020 г. в р. Обь были зарегистрированы случаи высокого загрязнения: 3 случая соединениями железа (34-39 ПДК), 5 случаев соединениями алюминия (12-20 ПДК).

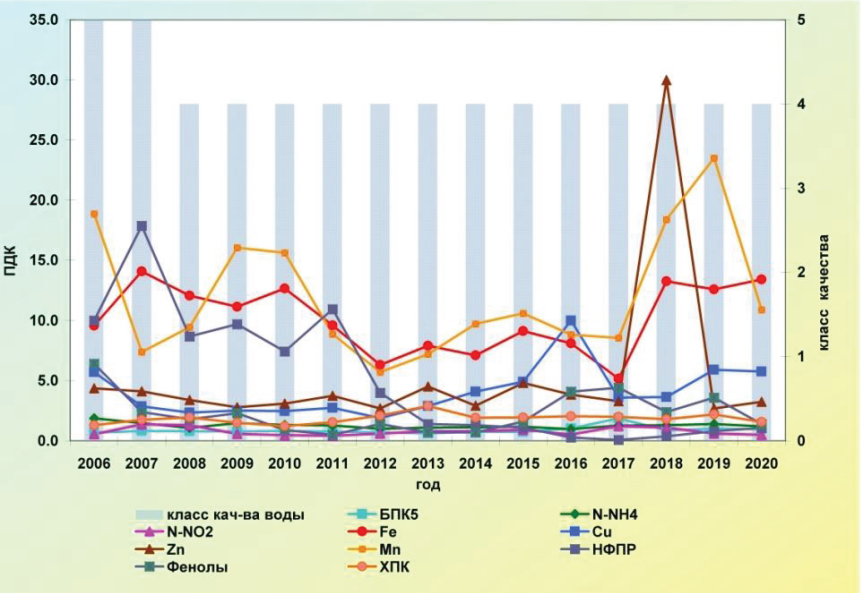


Рис. 3.44. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Обь ниже г. Салехард за многолетний период

Река Полуй - один из наиболее загрязненных притоков нижнего течения р. Обь, в подавляющем большинстве лет характеризовалась низким качеством воды, оцениваемой как «грязная». В 2020 г. среднегодовые концентрации характерных загрязняющих веществ составили: соединений железа - 19 ПДК, марганца - 12 ПДК, меди - 5 ПДК, цинка - 3 ПДК, аммонийного азота - 2 ПДК. Повторяемость случаев превышения ПДК загрязняющими веществами изменялась от 91% до 100%. В 2020 г. в р. Полуй были зарегистрированы случаи высокого загрязнения: 2 случая соединениями железа (37-39 ПДК), 2 случая соединениями марганца (33-38 ПДК).

На протяжении многолетнего периода продолжает сохраняться крайне низким качество воды **малых рек, протекающих в районе г. Новосибирск**. Вода рек Нижняя Ельцовка, Каменка, Камышенка, Тула, Ельцовка I и Ельцовка II в 2020 г. оценивалась как «грязная». Критического уровня загрязненности воды во всех реках попрежнему достигли соединения марганца, в отдельных реках нефтепродукты, соединения цинка, алюминия, железа, нитритный азот.

Одной из наиболее загрязненных малых рек является **р. Каменка** (рис. 3.45). Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в воде в 2020 г. составили: соединений меди - 7 ПДК, марганца - 32 ПДК, алюминия - 5 ПДК, железа - 4 ПДК, нитритного азота - 2 ПДК, соединений цинка, аммонийного азота, фенолов, нефтепродуктов - 3 ПДК. Критического уровня загрязненности воды достигли соединения марганца и алюминия. В 2020 г. в р. Каменка были зарегистрированы случаи высокого загрязнения: 1 случай соединениями алюминия (17 ПДК), 7 случаев соединениями марганца (33- 44 ПДК).

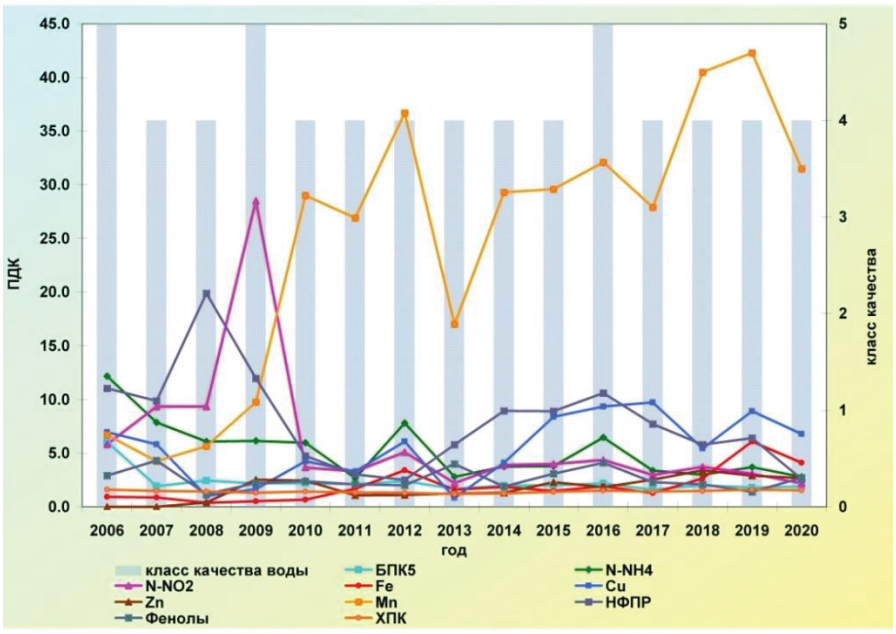


Рис. 3.45. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Каменка за многолетний период

В **р. Плющиха** в 2020 г. наблюдалась тенденция улучшения качества воды от «экстремально грязной» до «грязной». Сохранялся высокий уровень загрязненности воды реки соединениями марганца (среднегодовые концентрации - 60 ПДК), железа (11 ПДК), меди (6 ПДК) алюминия (9 ПДК), аммонийным азотом (2 ПДК). соединениями цинка, нитритным азотом и фенолами (3 ПДК). Повторяемость случаев превышения ПДК составляла 75-100%. В 2020 г. в р. Плющиха были зарегистрированы 8 случаев высокого загрязнения: 1 случай соединениями железа (37 ПДК), 2 случая соединениями марганца (31-45 ПДК), 4 случая соединениями алюминия (15-25 ПДК), 1 случай соединениями цинка (17 ПДК); 5 случаев экстремально высокого загрязнения соединениями марганца (57-71 ПДК).

Бассейн р. Иртыш. Ежегодно поступающая из Казахстана на территорию России вода р. **Иртыш** в районе с. Татарка оценивается как «загрязненная». В 2020 г. в створах г. Омск вода улучшилась и характеризовалось как «слабо загрязненная». Ниже по течению, на территории Омской области, вода р. Иртыш также характеризовалась как «загрязненная», за исключением створа, расположенного выше с. Карташево, где отмечалось улучшение качества воды по сравнению с 2019 г. от «загрязненной» до «слабо загрязненной». В пределах Омской области характерными загрязняющими веществами воды р. Иртыш явились соединения меди; в створах, расположенных выше и ниже г. Тара, в черте пгт Тевриз к ним добавились соединения марганца, фенолы, реже легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$).

В пределах Тюменской области в 2020 г. качество воды р. Иртыш улучшилось, вода оценивалась как «загрязненная». К характерным загрязняющим веществам относились: соединения меди, железа, органические вещества (по ХПК и $БПК_5$), в отдельных створах (ниже г. Тобольск, в черте с. Уват) к ним добавились фенолы.

На территории Ханты-Мансийского автономного округа вода р. Иртыш, как и в 2019 г. характеризовалась как «грязная». Критического уровня загрязненности достигли соединения железа, меди, цинка, марганца. В 2020 г. в р. Иртыш были зарегистрированы 2 случая высокого загрязнения: соединениями ртути – 3 ПДК, соединениями железа – 30 ПДК.

Продолжает сохраняться низким в многолетнем плане качество воды рек на территории Свердловской, Курганской, Тюменской и Челябинской областей, где наиболее загрязненными являются реки Исеть, Миасс и Пышма.

Вода **р. Исеть,** протекающая на территории Свердловской, Курганской и частично Тюменской областей, на протяжении длительного времени оценивается низким качеством как «грязная». В верхнем течении, в районе г. Екатеринбург (створ 7 км ниже города) на протяжении последних лет вода стабильно характеризовалась как «экстремально грязная» (рис. 3.46, а). Здесь же наблюдался дефицит растворенного в воде кислорода, минимальное содержание которого снижалось до 2,53 мг/л.

Ниже по течению, в створе в 19,1 км ниже г. Екатеринбург, качество воды в 2020 г. незначительно улучшилось до уровня «грязная» (рис. 3.46, б). В обоих створах критического уровня загрязненности воды достигли: нитритный азот, соединения марганца, фосфор фосфатов. Из 16, учтенных в комплексной оценке показателей качества, 14 являлись загрязняющими. Повторяемость случаев превышения ПДК составила 83-100%. В 2020 г. в р. Исеть были зарегистрированы 21 случай высокого загрязнения: 1 случай соединениями марганца (36 ПДК), 20 случаев нитритным азотом (10-40 ПДК); а также 1 случай экстремально высокого загрязнения соединениями марганца (97 ПДК).

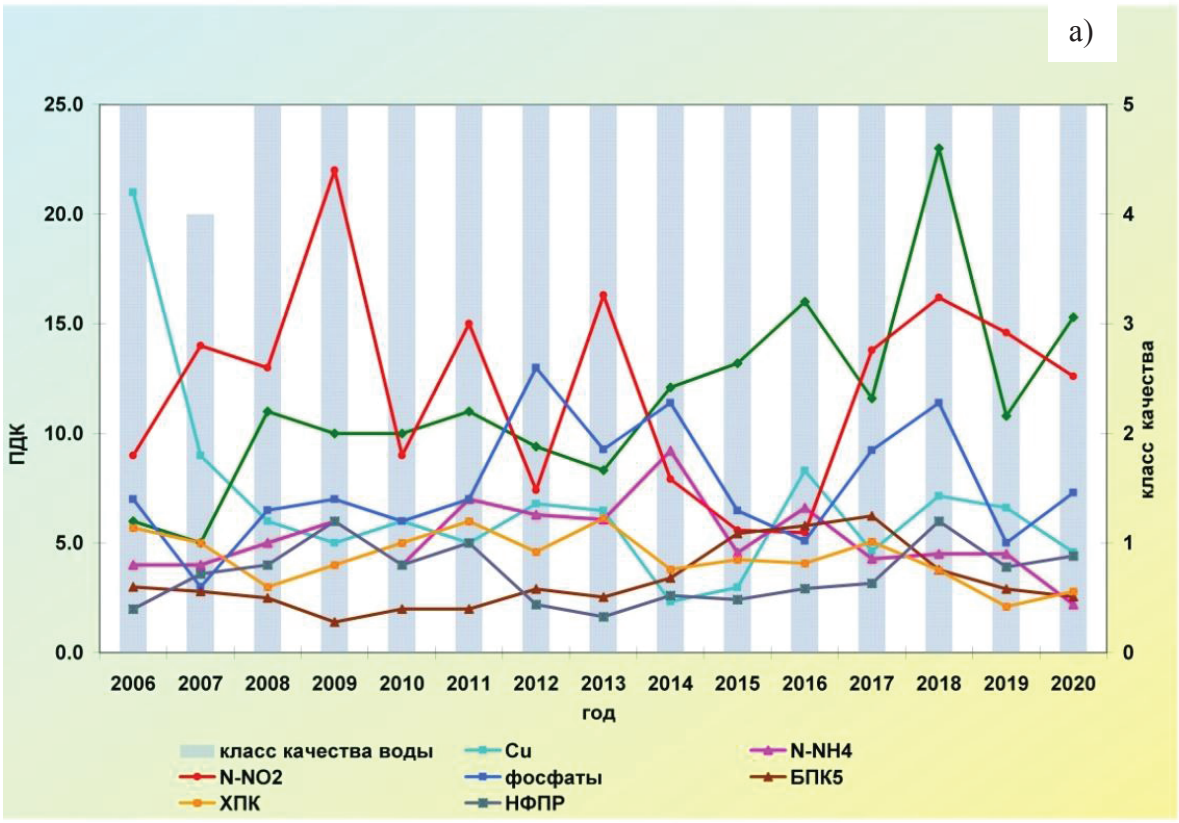


Рис. 3.46 (начало). Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Исеть а) 7 км ниже г. Екатеринбург, б) 19,1 км ниже г. Екатеринбург за многолетний период

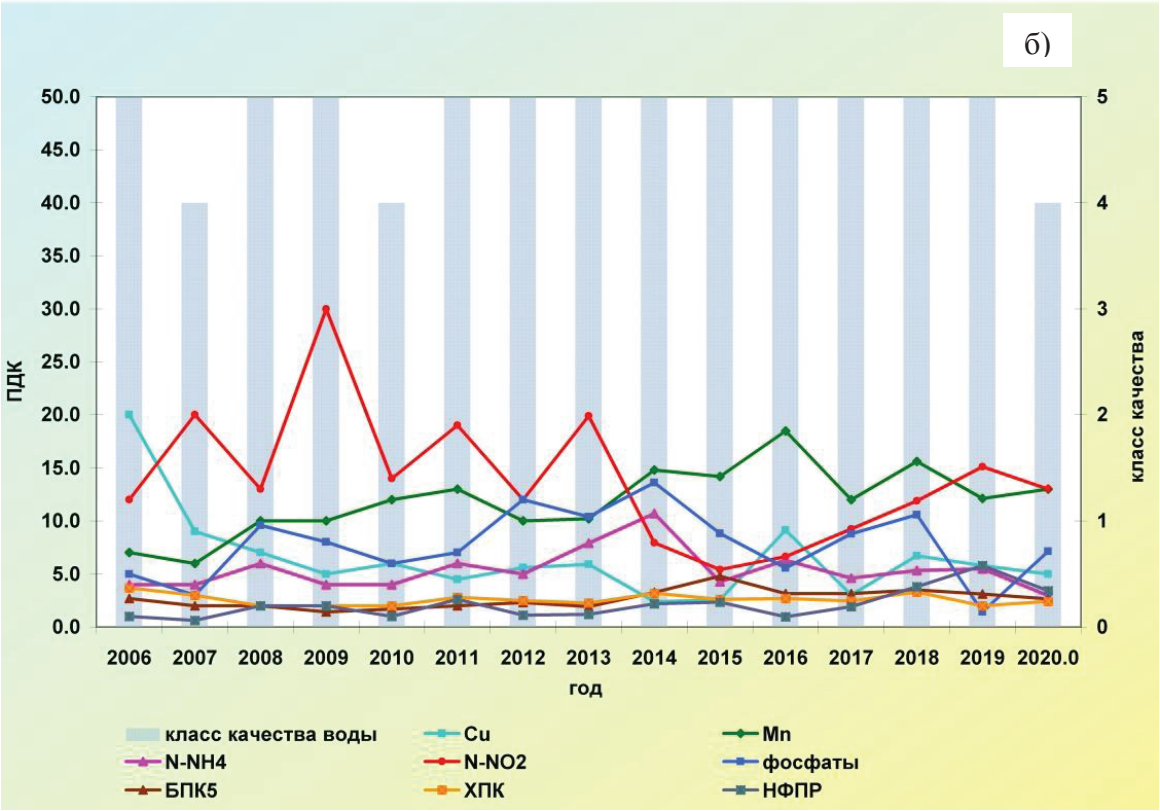


Рис. 3.46 (окончание). Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Исеть а) 7 км ниже г. Екатеринбург, б) 19,1 км ниже г. Екатеринбург за многолетний период

Вода **р. Миасс** в верхнем течении на территории Челябинской области в 2020 г. в большинстве створов оценивалось как «загрязненная». Характерными загрязняющими веществами являлись: соединения марганца, меди, цинка, реже органические вещества (по ХПК), нефтепродукты. Критического уровня загрязненности воды достигали в разных створах соединения марганца, меди, цинка, аммонийный азот, реже нефтепродукты. Повторяемость случаев превышения ПДК составила 58-100%.

В среднем течении реки в ряде створов (в 29 км ниже г. Миасс, в пределах Аргазинского водохранилища г. Карабаш) вода характеризовалась как «грязная». Критического уровня загрязненности воды в створе, расположенном 29 км ниже г. Миасс, достигли соединения меди, цинка, марганца; в пределах Аргазинского водохранилища (в 5,2 км от г. Карабаш) – нитритный азот.

На протяжении последних лет вода р. Миасс в нижнем течении оценивалась как «грязная»: в обоих створах ниже г. Челябинск (6,6 и 23 км ниже города) и р.п Каргаполье, где критическими показателями качества воды являлись фосфор фосфатов, соединения цинка, с повторяемостью случаев превышения ПДК 58-100%.

В 2020 г. в р. Миасс были зарегистрированы 3 случая высокого загрязнения нитритным азотом (16-27 ПДК).

Река Пышма, протекающая преимущественно по территории Свердловской области, в створе в 15 км выше г. Березовский на протяжении многолетнего периода характеризовалась «экстремально грязной» водой. Критическими загрязняющими веществами являлись нитритный азот, соединения марганца, меди, никеля. Из 16, учтенных в комплексной оценке показателей, 14 были загрязняющими, с повторяемостью случаев превышения ПДК 91-100 %. Здесь же наблюдался дефицит растворенного в воде кислорода, минимальное содержание которого снижалось до 2,80 мг/л.

В среднем течении реки вода большинства створов характеризовалась как «загрязненная», характерными загрязняющими веществами являлись соединения меди, марганца, органические вещества (по ХПК и $БПК_5$).

В створах 2,6 км ниже г. Березовский, выше и ниже г. Талица, с. Богандинское вода р. Пышма характеризовалась как «грязная». Критическими показателями являлись соединения марганца, в створе в 2,6 км ниже г. Березовский добавлялись нитритный азот и фосфор фосфатов.

В 2020 г. в р. Пышма были зарегистрированы 14 случаев высокого загрязнения: 5 - нитритным азотом (12-20 ПДК), 6 - соединениями марганца (37-49 ПДК), 3 - соединениями мышьяка (4-4,5 ПДК). Кроме того, фиксировались случаи экстремально высокого загрязнения: по 1 случаю соединениями марганца (244 ПДК) и нитритным азотом (62 ПДК) и 3 случая соединениями мышьяка (7-12 ПДК).

Бассейн р. Енисей. В 2020 г. вода **р. Енисей** на территории Республик Тыва, Хакасия и Красноярского края в 23% створов оценивалась как «слабо загрязненная», 69% створов - «загрязненная», в 8% створов – «грязная».

В нижнем течении р. Енисей, в районе с. Подтесово, в 1 км выше г. Дудинка вода реки характеризовалась как «грязная», критического уровня загрязненности достигли соединения цинка и нефтепродукты. Из 15, учтенных в комплексной оценке, 8-9 являлись загрязняющими, с повторяемостью случаев превышения ПДК 57-100 %.

В 2020 г. в р. Енисей были зарегистрированы 3 случая высокого загрязнения: соединениями кадмия - 3,7 ПДК, соединениями цинка – 19 ПДК, нефтепродуктами – 46 ПДК.

Среди **притоков р. Енисей** в 2020 г. низким качеством («грязная») характеризовалась в 2020 г. вода рек Нижняя Тунгуска (2,6 км ниже пос. Тура), Ирба (в черте д. Ирба), Кача, Илань (0,5 км ниже очистных сооружений г. Иланск), Рыбная (0,3 км ниже п. Громадск), Уярка, Бузим, Черная, Подкаменная Тунгуска (4 км выше д. П. Тунгуска), Тея (ниже п. Суворовский), Елогуй, Карабула, Решеты (2,5 км выше д. Каменка), Усолка, оз. Шира. Критического уровня загрязненности достигали соединения меди, цинка, реже нефтепродукты и соединения марганца.

Вода **р. Вихорева** в районе с. Кобляково в многолетнем плане оценивалась как «грязная». Критического уровня загрязненности воды достигал водорастворимый сульфатный лигнин. Характерными загрязняющими веществами являлись органические вещества (по ХПК и $БПК_5$), аммонийный азот, фенолы с повторяемостью случаев превышения ПДК 57-100%.

В многолетнем плане сохраняется хорошее качество воды **Братского и Усть-Илимского водохранилищ.** Вода **Братского** водохранилища в 2020 г. оценивалась как «условно чистая» в 69% створов, как «слабо загрязненная» в 31% створов. Качество воды **Усть-Илимского водохранилища** в 2020 г. оценивалось: «условно чистая» вода – 31%, «слабо загрязненная» - 31% створов, «загрязненная» - 7% створов.

Бассейн р. Пясина. Качество воды на территории Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района в 2020 г. сохранилось низким и оценивалось во всех створах как «грязная» вода, за исключением створа на р. Хараелах (ж/д Талнах, ниже пруда) - «загрязненная» вода. Критического уровня загрязнения достигали соединения марганца, никеля, реже нефтепродукты и соединения меди. В 2020 г. вбассейне р. Пясина были зарегистрированы случаи высокого загрязнения: 13 случаев соединениями никеля - 10-17 ПДК (рр. Далдыкан, Щучья, Талнах); 1 случай соединениями меди – 39 ПДК (р. Щучья); 2 случая нефтепродуктами – 32-35 ПДК (рр. Талнах, Норильская). Кроме того, было зафиксировано 4 случая экстремально высокого загрязнения нефтепродуктами – 99-129 ПДК (рр. Норильская, Амбарная, Щучья).

Бассейн р. Лена. Характерными загрязняющими веществами воды р. Лена и её бассейна на протяжении последних лет являются органические вещества (по ХПК), фенолы, в отдельных створах к ним добавляются соединения железа, меди, цинка, марганца, нефтепродукты и нитритный азот. Снизилось количество превышений ПДК соединениями цинка. Вода реки в створе ниже г. Якутск характеризуется как «загрязненная» (рис. 3.47).

В створе 2 км выше и 1 км ниже г. Киренск вода реки улучшилась от уровня «слабо загрязненная» до «условно чистая»; 1 км выше г. Олекминск от «грязная» до «загрязненная». В большинстве створов качество воды сохранилось на уровне 2019 г. Наиболее высокие концентрации загрязняющих веществ наблюдались в воде следующих водных объектов: фенолов (17 ПДК) – р. Лена – 1 км выше г. Олекминск; соединений цинка (9 ПДК) – р. Большой Патом, с. Патома; органических веществ (по ХПК) (94,0 мг/л) - р. Шестаковка, з.с. Камырдагыстах; соединений меди (12 ПДК) - р. Олекма, с. Куду-Кель; азота нитритного (5,3 ПДК) - р. Лена, 1,5 км ниже г. Олекминск; соединений железа (8,1 ПДК) - р. Лена, 0,5 км выше с. Жиганск. В р. Вилюй, 1 км выше с. Сюльдюкар в 2020 г. был зафиксирован 1 случай высокого уровня загрязнения органическими веществами (по ХПК) – 192 мг/л.

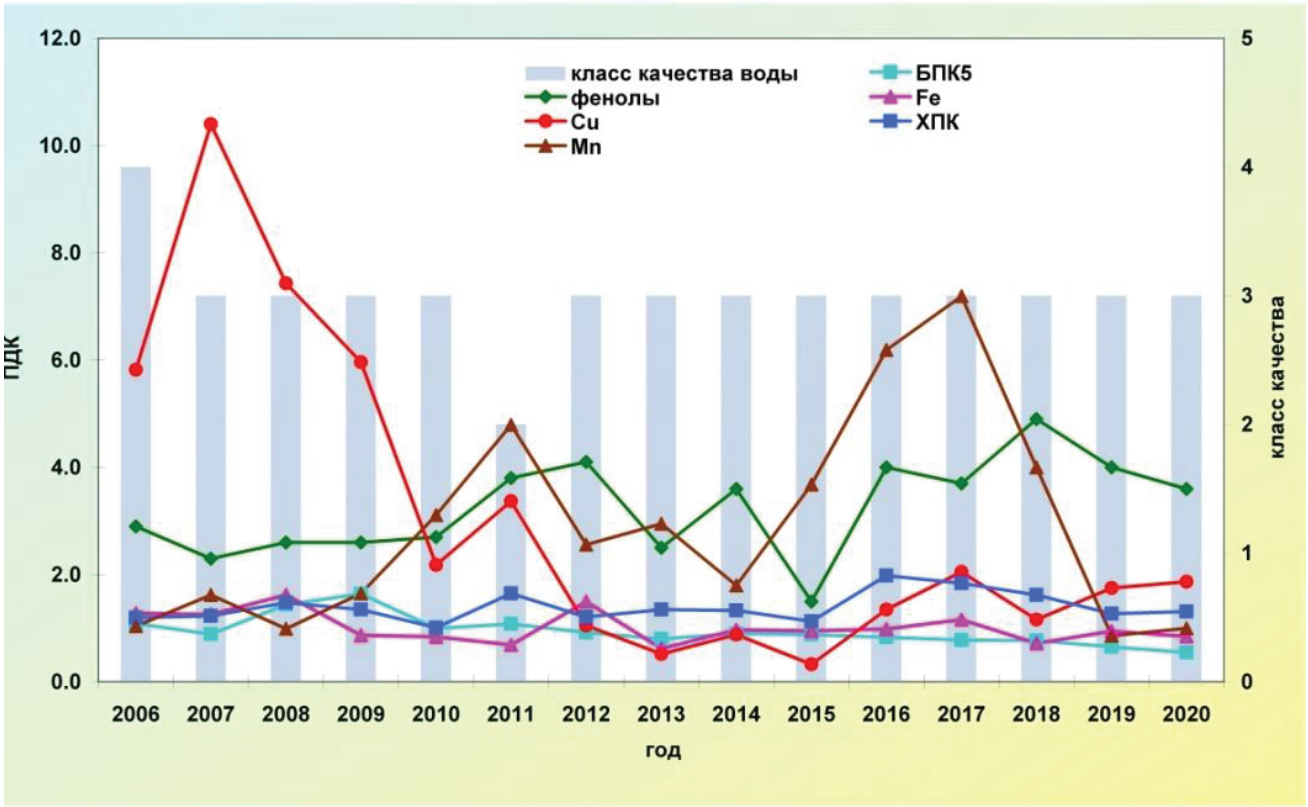


Рис. 3.47. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Лена, г. Якутск в многолетнем плане

Река Колыма. В 2020 г. вода бассейна р. Колыма по качеству варьировала от «загрязненной» до «грязной». Характерными загрязняющими веществами являлись соединения железа, меди и нефтепродукты, в отдельных пунктах контроля - соединения марганца и аммонийный азот, реже соединения цинка. В районе п. Усть-Среднекан вода р. Колыма характеризуется низким качеством и оценивается как «загрязненная» (рис. 3.48).

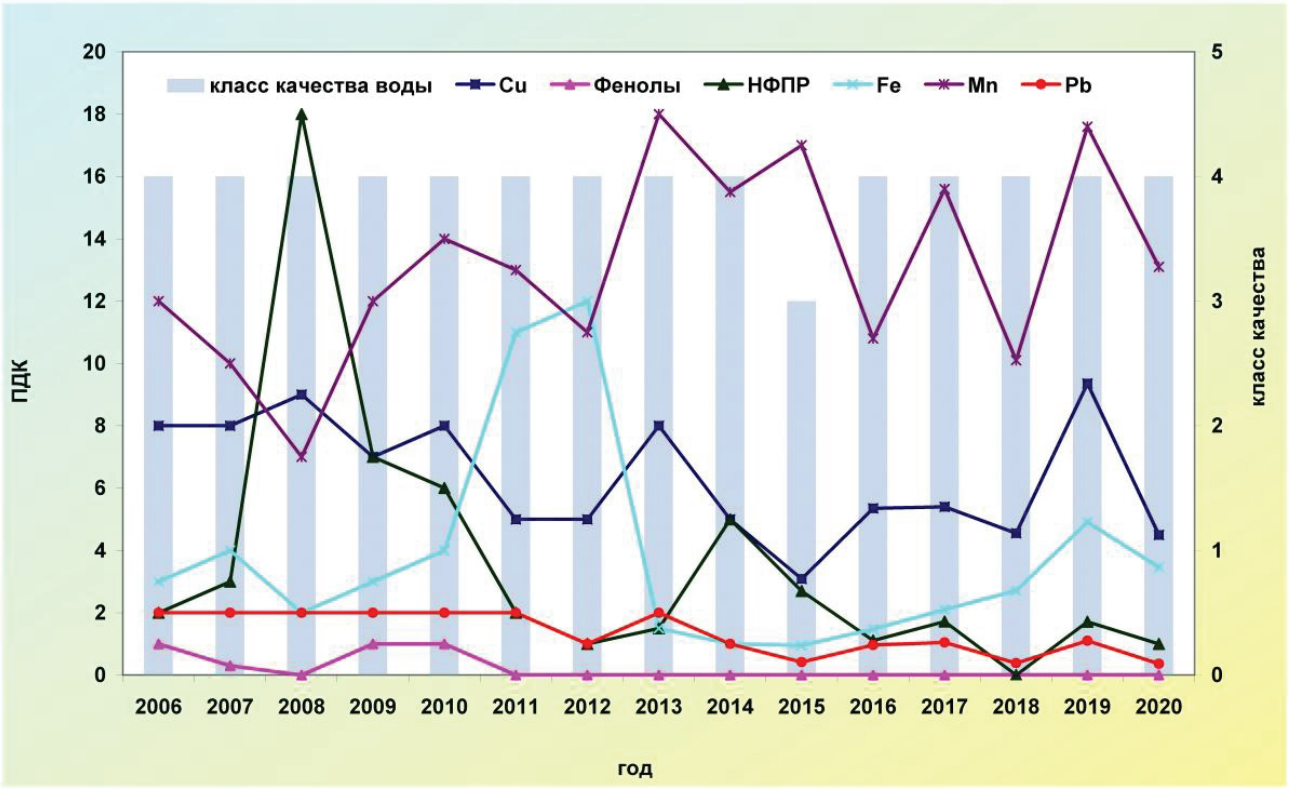


Рис. 3.48. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Колыма, п. Усть-Среднекан за многолетний период

В 2020 г. в бассейне р. Колыма были зафиксированы 7 случаев высокого уровня загрязнения воды: соединениями свинца выше 3 ПДК - водохранилище Колымское; 4 случая соединениями марганца выше 30 ПДК - р. Колыма (п. Усть-Среднекан), р. Дебин (в черте п. Ягодное), р. Оротукан (1,2 км выше п. Оротукан), р. Тенке (3 км ниже п. Нелькоба); соединениями меди выше 30 ПДК - р. Талок (0,5 км выше г. Сусуман); взвешенными веществами выше 200 мг/л - р. Омчикан (0,1 км ниже п. Осукчан). Три случая экстремально высокого загрязнения: р. Оротукан, (1,2 км выше п. Оротукан) соединениями марганца выше 50 ПДК (2 случая); р. Тенке (3,0 км ниже п. Нелькоба) соединениями свинца выше 5 ПДК.

Бассейн р. Амур. Всестороннее развитие производительных сил Дальневосточного региона, включая территорию бассейна р. Амур, определило наличие комплекса водохозяйственных и экологических проблем, связанных с освоением водосборов рек и водоемов, трансграничным характером использования на значительном протяжении воды таких крупных рек как Аргунь, Амур и Уссури, и, одновременно, необходимостью обеспечения населения качественной питьевой водой.

На химический состав поверхностных вод бассейна р. Амур в 2020 г. оказывали влияние своеобразные природные условия, наличие сложной системы проток, рукавов и водоемов, многообразие озер, наличие рудоносных и коллекторно-дренажных вод, своеобразные гидрометеорологические условия, водный режим водных объектов Дальневосточного региона и пр.

По-прежнему, как и в предыдущие годы, в водные объекты бассейна поступали «недостаточно очищенные» сточные воды жилищно-коммунальных хозяйств, принимающих в свои канализационные системы производственные сточные воды, железнодорожного и речного транспорта, золото- и рудодобывающих предприятий.

В 2020 г. к наиболее характерным загрязняющим водные объекты бассейна р. Амур веществам относились соединения марганца, железа, алюминия и меди. В многолетнем плане наблюдается устойчивая тенденция к снижению повторяемости случаев загрязненности воды большинства водных объектов соединениями марганца и меди.

В 2020 г. повторяемость случаев регистрации в поверхностных водах бассейна р. Амур в концентрациях выше ПДК соединений марганца и меди уменьшилась до 68 и 59%, железа и алюминия сохранилась высокой и достигла 82% и 81%.

Непосредственно в р. Амур повышенные концентрации в воде были зафиксированы соединениями железа в 88%, меди и алюминия в 71% и 75%, марганца в 54% отобранных проб воды.

В единичных створах некоторых водных объектов в 2020 г. были зарегистрированы в поверхностных водах бассейна р. Амур концентрации в воде соединений железа, цинка, меди, марганца на уровне высокого загрязнения. В отличие от 2019 г., в 2020 г. в р. Амур ни в одном створе не было зафиксировано случаев высокого загрязнения воды соединениями алюминия.

Высокие концентрации в воде ряда водных объектов бассейна р. Амур соединений железа, марганца, алюминия, в основном обусловлены природными факторами формирования химического состава поверхностных вод бассейна р. Амур и характерны в целом для поверхностных вод Дальневосточного региона.

Практически для всех поверхностных вод бассейна р. Амур в 2020 г. сохранилась, как и в предыдущие годы, характерной невысокая, но достаточно устойчивая загрязненность органическими веществами (по ХПК), отклонение от нормативных требований по которым были отмечены в 62% проб воды.

В настоящее временя можно утверждать о преобладании в бассейне положительной динамики улучшения качества поверхностных вод по большинству присутствующих в воде веществ.

Так, результаты анализа загрязненности поверхностных вод бассейна р. Амур в течение 1991-2010 гг. свидетельствовали о формировании в этот период тенденции улучшения качества воды р. Амур и наиболее крупных ее притоков. В следующем десятилетии с 2011 по 2020 гг. в целом в бассейне р. Амур наблюдалось постепенное снижение степени загрязненности комплексом присутствующих в них загрязняющих веществ и переход из категории «грязных» и «экстремально грязных» вод преимущественно в область «загрязненных» вод.

В 2020 г. вода р. Амур практически на всем протяжении в 94,4% створов оценивалась как «загрязненная». Пример тенденции многолетнего изменения загрязненности воды р. Амур в районе крупного промышленного центра г. Амурск различными химическими веществами представлен на рис. 3.49.

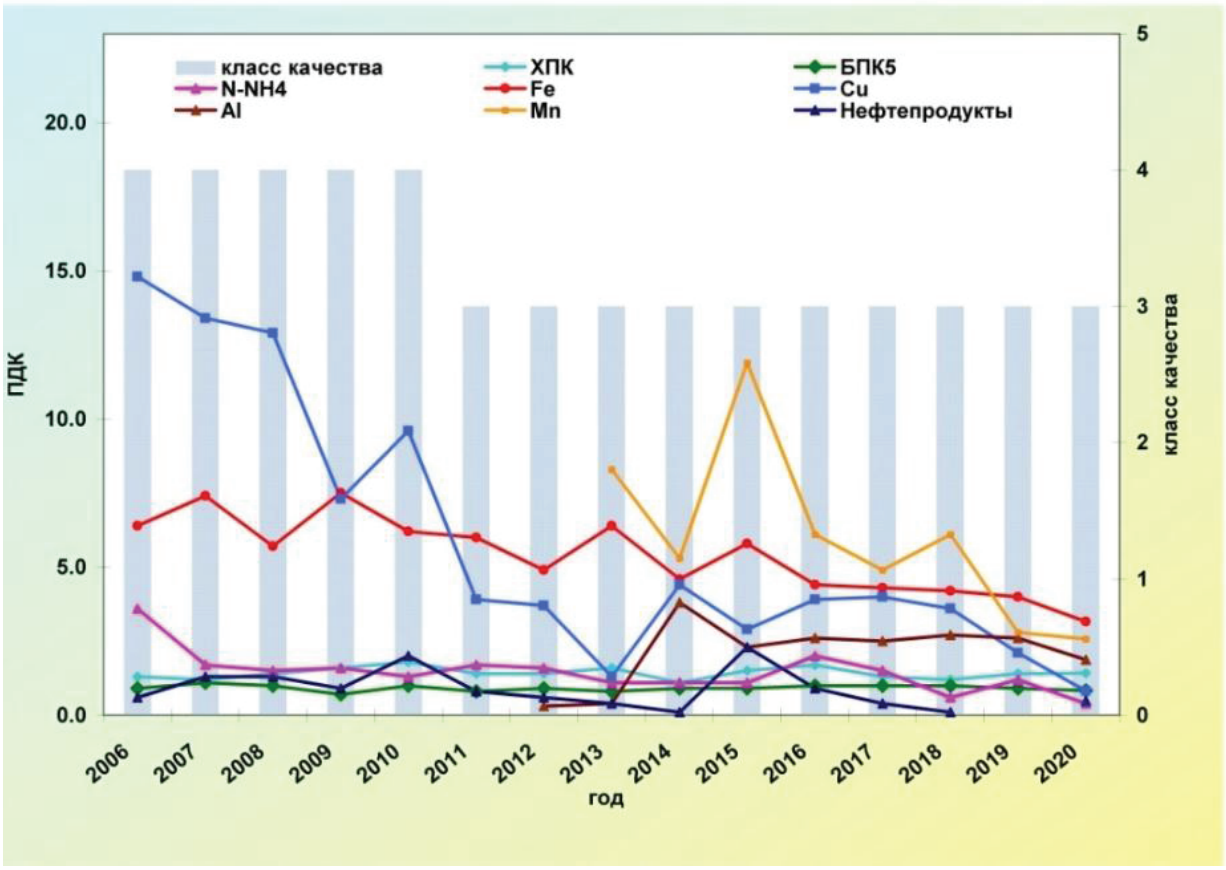


Рис. 3.49. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и качества воды в воде р. Амур в пункте г. Амурск за многолетний период

Динамика загрязненности воды разных водных объектов в бассейне р. Амур разнообразна, но направленность на снижение степени загрязненности преобладает.

В 2020 г. в бассейне р. Амур незначительно уменьшился перечень водных объектов или их участков с высоким уровнем загрязненности воды отдельными химическими веществами. В этот перечень в 2020 г. не вошли в связи со снижением степени загрязненности в результате проведенных водоохранных мероприятий водные объекты, ранее, многие годы оцениваемые как «экстремально грязные», например, такие малые водотоки, как рр. Чита, Березовая, Черная, Дачная.

Река Чита на территории Забайкальского края, приток р. Ингода в среднем течении, в створе 0,2 км выше устья, где осуществляется сброс ненормативно-очищенных сточных вод очистных сооружений г. Чита, ранее характеризовавшаяся как «экстремально грязная» или «грязная» с очень высокой загрязненностью соединениями азота, реже фосфатами, в 2020 г. по качеству характеризовалась как «грязная».

Река Березовая на территории Хабаровского края на участке ниже с. Федоровка, куда сбрасываются сточные воды МУП «Водоканал» г. Хабаровск из класса «экстремально грязных» перешла в 2019-2020 гг. в разряд «грязных».

Существенно уменьшилась загрязненность воды **р. Черная** на участке ниже с. Сергеевка, находящаяся под воздействием сточных вод жилмассива г. Хабаровск и стоков с сельхозугодий, которая в 2020 г. характеризовалась как «грязная».

Сохранилась в 2020 г. «экстремально грязной» вода р. Дачная в бассейне р. Уссури на территории Приморского края, находящаяся в зоне влияния г. Арсеньев. В 2020 г. в воде реки были зарегистрированы одновременно критические уровни загрязненности воды по содержанию аммонийного азота, фенолов, нефтепродуктов, органических веществ (по $БПК_5$), соединений марганца (рис. 3.50).

В **бассейне Японского моря** несколько снизилась загрязненность воды **р. Кневичанка** ниже сброса сточ-

ных вод Артем-ТЭЦ. Вода реки в 2020 г. оценивалась как «грязная».

В **р. Рудная** в 2020 г. на участке 1 км ниже п. Краснореченский – 1 км выше п. Горелое в фоновом створе пункта г. Дальнегорск была зафиксирована, как и в предыдущие годы, экстремально высокая загрязненность воды соединениями цинка до 30-99 ПДК, обусловленная влиянием, как природных факторов, так и сбросом сточных вод предприятий горнорудной промышленности.

Реки о. Сахалин. Загрязненность воды большинства рек острова в 2020 г. сохранилась невысокой. Преобладали на острове «загрязненные» воды. Снизилось по сравнению с предыдущим годом количество створов, где вода характеризовалась как «слабо загрязненная». Характерными загрязняющими веществами воды рек о. Сахалин, как правило, являлись соединения меди, железа и марганца, превышение ПДК которыми наблюдались в 2020 г. в 78%, 74% и 74% проб воды. По сравнению с предыдущим годом уменьшилась загрязненность воды рек Сахалинской области нефтепродуктами, в среднем до 2 ПДК (зафиксировано не более чем в 34% проб).

Увеличилось в 2020 г. количество водных объектов, в воде которых была зафиксирована загрязненность воды соединениями кадмия, обусловленная природными факторами. Повторяемость случаев загрязнения поверхностных вод соединениями кадмия в целом по Сахалинской области в 2020 г. повысилась до 8%. В реках Поронай и Эрри повторяемость превышения ПДК кадмия увеличилась до 39-40%.

В р. Охинка в пункте г. Оха впервые за длительный период наблюдений снизилась, хотя и сохранилась очень высокой, загрязненность воды нефтепродуктами, среднегодовая концентрация которых в 2020 г. превышала ПДК в 43 раза.

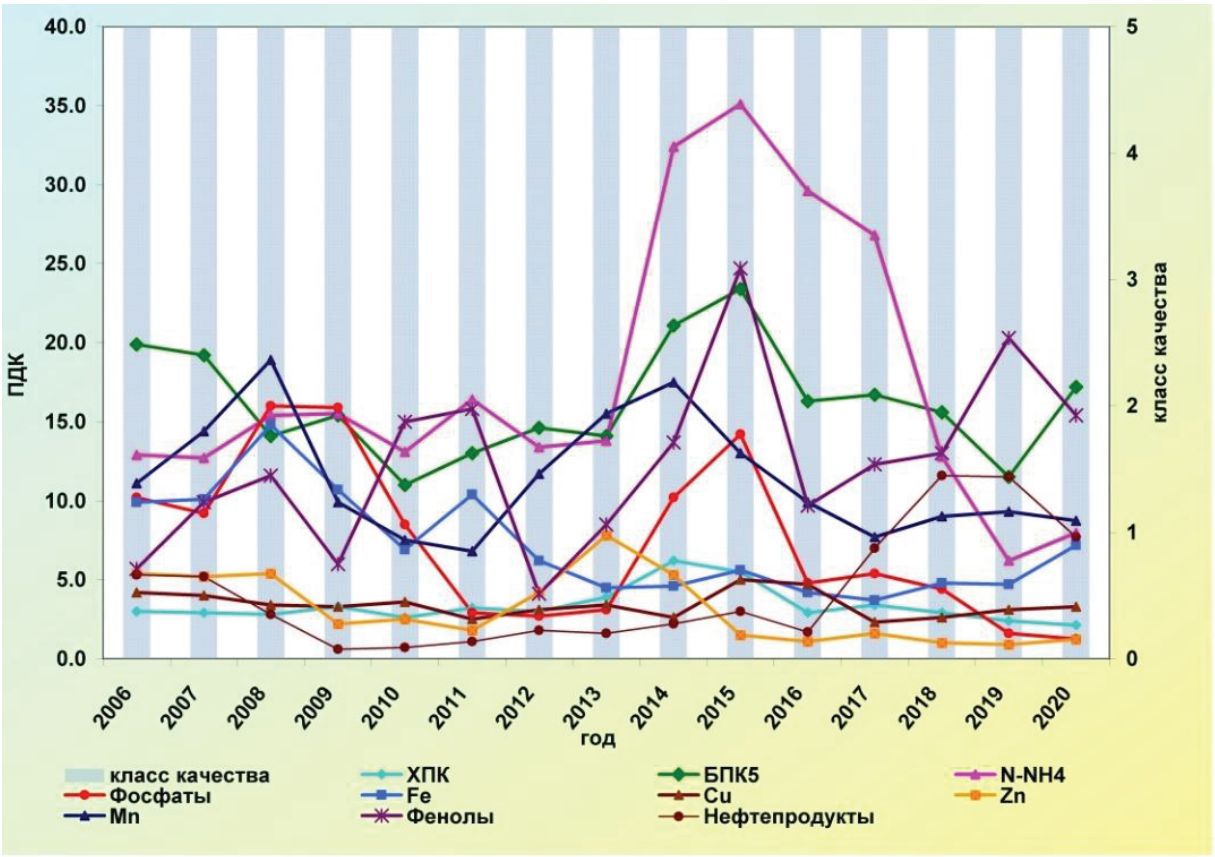


Рис. 3.50. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и качества воды в воде р. Дачная, в черте г. Арсеньев за многолетний период

Реки полуострова Камчатка в 2020 г. по степени загрязненности воды комплексом присутствующих в ней веществ характеризовались как «загрязненные», р. Половинка в черте г. Елизово - как «слабо загрязненная». По основному химическому составу поверхностные воды Камчатского края маломинерализованы.

В 2020 г. во всех водотоках Камчатского края, как и в предыдущие несколько лет, наблюдалась ранее отсутствующая на полуострове загрязненность воды рек нефтепродуктами на среднем для рек полуострова уровне - 7 ПДК. При этом в 2020 г. увеличилась до 83% повторяемость случаев загрязненности воды рек полуострова нефтепродуктами.

В 59% створов в реках Камчатского края в многолетнем плане отмечались повышенные, в среднем до 2 ПДК, концентрации в воде соединений меди. В воде водных объектов регистрировались фенолы, в концентрациях в среднем на уровне 6 ПДК.

Уровень загрязнённости поверхностных вод на территориях Федеральных округов Российской Федерации и входящих в них субъектов

Приведенные в данном подразделе оценки уровней загрязненности поверхностных вод на территориях федеральных округов Российской Федерации и входящих в них субъектов выполнены с учетом скорреткированных данных за 2019 год.

На территории Центрального федерального округа (ЦФО) сосредоточены многочисленные предприятия металлургической, электронной, энергетической, пищевой, сельскохозяйственной и других видов промыш-

ленности, что оказывает значительное антропогенное влияние на качество поверхностных вод Центрального федерального округа.

Сохранилась напряженная экологическая ситуация на водных объектах Тульской, Московской, Владимирской, Рязанской областей, где большинство водных объектов оценивались как «грязные», составляющих соответственно 71,4%; 61,7%; 53,0%; 46,6%. В Московской области число «экстремально грязных» водных объектов увеличилось от 3,3% в 2018 г. до 10,0% в 2019 г.

Сохранилось качество воды водных объектов в Белгородской области, где, как и в 2018 г., 38,9% створов характеризовались как «грязные», а большинство водных объектов относилось к «загрязненным» водам. В Брянской области 59,1% створов на водных объектах также оценивались «загрязненной» водой, а 36,4% составляли «слабо загрязненные. Большинство водных объектов Воронежской (91,6%), Калужской (100%), Костромской (86,7%), Орловской (66,7%), Смоленской (87,5%), Тамбовской (66,7%), Тверской (91,7%) и Ярославской (88,9%) областей оценивались как « загрязненные».

В Северо-Западном федеральном округе (СЗФО) наиболее высоким уровнем загрязненности воды оцениваются водные объекты Вологодской области: 52,8% - «грязные» (в 2018 г. - 72,2%). Качество воды р. Пельшма в многолетнем плане характеризуется как «экстремально грязная». Малые реки Мурманской области стабильно оцениваются низким качеством воды: 18,5% створов – «грязные», а 1,8% - «экстремально грязные».

Большинство водных объектов Калининградской области (83,3%) и Республики Коми (83,3%), Псковской (79,3%), Новгородской (77,4%), Ленинградской (66,7%) областей характеризуются «загрязненными» водами.

Качество воды водных объектов Республики Карелия (74,5%), Мурманской (46,3%), Ленинградской (24,3%), Псковской (17,2%), Калининградской (5,6%) областей, а также Республики Коми (4,2%) оценивалось как «слабо загрязненная». Как «условно чистые» оценивалось в Мурманской области (5,6%), Республике Карелия (2,3%), Ленинградской области (1,3%) створов.

В Южном федеральном округе (ЮФО) наиболее высоким уровнем загрязненности воды характеризуются водные объекты Ростовской области (84,7%) - «грязные», 15,3% - «загрязненные». Большинство водных объектов Краснодарского края (76,9%), Республики Крым (53,9%), все водные объекты Республики Адыгея (100%) и Волгоградской области (100%) оценивались как «загрязненные».

В Астраханской области «грязными» водами продолжают характеризоваться створы в устьевом участке р. Волга: рук. Ахтуба, 0,5 км ниже пгт Селитренное; рук. Бузан, 0,5 км ниже с. Красный Яр. Большинство створов (80%) Астраханской области оценивались как «загрязненные».

Качество воды водных объектов Республики Крым (26,9%), Краснодарского края (15,4%) оценивалось как «слабо загрязненные» и 15,4% и 2,6% соответственно как «условно чистые».

Большинство створов водных объектов **Северо-Кавказского федерального округа (СКФО)** на территориях Республики Дагестан (60%); Ставропольского края (44,4%) характеризуются как «загрязненные».

Водные объекты, качество воды которых оценивается как «грязная», составляют в Республике Дагестан (10%), Республике Северная Осетия – Алания (17,6%), Ставропольском крае (38,9%).

Как «слабо загрязненные» оценивались воды Республики Дагестан (30,0%), Ставропольского края (16,7%), Кабардино-Балкарской Республики (57,1%), Республики Северная Осетия – Алания (23,5%).

Большинство створов водных объектов на территории Республики Северная Осетия – Алания (47,1%) характеризовались «условно чистыми» водами.

В Уральском федеральном округе (УФО) водные объекты Ханты-Мансийского АО (100%) и Ямало-Ненецкого АО (100%), Курганской (93%), Тюменской (83%), Свердловской (51,8%) областей характеризуются как «грязные». В Свердловской (4,7%) и Челябинской (4,8%) областях водные объекты оцениваются как «экстремально грязные». Вместе с тем следует отметить, что в Челябинской области больше половины створов водных объектов (57,1%) характеризуются как «загрязненные» и (2,4%) - как «слабо загрязненные».

В Сибирском федеральном округе (СФО) в 2019 г. по сравнению с 2018 г. качество воды водных объектов ухудшилось и соответствовало «грязным» водам: в Алтайском крае от 27% до 36%; Красноярском крае – от 18% до 34%; в Кемеровской области от 10% до 16%, Омской области – от 25% до 36%. Большинство створов Томской области (74%) характеризуются как «грязные». В Алтайском крае (5%) и Новосибирской области (7%) створов оцениваются «экстремально грязными» водами.

Большинство створов водных объектов Республики Хакасия (76%), Алтайского (59%) и Красноярского (66%) краев, Кемеровской (61%) и Омской (57%) областей оцениваются как «загрязненные». Водные объекты Республики Алтай (67%), Республики Хакасия (14%), Иркутской (33%), Кемеровской (23%), Омской (7%) областей оцениваются как «слабо загрязненные». По сравнению с 2018 г. в Иркутской области увеличилось (от 43% до 58%) число створов с «условно чистой» водой.

На территории **Дальневосточного федерального округа (ДФО)** большинство водных объектов Республик: Саха (Якутия) (91,4%), Бурятия (76,7%); Камчатского (82,7%), Забайкальского (80,8%), Хабаровского (61,2%), Приморского (60,0%) краев; Сахалинской (72,5%), Магаданской (64,3%), Амурской (52,8%) областей; Еврейской автономной области (46,1%) характеризовались как «загрязненные».

По сравнению с 2018 г. наблюдалось увеличение «грязных» створов в Еврейской автономной области от 23,1% до 46,1%, Магаданской области от 32,1% до 35,7%, Республике Бурятия от 5,0% до 7,0%. Снижение «грязных» створов наблюдалось: в Республике Саха (Якутия) от 9,74% до 4,90%; краях: Приморском от 48,9% до 33,3%, Хабаровском от 47,0% до 36,7%; областях: Амурской от 48,6% до 47,2%, Сахалинской от 22,5% до 15,0%.

Отдельные створы в Республиках: Бурятия (14,0%) и Саха (Якутия) (3,70%); краев: Камчатского (17,3%), Приморского (6,70%), Хабаровского (2,10%); Сахалинской области (10%) и Еврейской автономной области (7,80%) оценивались «слабо загрязненными» водами. В Республике Бурятия 2,3% створов характеризовались «условно чистой» водой.

Таблица 3.12. Наиболее загрязненные створы в субъектах Российской Федерации в 2019 г.

Субъекты РФ	Сумма створов 4*, 5** классов качества, % от общего числа створов	Субъекты РФ	Сумма створов 4*, 5** классов качества, % от общего числа створов
Центральный федеральный округ		**Приволжский федеральный округ**	
Белгородская область	38,9	Республика Башкортостан	6,1
Брянская область	4,5	Республика Марий Эл	33,3
Владимирская область	53,0	Республика Мордовия	40,0
Воронежская область	4,2	Республика Татарстан	20,5
Ивановская область	42,9	Удмуртская Республика	15,4
Калужская область	-	Чувашская Республика	-
Костромская область	-	Пермский край	8,9
Курская область	5,0	Кировская область	7,7
Липецкая область	-	Нижегородская область	13,6
Московская область	71,7	Оренбургская область	4,0
Орловская область	-	Пензенская область	-
Рязанская область	46,6	Самарская область	15,2
Смоленская область	12,5	Саратовская область	30,8
Тамбовская область	13,3	Ульяновская область	-
Тверская область	8,3	**Уральский федеральный округ**	
Тульская область	71,4	Ханты-Мансийский АО	100,0
Ярославская область	3,7	Ямало-Ненецкий АО	100,0
Северо-Западный федеральный округ		Курганская область	93,3
Республика Карелия	-	Свердловская область	56,5
Республика Коми	12,5	Тюменская область	83,3
Архангельская область	25,0	Челябинская область	40,5
Вологодская область	55,6	**Сибирский федеральный округ**	
Калининградская область	11,1	Республика Алтай	11,0
Ленинградская область	7,7	Республика Тыва	100,0
Мурманская область	20,3	Республика Хакасия	10,0
Новгородская область	16,1	Алтайский край	41,0
Псковская область	2,9	Красноярский край	35,4
Южный федеральный округ		Эвенкийский АО	-
Республика Адыгея	-	Иркутская область	1,0
Республика Крым	3,8	Кемеровская область	15,4
Республика Калмыкия	-	Новосибирская область	79,5
Краснодарский край	5,1	Омская область	36,0
Астраханская область	20,0	Томская область	74,0
Волгоградская область	-	**Дальневосточный федеральный округ**	
Ростовская область	84,7		
Северо-Кавказский федеральный округ		Республика Бурятия	7,0
Республика Дагестан	10,0	Республика Саха (Якутия)	4,9
Кабардино-Балкарская Республика	-	Забайкальский край	20,8
Республика Ингушетия	-	Камчатский край	-
Карачаево-Черкесская Республика	-	Приморский край	33,3
Республика Северная Осетия – Алания	17,6	Хабаровский край	36,7
Чеченская Республика	-	Амурская область	47,2
Ставропольский край	38,9	Магаданская область	35,7
		Сахалинская область	17,5
		Еврейская автономная область	46,1

**- 4 класс «грязная» вода;*
***- 5 класс - «экстремально грязная» вода*
- недостаточно данных наблюдений

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 составах 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 2020 г. проводилась на 125 водных объектах, в 197 гидробиологических пунктах и 289 створах. Наблюдения осуществлялись в 21 субъекте Российской Федерации, в том числе в 10 областях (Амурская, Астраханская, Иркутская, Ленинградская, Псковская, Мурманская, Нижегородская, Самарская, Вологодская, Архангельская), 2 Автономных округах (Еврейская, Ненецкий), в Республиках Бурятия, Карелия, Коми, Татарстан, Саха (Якутия), в Забайкальском, Красноярском и Хабаровском краях, а также в г. Санкт-Петербург.

Основными объектами наблюдений являлись: каскад водохранилищ рек Волга, Лена, Енисей, Ангара, Амур, Северная Двина 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 2020 г. прослеживаются следующие изменения в состоянии и загрязнении водных объектов по гидрографическим регионам.

Баренцевский гидрографический район. Качество вод большинства водных объектов региона в 2020 г. сохранилось неизменным и варьировало от «условно чистых» до «слабо загрязненных» с межгодовыми колебаниями в пределах класса качества.

В 2020 г. 69% экосистем гидрографического района - реки: Патсо-йоки, Нама-йоки, Печенга, Луоттнйоки, Акким, Нота, Вува, Кола, протока Сальмиярви, озера: Имандра, Большое, Семеновское, Колозеро, Умбозеро, Ледовое, а так же Верхнетуломское водохранилище находились в состоянии антропогенного экологического напряжения. По показателям планктонной флоры и фауны воды этих рек характеризовались как «слабо загрязненные». Качество вод в придонном слое по показателям зообентоса варьировало в этих водных объектах от «слабо загрязненных» (реки: Акким, Патсо-Йоки, протока Сальмиярви) и «загрязненных» (реки: Нама-Йоки, Луотон-Йоки) до «грязных» (реки: Печенга, Нота, Вува, Кола, озера: Имандра, Большое, Семеновское, Колозеро, Умбозеро и Ледовое). Индикаторные группы Вудивисса в фауне этих водных объектов отличаются низким качественным и количественным развитием, что объясняется региональными особенностями. Переходным классом качества от «условно чистых» до «слабо загрязненных» характеризовались 22% водных объектов: реки: Кица, Лотта, Вите, Нива и озеро Чунозеро. В поверхностном слое этих водных объектов наблюдалось массовое развитие видов-индикаторов олиготрофных и ксенотрофных условий. Донная фауна даже в фоновых объектах, к которым относятся описываемые водотоки, характеризуется низким качественным и количественным развитием видов-индикаторов, в результате чего качество вод по показателям зообентоса отнесено к «грязным» водам. Устьевые участки рек Роста и Колос-йоки (9% водных объектов) - по гидробиологическим показателям отнесены к «загрязненным» и «грязным». По-прежнему здесь отмечается низкое качественное разнообразие и количественное развитие всех наблюдаемых показателей со значительными колебаниями значений в течение года. Полученные параметры развития флоры и фауны свидетельствуют об увеличении энтропии и экологическом регрессе экосистемы.

По показателям фитопланктона реки Архангельской области (Северная Двина, Онега, Пинега, Кена, Кулой, Мезень), Вологодской области (Сухона, Вологда), республики Коми (Вычегда, Сысола), Ненецкого автономного округа (Печора) в 2020 г. отнесены к «слабо загрязненным» водам, в тоже время по показателям зоопланктона реки: Северная Двина, Кена, Кулой, Мезень, Сухона, Вологда и Сысола – к «условно чистым» водам, изменения состояния водных экосистем и качества их вод не наблюдается. Экосистемы рек Архангельской, Вологодской областей, республики Коми и Ненецкого Автономного округа находятся в переходном состоянии от экологического благополучия к антропогенному экологическому напряжению.

Балтийский гидрографический район. Наиболее загрязненными водоемами района по показателям зообентоса являются Чудское и Псковское озера, воды придонного слоя которых в 2018-2020 гг. отнесены к «загрязненным». По показателям фитопланктона качество их вод, также как и Карельских водотоков, питающих Онежское озеро (реки Неглинка, Шуя и Лососинка в районе г. Петрозаводска) сохранилось на уровне «слабо загрязненных» вод.

Каспийский гидрографический район. Наблюдения проводились на каскаде водохранилищ р. Волга и ее крупных притоках. По показателям фитопланктона воды Горьковского и Чебоксарского водохранилищ, рек Ока Теша и Кудьма в 2020 г. характеризовались как «слабо загрязненные».

Воды Саратовского и Куйбышевского водохранилищ по показателю фитопланктона, зоопланктона и перифитона в 2018-2020 г. оценивались как «слабо загрязненные». По показателям зообентоса в 2020 г. отмечено изменение качества вод в отдельных створах. Так, улучшение качества вод наблюдалось в створе Куйбышевского водохранилища в районе г. Зеленодольск (с «загрязненных» в 2019 г. до «слабо загрязненных» в 2020 г.), г. Нижнекамск (с «грязных» в 2019 г. до «загрязненных» в 2020 г.), г. Тетюши (от «слабо загрязненных» в 2019 г. до «условно чистых» в 2020 г.). Также улучшение качества вод по показателям зообентоса отмечалось на реках Зай (в районе г. Лениногорска), Сок (в районе г. Северодвинска), Самара (в районе г. Самара). Ухудшение качества вод отмечалось в створе Куйбышевского водохранилища в районе г. Тенишево по показателям зообентоса (со «слабо загрязненных» в 2019 г. до «загрязненных» в 2020 г.) и зоопланктона (с «условно чистых» в 2019 г. до «слабо загрязненных» в 2020 г.). Ухудшение качества вод по показателям зообентоса отмечалось на озере Средний Ка-

бан и на реках Казанка (в районе г. Казань), Съезжая, Зай (в районе г. Альметьевск).

Качество вод в районе г. Астрахань в 2020 г. по показателям состояния фитопланктона не изменилось. Воды рукавов Камызяк, Бузан, Кривая Болда, Кигач и Ахтуба характеризуются как «слабо загрязненные». Качество вод по показателям состояния зообентоса в 2019 г. характеризовались как «загрязненные», в 2020 г. произошло улучшение качества вод до «слабо загрязненных» в районе г.Астрахань, с. Ильинка, г. Камызяк (рукав Камызяк), п. Аксарайский (рукав Ахтуба), с. Яманцуг (рукав Кривая Болда).

В целом значительных изменений состояния рассмотренных водных экосистем не произошло.

Карский гидрографический район. В 2020 г. 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 2020 г. соответствовали «слабо загрязненным», а по показателям зообентоса – «грязным».

Воды устьевых участков рек Мана, Базаиха и Есауловка в 2020 г. по показателям зообентоса характеризовались как «условно чистые», а по показателям зоопланктона и перифитона – «слабо загрязненные». В фоновом сегменте воды р. Базаиха по показателям зоопланктона и перифитона - «слабо загрязненные», по показателям зообентоса – «условно чистые». В реке Березовка качество вод по всем наблюдаемым показателям сохранилось на прежнем уровне - «слабо загрязненные».

По показателям зообентоса наиболее загрязненным водным объектом данного гидрографического района является р. Кача: однако в 2020 г наблюдалось улучшение качества ее воды в придонном слое от «грязных» до «загрязненных», По показателям перифитона и зоопланктона сохранилось неизменным и характеризовалось как «слабо загрязненные». Изменений в состоянии экосистемы в 2020 г. не было выявлено.

В 2020 г. 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 оценивался как «условно чистая», по состоянию фитопланктона и в придонном слое - «слабо загрязненная».

Изменений в состоянии экосистем Иркутского и Братского водохранилищ, а также р. Ангары в 2020 г. не было выявлено.

В 2020 г. наблюдалось снижение качества вод на реках: Тыя, Большая Речка, Турка, Чикой и Хилок по показателям зообентоса от «условно чистых» до «слабо загрязненных». Противоположная динамика от «слабо загрязнённых» до «условно чистых» была зарегистрирована на реках Чикой и Хилок по показателям зоопланктона. Воды р. Уда характеризовались как «слабо загрязнённые», однако по показателям зоопланктона – как «условно чистые». Состояние биоценозов большинства водотоков Забайкалья не претерпело существенных изменений, и оценивалось как экологическое благополучие с элементами антропогенного экологического напряжения.

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 Чикой, Хилок и Кача.

Восточно-Сибирский гидрографический район. В 2020 г. наиболее загрязненным водным объектом района, помимо залива Неелова, являлась река Лена в двух наблюдаемых пунктах. Качество вод р. Лена на всем протяжении было однородным и не претерпело изменений по сравнению с 2019 г.: придонные воды характеризовались как «загрязненные», поверхностный слой – «слабо загрязненные» воды, аналогичная ситуация была характерна для вод залива Неелова.

На р. Копчик-Юрэгэ, также как и в оз. Мелкое, качество воды по показателям фитопланктона и зообентоса не изменилось по сравнению с 2019 г. и соответствовало «слабо загрязненным». Состояние экосистем соответствовало экологическому благополучию с элементами антропогенного напряжения.

Состояние экосистем р. Лена и залива Неелова соответствовало экологическому антропогенному напряжению и экологическому регрессу соответственно.

Тихоокеанский гидрографический район. В 2020 г. экосистемы рек-притоков Амура в Забайкалье по показателям фитопланктона и зоопланктона, находились в состоянии экологического благополучия с элементами экологического напряжения. На р. Ингода в районе г. Чита наблюдалась разнонаправленная динамика качества вод, так, по показателям фитопланктона и зообентоса воды соответствовали «слабо загрязненным», а по показателям зоопланктона – «условно чистым». По качеству вод оз. Кенон наблюдалась стратификация по трофическим уровням и горизонтам. Так, по показателям фитопланктона и зоопланктона они соответствовали «слабо загрязненным» – «условно чистым», придонный слой воды характеризовался «загрязненными» водами.

В 2020 г. качество вод р. Амур от г. Благовещенск до г. Николаевск-на-Амуре по состоянию зоопланктона не изменилось: воды отнесены к «условно чистым» в сворах выше городов и к «слабо загрязненным» в створах, расположенных ниже по течению.

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», по показателям зообентоса произошло улучшение от «загрязненных» до «слабо загрязненных».

В 2020 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 2020 г. экстремально высокие уровни загрязнения (ЭВЗ[6]) поверхностных пресных вод на территории Российской Федерации отмечались на 130 водных объектах в 578 случаях (в 2019 г. – на 141 водном объекте в 734 случаях), высокие уровни загрязнения (ВЗ[7]) – на 331 водных объектах в 2205 случаях (в 2019 г. – на 346 водных объектах в 2361 случае). Всего в 2020 г. было зарегистрировано 2783 случаев ЭВЗ и ВЗ по 35 загрязняющим веществам и 6 показателям качества воды. Следует отметить, что в течение периода 2011-2020 гг. суммарное количество случаев ВЗ и ЭВЗ практически не изменилось: отклонение годового значения показателя от среднего за 10 лет не превышало 6%.

Анализ внутригодового распределения количества случаев ВЗ и ЭВЗ за 10-летний период показал, что в основном их максимум приходится на апрель-май, однако в 2020 г. суммарное количество случаев ВЗ и ЭВЗ достигло максимума (312) в июле, локальные максимумы наблюдались в августе (за счет максимума по ЭВЗ – 79 случаев, из них 33 по растворенному в воде кислороду) и в апреле (за счет максимума по ВЗ – 257 случаев, из них 158 по взвешенным веществам).

В 2020 г. максимальную нагрузку от загрязнения испытывали бассейны рек Волга и Обь, на долю которых приходилось 63% всех случаев ВЗ и ЭВЗ; суммарная доля случаев ВЗ и ЭВЗ для бассейнов рек Амур, Днепр и Енисей составила 14% (рис. 3.51). По сравнению с предыдущим годом в бассейне р. Волга общее количество случаев ВЗ и ЭВЗ снизилось на 8%; р. Обь – на 17%, р. Амур - на 35%.

В табл. 3.13 приведено количество случаев ВЗ и ЭВЗ, зарегистрированных в 2020 г. в бассейнах рек Российской Федерации. В течение последних 5 лет отмечается резкий рост количества случаев ЭВЗ в бассейне р. Днепр в связи неэффективной работой очистных сооружений на р. Вязьма (левом притоке р. Днепр) в районе г. Вязьма.

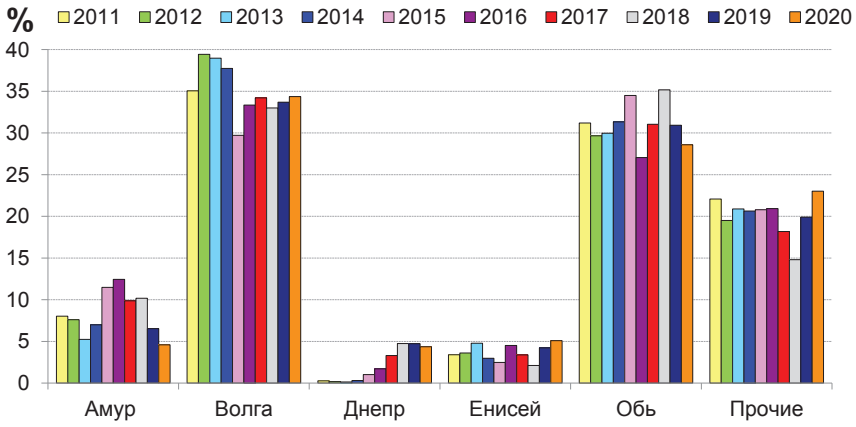


Рис. 3.51. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по бассейнам рек (в % от общего количества случаев за год на территории Российской Федерации) за период 2011-2020 гг.

Таблица 3.13. Экстремально высокое и высокое загрязнение поверхностных пресных вод Российской Федерации в 2020 г.

Бассейны рек	Число случаев			Субъекты Российской Федерации*
	ВЗ	ЭВЗ	Сумма	
Волга	891	64	955	г. Москва, Астраханская, Владимирская, Кировская, Московская, Нижегородская, Рязанская, Свердловская, Тульская, Челябинская области, Пермский край, Удмуртская Республика
Обь	610	185	795	Кемеровская, Курганская, Новосибирская, Омская, Свердловская, Тюменская, Челябинская области, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий авт. округа
Енисей	134	4	138	Иркутская область, Красноярский край
Амур	107	22	131	Амурская область, Забайкальский, Приморский и Хабаровский края
Днепр	12	109	121	Смоленская область
Урал	29	22	51	Оренбургская и Челябинская области
Терек	43		43	Республика Северная Осетия - Алания
Печора	7	25	32	Ненецкий авт. округ
Дон	27		27	Белгородская область
Колыма	6	5	11	Магаданская область
Прочие	339	140	479	г. Санкт-Петербург, Ленинградская, Мурманская, Сахалинская области, Камчатский, Красноярский и Приморский края
Итого	**2205**	**578**	**2783**	

** Приведены субъекты Российской Федерации, для которых суммарное количество случаев ВЗ и ЭВЗ больше 10*

[6] *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*

[7] *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*

В 2020 г., как и в 2019 г., ВЗ и ЭВЗ поверхностных пресных вод было зафиксировано в 55 субъектах[8] Российской Федерации. Наибольшее суммарное количество случаев ВЗ и ЭВЗ (свыше 100) было отмечено на водных объектах в 9 регионах: Свердловской, Мурманской, Московской, Нижегородской, Кировской, Иркутской, Смоленской, Челябинской и Курганской областях, что в совокупности составило 66% случаев ВЗ и ЭВЗ в стране (рис. 3.52). В 5 регионах было зарегистрировано от 50 до 100 случаев ВЗ и ЭВЗ, в 23 – от 10 до 50, в 18 – менее 10. На протяжении последних десяти лет на Свердловскую область приходится 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 2011-2020 гг., этот показатель сократился – на 22%.

По сравнению с предыдущим годом в 2020 г. в ряде регионов отмечалось значительное снижение суммарного количества случаев ВЗ и ЭВЗ: в Хабаровском крае, Тульской, Тюменской. Амурской и Рязанской областях – в 2 раза (65, 55, 22, 21 и 17 случаев соответственно), в Ямало-Ненецком автономном округе и Камчатском крае – в 3 раза (33 и 16), в Ханты-Мансийском автономном округе – в 4 раза (12). В Смоленской, Челябинской и Новосибирской областях также отмечалось снижение данного показателя в среднем на 20% (117, 113 и 99 случаев), в Московской (включая г. Москву) и Нижегородской областях – на 14% (273 и 203 случая соответственно). В Республиках Бурятия и Коми, Псковской области, где в 2019 г. наблюдался резкий рост ВЗ и ЭВЗ поверхностных пресных вод, количество зарегистрированных случаев ВЗ и ЭВЗ снизилось до уровня периода 2016-2018 гг. и в 2020 г. составило 2, 7 и 7 соответственно. Значительное увеличение показателя отмечалось только в 4 субъектах: в Мурманской области – на 56% (275 случаев), в Кировской области – на 34% (130), в Иркутской области – на 46% (127), в Ненецком автономном округе – в 4 раза (26). В остальных регионах Российской Федерации величина показателя в 2020 г. по сравнению с предыдущим годом изменилась незначительно.

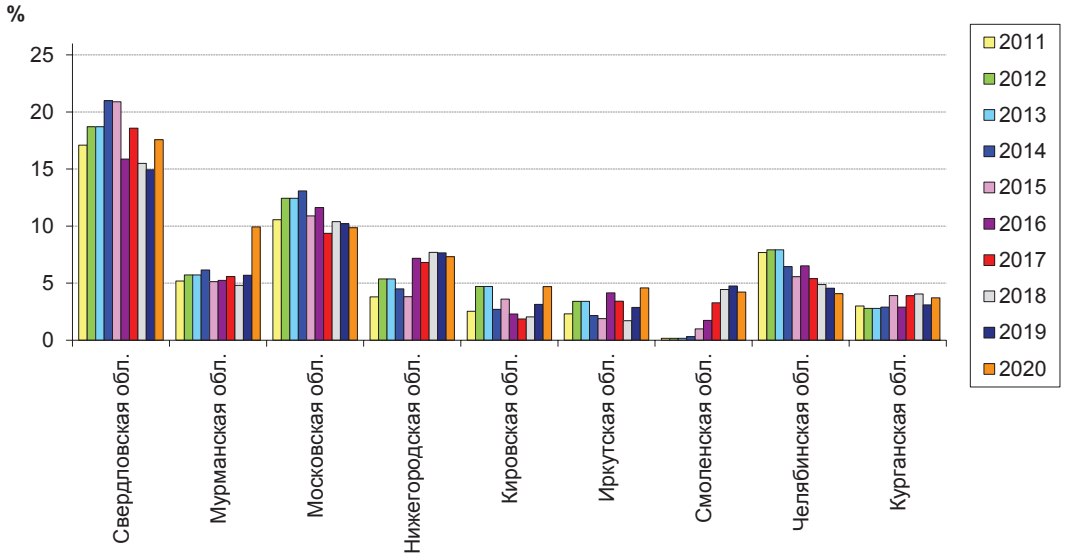


Рис. 3.52. Динамика количества случаев ВЗ и ЭВЗ по субъектам Российской Федерации, в которых регистрировалось наибольшее количество случаев ВЗ и ЭВЗ в 2020 г. (в % от общего количества случаев ВЗ и ЭВЗ на территории Российской Федерации)

Экстремально высокие и высокие уровни загрязнения поверхностных пресных вод на территории Российской Федерации были зафиксированы в 2020 г. по 35 загрязняющим веществам и 6 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 73% всех случаев (рис. 3.53), при этом доля загрязнения тяжелыми металлами (Mn, Zn, Cu, Ni, Fe, Hg, Mo, Pb, Cd) снизилась на 6% по сравнению с 2019 г. и составила 27% от общего числа случаев ВЗ и ЭВЗ (рис. 3.54). Единичный случай экстремально высокого загрязнения соединениями хрома шестивалентного был зарегистрирован на р. Пахотка (г. Первоуральск) Свердловской области; 8 случаев ВЗ и ЭВЗ соединениями мышьяка – 6 на р. Пышма (г. Березовский) Свердловской области и 2 на р. Блява (г. Медногорск) Оренбургской области. В 2020 г. по сравнению с предыдущим годом количество случаев загрязнения поверхностных пресных вод аммонийным и нитритным азотом уменьшилось на 26 и 11% соответственно, легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$) – на 35%, соединениями цинка – на 16%, соединениями марганца – почти в 2 раза, при этом количество случаев загрязнения бен(а)пиреном возросло более, чем в 2 раза, и составило 35, органическими веществами (по ХПК) и соединениями молибдена – почти в 2 раза (32 и 46 случаев соответственно), взвешенными веществами – на 13% (1038). Количество случаев дефицита растворенного в воде кислорода сократилось на 18%.

[8] *без выделения городов федерального значения в качестве субъектов Российской Федерации*

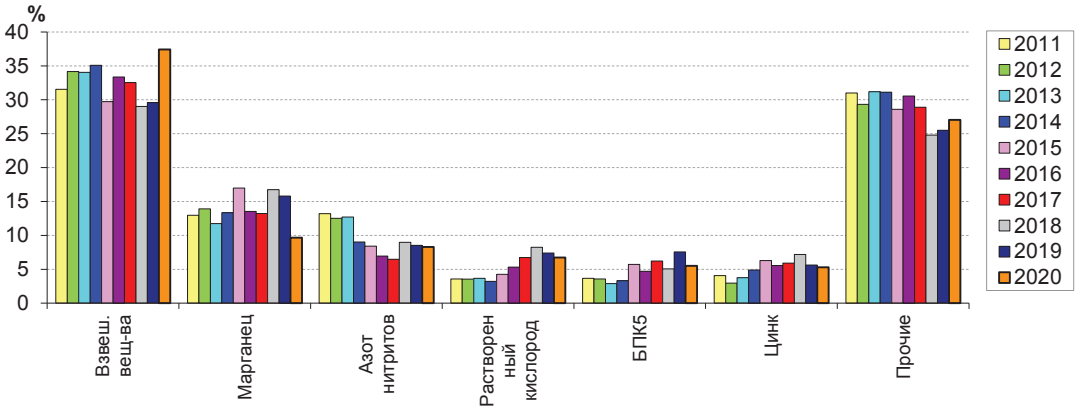


Рис. 3.53. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных пресных вод по загрязняющим веществам и показателям качества воды (в % от общего количества случаев ВЗ и ЭВЗ на территории Российской Федерации)

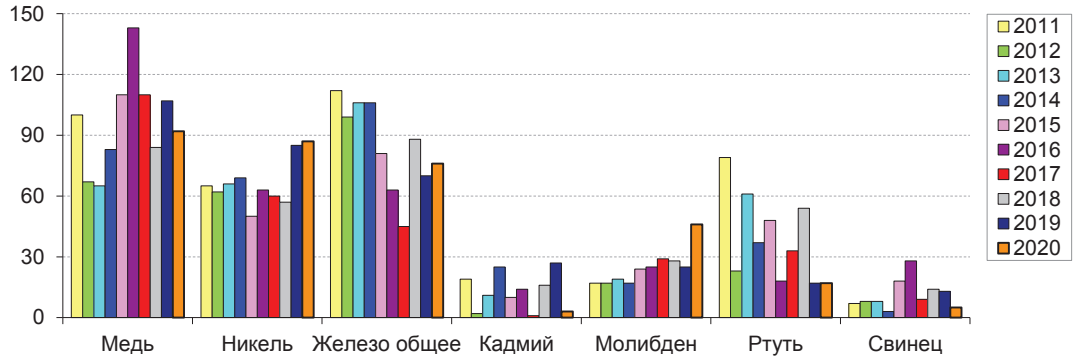


Рис. 3.54. Динамика количества случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных пресных вод некоторыми тяжелыми металлами на территории Российской Федерации

В 188 случаях наблюдалось снижение концентрации растворённого в воде кислорода до 3 мг/л и ниже, в 120 случаях из них его содержание было менее 1 мг/л. Минимальное значение концентрации растворённого в воде кислорода, 0,07 мг/л, было зафиксировано в сентябре 2020 г. в р. Рязанка (приток р. Великая и р. Кудьма, г. Богородск, Нижегородская область). Увеличение биохимического потребления кислорода ($БПК_5$) до 10 мг/л и выше было зарегистрировано 153 раза. Максимальное содержание легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$), 125,1 мг/л, наблюдалось в октябре 2020 г. в р. Рязанка (приток р. Великая и р. Кудьма, г. Богородск, Нижегородская область).

В 2020 г. случаи ЭВЗ были зафиксированы на 156 пунктах наблюдения, ВЗ - на 463 пунктах. Максимальное число повторений случаев ВЗ и ЭВЗ - 117 раз наблюдалось на пункте р. Вязьма, г. Вязьма (Смоленская область), 111 из них было связано с дефицитом растворенного в воде кислорода, который регистрировался с июля по октябрь 2020 г.

В 2020 г. было зарегистрировано 33 аварии на поверхностных пресноводных объектах Российской Федерации, из них в бассейнах рек: Амур – 8, Волга – 8, Енисей – 6, Обь – 6, Печора – 1, Днепр – 1, Кубань – 1, Урал – 1; в бассейне Японского моря – 1. В 11 случаях источник загрязнения не был установлен; 2 случая были обусловлены природным фактором; 2 - связаны с разгерметизацией нефтепровода; 4- при перекачке топлива; 2 – с утечкой отходов с территории КНР; 5 - со сбросом неочищенных сточных вод очистных сооружений (1) и предприятий (4); 1 случай – с неорганизованными сбросами с поверхности; 1 – с продувкой недействующего трубопровода; 1 – с разгерметизацией на сепарационной установке, 2 – при транспортировке; 2- с затоплением судна. В 17 случаях аварии привели к разливу нефтепродуктов; в 8 из них наблюдалось образование обширного нефтяного пятна на водной поверхности, в 6 – отдельные масляные и нефтяные пятна.

Последствием 9 аварийных ситуаций стал замор рыбы, 13 - ЭВЗ и/или ВЗ водных объектов.

3.3.4. Загрязнение поверхностных водных объектов в результатетрансграничного переноса химических веществ

Качество воды трансграничных водных объектов, расположенных на участках границы (далее граница) Российской Федерации с 12 государствами, оценивалось по результатам режимных наблюдений, проведенных в 2020 г. на 54 водных объектах (49 рек, 2 протоки, 2 озера, 1 водохранилище) в 69 пунктах, 69 створах, на 74 вертикалях. На границе с Казахстаном открыт пункт наблюдений на р. Караталаят (г. Карталы).

Наиболее распространенными загрязняющими веществами в воде водных объектов на границе России с сопредельными государствами являлись: с Норвегией - соединения никеля, меди, марганца, ртути и дитиофосфаты; с Финляндией - трудноокисляемые органические вещества по ХПК (далее ОВ), соединения меди, железа, ртути; с Эстонией - ОВ, легкоокисляемые органические вещества по $БПК_5$ воды (далее ЛОВ), соединения меди, цинка; с Литвой - ОВ, ЛОВ, соединения железа; с Польшей - ОВ, ЛОВ, нитритный азот, соединения железа; с Республикой Беларусь - ОВ, ЛОВ, соединения железа, меди, марганца; с Украиной - ОВ, ЛОВ, соединения железа, марганца, сульфаты, главные ионы (по сумме), нитритный азот, нефтепродукты; с Азербай-

джаном – соединения меди, железа, нефтепродукты, сульфаты; с Казахстаном – ОВ, ЛОВ, соединения меди, марганца, сульфаты; с Монголией – соединения меди, марганца; с Китаем – ОВ, ЛОВ, соединения железа, меди, марганца, алюминия.

Критические показатели загрязнённости трансграничных водных объектов установлены для 16 пунктов наблюдений, расположенных на 15 водных объектах. На границе с Норвегией критическими показателями являлись соединения меди, никеля и дитиофосфаты (1 пункт) и соединения меди, никеля, ртути и дитиофосфаты (1 пункт), с Республикой Беларусь - соединения марганца (1 пункт), с Украиной - нитритный азот (2 пункта) и сульфаты (3 пункта), с Казахстаном - соединения марганца (2 пункта), нитритный азот (1 пункт), нитритный и аммонийный азот (1 пункт), с Китаем соединения алюминия (2 пункта), алюминия и железа (1 пункт), железа (1 пункт).

Нарушение норм качества воды в пограничных районах России, в основном, находились в пределах от 1 до 10 ПДК; 30 ПДК и выше отмечались на границах с 4-мя государствами. На границе с Норвегией 100 ПДК достигали соединения никеля (р. Колос-йоки,пгт. Никель), 50 и 30 ПДК – соединения меди (р. Колос-йоки пгт. Никель и протока без названия пгт. Никель соответственно); на границе с Казахстаном 100 ПДК достигал аммонийный азот (р. Илек п. Весёлый), 30 ПДК - соединения марганца (р. Тобол с. Звериноголовское и р. Уй с. Усть-Уйское) и нитритный азот (р. Илек п. Весёлый и п. Илек); на границе с Китаем 50 ПДК превысило содержание ДДТ (р. Аргунь с. Олочи). Дефицит растворённого в воде кислорода наблюдался в январе на границе с Казахстаном в р. Уй в пункте г. Троицк (4,0 мг/л) и в марте на границе с Республикой Беларусь в реках Западная Двина в пункте г. Велиж (3,54 мг/л) и Сож в пункте пгт Хиславичи (3,37 мг/л).

Наименее загрязнены участки рек, в основном, на западной части границы России: с Норвегией (р. Патсо-йоки ГЭС Хеваскоски и Борисоглебская ГЭС), с Финляндией (рр. Патсо-йоки, Вуокса и Лендерка), с Эстонией (р. Пиуза, вертикали 5 и 10 оз. Чудско-Псковского), с Республикой Беларусь (р. Ипуть), с Украиной (рр. Сейм и Псёл). На юге границы наименее загрязнены участки рек на границе с Грузией (р. Терек), с Казахстаном (р. Малый Узень) и с Монголией (р. Кыра). Качество воды во всех пунктах оценивалось как «слабо загрязнённая».

Наиболее загрязненные участки рек, вода которых характеризовалась как «грязная», были отмечены на границе с Норвегией (р. Колос - йоки и протока без названия), с Беларуссией (рр. Днепр и Сож), с Украиной (рр. Северский Донец, Кундрючья, Большая Каменка, Миус и вдхр. Белгородское), с Казахстаном (рр. Илек, Уй, Тобол), с Китаем (рр. Амур с. Черняево, Раздольная). В остальных пунктах наблюдений качество воды оценивалось как « загрязнённая».

В течение 2016-2020 гг. вода в пунктах наблюдений на реках Лендерка, Патсо-йоки (ГЭС Кайтакоски, Янискоски и Раякоски) на границе с Финляндией, Патсо-йоки (ГЭС Хеваскоски и Борисоглебская ГЭС) на границе с Норвегией, Псёл и Сейм на границе с Украиной, Терек на границе с Грузией характеризовалась как «условно чистая» или «слабо загрязнённая».

Наиболее загрязнённой 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). В большинстве пунктов наблюдений качество воды характеризовалось как «грязная».В остальных пунктах наблюдений качество воды варьировало от «слабо загрязнённой» до «грязной».

Расчет переноса химических веществ по результатам наблюдений на 33 реках в районе пересечения границы с Финляндией, Польшей, Республикой Беларусь, Украиной, Грузией, Азербайджаном, Казахстаном, Монголией и Китаем приведен за предыдущий 2019 г., что обусловлено регламентом поступления необходимой гидрологической информации.

Наибольшее количество водной массы было внесено на территорию России через границу с Казахстаном и Финляндией (соответственно 42 и 28%), вынесено с территории России в Беларуссию и Украину (соответственно 37 и 29%).

Максимальное количество органических веществ, главных ионов, минерального азота, кремния, общего фосфора, соединений меди, никеля, хрома, нефтепродуктов, Σ ДДТ и Σ ГХЦГ поступило в 2019 г. с речным стоком на территорию России из Казахстана; соединений цинка и фенолов – из Монголии; соединений железа – из Китая.

В 2019 г. максимальное количество главных ионов, азота минерального, общего фосфора, кремния и соединений никеля были перенесены речным стоком из России на территорию Украины; органических веществ, соединений железа, цинка и меди, нефтепродуктов и фенолов – на территорию Беларуссии, Σ ГХЦГ – на территорию Монголии; концентрации ДДТ и его производных были ниже предела определения.

В 2020 г. максимальные количества переносимых отдельными реками химических веществ уменьшались в следующей последовательности: сумма главных ионов – 5133 тыс. т; органические вещества – 306 тыс. т; биогенные элементы (кремний – 63,2 тыс. т, минеральный азот – 12,9 тыс. т, соединения железа – 1,25 тыс. т., общий фосфор – 1,17 тыс. т); нефтепродукты – 532 т; соединения меди – 167 т; цинка – 122 т; фенолы – 23,1 т; соединения никеля – 5,31 т; соединения хрома – 1,66 т; хлорорганические пестициды (Σ ДДТ – 25,6 кг; Σ ГХЦГ - 28,8 кг) (табл. 3.14).

В целом за период с 2016-2020 гг. с водой р. Вуокса было перенесено через границу повышенное количество органических веществ (1,700 млн. т, за период 2015-2019 гг. – 1,688 млн. т); р. Северский Донец – общего фосфора (6,30 тыс. т); р. Ишим – соединения никеля (32,5 т); р. Иртыш – главных ионов (30,0 млн. т), кремния (342 тыс. т), минерального азота (74,4 тыс. т), соединений меди (607 т), цинка (629 т), фенолов (119 т), хрома (14,3 т), Σ ДДТ (547 кг), Σ ГХЦГ (207 кг); р. Раздольная – соединений железа (13,5 тыс. т) и нефтепродуктов (2,90 тыс. т).

Таблица 3.14. Количество химических веществ, перенесенных на территорию Российской Федерации отдельными реками через границу с сопредельными государствами в 2020 г. (тыс. т; фенолов, соединений меди, цинка – т)

Река, пункт	Водный сток, км^3	Органические вещества	Сумма ионов	Сумма азота минерального	Фосфор общий	Крем-ний	Железо общее	Медь	Цинк	Нефтепродукты	Фенолы
Финляндия											
Патсо-йоки, Пгт Кайтакоски	5,49	44,0	69,3	0,251	0	20,4	0,148	10,4	17,9	0,062	Нд
Вуокса, Пгт.Лесогорский	20,6	306	927	1,44	0,060	18,5	1,17	78,4	Нд	0,020	Нд

Река, пункт	Водный сток, км^3	Органические вещества	Сумма ионов	Сумма азота минерального	Фосфор общий	Крем-ний	Железо общее	Медь	Цинк	Нефтепродукты	Фенолы
Польша											
Лава, г. Знаменск	0,87	22,2	361	0,850	0,135	4,58	0,204	Нд	Нд	Нд	Нд
Мамоновка, г. Мамоново	0,051	1,21	17,3	0,092	0,016	0,333	0,020	Нд	Нд	Нд	Нд
Украина											
Миус, с. Куйбышево	0,054	1,45	85,1	0,018	0,010	0,135	0,011	0,004	0,048	0,005	0,040
Северский Донец, х. Поповка*	3,17	86,8	3632	3,60	1,07	15,9	1,01	3,52	6,27	0,532	2,82
Грузия											
Терек, г. Владикавказ	1,06	6,90	291	1,05	0,080	4,93	0,21	0,700	4,14	0,005	0
Казахстан											
Ишим, с. Ильинка	2,57	41,4	1499	0,460	0,102	5,20	0,248	9,98	5,66	0,138	5,05
Иртыш, с. Татарка	26,4	243	5133	12,9	1,17	63,2	0,605	167	122	0,235	23,1
Тобол, с. Звериноголовское	1,12	18,3	1121	2,30	0,217	4,54	0,185	4,52	6,50	0,124	0,390
Монголия											
Селенга, п. Наушки	9,43	84,3	1922	0,885	0,282	42,9	1,25	21,1	67,7	0,273	8,38
Онон, с. Верхний Ульхун	8,83	96,0	708	0,219	0,222	45,6	0,366	8,81	22,9	0,215	9,78
Китай											
Раздольная, с. Новогеоргиевка	2,30	34,6	222	0,951	0,112	25,4	1,15	12,7	18,4	0,032	0,460

Примечание. Нд - нет данных.
**Перенос веществ рассчитан по среднемноголетнему водному стоку*

Изучение динамики поступления в Россию определяемых химических веществ в 2016–2020 гг. свидетельствует о следующем: со стоком р. Патсо-Йоки из Финляндии в Россию наблюдается тенденция снижения водного стока, а вместе с ним – переноса главных ионов, соединений железа и нефтепродуктов. Динамика поступления в Россию других определяемых веществ с водой этой реки в разные годы была неоднозначна: в 2016-2018 гг. отмечено уменьшение переноса органических веществ, минерального азота; в 2018 и 2019 гг. – стабилизация переноса минерального азота и соединений цинка. Увеличился перенос с 2018 г. – органических веществ и соединений меди, а с 2019 г. – соединений цинка, минерального азота и нефтепродуктов. Перенос общего фосфора был зафиксирован только в 2016 г. Поступление химических веществ со стоком р. Вуокса за последние пять лет характеризуется тем, что, несмотря на отсутствие явной динамики водного стока, с 2016 по 2020 гг. наблюдается тенденция сокращения переноса минерального азота, общего фосфора и соединений железа, а также некоторое уменьшение поступления главных ионов. В период 2016-2018 гг. отмечается увеличение переноса кремния через границу. С 2018 г. выявлена тенденция сокращения переноса нефтепродуктов. Динамика переноса органических веществ и соединений меди в целом повторяет характер динамики водного стока.

Динамика поступления определяемых химических веществ в Россию из Польши со стоком рек Лава и Мамоновка во многом зависит от объема их водного стока. Максимальное количество химических веществ с водой перечисленных рек было перенесено через границу в самом многоводном 2017 г. С 2018 г. наблюдается стабилизация переноса органических веществ, главных ионов, минерального азота, общего фосфора, кремния и соединений железа с водой р. Лава и снижение переноса органических веществ, главных ионов, общего фосфора, кремния с водой р. Мамоновка.

Со стоком р. Миус в 2018-2020 гг. на фоне сокращения водного стока наблюдалась тенденция уменьшения переноса с территории Украины органических веществ, главных ионов, минеральных форм азота, общего фосфора, кремния, соединений железа и цинка. В 2016-2020 гг. динамика переноса стока нефтепродуктов и фенолов была разнонаправленной. Наибольшие объемы переноса нефтепродуктов пришлись на 2018 г., фенолов – на 2019 г. Перенос соединений меди существенно снизился от 2016 к 2017 гг., после чего стабилизировался.

Со стоком р. Северский Донец за последние пять лет наблюдалось увеличение переноса нефтепродуктов и кремния. Для остальных веществ динамика была неоднозначна. В 2016-2018 гг. на фоне увеличения водного стока было отмечено увеличение переноса с территории Украины органических веществ, главных ионов, соединений железа. С 2018 г. наблюдалось увеличение переноса большинства определяемых химических веществ, и в то же время сокращение переноса фенолов и главных ионов. Максимальное количество органических веществ, главных ионов, кремния и соединений железа поступило в 2018 г., минерального азота, нефтепродуктов, соединений меди и цинка – в 2020 г., общего фосфора – в 2017 г., других определяемых веществ – в разные по водности годы. Перенос изомеров ГХЦГ наблюдался лишь в 2016 г.

На границе с Грузией отмечена общая тенденция увеличения переноса с водой р. Терек в Россию общего фосфора, органических веществ, а также соединений

железа и меди. Межгодовая динамика переноса для этих веществ была различна: так увеличение переноса органических веществ существенно выросло с 2018 г., соединений железа – в 2020 г, соединений меди – до 2018 г., а затем наблюдается стабилизация переноса. Для остальных соединений динамика переноса характеризуется неоднозначной направленностью. Перенос главных ионов, кремния, минеральных форм азота и соединений цинка в целом повторяет характер изменений водного стока. Максимальный перенос нефтепродуктов был зафиксирован в 2018 г., после чего количество перенесенных нефтепродуктов сокращалось из года в год.

Пятилетняя динамика переноса органических веществ, главных ионов, минеральных форм азота, общего фосфора, кремния, соединений железа, цинка, никеля и хрома, нефтепродуктов с водой р. Ишим формируется под влиянием изменчивости его водного стока и в целом повторяет характер этой изменчивости. Максимальный перенос большинства веществ на территорию России был зафиксирован в самом многоводном 2017 г., минимальное количество – в основном в самом маловодном 2018 г. (за исключением минерального азота, нефтепродуктов и соединений цинка). Перенос ДДТ и его производных с водностью не коррелировал и был отмечен только в 2016 и 2017 гг., Σ ГХЦГ – в 2017 г.

В связи с общей тенденцией снижения водного стока р. Иртыш в последние пять лет наблюдается сокращение переноса в Россию главных ионов, органических веществ, соединений железа и хрома, нефтепродуктов с водой этой реки. В 2017 г. стабилизировался перенос общего фосфора, кремния, соединений цинка, фенолов. В 2018-2020 гг. наблюдалась тенденция уменьшения переноса минерального азота и Σ ДДТ, а с 2019 г. – также и Σ ГХЦГ. Максимальное количество большинства определяемых химических веществ было перенесено в Россию из Казахстана в самом многоводном 2016 г. На фоне снижения или стабилизации переноса химических веществ выделяется тенденция увеличения переноса соединений меди, сформировавшаяся в 2018 г. Изменения переноса изомеров ГХЦГ крайне неоднозначны и характеризуются разнонаправленной динамикой из года в год.

Водный сток р. Тобол с 2016 по 2019 гг. сокращался, в связи с этим наблюдалось снижение переноса из Казахстана органических веществ, главных ионов, минерального азота, общего фосфора, кремния, соединений меди и фенолов; в 2019-2020 гг. - стабилизация переноса кремния, соединений железа и цинка; в 2018-2020 гг. наблюдалось увеличение переноса органических веществ, минерального азота и общего фосфора; в 2019 г. – фенолов. Динамика переноса нефтепродуктов не коррелирует с изменчивостью водного стока и характеризуется стабилизацией в последние годы. Максимальное количество нефтепродуктов было перенесено в 2017 г.

Изучение динамики переноса химических веществ из Монголии со стоком многоводной р. Селенга показало, что максимальные количества органических веществ, главных ионов, общего фосфора, кремния, соединений железа, меди и цинка были перенесены в Россию в самом многоводном 2016 г., нефтепродуктов, минерального азота и фенолов – в среднем по водности 2018 г. Минимальное количество органических веществ, главных ионов, минерального азота, общего фосфора, кремния, соединений меди, нефтепродуктов и фенолов было перенесено в самом маловодном 2017 г., соединений железа – в 2019 г., соединений цинка – в 2020 г. Наблюдалась стабилизация поступления главных ионов в 2018-2020 гг. В период 2019-2020 гг. отмечалось увеличение переноса общего фосфора и соединений железа при относительно стабильном водном стоке. В целом, характер динамики переноса главных ионов и кремния аналогичен динамике водного стока, для остальных веществ он неоднозначен.

Рост водности р. Онон в 2016-2010 гг. стал причиной увеличения переноса большинства определяемых химических веществ с территории Монголии в Россию с водой этой реки: органических веществ, главных ионов, общего фосфора, кремния, соединений меди и цинка. Наибольшее количество минерального азота и соединений железа было перенесено в многоводном 2018 г., однако в год наибольшей водности (2020 г.) перенос минерального азота, напротив, сократился, а железа – незначительно вырос в сравнении с 2019 г. Максимальный перенос соединений никеля и Σ ГХЦГ отмечался в самом маловодном 2016 г. В период 2017-2019 гг. наблюдалось увеличение переноса изомеров ГХЦГ после резкого сокращения в сравнении с 2016 г., однако в 2020 г. концентрации изомеров ГХЦГ были ниже пределов определения. Перенос соединений хрома был отмечен лишь в 2017 г., Σ ДДТ – в 2017 и 2018 гг.

Динамика как водного стока, так и переноса химических веществ с территории Китая с водой р. Раздольная в 2016-2020 гг. была неоднозначна. Максимальное количество органических веществ, минерального азота, общего фосфора, нефтепродуктов, фенолов, соединений железа, меди, никеля и хрома поступило на территорию России из Китая со стоком р. Раздольная в 2016 г., главных ионов – в самом многоводном 2018 г., соединений цинка – в 2019 г., кремния – в самом маловодном 2020 г. Минимальное количество общего фосфора, кремния, нефтепродуктов, соединений железа и цинка было перенесено в 2017 г., соединений никеля – в 2018 г., органических веществ и соединений меди – в 2019 г., главных ионов, минерального азота и фенолов – в 2020 г. Перенос соединений хрома со стоком р. Раздольная наблюдался лишь в 2016 и 2017 гг.

Определяющим фактором в существенном изменении величин переноса отдельных химических веществ для рек Патсо-йоки, Северский Донец, Терек, Селенга, Онон и Раздольная был уровень загрязненности воды этими веществами; для рек Вуокса, Лава, Мамоновка, Миус, Тобол, Ишим и Иртыш - как водный сток, так и концентрация их в воде.

3.3.5. Загрязнение морских вод Российской Федерации по гидрохимическим показателям

Для сравнения качества морских вод в разные годы и в разных районах наблюдений используется комплексный расчетный индекс загрязненности вод ИЗВ. Для расчета определяются три ингредиента/загрязнителя, средние значения которых в наибольшей степени превышали норматив ПДК, а также растворенный в воде кислород. Полученное значение сравнивается с установленной шкалой качества вод (табл. 3.15).

Таблица 3.15. Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения воды

Класс качества вод		Диапазон значений ИЗВ
Очень чистые	I	ИЗВ<0,25
Чистые	II	0,25<ИЗВ<0,75
Умеренно загрязненные	III	0,75<ИЗВ<1,25
Загрязненные	IV	1,25<ИЗВ<1,75
Грязные	V	1,75<ИЗВ<3,00
Очень грязные	VI	3,00<ИЗВ<5,00
Чрезвычайно грязные	VII	ИЗВ>5,00

Каспийское море

Северный Каспий.

Приоритетными загрязняющими веществами акватории Северного Каспия в 2020 г. являлись нефтяные углеводороды (НУ), фенолы и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ). Загрязнение НУ акватории, прилегающей к устью Волги, составило в 2020 г. в среднем/максимальном значениях: 2,0/3,4 ПДК в центральной части акватории (разрез III) и 1,0/1,2 ПДК в ее западной части (разрез IIIа). По сравнению с 2019 г. уровень загрязнения НУ понизился в обеих частях акватории – в центральной с 3,0 до 2,0 ПДК, а в западной – с 2,8 до 1,0 ПДК. В целом, с 2013 по 2017 г. концентрация НУ в обеих частях Северного Каспия равномерно возросла с 1 ПДК до 4,6-4,8 ПДК, а затем находилась в диапазоне от 1 до 3 ПДК (рис. 3.55).

Другими приоритетными загрязнителями являлись фенолы и СПАВ, средняя концентрация которых существенно не различалась между частями акватории. За период 2013-2020 гг. содержание фенолов в водах центральной части акватории (разрез III) находилось примерно на одном уровне, а СПАВ уменьшилось с 0,6 ПДК в начале периода до 0,2 ПДК в 2016-2017 гг., а затем выросло до 0,8 ПДК к 2019-2020 гг. (рис. 3.55). Одновременно в западной части акватории (разрез IIIа) концентрация СПАВ незначительно увеличивалась на протяжении всего периода.

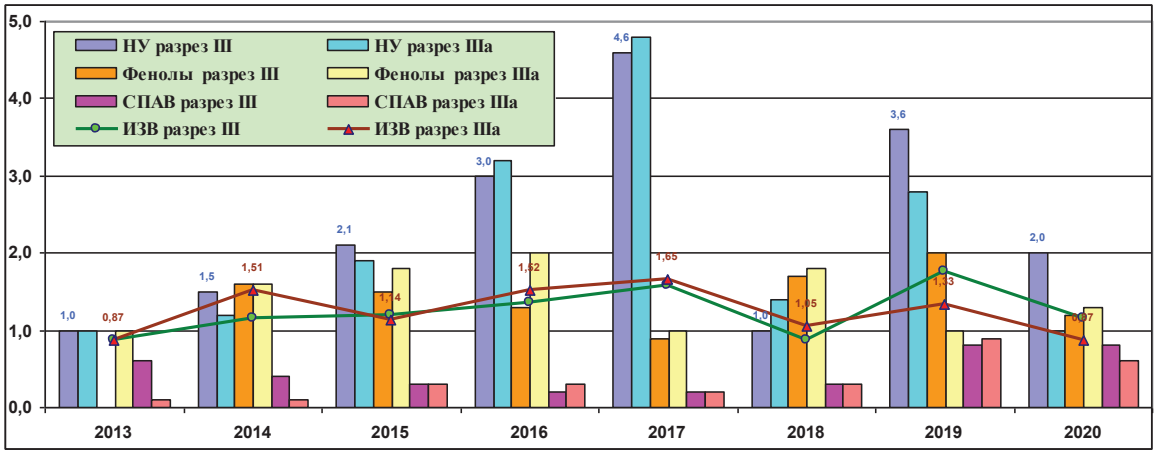


Рис. 3.55. Многолетняя динамика средней годовой концентрации приоритетных загрязняющих веществ, выраженных в ПДК, и ИЗВ в центральной части (разрез III) и в западной части (разрез IIIа) акватории Северного Каспия.

В 2020 г. продолжилась начавшаяся в 2015-2016 гг. тенденция к снижению средней концентрации меди, которая составила 0,7 ПДК. Уменьшение содержания железа с 2017 г. приостановилось, и в 2020 г. концентрация вдвое превышала норматив. Высокая концентрация металлов в водах Северного Каспия возможно обусловлена естественными процессами, а не промышленным загрязнением.

Кислородный режим не был нарушен, а содержание растворенного кислорода сохранялось существенно выше норматива. Как средняя, так и максимальная концентрации фосфатов не превышали 0,3 ПДК. Концентрация аммонийного азота не превышала 0,1 ПДК. Очевидно, что загрязнение биогенными веществами вод Северного Каспия и уровень эвтрофикации незначительные.

В целом качество воды Северного Каспия в центральной и в западной частях акватории характеризовалось как «умеренно загрязненные» воды.

Дагестанское взморье. Приоритетными загрязняющими веществами сохранились фенолы: средние значения их концентрации варьировали от 2,1 ПДК у Каспийска до 3,7 ПДК у Махачкалы, а максимальные величины составили 3-5 ПДК (табл. 3.16). Содержание фенолов на Дагестанском взморье примерно вдвое превышало их содержание в водах Северного Каспия. НУ вносят заметно меньший вклад в общее загрязнение: среднее содержание в 2020 г. составило от 0,84 ПДК в эстуарном районе Терека до 0,96 ПДК у устья Сулака и Лопатина. В районе Лопатина и на взморье рек Терек и Сулак концентрация меди составила 0,7-0,8 ПДК, что соответствовало значениям вод Северного Каспия.

Таблица 3.16. Пространственная изменчивость приоритетных загрязняющих веществ (в ПДК) и ИЗВ в Северном и Среднем Каспии в апреле 2020 г.

Район	НУ	Фенолы	Медь	Азот аммонийный	Фосфор фосфатный	ИЗВ
Разрез III а	1,00	1,30	0,76	0,02	0,26	0,87
Лопатин	0,96	2,67	0,74	0,25	0,12	1,25
Взморье р. Терек	0,84	2,70	0,77	0,30	0,15	1,24
Взморье р. Сулак	0,96	3,00	0,73	0,31	0,19	1,33
Махачкала	0,92	3,66	-	0,41	0,19	1,38
Каспийск	0,92	2,10	-	0,47	0,19	1,02

В районах у Махачкалы и Каспийска приоритетным загрязняющим веществом являлся аммонийный азот, концентрация которого составила 0,3-0,5 ПДК. При этом наблюдалось выраженное увеличение его концентрации в направлении от Северного Каспия к Каспийску, что видимо, связано с увеличением солености вод в этом направлении. Кислородный режим в водах Дагестанского взморья не был нарушен.

В районе Махачкалы и на взморье р. Сулак морские воды характеризовались как «загрязненные», а в районах Каспийска и Лопатина и на взморье р. Терек – как «умеренно загрязненные».

Таким образом, в 2020 г. наибольший вклад в загрязнение Северного Каспия вносили НУ, средняя концентрация которых составила 1,5 ПДК, а максимальная - 3,4 ПДК. В 2013–2017 гг. концентрация НУ равномерно возрастала с 1 ПДК до 4,6–4,8 ПДК, а затем варьировала в диапазоне от 1 до 3 ПДК. Другими приоритетными загрязнителями были фенолы и СПАВ, концентрации которых были заметно меньше ПДК и не испытывали существенных межгодовых изменений. Сохранялось загрязнение металлами, особенно железом (в среднем по акватории около 2,2 ПДК). Угроза эвтрофикации по-прежнему отсутствовала. Качество акватории соответствовало «умеренно загрязненным» водам.

На Дагестанском взморье приоритетным загрязняющим веществом сохранились фенолы (средняя концентрация до 3,7 ПДК у Махачкалы), тогда как средние концентрации НУ, меди и аммонийного азота сохранились в пределах 1 ПДК и существенно не изменялись от района к району. В районе Махачкалы и на взморье р. Сулак морские воды характеризовались как «загрязненные», а у Каспийска и Лопатина и на взморье р. Терек – как «умеренно загрязненные».

Азовское море

Дельта р. Дон. В 2020 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 0,46‰ до 1,28‰, в среднем 0,66‰. Значения водородного показателя (pH) находились в диапазоне от 8,16-8,82/8,45. Загрязнение вод устьевых протоков Дона НУ является хроническим. В 2020 г. концентрация НУ изменялась от 0,4 ПДК до 7 ПДК, составив в среднем 2,1 ПДК (рис. 3.56). Средняя концентрация биогенных элементов, в частности нитратов, нитритов и аммонийного азота, соответствовала уровню средних многолетних значений. Во всех устьях рукавов дельты р. Дон была выявлена растворенная ртуть, концентрация которой варьировала в пределах 0,010-0,042, в среднем 0,024 мкг/дм^3 (2,4ПДК). Хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ в отобранных пробах воды не были отмечены. Кислородный режим вод в течение всего года в целом был удовлетворительным, шесть значений меньше норматива (минимальное значение 5,60 мгO_2/дм^3) были зафиксированы во всех рукавах 9 июля; насыщение вод не опускалось ниже 70%. Воды дельты Дона в 2020 г. классифицируются как «загрязненные».

Соленость мелководного **Таганрогского залива** в значительной степени зависит от объема речного стока. В 2020 г. соленость изменялась в очень широком диапазоне 0,51–12,18‰, составив в среднем 6,08‰, что почти в 2 раза больше значений предыдущего года. Концентрация НУ изменялась от значений ниже предела обнаружения применяемого метода до 0,28 мг/дм^3 (5,6 ПДК), среднегодовая концентрация составила 2,1 ПДК, что больше значения предыдущего года (1,6 ПДК) (рис. 3.56). Растворенная ртуть, в основном, была ниже предела обнаружения, а наибольшее содержание составило 2,4 ПДК, в среднем 0,015 мкг/дм^3. Максимальная зафиксированная концентрация аммонийного азота на акватории залива составила 232 мкгN/дм^3, что в 2,5 раза меньше значений предыдущего года (578 мкгN/дм^3). Среднее содержание фосфора фосфатов составило 14,5 мкгP/дм^3 и сохраняется стабильным в последние 3 года, максимум 81,5 мкг/дм^3, 1,6 ПДК. Содержание общего фосфора изменялось в интервале 30–85 мкгP/дм^3, в среднем составив 50 мкгP/дм^3. Концентрация растворенного кислорода в водах залива изменялась в широком диапазоне 2,83–15,73 мгO_2/дм^3, в среднем 9,01 мгO_2/дм^3. В 6 из отобранных 142 проб концентрация растворенного кислорода была ниже нормы (6,0 мгO_2/дм^3). Минимальное значение насыщения вод кислородом составило 37%. В целом уровень содержания растворенного в воде кислорода был близок к своим многолетним значениям. В 2020 г. качество вод Таганрогского залива немного ухудшилось по сравнению с предыдущим годом и характеризовалось как «умеренно загрязненные».

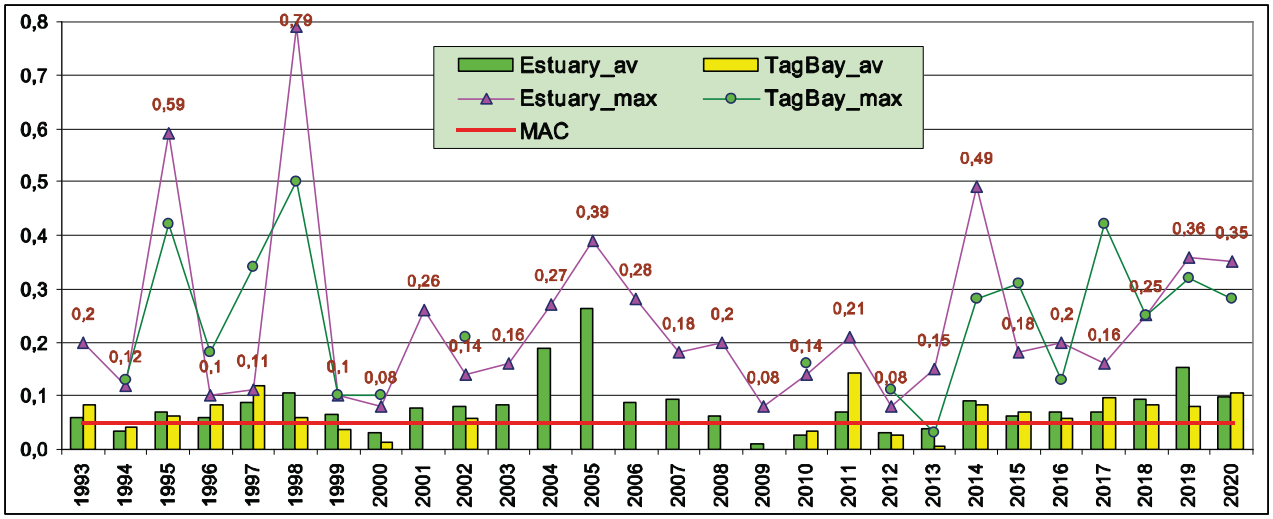


Рис. 3.56. Многолетняя динамика средней (av) и максимальной (max) концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах дельты Дон и восточной части Таганрогского залива в период 1993–2020 гг.
Из максимальных значений в Таганрогском заливе не показаны значения 0,96 в 1993 г. и 1,39 в 2011 г.

В донных отложениях концентрация нефтяных углеводородов в рукавах р. Дон изменялась от 80 до 150 мкг/г, при допустимом уровне концентрации ДК=50 мкг/г. Максимум был отмечен в июле в устье рукава Переволока. Среднегодовое содержание НУ составило 112,5 мкг/г (2,25 ДК). В Таганрогском заливе

концентрация НУ изменялась в диапазоне от 60 до 130 мкг/г (max 2,6 ДК), а средняя концентрация составила 86,7 мкг/г (1,73 ДК), что больше значений предыдущего года (1,5 ДК).

Устьевое взморье и дельта р. Кубань. Низовья дельты реки Кубань. В 2020 г. соленость в Петрушином рукаве р. Кубань изменялась пределах 0,25–0,95‰ с максимумом в октябре; а в рукаве Протока вода во всех отобранных пробах оказалась почти пресной, соленость изменялась от 0,25‰ до 0,28‰. Среднегодовая концентрация НУ на обеих станциях по сравнению с предыдущим годом (0,033 мг/дм^3) повысилась и составила 0,048 мг/дм^3 (0,96 ПДК); максимальная – 0,09 мг/дм^3 (2,26 ПДК). Хлорорганических пестицидов α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, а также ДДТ и его метаболитов не было выявлено. Воды дельты Кубани оценивались как «умеренно загрязненные».

Порт Темрюк. Соленость воды в канале порта была достаточно стабильной в течение всего года и изменялась от 12,09‰ до 14,51‰. Среднегодовая величина солености составила 13,45‰ (в 2019 г. - 12,8‰). Тренд на рост солености сохраняется уже последние полтора десятилетия. Концентрация НУ изменялась от предела обнаружения до 3,62 ПДК (0,181 мг/дм^3), что выше максимума предыдущего года 2,2 ПДК (0,11 мг/дм^3). Среднегодовая концентрация НУ составила 0,043 мг/дм^3 (0,86 ПДК), что близко к значению предыдущего года – 0,04 мг/дм^3 (0,8 ПДК). Концентрация хлорорганических пестицидов (α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) и фосфорорганических соединений (метафос, карбофос, фозалон и рогор) в водах канала порта Темрюк была ниже предела обнаружения. В поверхностном и придонном слоях сероводород не был выявлен. Концентрация растворенной ртути изменялась от предела обнаружения до 0,014 мкг/дм^3 (0,14 ПДК); среднегодовая составила 0,007 мкг/дм^3 (менее 0,1 ПДК). Концентрация биогенных веществ, включая соединения азота и фосфора, в водах канала порта Темрюк в течение всего года не превышала ПДК. В течение года насыщение вод растворенным кислородом было удовлетворительным. Минимальное содержание составило 75%. Воды канала порта Темрюк, также, как и в 2019 году, оценивались как «чистые».

Взморье реки Кубань. Соленость вод взморья Кубани изменялась в очень широком диапазоне 9,06–15,74‰, при средней солености 13,32‰. Максимальная концентрация превысила значение предыдущего года (0,06 мг/дм^3 или 1,2 ПДК) более чем в 2 раза и составила 0,122 мг/дм^3 (2,44 ПДК), а среднегодовая концентрация НУ – 0,028 мг/дм^3 (0,56 ПДК) незначительно отличалась значения 2019 г. – 0,020 мг/дм^3 (0,40 ПДК). Концентрация биогенных элементов, включая соединения азота и фосфора, по своим значениям была близка к значению 2019 г. Среднегодовая концентрация нитритов составила 6 мкг/дм^3 или 0,24 ПДК (в 2019 г. - 5,1 мкг/дм^3 – 0,20 ПДК), нитратов – 131 мкг/дм^3 (в 2019 г. - 255 мкг/дм^3), аммонийного азота – 126 мкг/дм^3 (в2019 г. - 129 мкг/дм^3), фосфора фосфатов – 18 мкг/дм^3 (в 2019 г. - 6,0 мкг/дм^3), общего фосфора – 4,0 мкг/дм^3 (в 2019 г. – 19,0 мкг/дм^3). Концентрация растворенной ртути составила 0,008 мкг/дм^3, с максимумом 0,01 мкг/дм^3 (0,1 ПДК для морских вод). Насыщение вод растворенным кислородом было удовлетворительным: среднегодовая концентрация составила 8,78 мгO_2/дм^3, а минимальное насыщение 71%. Воды взморья Кубани в 2020 г. оценивались как «чистые».

Взморье рукава Протока. В 2020 г. соленость воды изменялась от 10,25‰ до 13,71‰, при среднегодовой солености 12,57‰, что несколько выше средней многолетней за последние 5 лет - 11,51‰. Средняя концентрация НУ составила 0,020 мг/м^3 (0,40 ПДК), а максимум достигал 0,041 мг/м^3 (0,82 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 зарегистрированы. Концентрация биогенных элементов, включая соединения азота и фосфора, не превышала ПДК. В 2020 г. качество воды взморья рукава Протока в Темрюкском заливе по сравнению с 2019 г. не изменилось и оценивалось как «чистые».

Устьевая область р. Кубань (гирла лиманов). Соленость вод устьевой области изменялась в широком диапазоне от 0,35‰ до 13,49‰, при среднегодовой солености 4,92‰ (в 2019 г. - 3,43‰). Максимальная зафиксированная концентрация НУ составила 0,211 мг/дм^3 (4,22 ПДК), а средняя годовая – 0,040 мкг/дм^3 (0,80 ПДК), что выше значения предыдущего года 0,027 мкг/дм^3 (0,54 ПДК) и близко к средней за последние 5 лет (0,036 мг/дм^3). Хлорорганические пестициды в водах взморья не были зарегистрированы. 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 2020 г. составило 78% насыщения, а среднее насыщение составило 99%. Наличие сероводорода не было выявлено. Состояние вод гирл лиманов по сравнению с предыдущим годом не изменилось и оценивалось как «чистые».

Черное море

Крым. Порт Ялта. Значения основных гидрохимических параметров вод порта соответствовали диапазону: температура 8,7–24,8^{O}C; соленость 14,406–19,178‰, при средней солености - 17,87‰; хлорность 8,00–10,66‰, при среднем значении - 9,93‰; pH 8,17–9,07/8,56; щелочность - 2,984–3,456/3,282 мг-экв/дм^3; фосфаты - 5–24/10,9 мкг/дм^3 (0,2 ПДК); общий фосфор - 37–172/66,8 мкг/дм^3; силикаты - 46–675/196 мкг/дм^3; аммонийный азот - 5–69/24,8 мкг/дм^3 (0,01 ПДК); нитритный азот - 0,2–5,3/2,4 мкг/дм^3 (0,1 ПДК); нитратный азот - 8–721/131,8 мкг/дм^3. Гидрологические параметры почти полностью соответствовали значениям предыдущего года, за исключением солености. Случаев значительного распреснения вод из-за стока рек Дерекойка и Учан-Су, которые приводили к снижению солености в 2020 г. до 7,355‰, не наблюдалось, и даже минимальная соленость в середине января незначительно отличалась от среднегодовой величины. Средняя концентрация биогенных элементов (фосфатов, нитритного азота, нитратного азота) уменьшилась в 1,1; 1,6 и 1,2 раза соответственно, общего фосфора увеличилась в 1,3 раза и не изменилась для аммонийного азота. В целом среднее содержание фосфатов в водах порта в последние два десятилетия сохраняется стабильным на уровне 10 мкг/дм^3, в то же время максимальная концентрация фосфатов имеет тенденцию к уменьшению (рис. 3.57).

Содержание НУ в водах акватории морского пассажирского порта изменялось от аналитического нуля до 0,08–0,06 мг/дм^3 (максимум 1,6 ПДК); среднее годовое уменьшилось в 6 раз до 0,0025 мг/дм^3. Содержание СПАВ варьировало от аналитического нуля до 17 мкг/дм^3; среднее годовое составило 3,42 мкг/дм^3 (0,03 ПДК). Фенолы не были выявлены. Из хлорорганических пестицидов группы ДДТ были зарегистрированы: метаболит ДДЕ в концентрации - 0,53–1,16 нг/дм^3, при среднем значении - 0,195 нг/дм^3;

ДДД в концентрации от 0,55 до 4,82 нг/дм^3, при среднем значении - 1,34 нг/дм^3 (0,13 ПДК). Из группы пестицидов ГХЦГ был зафиксирован «свежий» линдан (γ-ГХЦГ) в концентрации 0,59-0,73 нг/дм^3, при среднегодовом значении - 0,08 нг/дм^3 (в 2019 г. - 0,15 нг/дм^3), а его изомер α-ГХЦГ не был выявлен. Пестицид альдрин в воде порта не был зафиксирован. Пестицид гептахлор был зафиксирован в концентрации 1,52-18,34 нг/дм^3, при среднем значении - 6,66 нг/дм^3 (0,67 ПДК). Наличие различных пестицидов в водах акватории порта, возможно, обусловлено их поступлением с водой двух горных речек, смывающих сельскохозяйственные химикаты с расположенных на склоне Крымских гор виноградников. Полициклические хлорированные бифенилы (ПХБ), которые являются индикаторами промышленной активности, в отличие от предыдущего года были зарегистрирвоаны почти в половине проб в диапазоне 0,95-7,19 нг/дм^3 (максимум 0,72 ПДК), при среднем значении - 1,51 нг/дм^3. Значения растворённого в воде кислорода были близкими к предыдущего года и варьировали в пределах 5,87-9,47 мгO$_2$/дм^3, составив в среднем 7,99 мгO$_2$/дм^3. Концентрации ниже нормы были отмечены 2 июля и 4 августа на поверхности. Процент насыщения вод кислородом находился примерно на уровне 2019 г. и варьировал в диапазоне 75-106%, в среднем 89,0% насыщения. В 2020 г. воды морского пассажирского порта Ялта оценивались как «чистые».

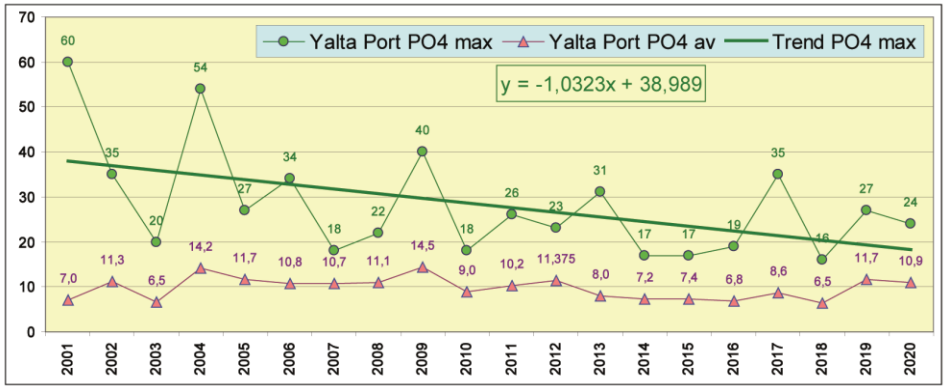


Рис. 3.57. Многолетняя динамика максимальной (max) и средней (av) концентрации фосфора фосфатов P-PO$_4$ (мкг/дм^3) в водах порта Ялта

Район Анапа-Туапсе. Значения основных гидрохимических параметров вод в районе Анапы, Новороссийска, Геленджика и Туапсе в 2020 г. соответствовали диапазону: температура - 7,4-27,4°С; соленость - 16,10-19,19‰, в среднем 17,50‰; pH - 7,86-9,01/8,45; щелочность - 2,170-3,577/3,151 мг-экв/дм^3; фосфаты - 0-49,2/5,8 мкг/дм^3; силикаты - 11-504/89 мкг/дм^3; аммонийный азот - 0,0-142,0/94,9 мкг/дм^3; нитритный азот - 0,00-13,60/5,30 мкг/дм^3. В водах Кавказского прибрежья НУ (среднее содержание 0,026 мг/дм^3, максимальное 0,149 мг/дм^3, 2,98 ПДК), в основном, присутствовали в незначительном количестве. Наибольшее содержание НУ было характерно для района Новороссийска. Однако по сравнению с 2019 г. величина среднего значения НУ в прибрежных водах Новороссийска стала несколько меньше 0,054 мг/дм^3 (1,1 ПДК) по сравнению с 0,065 (1,31 ПДК) (рис. 3.58). В целом за последние два десятилетия наблюдается снижение уровня содержания НУ в водах прибрежья, хотя иногда отмечается существенная межгодовая изменчивость. Содержание СПАВ выше аналитического нуля было зафиксировано в 4 пробах из 116 обработанных (DL=0,10 мкг/дм^3), максимальная концентрация СПАВ составила 0,21 мкг/дм^3. Концентрация растворенной в воде ртути превышала предел обнаружения DL=0,01 мкг/дм^3 и достигала 0,025 мкг/дм^3 (0,25 ПДК); в среднем 0,008 мкг/дм^3. Хлорорганические пестициды групп ДДТ и ГХЦГ не были выявлены. Значения растворённого в воде кислорода варьировали в пределах 6,94-9,64 мгO$_2$/дм^3, в среднем 8,56 мгO$_2$/дм^3. В целом, качество вод Кавказского прибрежья сохранилось на прежнем уровне и характеризовалось как «чистые».

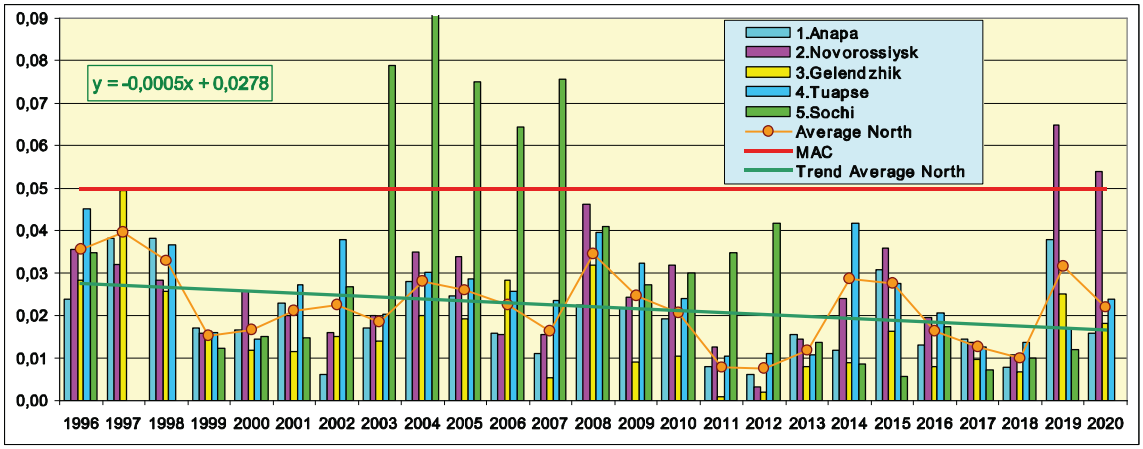


Рис. 3.58. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в прибрежных водах Кавказа в 1996-2020 гг. *Сокращения: Average North - средняя величина в северной части Кавказского прибрежья; MAC - предельно допустимая концентрация (ПДК); Trend Average North - тренд концентрации НУ в северной части прибрежья.*

Район Сочи-Адлер. В 2020 г. значения основных гидрохимических параметров в прибрежных водах между устьями рек Мзымта и Сочи соответствовали диапазону: температура - 9,7-25,6°С; соленость - 11,69-19,92‰, в среднем 18,17‰; pH - 7,28-8,35/8,21; щелочность - 2,241-3,269/2,910 мг-экв/дм^3; фосфаты 0-65,9/4,3 мкг/дм^3; силикаты - 0-1723/171 мкг/дм^3; аммонийный азот - 0-32,8/1,69 мкг/дм^3; нитритный азот - 0-0,27/0,01 мкг/дм^3; нитратный азот - 0-200,2/10,1 мкг/дм^3. С 1996 по 2015 гг. отмечалось постепенное увеличение неорганического фосфора в прибрежных водах Кавказского прибрежья. С 2015 по 2020 гг. наблюдается снижение средней концентрации фосфатов (рис. 3.59). Содержание легкоокисляемых органических веществ по $БПК_5$ варьировало от 0,0 до 4,2 мгO_2/дм^3 (1,4 ПДК); в среднем 1,3 мгO_2/дм^3. Содержание взвешенных веществ было в пределах 0,0-7,5 мг/дм^3, в среднем 0,8 мг/дм^3.

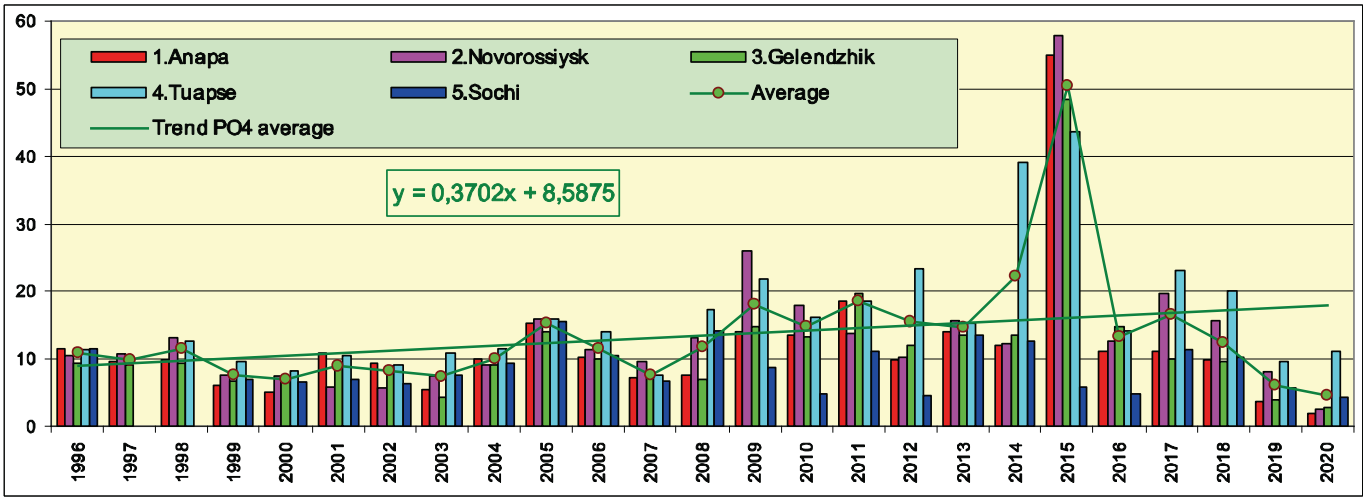


Рис. 3.59. Динамика средней концентрации фосфатов P-PO_4 (мг/дм^3) в прибрежных водах Кавказа в 1996-2020 гг. Сокращения: Average – средняя концентрация фосфатов; Trend PO_4 average – тренд средней концентрации фосфатов.

В 2020 г. прибрежные воды района Большого Сочи между эстуариями рек Мзымта и Сочи, как и в предыдущем году, характеризовались как «чистые». Средняя годовая концентрация всех нормируемых загрязняющих веществ была ниже установленных для морских вод нормативов. Максимальная концентрация в 2020 г. в отдельных пробах превышала ПДК для свинца (1,3 ПДК), для железа (1,3 ПДК) и для легкоокисляемых органических веществ, определяемых по $БПК_5$ (1,4 ПДК).

С 2015 г. можно отметить положительную динамику качества вод района Большого Сочи, связанную преимущественно с уменьшением содержания в акватории тяжелых металлов (рис. 3.60).

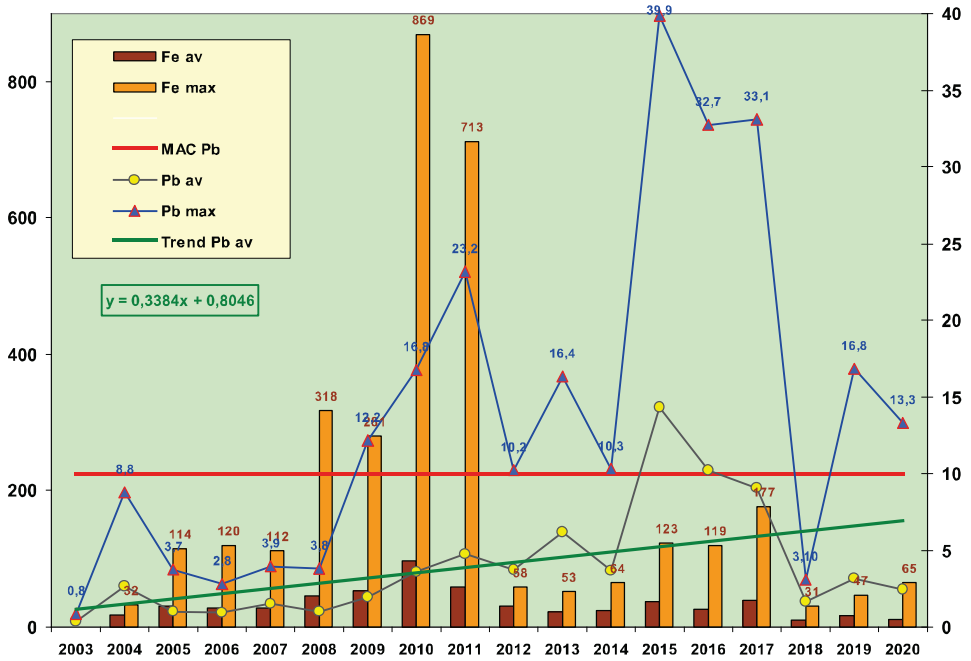


Рис. 3.60. Средняя и максимальная концентрация железа и свинца (мкг/дм^3) в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2003-2020 гг. *Сокращения: Fe av - средняя концентрация железа; Fe max - максимальная концентрация железа; MAC Pb - ПДК свинца; Pb av - средняя концентрация свинца; Pb max - максимальная концентрация свинца; Trend Pb av - тренд средней концентрации свинца.*

Балтийское море

В 2020 г. как и в предыдущие годы, при оценке качества вод Невской губы были использованы значения ПДК для пресных вод, а для районов Финского залива западнее комплексных защитных сооружений (КЗС) – значения ПДК для морских вод.

Невская губа. Центральная часть. Основной вклад в загрязнение вносили медь, цинк, железо (табл. 3.17). Среднегодовая концентрация меди в 2020 г. (4,81 ПДК) была максимальной за последнее десятилетие (рис. 3.61).

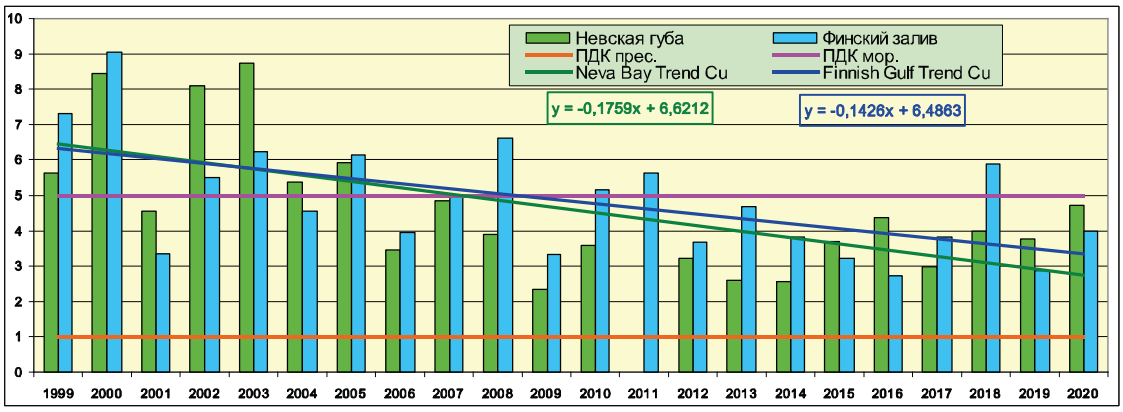


Рис. 3.61. Средние годовые значения концентрации меди (мкг/дм^3) в Невской губе и Финском заливе в период 1999–2020 гг.

Загрязнение НУ было зафиксировано лишь в одной пробе на уровне 0,06 мг/дм^3. Концентрации фенола и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ и ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) были ниже предела обнаружения. Превышение ПДК СПАВ было зафиксировано только в 3% случаев. Среднее годовое содержание нитритного азота стало максимальным с 2004 г. (11,47 мкг/дм^3 или 0,48 ПДК). Концентрации аммонийного азота и нитратного азота находились на среднем многолетнем уровне. Содержание фосфатов не превышало установленной нормы. Содержание кислорода было в пределах от 6,27 до 13,20 мг/дм^3, случаев дефицита кислорода в течение всего года отмечено не было. ИЗВ с указанием приоритетных загрязняющих веществ по всем районам Невской губы представлены в табл. 3.17.

Таблица 3.17. Значение ИЗВ в районах Невской губы

Район	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Содержание ЗВ в 2020 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Центральная часть	1,86	V	1,99	V	2,05	V	Cu 4,81; Zn 1,98; Fe 0,79; O_2 0,63
Северный курортный р-н	2,49	V	2,50	V	2,15	V	Cu 4,13; Zn 2,35; $БПК_5$ 1,56; O_2 0,55
Южный курортный р-н	2,65	V	2,36	V	2,09	V	Cu 4,44; Zn 2,27; $БПК_5$ 1,01; O_2 0,62
Морской торговый порт	2,3	V	2,28	V	1,88	V	Cu 4,27; Zn 1,64; Al 1,03; O_2 0,59
Северная станция аэрации	2,26	V	2,38	V	1,97	V	Cu 4,59; Zn 1,63; NO_2 1,06; O_2 0,62
Невская губа в целом	2,31	V	2,3	V	2,03	V	

Невская губа. Северный курортный район. В 2020 г. основными загрязняющими веществами в водах Северного курортного района являлись: медь (средняя годовая 4,1 ПДК/максимальная 5,4 ПДК), цинк (2,4/4,5 ПДК), легкоокисляемые органические вещества по $БПК_5$ (1,6/2,3 ПДК), железо (0,93/2,4 ПДК) и алюминий (0,74/1,15 ПДК). Содержание свинца, кадмия, никеля, кобальта, а также НУ не превышали установленных ПДК. Содержание азота нитритного превысило ПДК только в одной пробе - 33 мкг/дм^3(1,4 ПДК), в остальных содержание биогенов было несущественным. Концентрации фенола и хлорорганических пестицидов были ниже предела обнаружения. Содержание кислорода соответствовало установленной норме и изменялось в пределах от 9,50 до 11,82 мг/дм^3. Случаев дефицита кислорода (<70%) не было отмечено.

Невская губа. Южный курортный район. Основной вклад в загрязнение вод Южного курортного района вносили медь (4,4 /7,2 ПДК), цинк (2,3/6,6 ПДК), и легкоокисляемые органические вещества по $БПК_5$ (1,0/1,7 ПДК). Содержание железа, алюминия, свинца, марганца, никеля, кобальта, а также НУ не превышало ПДК. Воды района не загрязнены биогенными элементами, только в одной пробе содержание азота нитритного было отмечено выше ПДК – 34 мкг/дм^3(1,4 ПДК). Концентрация СПАВ превысила норму в 3 из 16 проб, максимальное значение составило 1,1 ПДК. Концентрации хлорорганических пестицидов были ниже предела определения. Содержание кислорода соответствовало нормативу и находилось в диапазоне от 7,86 до 11,17 мг/дм^3.

Невская губа. Морской торговый порт. В 2020 г. основными загрязняющими веществами акватории являлись: медь (4,3 /6,9 ПДК), цинк (1,6/3,0 ПДК) и алюминий (1,03/2,8 ПДК). Концентрация марганца превышала ПДК в 29% проб, а железа - в 18% проб. Содержание

свинца, кадмия, никеля, кобальта, НУ и фенола не превышало ПДК. Концентрация биогенных элементов не превышала ПДК, кроме азота нитритного в 17% проб; легкоокисляемые органические вещества по $БПК_5$ превысили ПДК в 12% проб, содержание СПАВ и хлорорганических пестицидов было ниже предела обнаружения. Содержание кислорода находилось в диапазоне от 7,76 до 13,23 мг/дм^3, случаев дефицита кислорода не было отмечено.

Невская губа. Северная станция аэрации. Приоритетными загрязняющими веществами являлись: медь (4,6/6,3 ПДК), цинк (1,6/3,5 ПДК), азот нитритов (1,06/2,08 ПДК), марганец (0,41/2,25 ПДК), $БПК_5$ (0,99/1,4 ПДК), аммонийный азот (0,38/1,31 ПДК), фосфаты (0,23/1,1 ПДК). Содержание никеля, свинца, железа, НУ и фенолов не превышало ПДК. Концентрация хлорорганических пестицидов была ниже предела определения. Содержание растворенного кислорода находилось в диапазоне 8,36-11,74 мг/дм^3 во всем столбе воды. Случаев дефицита кислорода не было отмечено. В 2020 г. качество вод Невской губы характеризовалось «грязными» водами.

В 2020 г. в открытой части Невской губы среднее значение содержания растворенного кислорода было минимальным за пятилетний период. Многолетняя динамика содержания металлов (рис. 3.62) показывает, что наиболее существенным загрязняющим веществом является медь, однако, по сравнению с 2000 г. наблюдается некоторая стабилизация на относительно низком уровне в период 2006-2020 гг.

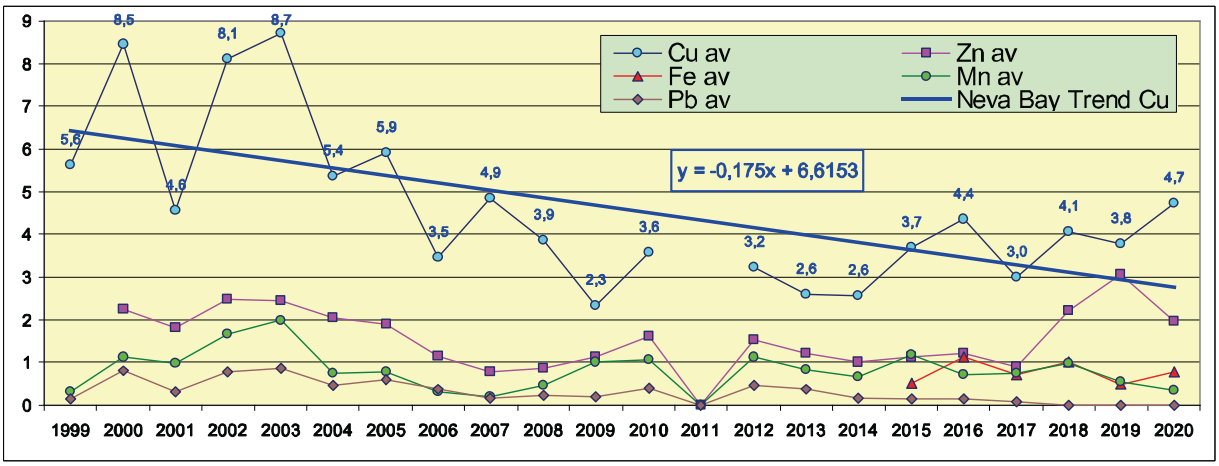


Рис. 3.62. Средние годовые значения концентрации меди, железа (с 2015 г.), свинца, цинка и марганца, выраженные в ПДК, в Невской губе (в целом), в период 1999-2020 гг.

Финский залив. Курортный район мелководной зоны Восточной части. В 2020 г. превышение ПДК наблюдалось железа (4,3/16,4 ПДК), легкоокисляемых органических веществ по $БПК_5$ (1,1/1,8 ПДК), меди (0,8/1,5 ПДК), цинка (0,4/1,0 ПДК), марганца (0,2/1,1 ПДК), СПАВ (0,2/1,0 ПДК). Содержание алюминия, никеля, свинца, кадмия и кобальта не превышало ПДК. Воды района не загрязнены биогенными элементами, содержание НУ и хлорорганических пестицидов было ниже предела обнаружения. Содержание фенола выше предела обнаружения было зафиксировано в двух пробах 0,1 мкг/дм^3. Кислородный режим в течение всего года был в норме - 8,86-11,50 мг/дм^3. Случаев дефицита кислорода (<70%) не было зафиксировано. Воды курортного района оценивались как «загрязненные» (табл. 3.18).

Мелководная зона восточной части Финского залива. Основными загрязняющими веществами в водах этого района являлись металлы: марганец (1,3/9,8 ПДК), медь (0,7/2,0 ПДК) и цинк (0,4/1,0 ПДК). Концентрации ртути, свинца, хрома, НУ, фенолов, СПАВ, хлорорганических пестицидов были ниже предела обнаружения. Средние и максимальные значения содержания биогенных элементов не превышали ПДК. В июле и сентябре 2020 г. в придонном слое в 50% проб был отмечен дефицит кислорода.

Глубоководная зона восточной части Финского залива. Основной вклад в загрязнение вод района вносили медь (1,0/1,7 ПДК), марганец (0,5/2,4 ПДК) и фосфаты (0,5/1,8 ПДК). Содержание кадмия превысило ПДК в трех пробах из 21; концентрации железа, ртути, свинца и хрома, а также НУ, фенола, СПАВ и хлорорганических пестицидов была ниже предела обнаружения. Для всех форм биогенных элементов содержание было ниже уровня ПДК. Кислородный режим вод района в целом был удовлетворительным, кроме 3-х случаев снижения содержания кислорода ниже нормы.

Копорская губа. Основными загрязняющими веществами в водах района являлись металлы: марганец (0,9/4,0 ПДК), медь (0,7/1,2 ПДК) и цинк (0,4/0,8 ПДК). Концентрации железа, ртути, свинца и хрома, НУ, фенола, СПАВ, хлорорганических пестицидов была ниже предела обнаружения. Содержание кислорода составило 8,24-9,95 мг/дм^3 в июле и 4,34-9,45 мг/дм^3 в сентябре; концентрация ниже норматива была отмечена в трех случаях в придонном горизонте.

Лужская губа. Основной вклад в загрязнение района вносили медь (0,8 /1,4 ПДК), марганец (0,6/1,9 ПДК) и цинк (0,4/0,8 ПДК). Содержание железа, ртути, свинца и хрома, НУ, фенола, СПАВ и хлорорганических пестицидов было ниже предела обнаружения. Воды Лужской губы не загрязнены биогенными элементами. Кислородный режим в целом был удовлетворительным, значения кислорода не выходили за пределы норматива, за исключением двух проб, отобранных в сентябре.

Районы восточной части Финского залива к западу от КЗС характеризуются относительно чистыми водами, а наиболее загрязненным является Курортный район (табл. 3.18). В 2020 г. воды восточной части Финского залива характеризовались как «умеренно загрязненные». Уровень загрязнения органическими веществами - НУ, фенолами, СПАВ и хлорорганическими пестицидами очень невысокий. Многолетняя динамика содержания металлов (рис. 3.63) показывает некоторое снижение к 2020 г. средних годовых значений меди, увеличение концентрации марганца, а также некоторую стабилизацию содержания железа по сравнению с максимумом 3 ПДК в 2016 г.

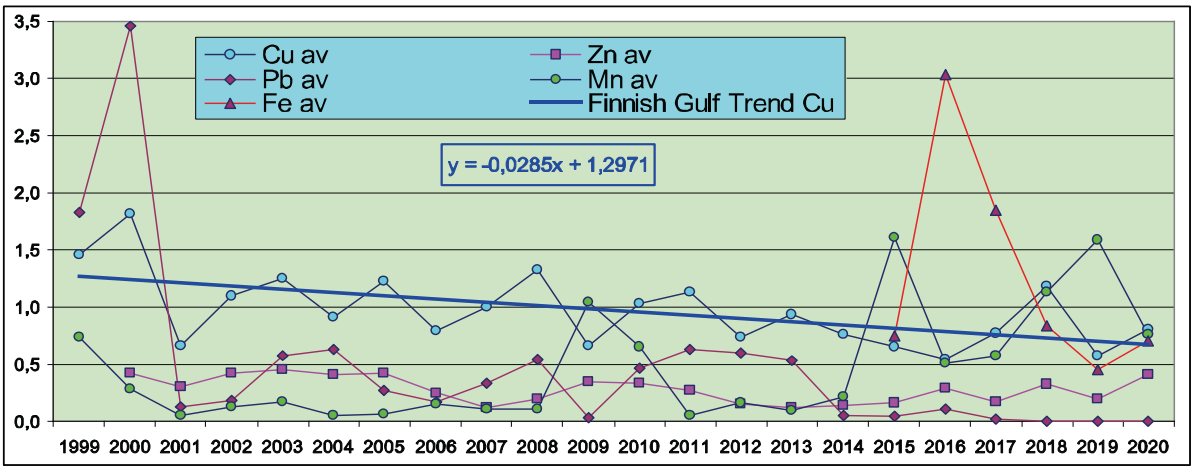


Рис. 3.63. Средние годовые значения концентрации меди, железа (с 2015 г.), свинца, цинка и марганца, выраженные в ПДК, в восточной части Финского залива, в период 1999-2020 гг.

Таблица 3.18. Значение ИЗВ в районах восточной части Финского залива

Район	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Содержание ЗВ в 2020 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Курортный район МЗВЧ	1,69	IV	1,22	IV	1,69	IV	Fe 4,28; BOD_5 1,11; Cu 0,79; O_2 0,61
Мелководная зона восточной части ФЗ	0,87	III	0,61	II	0,8	III	Mn 1,26; Cu 0,68; Zn 0,43; O_2 0,83
Глубоководная зона восточной части ФЗ	1,0	III	1,3	IV	0,65	II	Cu 0,96; Mn 0,48; $P\text{-}PO_4$ 0,5 O_2 0,72
Копорская губа	0,77	III	0,57	II	0,7	II	Mn 0,90; Cu 0,73; Zn 0,40; O_2 0,77
Лужская губа	0,75	II	0,88	III	0,58	II	Cu 0,82; Mn 0,57; Zn 0,39; O_2 0,55
Восточная часть Финского залива в целом	1,02	III	0,92	III	0,88	III	

Белое море

Двинский залив. Соленость акватории в среднем составила 22,2‰ с наибольшими значениями, как и в предыдущие годы, в придонном слое, диапазон значений 10,5-27,9‰. Содержание НУ изменялось от предела обнаружения 0,005 мг/дм^3 до 0,101 мг/дм^3 (2 ПДК), при среднем значении 0,016 мг/дм^3. Значения НУ в водах Двинского залива сохранились на уровне значений предыдущих лет (рис. 3.64). При этом превышение ПДК было зафиксировано только в 1 пробе (в 2019 г. - в трёх пробах). Хлорорганические пестициды и СПАВ в водах Двинского залива не были выявлены.

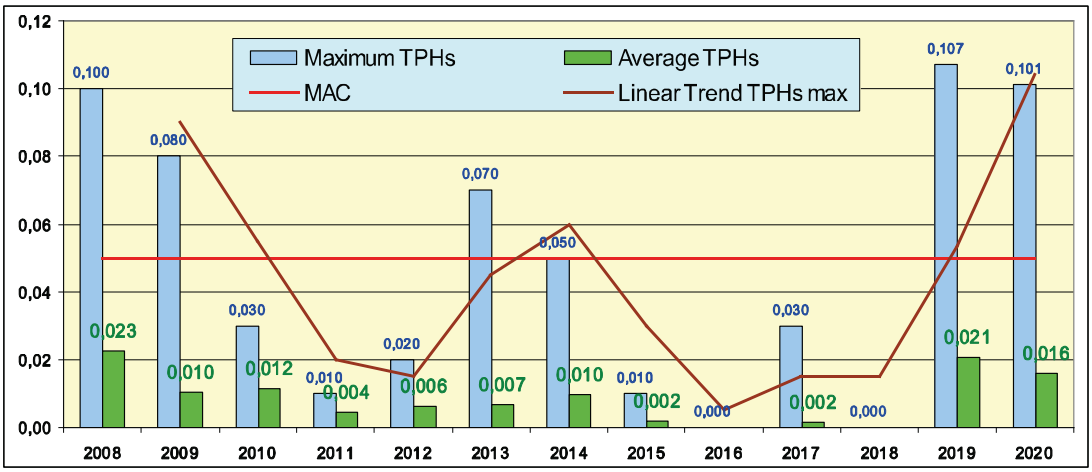


Рис. 3.64. Динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мкг/дм^3) в водах Двинского залива Белого моря в период 2008-2020 гг.

Содержание аммонийного азота находилось в диапазоне от 0 до 26,6 мкг/дм^3, в среднем - 4 мкг/дм^3.- Концентрация нитратного азота находилась в диапазоне 2,9-61 мкг/дм^3, в среднем 19,9 мкг/дм^3; нитритного азота - 1,18-5,45/2,7 мкг/дм^3; общего фосфора - 12,03-39,28/18,2 мкг/дм^3, фосфатов - 4,57-30,4/12,4 мкг/дм^3.

Концентрация биогенных элементов была ниже или на уровне средних многолетних значений. На протяжении многих лет максимальные значения нитратов (рис. 3.65) на дне, как правило, выше, чем на поверхности и в среднем слое. Среднегодовая концентрация силикатов составила 609,5 мкг/дм^3, диапазон составил 239,9-1305,35 мкг/дм^3, это выше значений предыдущих лет и почти соответствует значениям 2018 г.

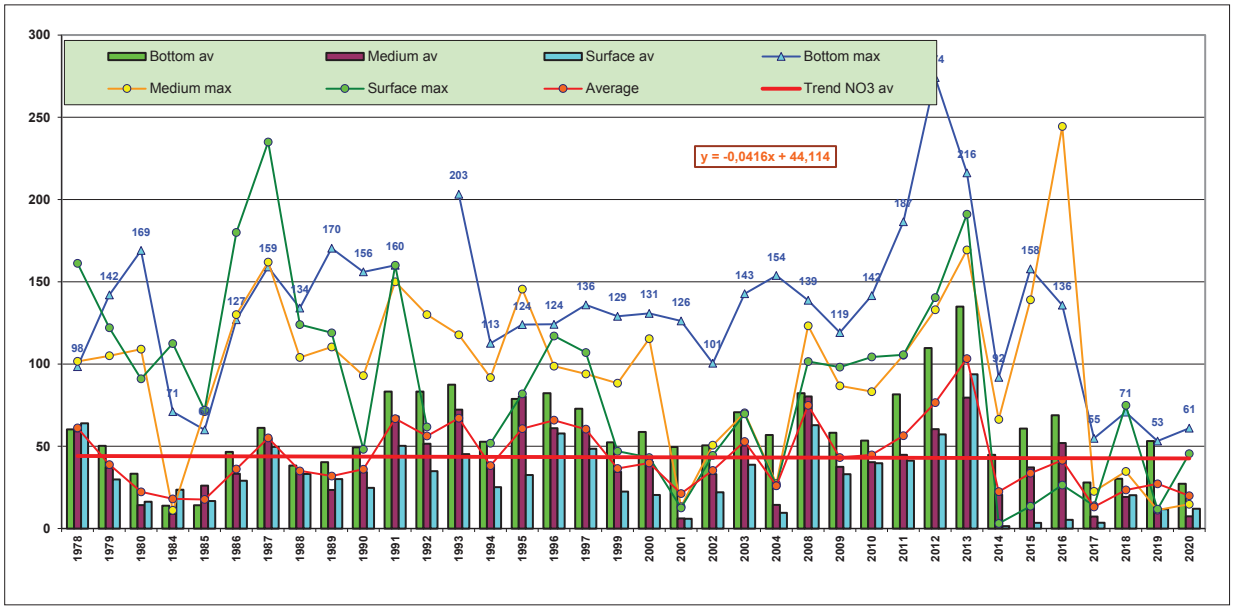


Рис. 3.65. Многолетняя динамика средних (av) и максимальных (max) значений содержания нитратов в придонном (bottom), среднем (medium) и поверхностном (surface) слоях.

Кислородный режим вод Двинского залива практически соответствовал уровню 2019 г.: среднее содержание растворенного кислорода составило 7,4 мгО$_2$/дм^3, диапазон изменений 4,6-10,2 мгО$_2$/дм^3. Процент насыщения был очень низким и изменялся в диапазоне 41,7% до 99,4%, в среднем 69,8%.

Кандалакшский залив. В торговом порту Кандалакша соленость вод изменялась от 3,8‰ до 12,4‰, при среднегодовом значении 8,05‰. Водородный показатель варьировал в пределах 6,34-8,12 ед.pH, при среднем значении 7,44 ед.pH. Кислородный режим в районе расположения водпоста был удовлетворительным. Увеличилось содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$, по сравнению с предыдущим годом. В 2020 г. в июне и августе были зафиксированы значения 1,6 и 2,5 мгО$_2$/дм^3. Содержание НУ в водах порта было незначительным и варьировало в диапазоне 0,011-0,017 мг/дм^3, в среднем составило 0,014 мг/дм^3 (рис. 3.66). Концентрация хлорорганических пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ в водах водпоста была ниже предела обнаружения.

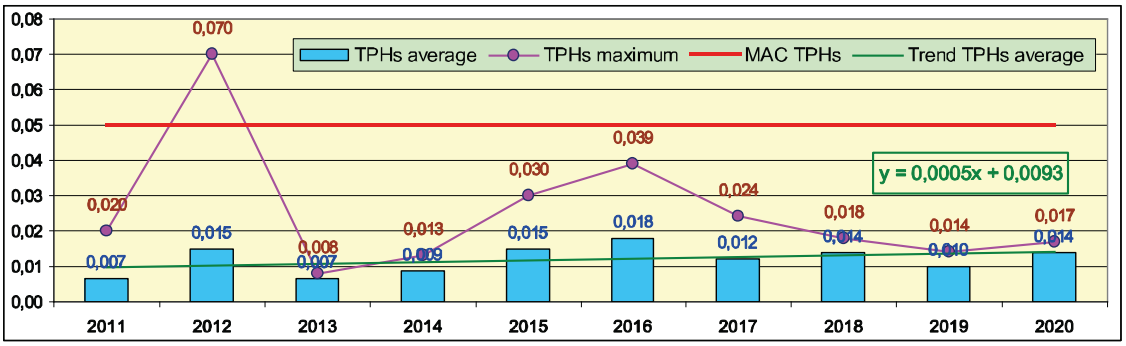


Рис. 3.66. .Динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мкг/дм^3) в водах Кандалакшского залива Белого моря в период 2011-2020 гг.

Концентрация растворенных форм тяжелых металлов изменялась в следующих пределах: меди - 0-11,6 мкг/дм^3, при среднем значении 4,1 мкг/дм^3 (0,8 ПДК), что в 2 раза ниже значений 2019 г.; никеля - 0-3,6/1,5 мкг/дм^3; марганца - 0-24/8,4 мкг/дм^3; кадмия - 0-0,3/0,1 мкг/дм^3; железа - 14-86/42,5 мкг/дм^3, максимум - 1,7 ПДК; ртуть была зафиксирована только в одной пробе - 0,013 мкг/дм^3. Содержание свинца было ниже предела обнаружения, а концентрация хрома увеличилась по сравнению с 2019 г. и составила 0-2,7 мкг/дм^3.

В начале августа 2020 г. в одной пробе были отмечены высокие значения аммонийного азота - 10812,5 мкг/дм^3 и фосфатов - 1374 мкг/дм^3. Нитриты находились в диапазоне 0-16,7 мкг/дм^3, при среднем значении 5,6 мкг/дм^3; нитраты - 35,8-54,2/46,2 мкг/дм^3; силикаты - 59,1-5080,8/884,9 мкг/дм^3. Качество вод оценивалось как «чистые».

Баренцево море

Кольский залив. В 2020 г. на водпосту торгового порта г. Мурманска соленость находилась в диапазоне 8,3-25,1‰, pH 7,5-8,2; общая щелочность 0-1,50 мг-экв/дм^3. Содержание НУ

изменялось в диапазоне 0,019-0,099 мг/дм^3, при среднегодовом 0,052 мг/дм^3 (1,04 ПДК), было отмечено снижение НУ за последнее десятилетие (рис. 3.67).

Содержание легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$) находилось на уровне аналитического нуля, значение 1 мгO_2/дм^3 наблюдалось в январе. Содержание пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ, взвешенных частиц и АПАВ в воде было ниже предела обнаружения. Загрязнение тяжелыми металлами было существенным для меди – среднее 6,8 мкг/дм^3 (1,4 ПДК), максимальное – 11,9 мкг/дм^3 (2,4 ПДК) и для железа – среднее 35 мкг/дм^3 (0,7 ПДК), максимальное – 87 мкг/дм^3 (1,7 ПДК). В 2020 г. отмечалось значительное увеличение концентрации никеля в 1,4 раза и марганца – в 2 раза, однако значения были ниже ПДК.

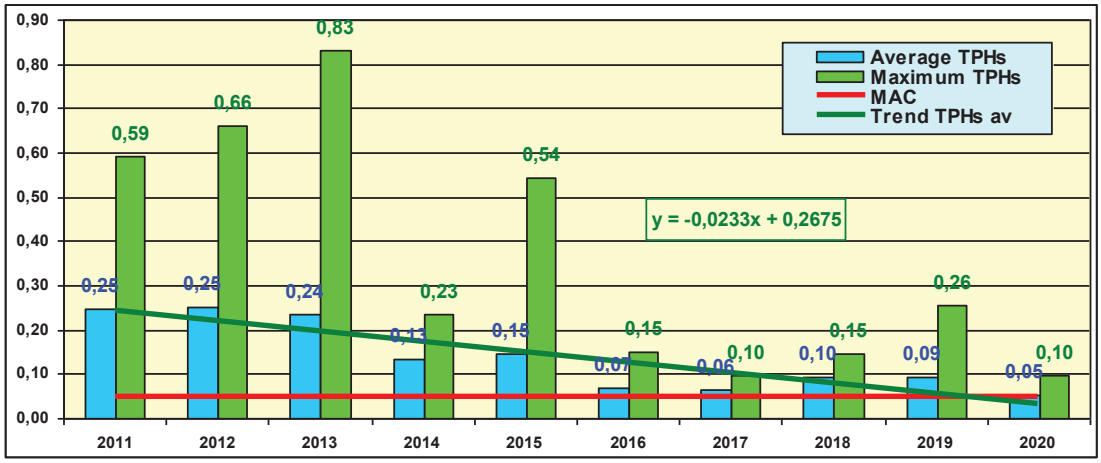


Рис.3.67. Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в торговом порту Мурманска в 2011-2020 гг. *Красная линия - ПДК (МАС).*

Концентрация аммонийного азота в течение года изменялась в диапазоне 53,5-205 мкг/дм^3 (максимум был в июле), в среднем составила 106,8 мкг/дм^3; нитритный азот изменялся в пределах 0-4,36/1,28 мкг/дм^3; нитраты в пределах 13,7-46,8/33,6 мкг/дм^3; силикаты в пределах 753,9-2362,5/1409,6 мкг/дм^3. Содержание фосфатов в водах вблизи водпоста в течение всего года было несколько выше, чем в 2019 г., и изменялось в диапазоне 24,62-202,62/69,6 мкг/дм^3 (1,4 ПДК). Среднегодовая концентрация кислорода составила 10,1 мгO_2/дм^3 и была на уровне значения предыдущего года, насыщения вод кислородом варьировало в диапазоне 76,1-125,8%. Приоритетными загрязнителями сохранились НУ (0,052/1,04 ПДК), медь (6,8/1,4 ПДК) и железо (35/0,7 ПДК). По сравнению с 2019 г. качество вод в районе водпоста в торговом порту г. Мурманск не изменилось и оценивалось как «умеренно загрязненные».

Тихий океан

Шельф полуострова Камчатка. Авачинская губа. В 2020 г. приоритетными загрязняющими веществами в водах Авачинской губы были НУ и фенолы. Среднегодовое содержание НУ в водах Авачинской губы в 2020 г. по сравнению с 2019 г., снизилось почти в 2 раза (рис. 3.68) и составило 1,2 ПДК (0,06 мг/дм^3), максимальное – 15,8 ПДК (0,79 мг/дм^3). Превышения ПДК были отмечены в 42% отобранных проб. В большей степени воды Авачинской губы были загрязнены в августе (2,2 ПДК).

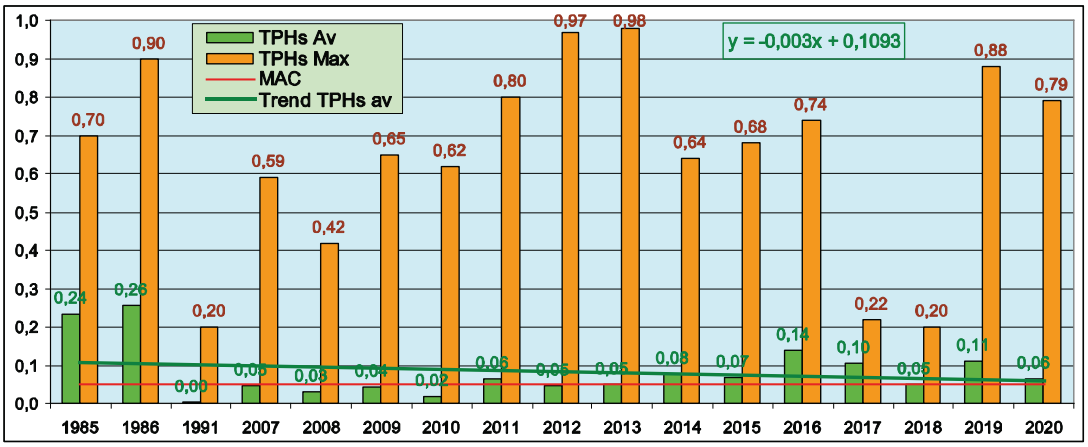


Рис. 3.68. Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах Авачинской губы в 1985-2020 гг.

В среднем за 2020 г. в водах Авачинской губы содержание фенолов составило 0,6 ПДК, максимальное – 2,0 ПДК; за пятилетний период наблюдается снижение среднегодовой концентрации фенолов от 3,0 до 0,6 ПДК. АСПАВ находились ниже предела обнаружения. Среднегодовая концентрация растворенного кислорода в водной толще составила 9,77 мгO_2/дм^3 при среднем значении уровня насыщения 97%. На придонном горизонте с июля по сентябрь было зарегистрировано 6 случаев низкого содержания кислорода (2,09 до

2,89 мг/дм^3, что соответствует уровню высокого загрязнения (ВЗ). Минимальное значение было выявлено в центре Авачинской губы в сентябре. В 2020 г. по сравнению с 2019 г. качество воды Авачинской губы улучшилось и оценивалось как «умеренно загрязненные» (уровень 2018 г.).

Охотское море

Гидрохимические наблюдения проводятся в трех прибрежных акваториях острова Сахалин, расположенных на побережье в окрестностях поселка Стародубский, у поселка Пригородное в заливе Анива и в районе порта. Корсаков.

В районе пос. Стародубский значения большинства гидрохимических показателей, а также концентрации загрязняющих веществ находились в пределах среднемноголетних значений. По сравнению с 2017–2019 гг. снизились значения средней и максимальной концентрации меди: средняя составила 2,1 мкг/дм^3; максимальная 3 мкг/дм^3 (0,6 ПДК). Содержание легкоокисляемых органических веществ по $БПК_5$ превышало ПДК: среднее значение 3 мгO_2/дм^3 (1,4 ПДК), максимальное 5,5 мгO_2/дм^3 (2,6 ПДК). Концентрации НУ (среднегодовая <0,02 мг/дм^3, максимальная 0,03 мг/дм^3), СПАВ (10,0/30 мг/дм^3), цинка (4,3/8,4 мкг/дм^3), свинца (1,1/1,8 мкг/дм^3) и кадмия (<0,3 мкг/дм^3) не превышали нормативных показателей. Незначительно снизилось содержание фенолов – среднее 0,5 мкг/дм^3, максимальное 2,9 мкг/дм^3, что составило 2,9 ПДК. Кислородный режим в период наблюдений был в пределах нормы: среднее содержание растворенного кислорода составило 9,6 мгO_2/дм^3, минимальное 8,1 мгO_2/дм^3.

В 2020 г. в **донных отложениях** в районе пос. Стародубский снизилась концентрация НУ (среднее значение 26,3 мкг/г, 0,5 ДК; максимальное значение 39,8 мкг/г, 0,8 ДК), что свидетельствует об отсутствии увеличения техногенного воздействия на акваторию. Содержание фенолов, кадмия, меди, свинца и цинка являлось незначительным, а максимальные значения, как и в 2019 г., не превышали 0,2 ДК.

В заливе Анива в районе пос. Пригородное в 2020 г., отмечалось незначительное снижение уровня загрязнения морских вод легкоокисляемыми органическими веществами по $БПК_5$ (среднее значение 1,6 мгO_2/дм^3, максимальное 4,5 мгO_2/дм^3, 2,1 ПДК). Отмечено увеличение концентрации меди (средняя 3,5 мкг/дм^3; максимальная 9,9 мкг/дм^3, 2 ПДК) и НУ (средняя 0,03 мг/дм^3; максимальная 0,1 мг/дм^3, 2 ПДК). Средние и максимальные концентрации других ингредиентов – кадмия, цинка, свинца, СПАВ не превышали 0,3 ПДК. Кислородный режим был в пределах нормы. Среднее годовое значение концентрации кислорода составило 8,1 мгO_2/дм^3, минимальное - 6,6 мгO_2/дм^3.

В донных отложениях содержание НУ значительно снизилось по сравнению с предыдущим годом – среднее значение 5,9 мкг/г, 0,1 ДК; максимальное – 17,9 мкг/г, 0,4 ДК. Средние и максимальные значения содержания кадмия, фенолов, меди, цинка и свинца не превышали норматива (максимальное значение - 0,2 ДК - медь, как и в 2019 г.).

В водах залива Анива в районе города и **порта Корсаков** в 2020 г. по сравнению с 2019 г. отмечено увеличение в 2 раза загрязнение НУ: среднее значение 0,06 мг/дм^3 (1,2 ПДК); максимальное 0,3 мг/дм^3 (6 ПДК). Незначительно снизилось содержание легкоокисляемых органических веществ по $БПК_5$: среднее значение 3,4 мг/дм^3; максимальное 5,3 мг/дм^3. Содержание меди сохранилось на высоком уровне – среднее значение 3,7 мкг/дм^3; максимальное 7,8 мкг/дм^3 (1,6 ПДК). Снизилось содержание фенолов. Средняя и максимальная концентрации кадмия, цинка, СПАВ, свинца и аммонийного азота не превышали ПДК. Среднегодовое содержание кислорода составило 7,8 мгO_2/дм^3, минимальное значение опускалось ниже уровня норматива и составило 4,5 мгO_2/дм^3. В 2020 г. класс качества вод южной части побережья о. Сахалин соответствовал «умеренно загрязненным» водам.

В **донных отложениях** было отмечен значительный рост содержания нефтяных углеводородов, максимальное загрязнение увеличилось в 4 раза (среднее значение 717 мкг/г, 14,3 ДК; максимальное 2453 мкг/г, 49 ДК). Концентрация кадмия находилась на уровне значений предыдущего года (среднее значение 0,2 мкг/г, 0,3 ДК; максимальное 0,37 мкг/г, 0,5 ДК). Концентрация меди сопоставима с предыдущим годом (среднее значение 18,5 мкг/г, 0,5 ДК; максимальное 25 мкг/г, 0,7 ДК). Концентрация фенолов, цинка и свинца не превышала 0,5 ДК.

Японское море

Залив Петра Великого. В 2020 г. во всех прибрежных районах залива Петра Великого среднегодовая концентрация НУ незначительно снизилась или сохранилась на уровне 2019 г. и не превысила 1 ПДК. В бухте Золотой Рог среднегодовая концентрация снизилась незначительно – в 1,1 раза (с 0,045 до 0,40 мг/дм^3); в бухте Диомид – в 1,5 раза (с 0,045 до 0,030 мг/дм^3); в проливе Босфор Восточный – в 1,5 раза (с 0,030 до 0,020 мг/дм^3); в Амурском и Уссурийском заливах и в заливе Находка среднее содержание НУ не изменилось по сравнению с 2019 г. и составило 0,02 мг/дм^3; 0,02 мг/дм^3 и 0,03 мг/дм^3 соответственно. Максимальные концентрации НУ в морской воде были отмечены в бухте Золотой Рог (1,9 ПДК), в Уссурийском заливе (2 ПДК) и в заливе Находка (3 ПДК).

По сравнению с 2019 г. уровень загрязненности прибрежных районов залива Петра Великого фенолами повысился во всех районах: среднегодовое содержание в бухте Золотой Рог составило 2,1 ПДК, в бухте Диомид и в Амурском заливе – 2 ПДК, в проливе Босфор Восточный – 1,4 ПДК, в Уссурийском заливе – 1,7 ПДК, в заливе Находка – 1,8 ПДК, в бухте Находка – 2,3 ПДК. Максимальное значение (5 ПДК) было отмечено в октябре в центральной части бухты Золотой Рог. Загрязненность морских вод АПАВ снизилась во всех прибрежных районах в 2–4 раза и изменялась в диапазоне 0,8–1,0 ПДК.

В прибрежных водах залива Петра Великого в 2020 г. среднегодовое содержание определяемых металлов (меди, железа, цинка, свинца, марганца и кадмия) было менее 1 ПДК. В бухте Золотой Рог и в проливе Босфор Восточный максимум меди составил 1,1 ПДК; в проливе Босфор Восточный максимум цинка составил 1,9 ПДК; в бухте Золотой Рог и в заливе Находка максимумы марганца составили 1,2 и 2,7 ПДК соответственно. Среднегодовое содержание ртути в морской воде в прибрежных районах изменялось в пределах 0,1–0,4 ПДК и по сравнению с 2019 г. сохранилось примерно на том же уровне. Значения выше норматива были отмечены в трех районах: в проливе Босфор Восточный – 1,6 ПДК, в Амурском заливе – 1,4 ПДК и в заливе Находка – 2,8 ПДК.

Среднее значение легкоокисляемых органических веществ по $БПК_5$ изменялось в диапазоне 0,5–1,4 ПДК, максимальное значение (4,3 ПДК) было зарегистрировано в бухте Золотой Рог в августе. В 2020 г. среднегодовое содержание растворенного кислорода в толще воды разных районов акватории залива находилось в диапазоне 7,28–10,06 мгO_2/дм^3, однако в 21 пробе оно было ниже норматива (6,0 мгO_2/дм^3), минимум наблюдался в заливе Находка (3,07 мгO_2/дм^3, 38,1% насыщения).

В 2020 г. большая часть прибрежных районов залива Петра Великого характеризовалась «умеренно-

загрязненными» водами (рис. 3.69). Исключением стала бухта Золотой Рог, качество вод которой соответствовало «загрязненным» водам. По сравнению с 2019 г. улучшилось качество вод бухты Диомид, пролива Босфор Восточный, Амурского и Уссурийского заливов, залива Находка.

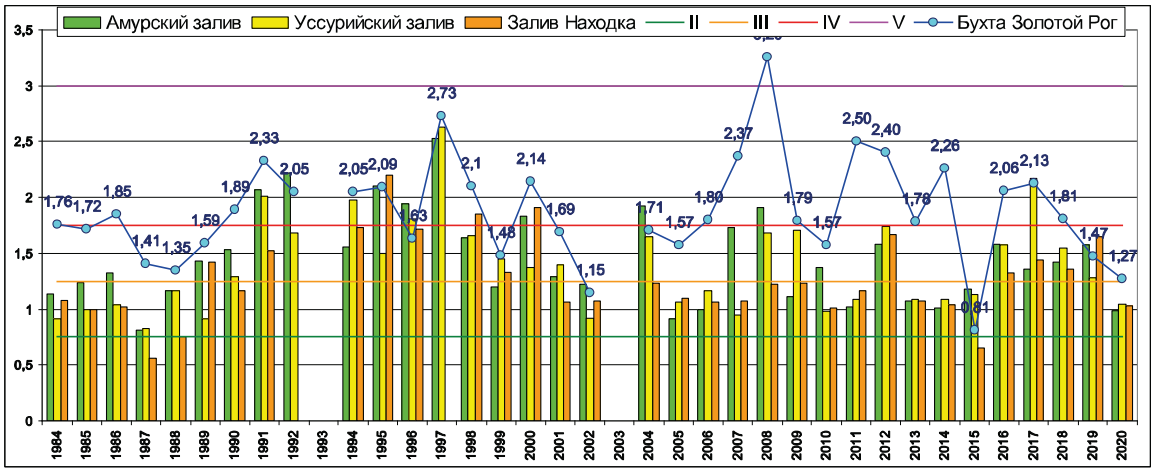


Рис. 3.69. Многолетняя динамика индекса загрязненности вод (ИЗВ) в различных районах залива Петра Великого Японского моря

Донные отложения. В 2020 г. среднегодовое содержание НУ в донных отложениях прибрежных районов залива Петра Великого изменялось в диапазоне 0,07–12,79 мг/г сухого вещества. По-прежнему в наибольшей степени загрязнены донные отложения бухты Золотой Рог, среднегодовое содержание НУ составило 256 ДК, максимальная концентрация составила 566 ДК (28,31 мг/г). По сравнению с 2019 г. почти во всех прибрежных районах, за исключением бухты Диомид, было отмечено снижение среднегодовой концентрации НУ в донных отложениях. В бухте Диомид среднегодовой показатель (206 ДК) увеличился в 1,2 раза.

Среднегодовое содержание фенолов в донных отложениях залива Петра Великого варьировало в диапазоне 3,20–7,40 мкг/г. В большинстве прибрежных районов залива Петра Великого средняя концентрация фенолов снизилась по сравнению с предыдущим годом в 1,1–1,5 раза. В 2020 г. в наибольшей степени были загрязнены фенолами осадки бухты Золотой Рог (средняя 7,40 мкг/г, максимальная 12,0 мкг/г) и бухты Диомид (средняя 6,20; макс. 9,0 мкг/г).

В Амурском и Уссурийском заливах, проливе Босфор Восточный и в заливе Находка среднегодовая концентрация практически всех определяемых тяжелых металлов в донных отложениях не превышала допустимого уровня. В Уссурийском заливе было отмечено увеличение уровня загрязненности донных отложений марганцем (в 2 раза), кобальтом (в 1,4 раза), кадмием (в 1,7 раза), никелем (в 2 раза) и ртутью (в 2,5 раза). В 2020 г. во всех районах был зафиксирован рост уровня загрязненности донных отложений ртутью (в бухте Золотой Рог почти в 5 раз). В донных отложениях всех прибрежных районов залива Петра Великого по-прежнему отмечается высокая концентрация железа: среднегодовые показатели в 2020 г. были в диапазоне 11102–40512 мкг/г. Наиболее высокие значения наблюдались в бухте Диомид и в бухте Золотой Рог (25724 мкг/г).

Среднегодовая суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ превышала ДК во всех исследуемых районах: в Бухте Золотой рог – 10,6 ДК, Диомид – 6,6 ДК, Босфор восточный – 2 ДК, Амурский залив – 1,8 ДК, Уссурийский залив – 1,1 ДК, Находка – 2,6 ДК (рис. 3.70). По сравнению с 2019 г. средняя суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ снизилась во всех районах залива Петра Великого, причем для бухт Золотой Рог и Диомид существенно. Максимальное суммарное содержание пестицидов группы ДДТ было отмечено в мае в бухте Золотой Рог – 19,4 ДК.

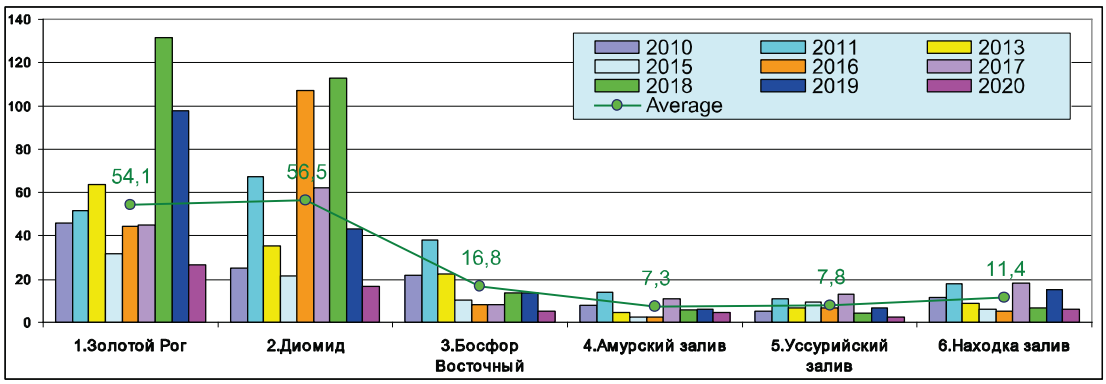


Рис. 3.70. Содержание суммы ДДТ в донных отложениях различных районов Японского моря

В 2020 г. произошло снижение уровня загрязненности донных отложений линданом (γ-ГХЦГ) во всех прибрежных районах в 1,3–10 раз. Средние значения во всех прибрежных районах составили 2 ДК, а в Амурском заливе – 6 ДК. Максимальное значение было зарегистрировано в Амурском заливе в июне в центральной части залива – 10 ДК.

Среднее содержание полициклических хлорированных бифенилов (ПХБ) снизилось по сравнению с 2019 г. во всех прибрежных районах залива Петра Великого: в бухте Золотой Рог с 47 до 14 ДК, в бухте Диомид - с 78 до 13,5 ДК, в проливе Босфор Восточный – с 8 до 2,3 ДК, в Амурском заливе – с 1,5 до 1 ДК, в Уссурийском заливе – с 2,7 до 0,6 ДК и в заливе Находка – с 1,0 до 0,5 ДК. Наиболее высокие концентрации ПХБ в 2020 г. были зафиксированы в бухте Золотой Рог – максимум достигал 39 ДК.

Татарский пролив. В 2020 г. в районе **порта г. Александровск-Сахалинский** среднегодовое содержание НУ незначительно снизилось и составило 1,2 ПДК, максимальное значение (4 ПДК) было отмечено в июле. Фенолы не были выявлены. Содержание СПАВ и аммонийного азота в морской воде не превысило 0,1 ПДК. Среднегодовое содержание меди в 2020 г. было в 2 раза меньше и составило 0,6 ПДК. Максимальная концентрация меди была зафиксирована в июле и составила 1,5 ПДК. Среднегодовые значения концентрации кадмия, цинка и свинца не превышали 0,1 ПДК.

Кислородный режим в 2020 г. был в пределах нормы: среднее содержание растворенного кислорода составило 8,84 мгO_2/дм^3. Качество морских вод в Татарском проливе в районе г. Александровск не изменилось и оценивалось как «умеренно-загрязненные» воды.

Уровень загрязненности **донных отложений** прибрежной зоны района г. Александровск НУ снизился по сравнению с предыдущим годом. Содержание НУ в донных отложениях было в диапазоне 5,2–52,5 мкг/г абсолютно сухого грунта, в среднем 13,06 мкг/г (0,3 ДК); в 2019 г. – 31,13 мкг/г или 0,6 ДК. Среднегодовое содержание фенолов резко повысилось, почти в 30 раз: с 0,03 до 0,89 мкг/г. Содержание тяжелых металлов было в пределах: меди 1,3–3,3 мкг/г (среднее 2,3 мкг/г); цинка 0,0–111/42,4 мкг/г; кадмия 0,0–0,05/0,03 мкг/г; свинец не был зарегистрирован. Среднегодовое содержание всех определяемых металлов в донных отложениях в районе Александровска было значительно ниже 1 ДК.

3.3.6. Гидробиологическая оценка состояния морских вод

Гидробиологические наблюдения за состоянием прибрежных морских экосистем Российской Федерации в 2020 г. проводились по основным экологическим сообществам: бактериопланктон, фитопланктон и фотосинтетические пигменты, мезозоопланктон и макрозообентос в Балтийском, Белом, Лаптевых и Японском морях. Каждая из этих экологических групп наблюдается по целому ряду показателей, позволяющих получать информацию о количественном и качественном составах сообществ прибрежных морских экосистем России.

Балтийское море. В 2020 г. наблюдения проводились в Невской губе Финского залива. Содержание хлорофилла «А» увеличилось в 4 раза по сравнению с 2018 г. и варьировало от 1,82 до 35,80 мкг/л, что свидетельствует о постепенном увеличении трофического статуса вод. В настоящее время воды Невской губы характеризуются как мезотрофные с чертами эвтрофных вод и соответствуют «загрязненным» водам.

В составе фитопланктона было отмечено 119 видов водорослей, относящихся к 8 отделам. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало зеленым – 44, диатомовым – 39 и синезеленым водорослям – 17, остальные группы были представлены единичными видами: эвгленовые - 6, криптофитовые и золотистые водоросли – по 5 видов, динофитовые – 3, желто-зеленые – 1.

Биомассы фитопланктона в северной, транзитной и южной зонах губы имели незначительные отличия, так в транзитной зоне она составляла 1,82 мг/л, в северной – 3,03 мг/л и в южной -1,13 мг/л, а в целом – не превышала -1,99 мг/л, что соответствует средним многолетним показателям.

В 2020 г., как и в предыдущие годы, по доле в биомассе фитопланктона доминировали диатомовые водоросли, достигая 85%, что характерно для большинства водных объектов России. Доля зеленых водорослей увеличилась по сравнению с 2019 г. В тоже время количественные показатели синезеленых в планктоне сохранились незначительными. Основной вклад в вегетацию фитопланктона вносили диатомовые водоросли (39-85% от общей биомассы) и зеленые водоросли (45-87%).

В сезонной динамике выделялся один четко выраженный весенний пик, связанный с вегетацией диатомовых водорослей. Качество воды в период наблюдений варьировало от «условно чистых» до «слабо загрязненных». Экосистема поверхностного слоя находилась в состоянии антропогенного экологического напряжения.

В составе мезозоопланктона губы было отмечено 62 вида и вариетета. Наибольшим числом видов обладали коловратки – 26 и ветвистоусые раки – 21 вид, качественный состав веслоногих раков сохранился на прежнем уровне и насчитывал 15 видов. Существенных изменений в качественном составе мезозоопланктона по сравнению с предшествующими периодами наблюдений не было отмечено.

Численность мезозоопланктона в губе варьировала от 1,4 тыс. экз/м^3 до 355,3 тыс. экз/м^3, биомасса – от 3,64 мг/м^3 до 908,03 мг/м^3. В среднем в 2020 г. биомасса зоопланктона составила 110,04 мг/м^3, а численность - 34,4 тыс. экз/м^3, что соответствовало значениям 2019 г. В целом уровень развития зоопланктона в Невской губе в 2020 г. следует оценить как сравнительно невысокий. Качество воды варьировало от «условно чистых» до «слабо загрязненных». Экосистема поверхностного слоя находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

В 2020 г. в составе макрозообентоса Невской губы было отмечено 53 вида донных беспозвоночных, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало малощетинковым червям – 25 и комарам-звонцам – 13, а также моллюскам – 9, остальные группы: плоские черви, клопы и ручейники были представлены единичными видами. Основной вклад в формирование биомассы зообентоса, как и в предыдущие годы, вносили олигохеты, моллюски и личинки хирономид.

Бентос губы был сформирован 8 монодоминантными сообществами донных беспозвоночных, четко регламентированных наличием органического вещества и формой его седиментации. Так, в транзитной зоне (фарватер) и приплотинной части Невской губы были распространены сообщества пеллофильных бентосных беспозвоночных, способных выживать на жидких илах, профундали, в прибрежных частях фауна зообентоса значительно разнообразнее и представлена поясом сестонофагов мягких грунтов, активно перемещающихся в зоне высокой гидродинамики устьев впадающих в губу проток. Максимальные количественные показатели макрозообентоса были отмечены в октябре. Так, 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. По численности и биомассе на большинстве станций доминировали олигохеты, составляя до 100% и формируя основу биоценоза Невской губы.

Значительные межгодовые колебания численности донных беспозвоночных связаны с многолетними изменениями речного стока и являются характерной особенностью Невской губы. В 2020 г. видовое разнообразие сохранилось неизменным, а количественное - незначительно снизилось по сравнению с предыдущим годом.

Качество воды в 2020 г. варьировало от «слабо загрязненных» до «грязных» вод. Большая часть акватории Невской губы - 66% наблюдаемых станций в её центральной части были отнесены к «загрязненным» водам, устье рукава Большая Невка – к «слабо загрязненным», акватория Морского порта и северное побережья о. Кронштадт – к «грязным» водам. Воды придонного слоя находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Таким образом, результаты наблюдений за состоянием и загрязнением Невской губы в 2020 г. позволили сделать вывод, что по всем наблюдаемым гидробиологическим показателям экосистема водного объекта находится в состоянии антропогенного экологического напряжения, между тем качество вод поверхностного (фито- и зоопланктон, концентрация хлорофилла «А») и придонного слоев имеют значительные расхождения в пределах 1-2 классов качества. Тем не менее, качество воды и состояние экосистемы Невской губы сохраняется неизменным на протяжении последних 10 лет.

Белое Море. В 2020 г. наблюдения проводились в Двинском заливе. В составе фитопланктона залива было отмечено 59 видов водорослей, представленных пресноводными эвригалинными видами, среди которых в качественном и количественном отношении доминировали холодноводные диатомовые водоросли – 35 видов, зеленые и эвгленовые водоросли – 11 и 10 видов соответственно, синезеленые были представлены — 3 видами. Видовое разнообразие фитопланктона в пробах варьировало от 12 до 30 видов. Индекс сапробности варьировал от 1,56 до 1,76, что соответствует «слабо загрязненным» водам.

Экосистема поверхностного слоя находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Море Лаптевых. В 2020 г. наблюдения проводились в заливе Неёлова и в дельте реки Лена в районе острова «столб Хабарова».

В составе фитопланктона залива было отмечено 16 видов водорослей, представленных пресноводными эвригалинными видами, среди которых в качественном и количественном отношении доминировали холодноводные диатомовые водоросли – 10 видов, затем зеленые водоросли – 3 видов, синезеленые были представлены — 2 видами, а также был зарегистрирован единственный представитель золотистых водорослей. Видовое разнообразие фитопланктона соответствовало среднемноголетним значениям, существенных изменений качественного состава не было выявлено. Индекс сапробности в дельте р. Лена варьировал от 1,42 до 2,06, что соответствует «условно чистым» - «слабо загрязненным», в заливе Неелова - 1,4 -«условно чистым» водам.

Экосистемы поверхностных слоев наблюдаемых водных объектов находились в состоянии антропогенного экологического напряжения.

В составе макрозообентоса залива в 2020 г. было отмечено 29 видов беспозвоночных, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало комарам звонцам - 8 видов и малощетинковым червям – 6 видов, моллюскам и бокоплавам - 4 вида, поденкам – 3 вида, веснянкам и ручейникам - 2 вида.

Сообщество бентосных беспозвоночных включало в себя 3 неритических вида бокоплавов, среди которых наиболее многочислен реликтовый бокоплав - *Monoporeia affinis* (Lindström, 1855), широко распространенный в Голарктике *Gammarus lacustris* 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* (Müller, 1774). В 2020 г. фауна макрозообентоса не претерпела значительных изменений и была представлена теми же группами. Качественный и количественный составы зообентоса в дельте р. Лена и заливе Неёлова зависят от градиента солености преобладающих течений и формируются из фаун зообентоса водных объектов, составляющих основу водного баланса.

В 2020 г. среди наблюдаемых водных объектов Восточно-Сибирского гидрографического района, как и в предыдущие годы, наиболее загрязненным сохранился залив Неёлова по показателям зообентоса. Качество его придонных вод варьировало в течение года от «слабо загрязненных» до «грязных», превалировали «загрязненные» воды.

Результаты наблюдений за состоянием и загрязнением дельты р. Лена и Залива Неёлова в 2020 г. позволили сделать вывод, что качество воды и состояние экосистем р. Лена и Залива Неёлова сохраняется неизменным на протяжении последних 10 лет и соответствует экологическому антропогенному напряжению и экологическому регрессу.

Японское море. В 2020 г. гидробиологические наблюдения проводились по микробиологическим показателям. Оценивалась общая численность и биомасса микроорганизмов, среди которых выделялись доли сапротрофных и нефтеокисляющих бактерий в общей численности и биомассе микрофлоры. Наблюдения охватывали 9 участков 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.

Амурский залив. В водах Амурского залива средняя численность микроорганизмов составила 2,51 млн.кл/мл при среднем значении биомассы 1,7 г/м^3. По сравнению с 2019 г. наблюдается незначительное увеличение общей численности и биомассы. Максимальные значения общей численности микроорганизмов и их биомассы наблюдались в придонном горизонте осенью – 6,69 млн.кл/мл и 4,5 г/м^3. Минимальные — на фоновой станции весной в придонных горизонтах и составили 0,40 млн.кл/мл и 183 мг/м^3 соответственно.

В 2020 г. по сравнению с 2019 г. отмечается увеличение среднегодового значения численности сапротрофных бактерий до 1,06 млн.кл/мл, численность варьировала в диапазоне от 2,5 тыс.кл/мл – 6 млн.кл/мл. В апреле в придонном горизонте была отмечена минимальная численность микрофлоры (2,5 тыс.кл/мл), а максимальное значение 6 млн.кл/мл – осенью в поверхностном горизонте.

Численность нефтеокисляющих бактерий увеличилась в 2,5 раз по сравнению с 2016 г. При среднем значении 20,7 тыс.кл/мл их численность находилась в пределах от 6 кл/мл до 0,3 млн.кл/мл. Максимальная численность нефтеокисляющих бактерий была зафиксирована в поверхностных горизонтах осенью – 0,3 млн.кл/мл..

Количество фенолокисляющих бактерий в 2020 г. варьировало от 1 до 60 кл/мл, составив в среднем 9 кл/мл. Минимальные значения фенолокисляющих бактерий наблюдались на всех станциях весной. В осен-

ний период средняя численность бактерий увеличилась, по сравнению с весенним, до 13 кл/мл. По микробиологическим показателям качество вод Амурского залива характеризовалось как «загрязненная», биоценоз находился в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Уссурийский залив. Общая численность микроорганизмов в Уссурийском заливе незначительно увеличилась по сравнению с 2019 г. и составила в среднем 1,74 млн.кл/мл при уменьшении их среднегодовой биомассы до 0,9 г/м^3. Максимальные общая численность бактериопланктона и его биомасса были зафиксированы в поверхностном горизонте летом – 3,4 млн.кл/мл и 2,0 г/м^3 соответственно. Минимальные — в придонном горизонте в апреле – 0,12 млн.кл/мл и 89 мг/м^3. Весной общая средняя численность микроорганизмов составила 0,63 млн.кл/мл, при средней биомассе – 294 мг/м^3. Летом наблюдалось увеличение количественных показателей по сравнению с 2019 г. до 2,62 млн.кл/мл и 1,5 тыс.мг/м^3 соответственно. Осенью эти показатели сократились до – 1,98 млн.кл/мг, и 0,89 г/м^3 соответственно.

Численность сапротрофных бактерий увеличилась по сравнению с 2019 г. в 3 раза при среднем значении 0,47 млн.кл/мл. Численность бактериопланктона варьировала в пределах 0,3 тыс.кл/мл-2,5 млн.кл/мл. Максимальное значение численности сапротрофных микроорганизмов наблюдалось летом в поверхностном и придонном горизонтах – 2,5 млн.кл/мл. Весной в придонных горизонтах были отмечены минимальные значения – 250 кл/мл. Летом и осенью среднее значение численности сапротрофных бактерий на всех станциях составило 0,3 млн.кл/мл.

Численность нефтеокисляющих бактерий увеличилась по сравнению с 2019 г. в 34 раза и варьировала от 1 кл/мл до 0,3 млн.кл/мл, составив в среднем 0,6 млн.кл/мл,. Максимальные значения 0,3 млн.кл/мл были зарегистрированы летом в поверхностном и придонном горизонтах, минимальные — в апреле в придонном горизонте. Весной численность нефтеокисляющих микроорганизмов варьировала от 1 до 2,5 тыс.кл/мл, составив в среднем 99 кл/мл. Летом их средняя численность увеличилась до 0,6 млн.кл/мл, а осенью снова увеличилась до 400 кл/мл.

В 2020 г. численность фенолокисляющих бактерий по сравнению с 2019 г увеличилась в 6 раз и варьировала 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 по периодам наблюдений: весна – 4 кл/мл, лето – 6 кл/мл, осень – 7 кл/мл.

Микробиологические показатели позволяют оценить качество вод Уссурийского залива как «загрязненные», а состояние биоценоза как антропогенного экологического напряжения.

Бухта Золотой Рог. Средняя общая численность микроорганизмов в акватории бухты Золотой Рог составила 2,75 млн.кл/мл при средней биомассе — 1,9 г/м^3. Общая численность бактериопланктона варьировала от 1,62 млн.кл/мл до 5,45 млн.кл/мл, а биомасса находилась в пределах от 1,0 до 5,3 г/м^3. Максимальные значения общей численности и их биомассы были зарегистрированы осенью в придонном горизонте: 5,45 млн.кл/мл и 5,3 г/м^3 соответственно. Минимальные — в поверхностном горизонте – 1,62 млн.кл/мл и 1,0 г/м^3. Осенью средние численность и биомасса составили – 2,49 млн.кл/мл и 2,0 г/м^3 соответственно.

Численность сапротрофных микроорганизмов находилась в диапазоне от 25 тыс.кл/мл до 2,5 млн.кл/мл, в среднем составив 0,8 млн.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 0,13 млн.кл /мл. Летом их численность увеличилась до 1,8 млн.кл/мл, к осени сократилась до 0,6 млн.кл /мл.

В 2020 г. численность нефтеокисляющих микроорганизмов по сравнению с 2019 г увеличилась в 2 раза и варьировала от 0,25 тыс.кл/мл до 2,5 млн.кл/мл., составив в среднем 0,25 млн.кл/мл. Максимальные значения — 2,5 млн.кл/мл наблюдались в поверхностных и придонных горизонтах в августе, осенью – 2500 кл/мл. Численность нефтеокисляющих бактерий в бухте Золотой Рог в среднем весной составила – 54,2 тыс.кл/мл, летом – 0,7 млн.кл /мл, а осенью – 25,6 тыс.кл/мл.

В 2020 г. численность фенолокисляющих микроорганизмов по сравнению с 2019 г. увеличилась в 4 раза и варьировала от 1 кл/мл до 600 кл/мл, составив в среднем 30 кл/мл. Максимальные средние значения были отмечены весной – 68 кл/мл, летом – 18 кл/мл и осенью – 5 кл/мл. Весной в придонном горизонте фенолокисляющих микроорганизмов было выявлено 600 кл/мл.

Бактериологические показатели, полученные при исследовании акватории бухты Золотой Рог, позволяют отнести морские воды к «загрязненным», а состояние биоценоза как антропогенное экологическое напряжение.

Бухта Диомид. Среднегодовая общая численность бактерий в 2020 г. незначительно увеличилась по сравнению с 2019 г. и варьировала от 2,01 тыс.кл/мл до 4,97 тыс.кл/мл. Максимальные средние значения общей численности и биомассы бактерий были зарегистрированы летом в поверхностном горизонте – 4,97 млн.кл/мл и 3,4 г/м^3 соответственно, а минимальные - весной – 2,01 млн.кл/мл и 1,4 г/м^3 соответственно. Летом средняя численность микроорганизмов и их биомасса были выше среднегодовых значений предыдущего года и составили – 4,81 млн.кл/мл и 3,4 г/м^3 соответственно. Осенью по сравнению с летним периодом наблюдалось снижение значений общей численности бактерий и их биомассы – 2,25 млн. кл/мл и 1,6 г/м^3.

В 2020 г. численность сапротрофных бактерий по сравнению с 2019 г. сократилась в 2 раза и варьировала от 60 тыс.кл/мл до 2,5 млн.кл/мл, составив в среднем 0,6 млн. кл/мл. Максимальные значения численности наблюдались летом в поверхностном горизонте. В октябре были зарегистрированы минимальные показатели численности – 250 кл/мл в придонном горизонте.

По сравнению с 2019 г. отмечалось сокращение численности нефтеокисляющих бактерий, которые варьировали в пределах от 250 кл/мл до 6 млн.кл/мл, составив в среднем 0,2 млн.кл/мл. Максимальные значения были зарегистрированы в придонном и поверхностном горизонтах весной 0,6 млн.кл/мл, минимальные — осенью - 250 кл/мл.

Численность фенолокисляющих бактерий в бухте Диомид варьировала от 1 кл/мл до 6 кл/мл, среднее значение численности по сравнению с 2019 г. сократилось в 2 раза и составило 3 кл/мл. Минимальные значения численности 1 кл/мл наблюдались осенью в поверхностных и придонных горизонтах.

Микробиологические показатели позволяют охарактеризовать воды бухты Диомид как «загрязнённые», а состояние биоценоза - как антропогенное экологическое напряжение.

Пролив Босфор Восточный. Общая численность бактерий в акватории пролива в 2020 г. варьировала от 0,94 млн.кл/мл до 4,86 млн.кл/мл, биомасса находилась в пределах 0,65-3,0 г/м^3, среднее значение численности и биомассы составляли 2,31 млн.кл/мл и 1,3 г/м^3. Среднее значения общей численности и биомассы микрофлоры по сезонам распределились следующим образом: весна – 1,11 млн.кл/мл, 0,8 г/м^3; лето - 3,97 млн.кл/мл, 2,03 г/м^3; осень – 1,84 млн.кл/мл, 1,2 г/м^3. Максимальные значения общей численности микроорганизмов и их биомассы были отмечены летом в поверхностном горизонте и составили 4,86 млн.кл/мл, 3,3 г/м^3 соответственно. Минимальные — в мае в придонном горизонте - 0,94 млн.кл/мл и 0,7 г/м^3.

Численность сапротрофных бактерий варьировала от 2,5 тыс.кл/мл до 2,5 млн.кл/мл, в среднем составила 0,6 млн.кл/мл. Максимальные значения численности наблюдались летом и варьировали от 0,3 млн.кл/мл до 2,5 млн.кл/мл, минимальные – весной.

Численность нефтеокисляющих бактерий 2020 г. по сравнению с 2019 г. снизилась в 3 раза, при среднегодовом значении 17 тыс.кл/мл. Максимальная численность нефтеокисляющих бактерий была отмечена в летний период – 60 тыс.кл/мл в поверхностных горизонтах, а минимальная – 60 кл/мл — в мае в придонном горизонте.

Фенолокисляющие бактерии в 2020 г. не были выявлены.

Микробиологические показатели позволяют охарактеризовать морские воды акватории пролива Босфор Восточный как «загрязнённые», а состояние биоценоза как антропогенное экологическое напряжение.

Залив Находка. Средняя общая численность и биомасса бактерий в 2020 г. составили 2,25 млн.кл/мл и 1,3 г/м^3 соответственно. Общая численность микрофлоры варьировала от 0,61 до 7,44 млн.кл/мл, а биомасса от 0,3 до 5,1 тыс.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 в 2020 г. - 6 млн.кл/мл была отмечена в осенний период в приповерхностном и придонном горизонтах, а минимальная – 6 тыс.кл/мл - в придонном горизонте в мае.

Численность нефтеокисляющих бактерий варьировала в диапазоне от 25 до 25 тыс.кл/мл, составляя в среднем 1,6 тыс.кл/мл. По сравнению с 2018 г. было отмечено снижение численности в 3 раза. Максимальная численность 25 тыс.кл/мл была отмечена весной на горизонтах 0 и дно, а минимальная была зафиксирована в поверхностном и придонном горизонтах осенью. Среднее значения численности и биомассы нефтеокисляющих бактерий по сезонам распределились следующим образом: весна – 106 кл/мл; лето – 4,0 тыс.кл/мл; осень – 510 кл/мл.

Численность фенолокисляющих бактерий в 2020 г. по сравнению с предыдущим годом увеличилось в 19 раз и составила 19 кл/мл. Максимальные показатели фенолокисляющих микроорганизмов - 250 кл/мл были зарегистрированы осенью в придонном горизонте.

По микробиологическим показателям воды залива Находка оцениваются как «загрязнённые», а состояние биоценоза - как антропогенное экологическое напряжение.

Бухта Находка. Средняя общая численность бактерий в бухте составила 2,58 млн.кл/мл, при среднем увеличении значений биомассы 1,5 г/м^3. Максимальные значения общей численности бактериопланктона и его биомассы наблюдались в осенний период в придонном горизонте, а минимальные – 0,83 млн.кл/мл весной в придонном горизонте. Весной средняя численность бактерий составила - 0,86 млн.кл/мл, летом — 2,86 млн.кл/мл, осенью - 4,03 млн.кл/мл. Биомасса микроорганизмов изменялась в среднем по сезонам: весна – 0,5 г /м^3, лето- 1,3 г/м^3, осень – 2,8 г/м^3.

Численность сапротрофных бактерий варьировала от 60 тыс.кл/мл до 2,5 млн.кл/мл, составив в среднем – 1,0 млн.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 60 тыс.кл/мл, летом – 0,3 млн.кл/мл, осенью – 2,5 млн.кл/мл.

Численность нефтеокисляющих бактерий варьировала от 25,0 до 25,0 тыс.кл/мл, составив в среднем 15 тыс.кл/мл. В весенний период в поверхностном и придонном горизонтах были зафиксированы максимальные значения, а минимальные - в придонном горизонте осенью. Весной численность микроорганизмов составила 250 кл/мл, летом – 11 тыс.кл/мл, осенью – 234 кл/мл.

Численность фенолокисляющих бактерий варьировала от 6 кл/мл до 60 кл/мл при среднем значении 22 кл/мл. По сравнению с 2018 г. их численность увеличилась в 2,5 раза. Максимальные показатели были отмечены осенью на горизонтах 0 и дно – 60 кл/мл и летом в поверхностном горизонте – 25 кл/мл.

Средняя численность микроорганизмов составила по сезонам: 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 охарактеризовать воды залива Находка как «загрязненные», а состояние биоценоза как антропогенное экологическое напряжение.

Бухта Врангель. Общая численность бактерий в акватории бухты Врангель варьировала от 0,79 млн.кл/мл до 4,34 млн.кл/мл, составив в среднем 2,15 млн.кл/мл. Средняя биомасса микрофлоры варьировала от 389 мг/м^3 до 2,9 г/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 значения - весной в придонном горизонте. Весной средние значения общей численности бактерий и их биомассы составили 0,82 млн.кл/мл и 396 мг/м^3, летом - 2,56 млн.кл/мл и 1,2 г/м^3, осенью – 4,27 млн.кл/мл и 2,9 г/м^3.

Средняя численность сапротрофных бактерий варьировала от 60 тыс.кл/мл до 2,5 млн.кл/мл, составив в среднем 91 тыс.кл/мл и. Весной численность сапротрофных микроорганизмов в поверхностном и придонном слоях акватории бухты составила – 60 тыс.кл/мл. Летом в поверхностном горизонте – 250 тыс.кл/мл, в придонном – 60 тыс.кл/мл. Осенью в поверхностном и придонном горизонтах – 2,5 млн.кл/мл.

Численность нефтеокисляющих бактерий по сравнению с 2019 г. снизилась в 2 раза и варьировала от 60 кл/мл до 6 тыс.кл/мл, составив в среднем 1700 кл/мл. Максимальные показатели наблюдались осенью в поверхностном горизонте – 6 тыс.кл/мл, а минимальные - 60 кл/мл - весной в поверхностном горизонте.

Численность фенолокисляющих бактерий в акватории бухты Врангель в 2020 г. варьировала от 1 до 6 кл/мл, составив в среднем 5 кл/мл. Весной в поверхностном и придонном горизонтах численность бактерий

составила 6 кл/мл, летом варьировала от 1 до 6 кл/мл, составив в среднем 3 кл/мл и, а осенью — 6 кл/мл на горизонтах 0 и дно.

Микробиологические показатели позволяют охарактеризовать воды бухты Врангель как «загрязненные», а состояние биоценоза как антропогенное экологическое напряжение.

Бухта Козьмино. *Ч*исленность бактерий в водах бухты Козьмино варьировала от 0,84 млн.кл/мл до 2,75 млн.кл/мл, составив в среднем 1,93 млн.кл/мл, биомасса — от 0,39 г/м^3 до 1,9 г/м^3 , составив в среднем 1,0 г/м^3. Максимальные значения общей численности и биомассы наблюдались осенью в поверхностном горизонте - 2,75 млн.кл/мл и 1,9 г/м^3 соответственно, а минимальные — 0,84 млн.кл/мл и 0,39 г/м^{3}в придонном горизонте осенью.

Численность сапротрофных бактерий варьировала в диапазоне от 6 тыс.кл/мл до 0,6 млн.кл/мл. Среднегодовая численность сапротрофной микрофлоры составила 19 тыс.кл/мл. Весной и летом средние значение составило 25 тыс.кл/м, осенью — 0,6 млн.кл/мл. Максимальная численность сапротрофных бактерий в поверхностном горизонте наблюдалась осенью — 0,6 млн.кл/мл.

В 2020 г. численность нефтеокисляющих бактерий по сравнению с 2018 г. сократилась в 44 раза и варьировала от 6 кл/мл до 250 кл/мл, составив в среднем 65 кл/мл. Минимальная численность наблюдалась весной в придонном горизонте – 6 кл/мл, а максимальная – 250 кл/мл летом в поверхностном горизонте.

Фенолокисляющие бактерии в 2020 г. не были выявлены.

Микробиологические показатели позволяют отнести морские воды бухты Козьмино к α-β – мезосапробным, евтрофным – «загрязненные».

Воды наблюдаемой части залива Петра Великого в 2020 г. характеризуются как «загрязненные», а состояние биоценоза как антропогенное экологическое напряжение.

В 2020 г. наблюдалось увеличение общей численности бактериопланктона и его биомассы в Уссурийском заливе, заливе Находка, бухтах Диомид, Козьмино, Находка, Врангель. В то же время было отмечено снижение численности гетеротрофного сапрофитного бактериопланктона в акваториях заливов Амурского, Уссурийского, Находка, бухт Находка и Козьмино. В 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 и Находка, бухтах Золотой Рог, Диомид и Находка. На остальных акваториях численность нефтеокисляющих микроорганизмов снизилась. Наблюдалось сокращение численности фенолокисляющих микроорганизмов на обследованной акватории Амурского залива. На остальных наблюдаемых акваториях численности фенолокисляющих микроорганизмов незначительно увеличилась.

4. Комплексная оценка состояния окружающей среды отдельных регионов и природных территорий

4.1. Московский регион

Граница Московского региона объединяет два субъекта федерации: Московскую область и г. Москву. Регион является наиболее урбанизированным регионом страны (74 города и 111 поселков городского типа), при этом более 80% населения Московской области относится к городскому населению. В регионе развита тяжелая, химическая, машиностроительная, металлургическая, атомная и другие отрасли промышленности. Сельское хозяйство носит пригородный характер: овощеводство, кормовые травы, животноводство, птицеводство.

В регионе постоянно растет городское население, происходит строительство нового жилья, расширение дорожно-транспортной сети, что сопровождается сокращением лесопокрытых территорий, земель сельскохозяйственного назначения и усилением негативной антропогенной нагрузки, и как следствие, ухудшением качества атмосферного воздуха, поверхностных вод и почвенного покрова.

Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды, осуществляемый в Московском регионе, включает:

- наблюдения за уровнями 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.

4.1.1. Загрязнение атмосферного воздуха

Программой работ предусматривается определение содержания 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 расположены 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 2020 г. уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Москве был низкий. В г. Серпухове в 2020 г. сформировался повышенный уровень загрязнения воздушного бассейна, в остальных городах Московской области (Воскресенск, Дзержинский, Клин, Коломна, Мытищи, Подольск, Щелково, Электросталь) и Приокско-Террасном биосферном заповеднике – низкий.

Средние за год концентрации загрязняющих веществ выше 1,0 ПДК были определены в городах Москва, Дзержинский, Серпухов, Электросталь. Средние за год концентрации диоксида азота превышали ПДК в 4 городах из 10, аммиака – в 1 городе из 3, формальдегида – в 1 из 7.

За последние пять лет (2016-2020 гг.) уровень загрязнения атмосферного воздуха во всех городах Московской области сохраняется низким, кроме Серпухова, где в 2017 и 2020 гг. уровень загрязнения был повышенный. В Москве: в 2016, 2017 и 2020 гг., уровень загрязнения воздуха был низкий, в 2018 и 2019 гг. – повышенный (рис. 4.1).

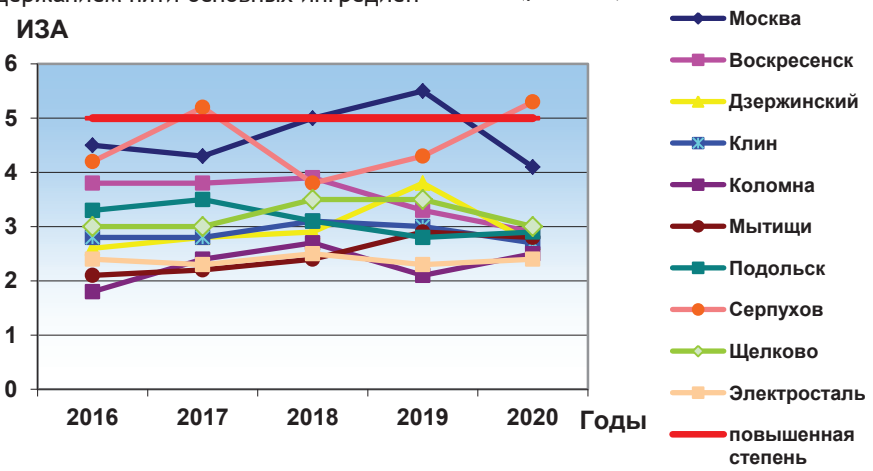


Рис. 4.1. Уровни загрязнения атмосферного воздуха в городах Московского региона

По данным наблюдений в 2020 г. уровень загрязнения атмосферы в целом по г. Москве оценивается как **низкий;** средние за год концентрации диоксида азота превысили санитарную норму в 1,4 раза; аммиака – в 1,1 раза, других определяемых веществ – были ниже предельно-допустимых значений (табл. 4.1).

Таблица 4.1. Средние и максимальные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Москвы в 2020 г.

Загрязняющие вещества	Значения (в долях ПДК)		Загрязняющие вещества	Значения (в долях ПДК)	
	средние	максимальные		средние	максимальные
Диоксид азота	**1,4**	**2,1**	Сероводород	-	**4,8**
Аммиак	**1,1**	**2,5**	Этилбензол	-	0,5
Формальдегид	0,7	**1,7**	Ацетон	-	0,2
Оксид углерода	0,6	**2,5**	Бензол	0,2	0,4
Бенз(а)пирен	0,4	**2,1**	Ксилол	-	0,5
Взвешенные вещества	0,3	0,8	Толуол	-	0,2
Фенол	0,2	0,9	Хлорид водорода	0,1	0,8
Оксид азота	0,4	0,6	Диоксид серы	<0,1	<0,1

Рассчитанные по условно выделенным «жилым», «промышленным» и «автомагистральным» постам средние концентрации основных загрязняющих веществ приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2. Средние концентрации основных примесей за 2020 г. в различных зонах Москвы, мг/м^3

Зоны	Взвешенные вещества	Бенз(а)пирен, *10^{-6}	Оксид углерода	Диоксид азота	Формальдегид	Фенол
Автомагистральные	0,038	0,4	1,6	0,060	0,01	0,001
Промышленные	0,067	0,7	1,7	0,058	0,005	<0,001
Жилые	0,042	0,3	1,7	0,048	0,005	0,001

Загрязнение воздуха на территории Москвы неоднородно. Как и в предыдущие годы, наибольшее содержание диоксида азота наблюдалось вблизи автомагистралей и промышленных зон, формальдегида – вблизи автомагистралей, взвешенных веществ и бенз(а)пирена – в промышленных зонах города (рис. 4.2).

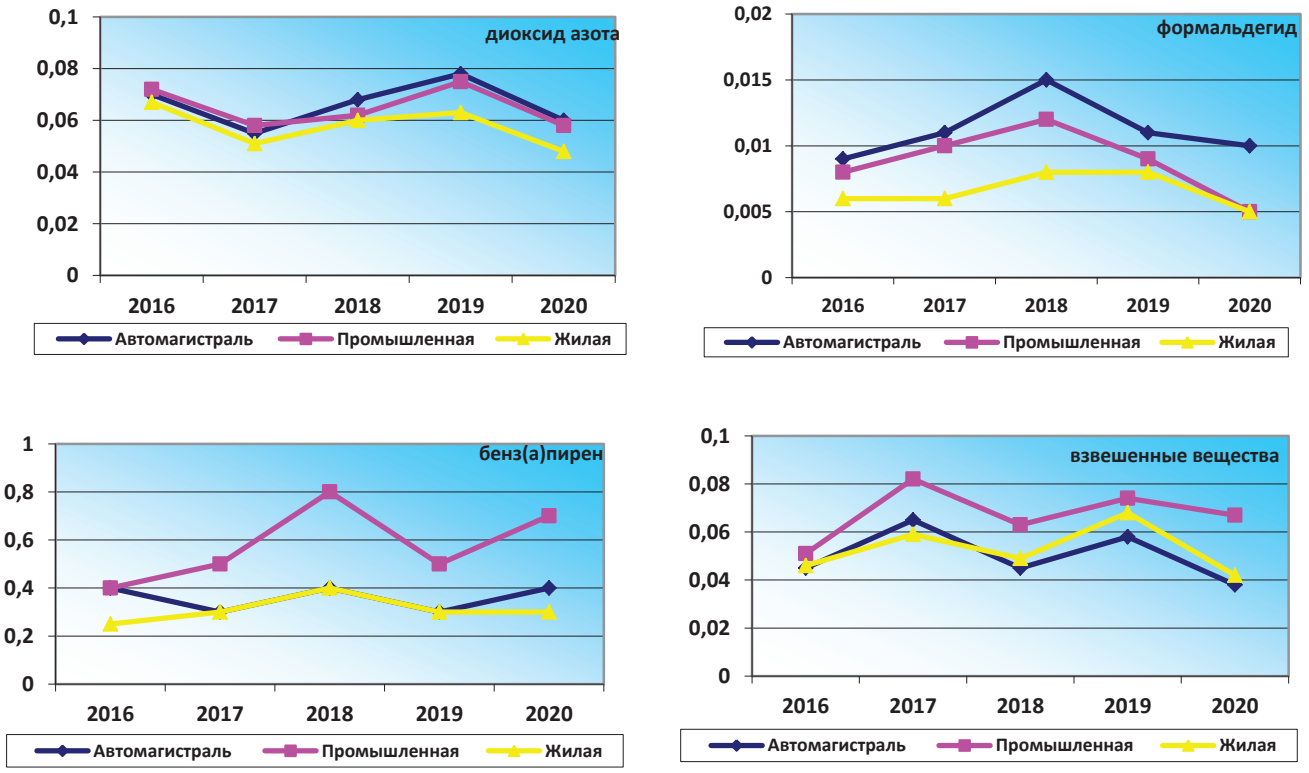


Рис. 4.2. Средние концентрации загрязняющих веществ (мг/м^3) в различных зонах Москвы за 2016-2020 гг.

В годовом ходе среднемесячных 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. Повышенная активность солнечной радиации в летние месяцы усиливает фотохимические реакции в атмосфере. Как любое другое вещество, формальдегид, попав в атмосферу, находится под влиянием метеорологических условий, определяющих его дальнейшее существование. Он переносится воздушными потоками и накапливается до высоких концентраций при застоях

воздуха: слабых ветрах и приземных инверсиях температуры.

В годовом ходе среднемесячных концентраций аммиака максимум также отмечается в теплый период года. Аммиак в теплый период образуется, главным образом, при разложении биогенных азотосодержащих соединений.

Годовой ход других веществ выражен слабо.



Рис. 4.3. Годовой ход концентраций формальдегида и аммиака в атмосферном воздухе г. Москвы в 2020 г.

В Москве: в 2016, 2017 и 2020 гг. отмечался низкий уровень загрязнения атмосферного воздуха, в 2018-2019 гг. – повышенный. В период 2016-2019 гг. отмечался рост средних концентраций аммиака, а в 2020 г. – снижение; с 2016 по 2020 гг. - плавный рост концентраций оксида углерода; с 2016 по 2018 гг. - рост содержания формальдегида и с 2019 по 2020 гг. – его снижение (рис. 4.4).

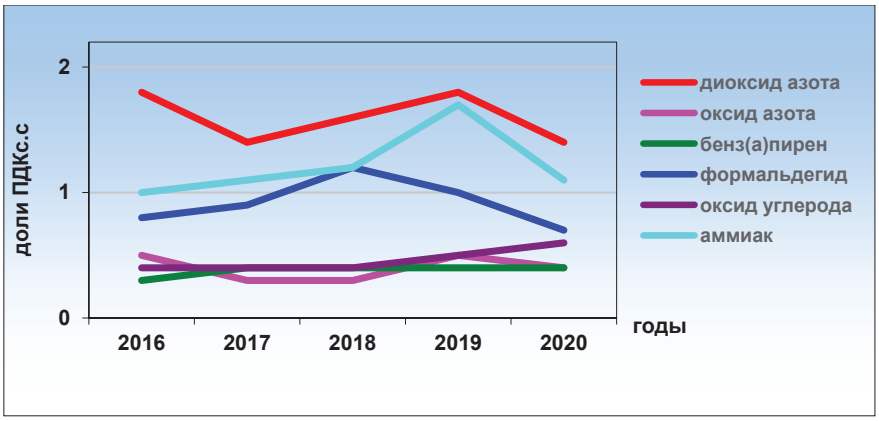


Рис. 4.4. Динамика среднегодовых концентрации примесей в воздухе Москвы

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.

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.

ФГБУ «Центральное УГМС» Росгидромета проводит регулярные наблюдения за загрязнением почвенного покрова Московской области вдоль автотрасс по девяти тяжелым металлам (ТМ). В период с 2009 по 2020 г. включительно ежегодно обследовалась одна из 12 трасс, приведенных в таблице 4.3, с протяженностью маршрута обследования от 20 до 130 км. Для каждой трассы выбиралась своя фоновая точка, удаленная от основных источников загрязнения. Концентрации ТМ в большинстве точек отбора проб по маршрутам обследования находились в пределах установленных ПДК и ОДК, но на отдельных участках маршрутов по некоторым ТМ (2020 г. - от 30 до 70%) превышали концентрации, определенные в пробах фоновых точек (свинец, цинк, кадмий, хром, медь и никель).

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 А-104 от Клязьминского до Икшинского в-ща на территории Мытищинского городского округа, 20, 2020	9,2	39,6	0,3	21,4	5,7	14,7	12,7	225	12980
2	Трасса М-4 от г. Ступино в сторону г. Москва, 100, 2019	8,3	25	1	6	2	11	14,4	385	9124
3	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
4	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
5	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
6	Горьковское, на В от МКАД; 65; 2015	9,5	21	0,6	8	3	7	20	200	6000
7	Ленинградское, на СЗ от г. Москва; 90; 2014	6,5	30	0,5	11	5	9	25	400	7000
8	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
9	Симферопольское, от пос. Стрелково; 36; 2012	14	26	0,3	14	10	10	40	600	8000
10	Горьковское, на В от д. Новая Купавна; 80; 2011	10	20	0,7	10	10	14	40	300	5000
11	шоссе Р-106, от г. Куровское; 40; 2010	7	20	0,3	10	9	13	25	300	5000
12	Киевское, от г. Москва; 60; 2009	8	40	0,5	11	8	16	30	400	10000
$ПДК_{вал}$									1500	20860
$ОДК_{вал}$		130	220	2	132		50			

Таким образом, значительная часть территории Московского региона находится под воздействием токсикантов антропогенного происхождения. При этом концентрации комплекса загрязняющих веществ на этой территории устойчиво превышают концентрации в фоновых точках маршрутов обследования, но не выше двух ПДК/ОДК, что свидетельствует о недостижении опасного уровня загрязнения. Потенциальная опасность заключается в продолжающейся урбанизации Московского региона (в 2020 г. в эксплуатацию было введено более половины трассы ЦКАД - Центральной кольцевой автомобильной дороги А-113), что, в свою очередь, приводит к росту загрязнения почвенного покрова Московского региона.

4.1.3. Загрязнение поверхностных вод

Основными источниками загрязнения водотоков региона сохраняются недостаточно очищенные хозяйственно-бытовые и промышленные сосредоточенные сточные воды городов: Москва, Воскресенск, Коломна, Одинцово, Клин, Серпухов, Кашира, 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 и тяжелые металлы.

Температура воды в реках в зависимости от сезона года колебалась от минимального значения (0,8°С) в декабре (р. Дубна выше п. Вербилки) до максимального (24,0°С) в июне (р. Ока выше г. Коломна). Средняя величина температуры воды по региону составила 9,4°С, что на 0,1°С выше, чем в 2019 году. Реакция среды (pH) была близкая к нейтральной (7,7 ед. pH). Более кислая среда (6,04 ед. pH) была отмечена в воде р. Воймега ниже г. Рошаль (январь); более щелочная (9,03 ед. pH) – в воде р. Ока выше г. Кашира (апрель). Кислородный режим на водных объектах был удовлетворительный, среднее содержание растворенного в воде кислорода составило 7,86 мг/л, процент насыщения воды кислородом в среднем составил 70%, что соответствовало уровню 2019 года.

Содержание легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$) в водотоках и водоемах было невысоким и составило 2,1 ПДК, что соответствовало уровню 2011-2019 гг. Наименьшие значения (0,5 ПДК) были отмечены в воде рр. Лама – с. Егорье и Москва у д. Барсуки в январе и феврале. Максимальные величины (18,5 ПДК) были зафиксированы в воде р. Воймега ниже г. Рошаль в сентябре, ноябре, декабре.

Количество трудноокисляемых органических веществ по ХПК изменялось значительно от 0,4 ПДК в воде р. Осетр – д. Городня (январь) до 12,5 ПДК в воде р. Дубна выше п. Вербилки (июнь).

Степень загрязненности рек Московского региона различными формами азота была весьма разнообразной. В воде р. Нерская выше г. Куровское, р. Ока выше г. Кашира и Москворецких водохранилищах содержание различных форм азота не превышало десятые доли ПДК, а нитратного азота – сотые доли ПДК. Наибольшая загрязненность нитритным азотом в 2020 году была зафиксирована в воде

р. Москва ниже д. Нижнее Мячково – 45,0 ПДК (май); аммонийным азотом – в воде р. Воймега ниже г. Рошаль 34,0 ПДК (июль), нитратным азотом – в воде р. Москва ниже г. Воскресенск 1,0 ПДК (январь). В среднем по Московскому региону содержание нитритного азота составило 4,8 ПДК; аммонийного азота – 2,7 ПДК; нитратного азота – 0,1 ПДК. Содержание фосфатов в среднем по региону было на уровне 2,0 ПДК, однако в воде р. Закза - д. Большое Сареево достигало 14,7 ПДК (апрель).

Динамика среднегодовых концентраций примесей в целом по водным объектам Московского региона представлена на рис. 4.5 и 4.6.

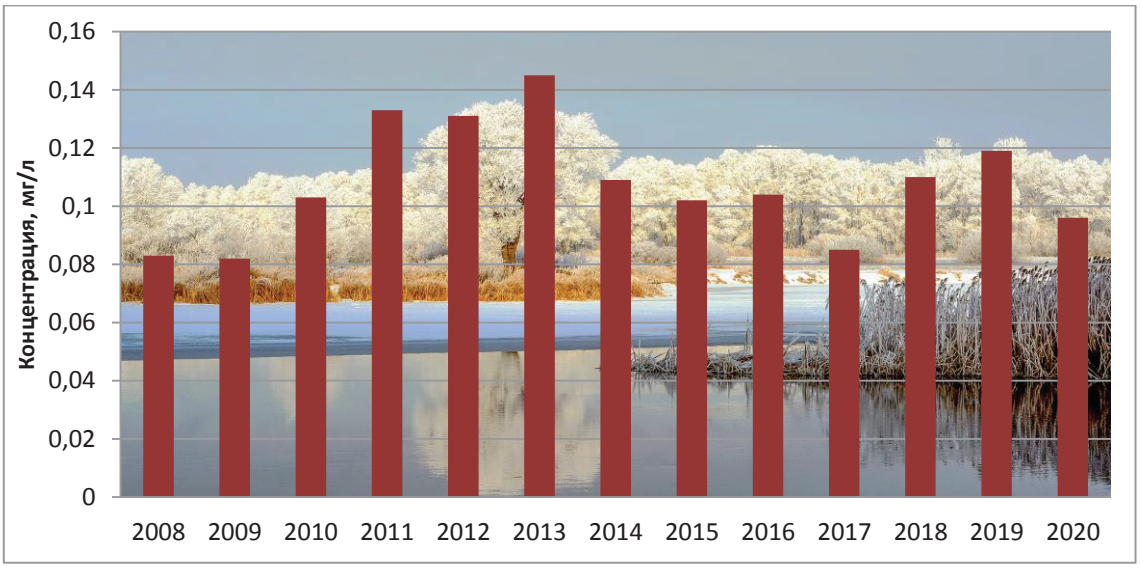


Рис. 4.5. Динамика среднегодовых концентраций нитритного азота

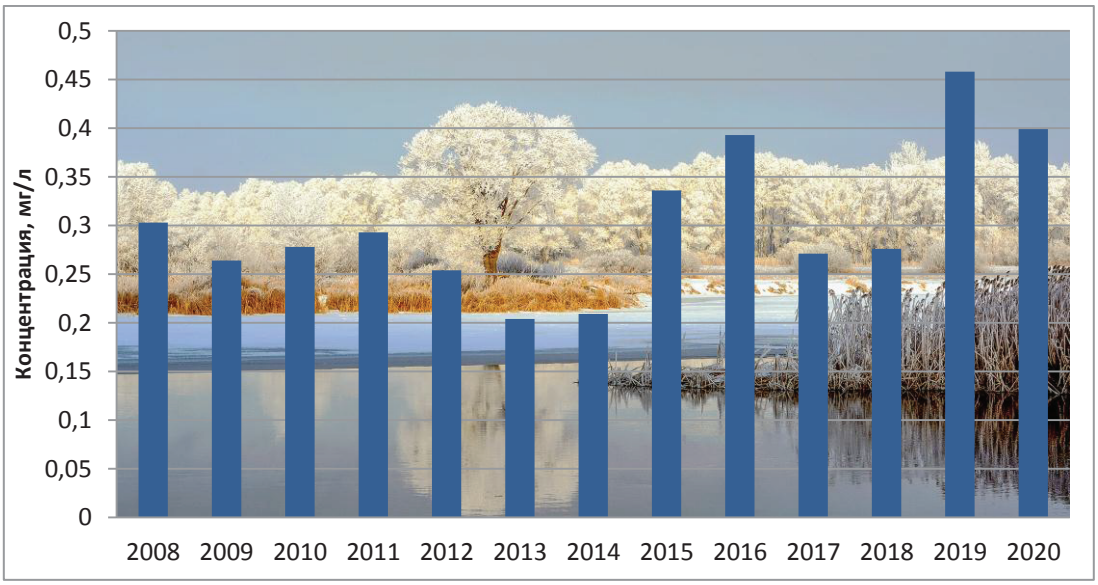


Рис. 4.6. Динамика среднегодовых концентраций фосфатов

Минерализация воды водотоков и водоемов Московской области в среднем составила 492,7 мг/л, что на 41,5 мг/л больше, чем в предыдущем году. Наибольшая величина (981,0 мг/л) была отмечена в воде р. Яуза - г. Москва (апрель). Наименьшая минерализация (154,0 мг/л) наблюдалась в воде р. Дубна выше п. Вербилки (апрель). Характер воды во всех водных объектах гидрокарбонатно-кальциевый, жесткость воды была умеренная (5,18 мг-экв/л), что ниже, чем в 2019 г. на 0,67 мг-экв/л. Выщелачивающей агрессией вода не обладала. Содержание хлоридов и сульфатов в среднем составило 0,2 ПДК и 0,5 ПДК соответственно. Наибольшая концентрация сульфатов (1,5 ПДК) была зафиксирована в воде р. Лопасня выше г. Чехов (ноябрь). Максимальное содержание хлоридов (1,4 ПДК) было отмечено в воде р. Яуза – г. Москва (устье, апрель). Минимальное содержание хлоридов (0,1 ПДК) было в воде р. Сестра - с. Трехсвятское (март); сульфатов (0,1 ПДК) – в воде р. Воймега выше г. Рошаль (ноябрь).

Загрязнение водных объектов тяжелыми металлами было несущественным.

Осредненные концентрации составили: хрома шестивалентного – 0,1 ПДК; никеля – 0,2 ПДК; свинца – 0,3 ПДК; меди – 2,7 ПДК; цинка – 4,0 ПДК.

Наибольшие концентрации меди (15,5 ПДК) наблюдались в январе в воде р. Москва - г. Москва (Бесединский мост МКАД), цинка (11,6 ПДК) – в ноябре в воде р. Рожая -

д. Домодедово. Величины растворенного в воде железа составили 2,9 ПДК, что на 1,0 ПДК выше, чем в 2019 году. Кроме того, в воде р. Воймега ниже г. Рошаль величины железа достигали 49,3 ПДК (февраль).

Среднее содержание фенолов составило 2,0 ПДК; нефтепродуктов – 1,6 ПДК; АПАВ – 0,5 ПДК. Максимальная величина нефтепродуктов (43,8 ПДК) была зафиксирована в воде р. Яуза – г. Москва в июне, фенолов (16,8 ПДК) – в воде р. Дубна выше п. Вербилки в июне; АПАВ (5,2 ПДК) – в воде р. Воймега ниже г. Рошаль в ноябре.

Содержание формальдегида во всех водных объектах было на порядок ниже ПДК и лишь в воде р. Яуза - г. Москва (устье, июнь) достигало 4,6 ПДК.

Оценка качества воды водотоков и водоемов по удельному комбинаторному индексу загрязненности воды (УКИЗВ) показала, что качественный состав поверхностных вод Московского региона в 2020 г. был представлен диапазоном от «слабозагрязненных» до «экстремально грязных» вод:

- «слабозагрязненные» воды – Истринское водохранилище;
- «загрязненные» воды – Озернинское и Рузское водохранилища и р. Москва (выше г. Звенигород), Иваньковское и Можайское водохранилища, рр. Лама, Осетр, Протва (выше г. Верея), Ока (выше г. Серпухов, выше г. Кашира, выше г. Коломна), Лопасня (выше г. Чехов), Москва (д. Барсуки, ниже г. Звенигород, г. Москва (п. Ильинское), Истра;
- грязные воды – рр. Медвенка, Лопасня, Нерская, Сестра, Воря, Клязьма (в городах Щелково, Лосино-Петровский, Павловский Посад, Орехово-Зуево), Дубна, Кунья, Ока (г. Серпухов, г. Кашира и г. Коломна), Протва (ниже г. Верея) и Нара (выше г. Наро-Фоминск и в районе г. Серпухов), Москва (г. Москва - Бабьегородская плотина, выше д. Нижнее Мячково), Пахра (выше г. Подольск, ниже г. Подольска - ниже впадения р. Битца), рр. Яуза, Закза, Рожая, Нара (ниже г. Наро-Фоминск), Москва (г. Москва - Бесединский мост МКАД), на участке ниже д. Мячково – г. Коломна), Пахра (г. Подольск - ниже впадения руч. Черный и д. Нижнее Мячково (устье), Воймега (выше г. Рошаль).
- экстремально грязные воды – р. Воймега ниже г. Рошаль.

В 2020 г. на водных объектах Московского региона было зафиксировано 242 случая высокого загрязнения (ВЗ) различными веществами, что на 74 случая меньше, чем в 2019 г. (рис. 4.7).

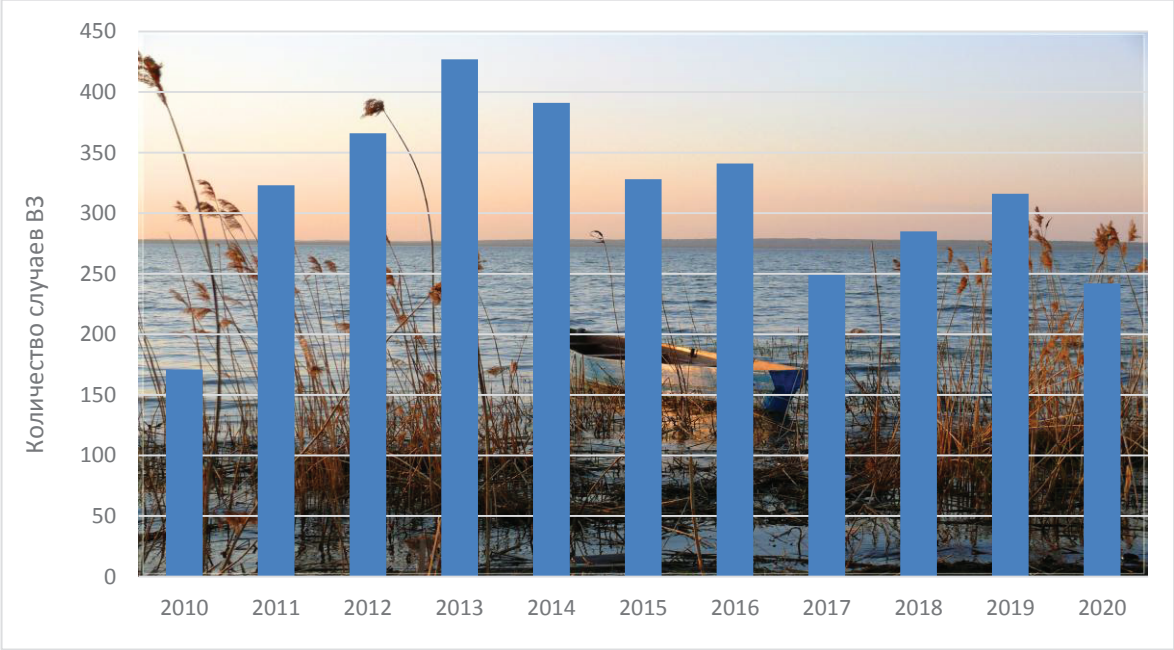


Рис.4.7. Количество случаев высокого загрязнения водотоков Московского региона

Из общего количества случаев ВЗ было зафиксировано:

- 1 случай формальдегидом (р. Нерская);
- 2 случая нефтепродуктами (рр. Яуза, Москва);
- 2 случая фосфатами (р. Закза);
- 2 случая цинком (рр. Закза, Рожая);
- 7 случаев железом (рр. Воймега, Нерская);
- 8 случаев дефицита кислорода (рр. Воймега, Дубна и Нерская);
- 9 случаев органическими веществами по ХПК (р. Воймега, Дубна);
- 52 случая легкоокисляемыми органическими веществами по $БПК_5$ (рр. Москва, Пахра, Нара, Рожая, Закза, Воймега, Клязьма, Дубна);
- 47 случаев аммонийным азотом (рр. Москва, Рожая, Нара, Закза, Воймега);
- 112 случаев нитритным азотом (рр. Пахра, Закза, Рожая, Нара, Воймега, Клязьма, Медвенка, Москва, Ока, Лопасня).

На рис. 4.8 представлена диаграмма распределения количества случаев высокого загрязнения по рекам Московского региона, из которой следует, что лидирующее положение в 2020 г. занимала р. Москва (101 случай), а затем реки: Воймега (33 случая), Рожая (29 случаев), Нара (19 случаев), Закза (17 случаев), Пахра (14 случаев) и Клязьма (10 случаев).

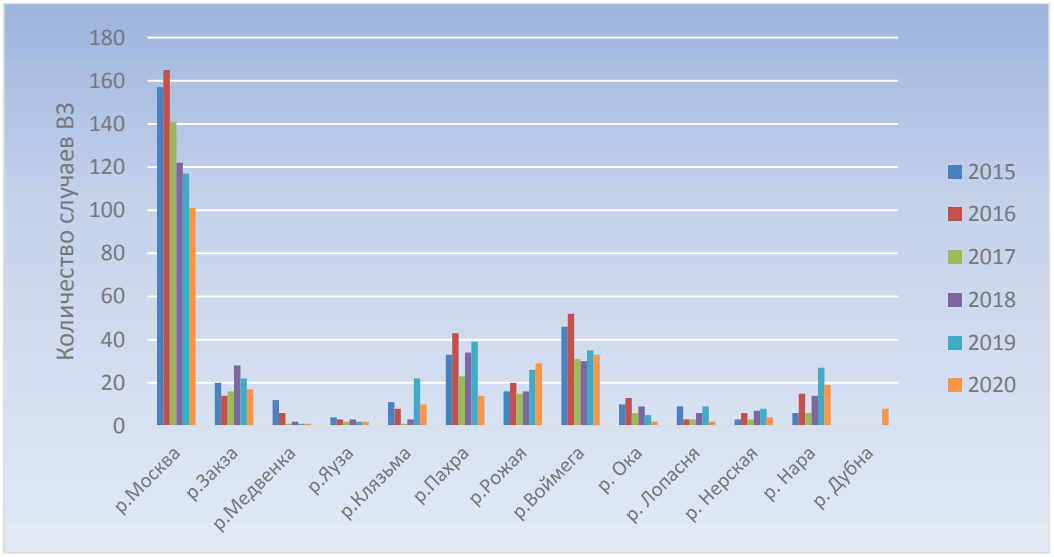


Рис. 4.8. Реки Московского региона с максимальным количеством случаев высокого загрязнения

В июне-июле 2020 г. было отмечено 20 случаев экстремально низкого содержания растворенного в воде кислорода на р. Дубна в районе п. Вербилки.

В связи с информацией, поступившей от наблюдателя гидропоста Вербилки, о заморе рыбы в реке Дубна в районе п. Вербилки Московской области, специалистами ФГБУ «Центральное УГМС» Росгидромета 22 июня 2020 г. было проведено обследование участка р. Дубна от п. Вербилки до д. Юдино, общей протяженностью около 39 км, и произведен отбор проб воды на химический анализ в 6 створах на р. Дубна (рис. 4.9):

. 1 – выше п. Вербилки (1,8 км выше гидропоста);

т. 2 – п. Вербилки в районе ул. Береговая;

т. 3 – ниже п. Вербилки (1,35 км ниже гидропоста;

т. 4 – д. Аймусово;

т. 5 – д. Юдино;

т. 6 – д. Стариково.

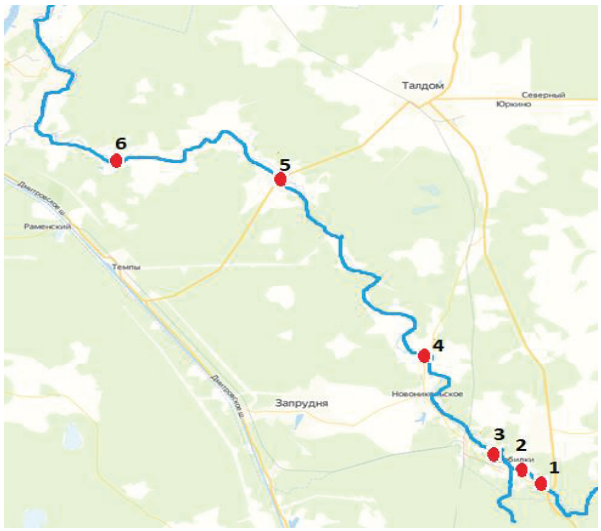


Рис. 4.9. Карта-схема створов наблюдений на р. Дубна

В результате проведенного обследования участка р. Дубна от п. Вербилки до д. Стариково (устьевой участок) было зафиксировано содержание растворенного в воде кислорода, равное 0,32-0,20 мг/л, что соответствовало уровню экстремально низкого содержания. Кроме того, на рассматриваемом участке было отмечено высокое содержание органических веществ, как по ХПК (10,0-13,0 ПДК), так и по $БПК_5$ (4,0-10,0 ПДК).

По результатам проведенного химического анализа воды р. Дубна было выявлено повышенное содержание: аммонийного азота 4,0-5,5 ПДК, железа общего 10,9-32,6 ПДК, фенолов 3,0-17,0 ПДК, цветность воды составила 512-522 градуса цветности, что превышало средние многолетние значения в 5-10 раз. С 22 июня по 03 июля 2020 г. в воде р. Дубна в пункте государственной сети наблюдений (ГСН) – п. Вербилки (в створах: 1,8 км выше гидропоста и 1,35 км ниже гидропоста) ежедневно регистрировались случаи экстремально низкого содержания растворенного в воде кислорода. Всего в этот период было зарегистрировано 20 случаев экстремально низкого содержания растворенного в воде кислорода и 4 случая дефицита растворенного в воде кислорода. В среднем течении р. Дубна площадь водосбора была заболочена, в период интенсивных ливневых осадков (уровень воды р. Дубна поднялся в 3 раза – с 120 см в мае до 370 см в июне) с площади водосбора в воду р. Дубны поступило большое количество гумусовых соединений, что привело к резкому снижению растворенного в воде кислорода, увеличению концентраций органических веществ по $БПК_5$ и ХПК и по цветности воды. Результаты оценки отобранных 06 июля 2020 г. плановых проб воды показали снижение загрязненности воды в створах п. Вербилки и приближение гидрохимических показателей к средним многолетним значениям.

4.1.4. Характеристика радиационной обстановки

В 2020 г. наблюдения за содержанием техногенных и природных радионуклидов в приземном слое атмосферы Московского региона проводились непрерывно на станции Подмосковная путем отбора проб аэрозолей 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 $16,5*10^{-5}$ Бк/м^3, что в 1,3 раза ниже уровня предыдущего года. Максимальная среднемесячная объемная суммарная бета-активность аэрозолей наблюдалась в декабре и составила $63,1*10^{-5}$ Бк/м^3, что не превысило расчетных уровней высокого загрязнения (**ВЗ**) (РД 52.18.826-2015). Данные объемной суммарной бета-активности аэрозолей представлены на рис. 4.10.

Радиоактивные выпадения на подстилающую поверхность определялись 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.

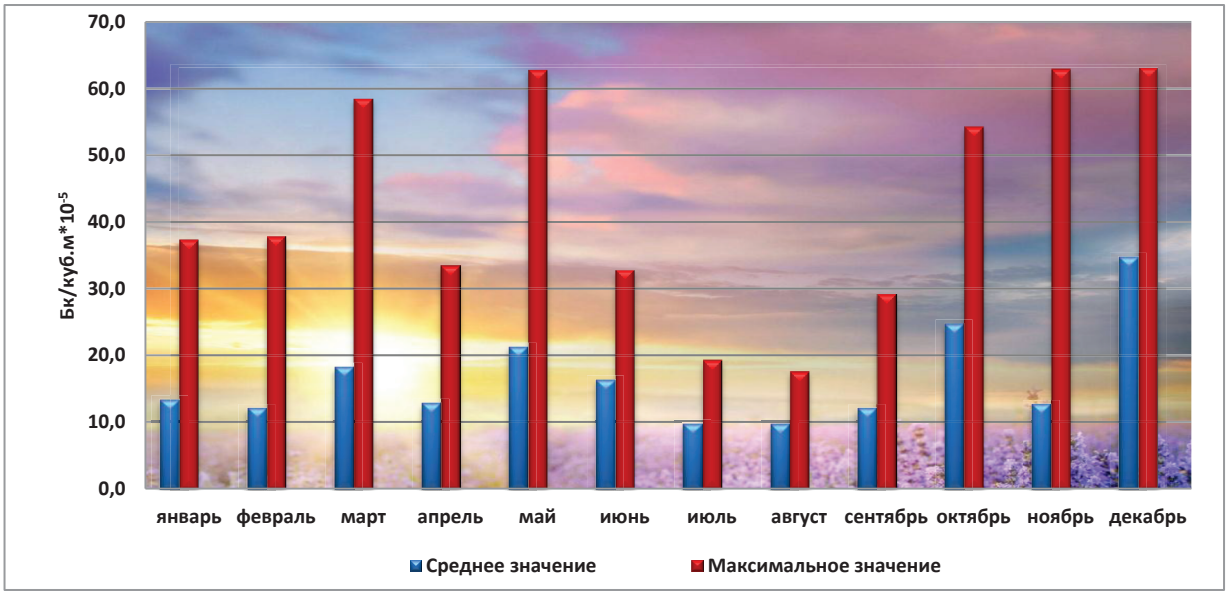


Рис. 4.10. Среднемесячные и максимальные значения объемной суммарной бета-активности радионуклидов в приземном слое атмосферы в 2020 г.

Среднегодовое значение суммарной бета-активности радиоактивных выпадений в 2020 г. составило 0,9 Бк/м^2 в сутки, что в 1,3 раза выше уровня предыдущего года. Максимальные суточные выпадения были зарегистрированы в декабре на станции Ново-Иерусалим и составили 9,6 Бк/м^2 в сутки, что не превысило расчетных уровней ВЗ (РД 52.18.826-2015). Данные суммарной бета-активности выпадений представлены на рис. 4.11.

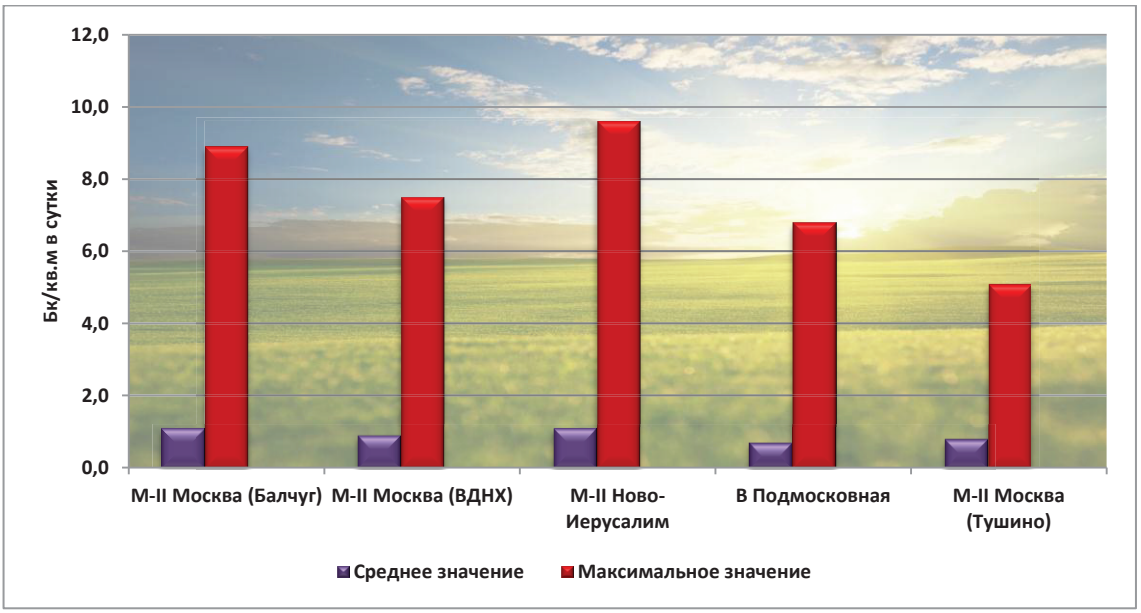


Рис. 4.11. Среднемесячные и максимальные суточные выпадения на станциях Московского региона в 2020 г.

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 0,16 мкЗв/ч и находилась в пределах колебаний естественного гамма-фона. Максимальные значения в г. Москве наблюдались в июне, июле и сентябре на станции ВДНХ и составили 0,17 мкЗв/ч; в Московской области – в марте на станции Клин и в октябре на станции Подмосковная и достигали 0,20 мкЗв/ч, что не превышало расчетных уровней ВЗ (РД 52.18.826-2015). На станции фонового мониторинга среднее значение МАЭД было равно 0,11 мкЗв/ч, максимальное значение было отмечено в ноябре и составило 0,17 мкЗв/ч. В среднем радиационный фон в г. Москве был на уровне 0,12 мкЗв/час, в Московской области – 0,13 мкЗв/час. Значения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения представлены на рис. 4.12.

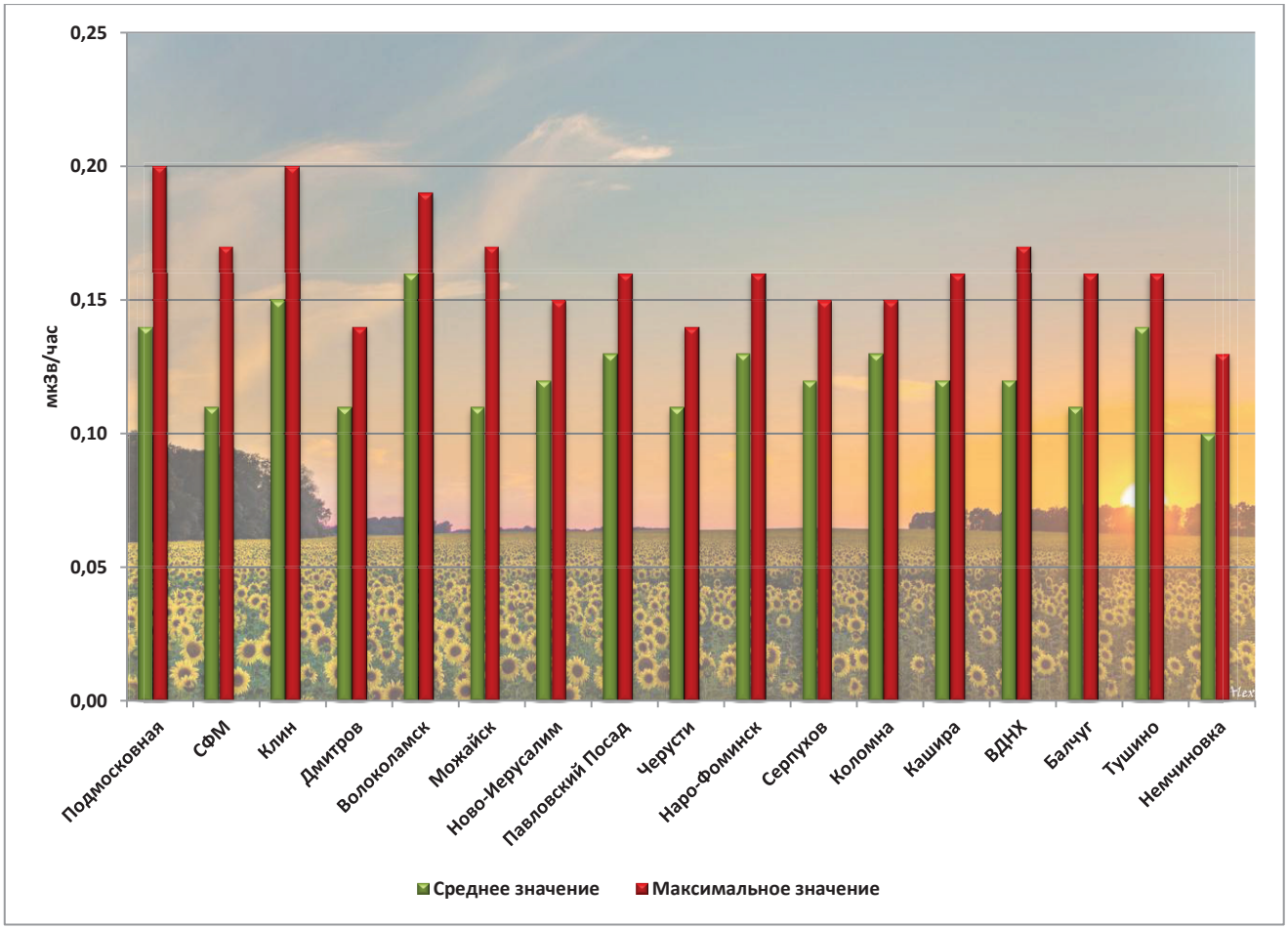


Рис. 4.12. Средние и максимальные значения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД) на станциях Московского региона в 2020 г.

С учетом изложенных результатов радиационная обстановка в Московском регионе в 2020 г. оценивается как спокойная, превышений допустимых значений не наблюдалось.

4.2. Озеро Байкал

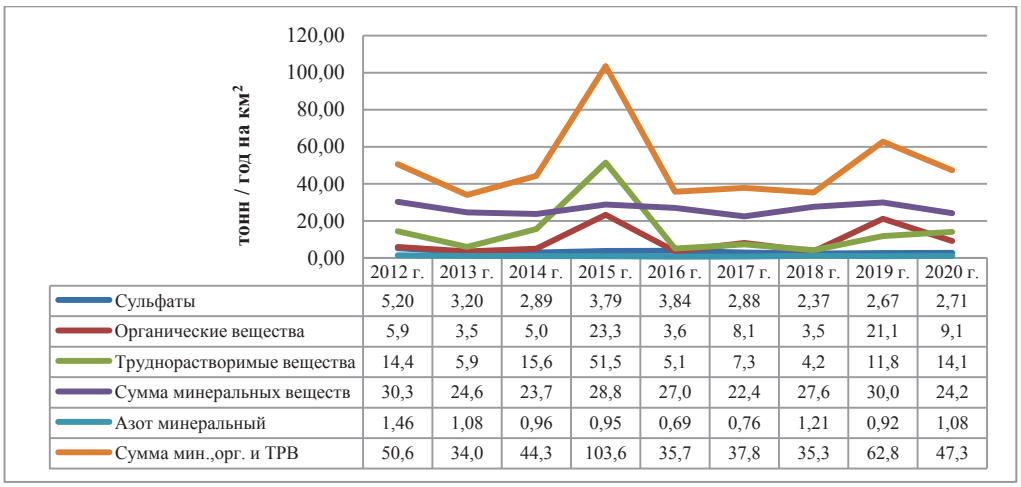
4.2.1. Поступление химических веществ из атмосферы

В 2020 г. наблюдения осуществлялись на пяти станциях: Хамар-Дабан, ст. Байкальск (южный берег), 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). Количественная оценка состояния выпавших аэрозолей включала групповые показатели: сумму растворенных минеральных веществ, ОВ, ТРВ и общую сумму трех групп.

От 43% до 68% от общей суммы веществ поступили из атмосферы в период с мая по октябрь 2020 г.

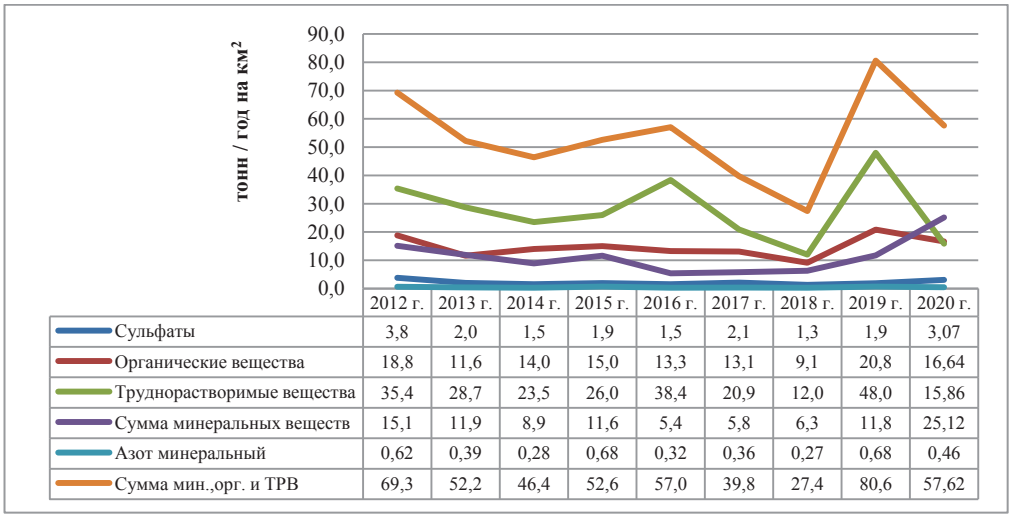
Данные химического анализа атмосферных осадков, выпавших в виде дождя и снега, а также динамика поступающих из атмосферы химических веществ, приведены в рис. 4.13-4.17.



	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Сульфаты	5,20	3,20	2,89	3,79	3,84	2,88	2,37	2,67	2,71
Органические вещества	5,9	3,5	5,0	23,3	3,6	8,1	3,5	21,1	9,1
Труднорастворимые вещества	14,4	5,9	15,6	51,5	5,1	7,3	4,2	11,8	14,1
Сумма минеральных веществ	30,3	24,6	23,7	28,8	27,0	22,4	27,6	30,0	24,2
Азот минеральный	1,46	1,08	0,96	0,95	0,69	0,76	1,21	0,92	1,08
Сумма мин.,орг. и ТРВ	50,6	34,0	44,3	103,6	35,7	37,8	35,3	62,8	47,3

Рис. 4.13. Динамика поступления химических веществ из атмосферы на ст. Хамар-Дабан

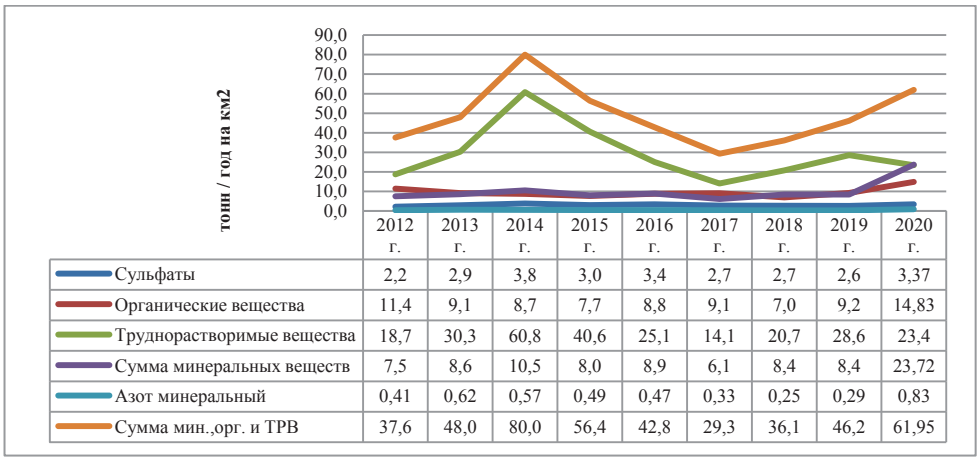
В 2020 г. по сравнению с предыдущим годом на станции Хамар-Дабан наблюдалось увеличение поступления труднорастворимых веществ и незначительное увеличение поступления сульфатов и минерального азота (рис. 4.13). Поступление органических веществ снизилось на 43% и составило 9,1 тонн в год на км^2.



	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Сульфаты	3,8	2,0	1,5	1,9	1,5	2,1	1,3	1,9	3,07
Органические вещества	18,8	11,6	14,0	15,0	13,3	13,1	9,1	20,8	16,64
Труднорастворимые вещества	35,4	28,7	23,5	26,0	38,4	20,9	12,0	48,0	15,86
Сумма минеральных веществ	15,1	11,9	8,9	11,6	5,4	5,8	6,3	11,8	25,12
Азот минеральный	0,62	0,39	0,28	0,68	0,32	0,36	0,27	0,68	0,46
Сумма мин.,орг. и ТРВ	69,3	52,2	46,4	52,6	57,0	39,8	27,4	80,6	57,62

Рис. 4.14. Динамика поступления химических веществ из атмосферы на ст. Байкальск

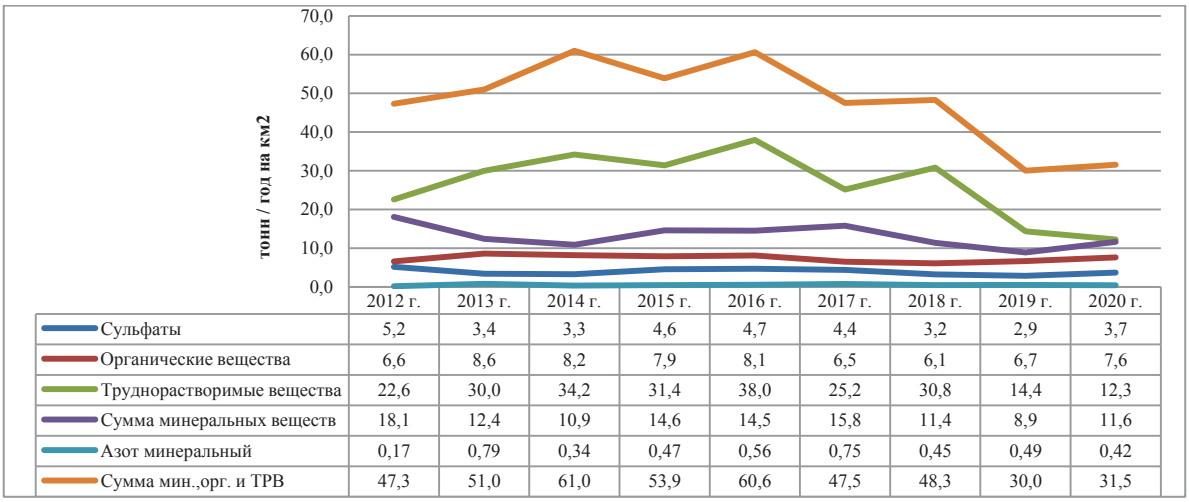
На станции Байкальск отмечено увеличение поступления сульфатов в 1,7 раза (3,07 тонн в год на км^2) и суммы растворенных минеральных веществ в 2,1 раза (25,12 тонн в год на км^2). Наблюдаемые значения не характерны для данной станции. Так, в сравнении с 2020 г., подобные высокие значения поступления сульфатов были зафиксированы только в 2012 г. – 3,8 тонн в год на км^2, а высокие значения поступления суммы растворенных минеральных веществ (25,12 тонн в год на км^2) не наблюдались (рис. 4.14). По сравнению с 2019 г. было отмечено снижение поступления азота минерального, труднорастворимых веществ, органических веществ и группового показателя – суммы растворенных минеральных веществ, ОВ, ТРВ.



	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Сульфаты	2,2	2,9	3,8	3,0	3,4	2,7	2,7	2,6	3,37
Органические вещества	11,4	9,1	8,7	7,7	8,8	9,1	7,0	9,2	14,83
Труднорастворимые вещества	18,7	30,3	60,8	40,6	25,1	14,1	20,7	28,6	23,4
Сумма минеральных веществ	7,5	8,6	10,5	8,0	8,9	6,1	8,4	8,4	23,72
Азот минеральный	0,41	0,62	0,57	0,49	0,47	0,33	0,25	0,29	0,83
Сумма мин.,орг. и ТРВ	37,6	48,0	80,0	56,4	42,8	29,3	36,1	46,2	61,95

Рис. 4.15. Динамика поступления химических веществ из атмосферы на ст. Исток Ангары

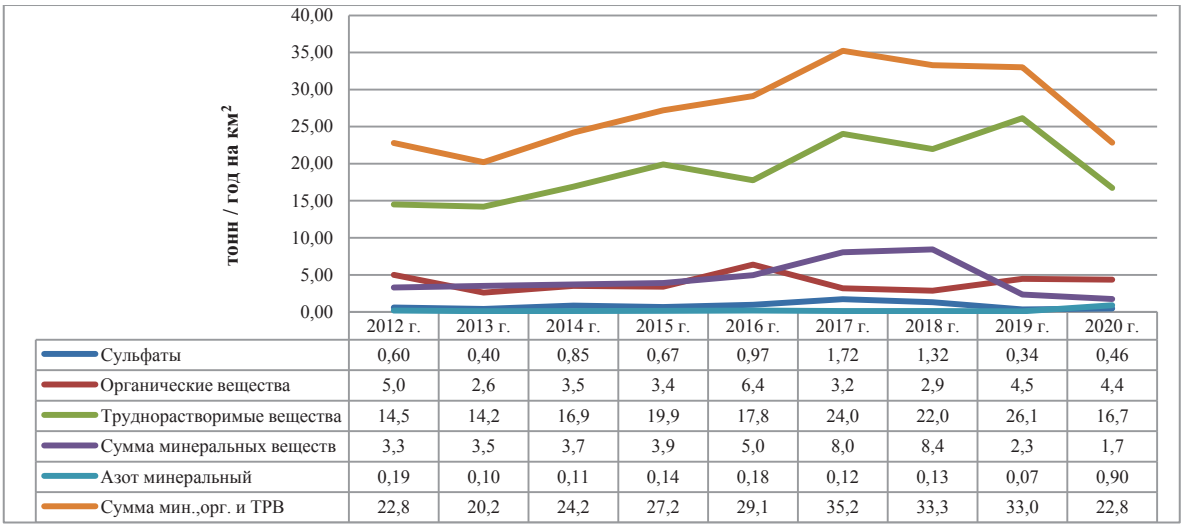
На станции Исток Ангары по сравнению с 2019 г. было отмечено увеличение поступления веществ из атмосферы всех наблюдаемых показателей, за исключением труднорастворимых веществ (рис. 4.15), которые снизились относительно 2019 г. и составили 23,4 тоны в год на км^2 (28,6 тонн в год на км^2 в 2019 г.). Значительный рост был отмечен по показателю суммы растворенных минеральных веществ – 23,7 тонны в год на км^2, что почти в 3 раза больше чем в 2019 г. и выше значений за весь период наблюдений.



	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Сульфаты	5,2	3,4	3,3	4,6	4,7	4,4	3,2	2,9	3,7
Органические вещества	6,6	8,6	8,2	7,9	8,1	6,5	6,1	6,7	7,6
Труднорастворимые вещества	22,6	30,0	34,2	31,4	38,0	25,2	30,8	14,4	12,3
Сумма минеральных веществ	18,1	12,4	10,9	14,6	14,5	15,8	11,4	8,9	11,6
Азот минеральный	0,17	0,79	0,34	0,47	0,56	0,75	0,45	0,49	0,42
Сумма мин.,орг. и ТРВ	47,3	51,0	61,0	53,9	60,6	47,5	48,3	30,0	31,5

Рис. 4.16. Динамика поступления химических веществ из атмосферы на ст. Большое Голоустное

На ст. Большое Голоустное было отмечено незначительное увеличение поступления веществ из атмосферы, как по сравнению с предыдущим годом, так и со всем периодом наблюдений, по всем показателям, кроме труднорастворимых веществ (рис. 4.16).



	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Сульфаты	0,60	0,40	0,85	0,67	0,97	1,72	1,32	0,34	0,46
Органические вещества	5,0	2,6	3,5	3,4	6,4	3,2	2,9	4,5	4,4
Труднорастворимые вещества	14,5	14,2	16,9	19,9	17,8	24,0	22,0	26,1	16,7
Сумма минеральных веществ	3,3	3,5	3,7	3,9	5,0	8,0	8,4	2,3	1,7
Азот минеральный	0,19	0,10	0,11	0,14	0,18	0,12	0,13	0,07	0,90
Сумма мин.,орг. и ТРВ	22,8	20,2	24,2	27,2	29,1	35,2	33,3	33,0	22,8

Рис. 4.17. Динамика поступления химических веществ из атмосферы на ст. Хужир

На станции Хужир в 2020 г. был отмечен рост поступления минерального азота до 0,9 тонн в год на км^2 и сульфатов до 0,46 тонн в год на км^2 (рис. 4.17). Подобные высокие значения поступления минерального азота были зафиксированы впервые за последние 9 лет. По остальным показателям наблюдалось снижение поступлений относительно 2019 г.

4.2.2. Гидрохимические наблюдения за качеством поверхностных вод

Гидрохимические наблюдения поверхностных вод оз. Байкал включали фоновые наблюдения 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.

В районе контрольного 100-метрового створа в 2020 г. было проведено семь съёмок с февраля по октябрь, на пяти вертикалях с отбором проб воды через 10 м по глубине, всего в течение года было отобрано 147 проб воды. Данные о нарушении качества воды оз. Байкал в исследуемом районе в 2020 г. по сравнению с 2019 г. приведены в таблице 4.4.

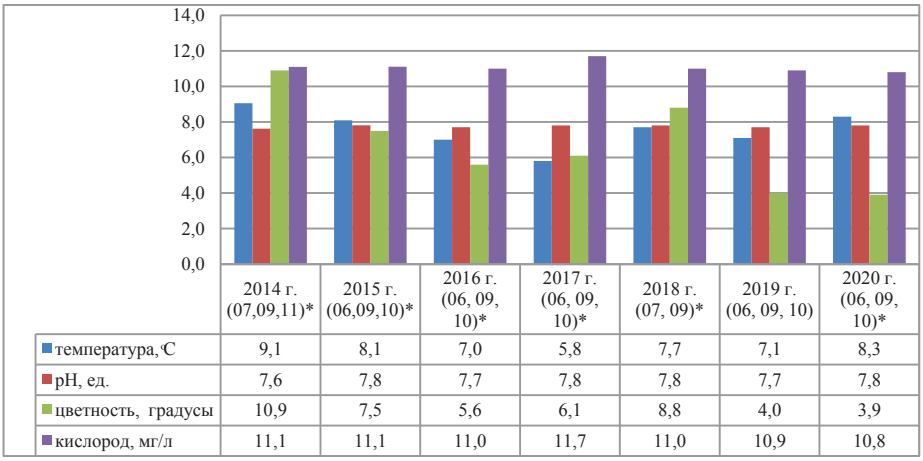
Таблица 4.4. Сведения о нарушениях качества воды озера Байкал в районе контрольного 100 метрового створа

Показатели	Пределы концентраций, мг/дм^3		Число наблюдений: общее - с нарушениями ПДК		Максимальное превышение ПДК, число раз	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Водородный показатель, ед. pH	7,3 - 8,2	7,9 - 8,5	7 - 0	7 - 0	-	-
Сумма минеральных соединений, мг/л	90 - 105	91 - 116	7 - 0	7 - 0	-	-
Сульфаты, мг/л	5 - 8,1	4,2 - 8,3	7 - 0	7 - 0	-	-
Хлориды, мг/л	0,4 - 0,9	0,5 - 1,0	7 - 0	7 - 0	-	-
Взвешенные веществ, мг/л	0,0 - **1,7**	0,0 - 1,1	**7 - 2**	**7 - 1**	**1,5**	**1**
Летучие фенолы, мг/л	0,0 - **0,003**	0,0 - 0,003	**7 - 7**	**7 - 7**	**3**	**3**

В районе глубоководного выпуска КОС г. Байкальска наблюдались превышения ПДК взвешенных веществ - в одной пробе воды в мае и летучих фенолов - от 1 до 3 ПДК в каждой из семи съёмок. Следует отметить, что повышенное содержание в воде летучих фенолов наблюдается уже несколько лет в 70-73% отобранных проб воды. Это свидетельствует о том, что сброс коммунальных сточных вод является основным источником поступления летучих фенолов в озеро.

В районе выпуска КОС г. Байкальска (район БЦБК) в 2020 г. наблюдалось увеличение максимальных значений содержания взвешенных веществ до 1,2 мг/л (0,9 мг/л в 2019 г.). По остальным определяемым показателям превышений не наблюдалось, как по сравнению с 2019 г., так и по сравнению со значениями фонового района озера.

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 2020 г. по сравнению с 2014-2019 гг. приведена на рис. 4.18-4.21.



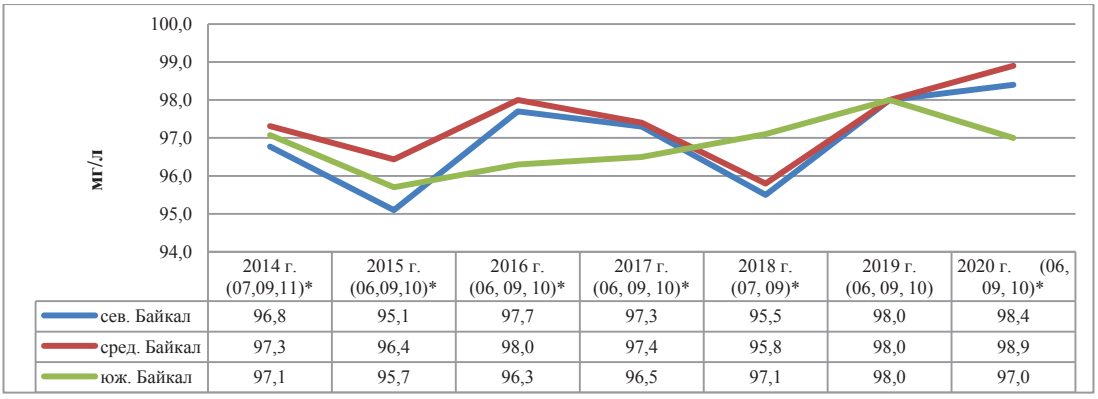
	2014 г. (07,09,11)*	2015 г. (06,09,10)*	2016 г. (06, 09, 10)*	2017 г. (06, 09, 10)*	2018 г. (07, 09)*	2019 г. (06, 09, 10)	2020 г. (06, 09, 10)*
температура,°С	9,1	8,1	7,0	5,8	7,7	7,1	8,3
pH, ед.	7,6	7,8	7,7	7,8	7,8	7,7	7,8
цветность, градусы	10,9	7,5	5,6	6,1	8,8	4,0	3,9
кислород, мг/л	11,1	11,1	11,0	11,7	11,0	10,9	10,8

**-месяц отбора проб*

Рис. 4.18. Общая гидрохимическая характеристика воды в районе продольного разреза оз. Байкал

Наблюдения проводились с июня по октябрь. Значения pH сохранялись в пределах 7,6-7,8 ед., а содержание растворенного кислорода - в пределах 10,8 - 11,7 мг/л (рис. 4.18).

В 2020 г минерализация воды озера в северной, средней и южной частях соответствовала значениям 2019 г. (рис. 4.19).

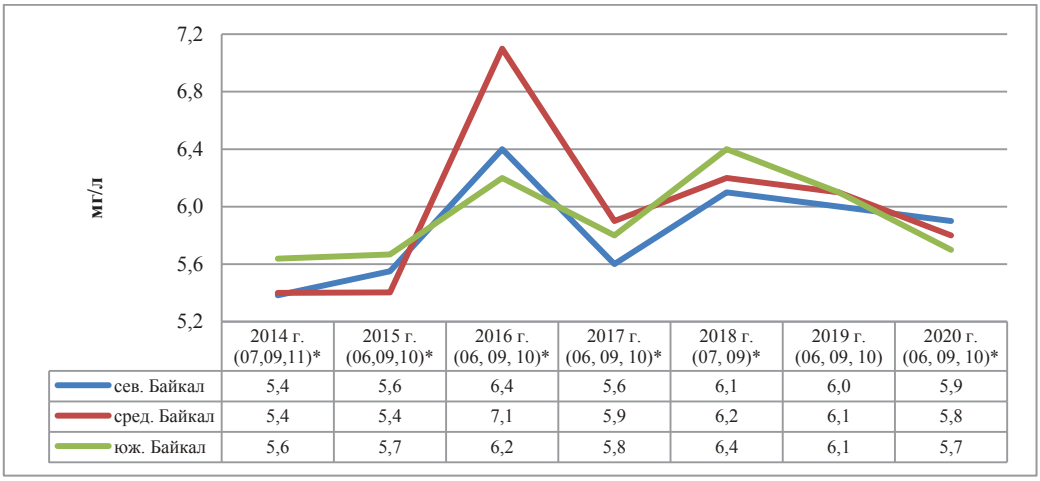


	2014 г. (07,09,11)*	2015 г. (06,09,10)*	2016 г. (06, 09, 10)*	2017 г. (06, 09, 10)*	2018 г. (07, 09)*	2019 г. (06, 09, 10)	2020 г. (06, 09, 10)*
сев. Байкал	96,8	95,1	97,7	97,3	95,5	98,0	98,4
сред. Байкал	97,3	96,4	98,0	97,4	95,8	98,0	98,9
юж. Байкал	97,1	95,7	96,3	96,5	97,1	98,0	97,0

**-месяц отбора проб*

Рис. 4.19. Минерализация воды озера по котловинам продольного разреза

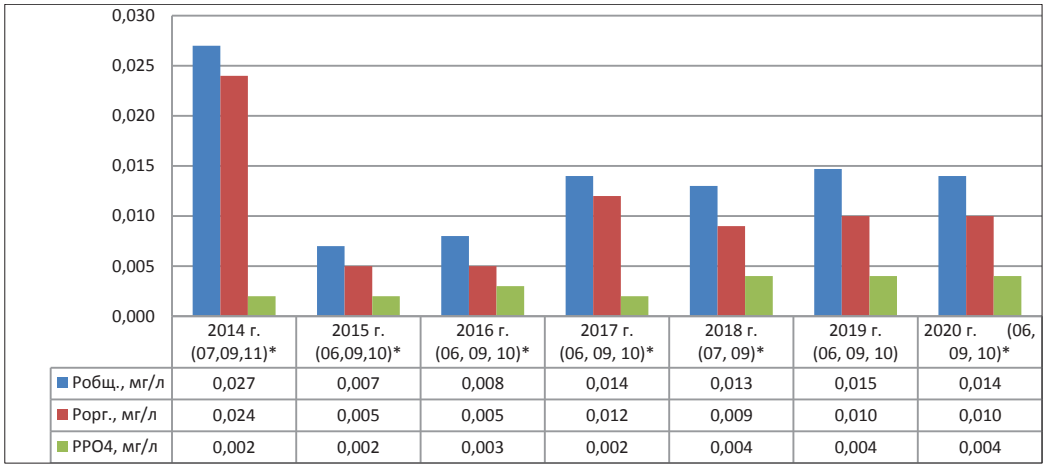
В 2020 г. содержание в воде озера сульфатных ионов снизилось по сравнению с предыдущим годом, а максимальные значения были зафиксированы в 2016 и 2018 гг. как в целом по продольному разрезу, так и по котловинам оз. Байкал (рис. 4.20).



	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)	2020 г. (06, 09, 10)*
сев. Байкал	5,4	5,6	6,4	5,6	6,1	6,0	5,9
сред. Байкал	5,4	5,4	7,1	5,9	6,2	6,1	5,8
юж. Байкал	5,6	5,7	6,2	5,8	6,4	6,1	5,7

*-месяц отбора проб

Рис. 4.20. Динамика сульфатных ионов по котловинам продольного разреза



	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)	2020 г. (06, 09, 10)*
Робщ., мг/л	0,027	0,007	0,008	0,014	0,013	0,015	0,014
Рорг., мг/л	0,024	0,005	0,005	0,012	0,009	0,010	0,010
РРО4, мг/л	0,002	0,002	0,003	0,002	0,004	0,004	0,004

*-месяц отбора проб

Рис. 4.21. Содержание форм фосфора в воде озера в районе продольного разреза

Значения содержания форм фосфора в воде продольного разреза в 2020 г. находились на уровне значений 2017-2019 гг. (рис. 4.21).

В районе северной оконечности озера, прилегающей к трассе БАМ, было отмечено увеличение средних и максимальных концентраций содержания в воде общего и нитратного азота, превышения наблюдались в каждой из двух съёмок на станциях, расположенных вблизи западного берега озера. Также, по сравнению с 2019 г., наблюдалось увеличение содержания в воде нефтепродуктов и хлорид-ионов.

Значительно снизилось максимальное значение содержание в воде взвешенных веществ с 4,5 мг/л в 2019 г. до 1,4 мг/л в 2020 г.

Средние концентрации остальных определяемых показателей в данном районе сохранились на прежнем уровне и соответствовали фоновым значениям.

В 2020 г. в районе Селенгинского мелководья, как и в 2019 г., наблюдались превышения содержания в воде общего, органического, нитратного, аммонийного азота и органического углерода. Снижение значений концентраций относительно предыдущего года были зафиксированы только по сульфат-ионам, кремнию и общему фосфору. Максимальные концентрации по всем определяемым показателям были отмечены непосредственно в озерной части дельты, где происходит вынос речных вод через основную протоку р. Селенга – Усть-Харауз.

4.2.3. Донные отложения

Состояние донных отложений в районе выпуска КОС г. Байкальска. Размеры зоны загрязнения на полигоне, рассчитанные по суммарному показателю, как превышение среднего содержания ингредиентов контроля грунтовой воды и донных отложений составили: на глубинах до 380 м в 2014 г. – 5,1 км^2, в 2015 г. – 4,5 км^2, в 2016 г. – 3,7 км^2, в 2017 г. – 7,3 км^2, в 2018 г. – 6,9 км^2, на глубинах до 680 м в 2019 г. -6,7 км^2, на глубинах до 700 м в 2020 г. – 6,5 км^2.

Данные наблюдения свидетельствует об относительной стабилизации в годовом (суммарном) расчете антропогенной нагрузки на качественный состав донных отложений полигона. Геохимические изменения (рост) основных качественных характеристик донных отложений и грунтовой воды в районе бывшего комбината в целом связан с внутриводоемными (гидробиологическими) процессами - с ростом лабильного органического

вещества, представленного фитопланктоном и его дальнейшей седиментацией в донные отложения озера.

Важнейшим элементом мониторинга оз. Байкал являются наблюдения за содержанием бенз(а)пирена (БП) в донных отложениях. Многолетние исследования по изучению накопления БП в донных отложениях полигона показали неоднородный характер загрязнения поверхностного слоя. Геоморфологическое строение полигона достаточно сложное: район расчленен тремя каньонами. Поэтому для геохимического анализа площадь полигона была разделена по глубинам на две части - 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 должны превышать 2,0 нг/г сухого остатка (с.о.), для глинистых илов - 5,0 нг/г с.о.; умеренная концентрация – 2,0-5,0 нг/г с.о. и 5,0-30,0 нг/г с.о. соответственно; на сильно загрязненных участках –более 5,0 нг/г и более 30 нг/г с.о. соответственно.

В августе 2020 г. в донных отложениях на глубинах менее 100 м, где относительно развиты разнозернистые (грубозернистые) песчаные отложения, средняя концентрация БП составила 7,8 нг/г с.о. при диапазоне 0,1-31,6 нг/г с.о., что в 2 раза меньше, чем в 2019 г. Содержание БП в песках от суммы ПАУ составило 3,0%. По Шкале сравнительных оценок пески на полигоне относятся к сильно загрязненным донным отложениям.

Среднее содержание бенз(а)пирена в донных отложениях в 2020 г. на глубинах более 100 м (илистые отложения), составило 13,4 нг/г с.о. (диапазон значений 1,8-32,4 нг/г с.о.), фон на полигоне 1,6 нг/г с.о. В 2019 г. – 3,3 нг/г с.о.(диапазон значений 0,8-12,3 нг/г с.о.), фон на полигоне 3,1 н/г с.о. Содержание БП в илах от суммы ПАУ составило 5,1% ,что в 1,7 раза больше, чем в песках. Согласно Шкале сравнительных оценок донных отложений внутриконтинентальных водоемов, содержание БП в 2020 г. в илах полигона соответствует умеренному значению загрязнения (норматив Шкалы 5,0-30 нг/г с.о.).

В целом в августе 2020 г. среднее содержание БП в донных отложениях на полигоне составило 10,6 нг/г с.о. (15,7 нг/г.с.о. в 2019 г.), также было отмечено значительное уменьшение содержания бенз(а)пирена в фоновом районе полигона с 5,2 нг/г с.о. в 2019 г. до 1,6 нг/г с.о в 2020 г.

Состояние донных отложений на авандельте р. Селенга. В сентябре 2020 г. было продолжено изучение качественного состава донных отложений и грунтовой воды, пропитывающей верхний двухсантиметровый слой отложений авандельты реки Селенга.

В содержании БП в донных отложениях в 2020 г. в районе речных выносов протокой Усть-Харауз по сравнению с 2019 г. было отмечено уменьшение содержания арена с 5,0 нг/г с.о. до 2,9 нг/г с.о. (табл. 4.1). Также было отмечено уменьшение в 2020 г. содержания БП в донных отложениях на самом полигоне с 3,0 нг/г с.о. до 2,1 нг/г с.о. Из вышесказанного следует, что уровень загрязненности донных отложений БП на авандельте р. Селенга в 2020 г., как и в 2019 г., сохраняется на уровне фоновых значений (< 5,0 нг/г с.о.).

Состояние донных отложений на севере озера в зоне влияния трассы БАМ. В 2020 г. были продолжены комплексные исследования качественного состояния поверхностного слоя донных отложений и грунтовой воды, пропитывающей верхний двухсантиметровый слой отложений в районе влияния трассы БАМ.

В сентябре 2020 г. по сравнению с 2019 г. было отмечено снижение содержания бенз(а)пирена, как на самом полигоне с 3,4 нг/г со. до 1,5 нг/г с.о., также и на Участке с 4,0 нг/г с.о. до 2,9 нг/ г с.о. (табл. 4.5). В июне 2020 г. содержание бенз(а)пирена на полигоне изменялось в пределах от 0,3 нг/г со. до 4,5 нг/г с.о., при средней величине 1,5 нг/г с.о. и на Участке от 0,3 до 3,2 нг/г с.о. при средней величине 1,9 нг/г с.о. Загрязненность донных отложений бенз(а)пиреном на полигоне и на Участке в 2020 г. можно отнести к фоновым значениям.

Состояние донных отложений на Малом море. В 2020 г. были продолжены комплексные изучения качественного состояния донных отложений на Малом море, были отобраны 3 пробы донных отложений на гидрохимический и геохимический анализы: на юге, в центре и на севере на глубинах 35 м, 30 м и 240 м.

Максимальное содержание бенз(а)пирена в донных отложениях Малого моря приурочено к максимальной глубине полигона. Среднее содержание составило 0,3 нг/г с.о. при диапазоне 0,1-0,8 нг/г с.о. (в 2019 г. - 0,9 нг/г с.о. и 0,1-2,2 нг/г с.о. соответственно) (табл. 4.5). Фоновая концентрация для глинистых илов - 5,0 нг/г с.о., что соответствует фоновым значениям.

Таблица 4.5. Среднее содержание бенз(а)пирена в донных отложениях оз. Байкал, в районе выпуска КОС г. Байкальск, на авандельте р. Селенга, на севере озера в зоне влияния трассы БАМ и в Малом море, нг/г с.о. (числитель-предельные значения, знаменатель-среднее значение, в скобках среднее содержание на фоновом участке)

Полигоны	Годы наблюдений					
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Район выпуска КОС г. Байкальска	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)	0,1-32,4 10,6(2,0)
Район выпуска КОС г. Байкальска (содержание в песках)	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)	0,1-31,6 7,8 (2,4)
Район выпуска КОС г. Байкальска (содержание в илах)	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)	1,8-32,4 13,4(1,6)
Авандельта р. Селенга (весь полигон)	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	0,4-5,9 2,1

Полигоны	Годы наблюдений					
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Авандельта р. Селенга (протока Усть- Харауз)	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	1,5-5,9 2,9
Зона влияния трассы БАМ (весь полигон)	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	0,1-6,9 1,5
Зона влияния трассы БАМ (Участок)	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	0,5-6,9 2,9
Малое море илы	не отб.	не отб.	не отб.	не отб.	0,1-2,2 0,9	0,1-0,8 0,3

Не отб. - Пробы не отбирали

В настоящее время наибольшую опасность для экосистемы оз. Байкал представляют канцерогенные ПАУ-БП, которые накапливаются в донных отложениях озера. БП был зафиксирован в донных отложениях во всех контролируемых полигонах. Наиболее сильное загрязнение ПАУ было отмечено в песчаных отложениях полигона в районе выпуска КОС г. Байкальск (более 5,0 нг/г с.о.), которое относится с сильному загрязнению.

4.2.4. Гидробиологические наблюдения на озере

В 2020 г. гидробиологические наблюдения за состоянием непосредственно примыкающего к месту выпуска канализационных очищенных стоков (КОС) г. Байкальска проводились в три периода наблюдений: подледный (март), весенний (июнь) и осенний (август). Численность гетеротрофных бактерий (показателя загрязнения воды органическим веществом) варьировала от 1 до 874 кл/мл, в среднем составляя 29 кл/мл. Площадь зоны загрязнения в районе КОС г. Байкальска составила 0,9 км^2, что в 5 раз ниже, чем в 2019 г. (4,6 км^2). Среднее значение численности гетеротрофов в зоне наибольшего влияния коммунальных сточных вод составило 36 кл/мл, превышая в 9 раз, фоновые характеристики на участках южного прибрежья (в сравнении с 2019 г. 25 против 9 кл/мл соответственно).

Весной численность гетеротрофных бактерий варьировала от 7 до 1163 кл/мл, в среднем составляя 223 кл/мл. Площадь зоны загрязнения увеличилась по сравнению с 2019 г. незначительно, составляя 8,4 км^2.

Осенью численность гетеротрофов варьировала от 60 до 461 кл/мл, в среднем составляя 165 кл/мл. Площадь зоны наибольшего влияния КОС составила 5,9 км^2, что в 1,4 раза ниже, чем в 2019 г.

Углеводородокисляющие бактерии были выявлены во все периоды наблюдений. Наибольшая их численность от 100 до 1 тыс. кл/мл была отмечена в подледный период.

По численности фитопланктона в марте 2019 г. площадь зоны загрязнения составила 6,9 км^2, что в 1,7 раза меньше, чем в 2019 г. (11,6 км^2). На фоновых станциях численность фитопланктона была в 2,5 раза ниже, чем в зоне загрязнения.

Весной площадь зоны загрязнения увеличилась в 1,8 раза по сравнению с 2019 г. и составила 15,7 км^2. Численность фитопланктона уменьшилась до 1614 тыс. кл/л (в 2019 г. 1870 тыс. кл/л). На фоновых станциях численность фитопланктона была в 2 раза ниже, чем в зоне загрязнения.

Осенью площадь зоны загрязнения уменьшилась в 1,7 раза, составляя 4,7 км^2, в 2019 г. (7,9 км^2). Численность фитопланктона составила 584 кл/мл, что в 2 раза выше фоновых значений.

Единичные экземпляры нитчатых водорослей рода *Spirogira* Link. были отмечены в пробах зоопланктона во все периоды наблюдений, в основном в прибрежной полосе озера. В июне массовое скопление спирогиры наблюдалось в прибрежной полосе в 1,8 км восточнее места выпуска КОС г. Байкальска.

По зоопланктону в подледный период наблюдений зона загрязнения изменилась незначительно (24,1 км^2 в 2020 г., 27,2 км^2 в 2019 г.), биомасса эпишуры в районе влияния КОС г. Байкальска была в 4,5 раза ниже, чем в фоновом участке южного прибрежья (35 мг/м^3 против 157 мг/м^3).

Весной произошло значительное увеличение площади загрязнения до 24,2 км^2 по сравнению с весной 2019 г. (7,2 км^2), биомасса зоопланктона составила 11 мг/м^3. На фоновых станциях биомасса была в 5,5 раза выше, чем в зоне загрязнения, составляя 59 мг/м^3.

Осенью площадь зоны загрязнения сократилась в 2 раза и составила 11,9 км^2, при биомассе эпишуры в ней 46 мг/м^3 (в 2019 г. 22,9 км^2 и биомассе 282 мг/м^3). На фоновых станциях биомасса эпишуры была в 5 раз выше, чем в зоне загрязнения – 233 мг/м^3.

Площадь зоны загрязнения донных отложений по бактериобентосу в подледный период 2020 г. уменьшилась до 1,7 км^2, а в осенний период увеличилась в 1,5 раза, составляя 5,4 км^2. Численность гетеротрофной микрофлоры в зоне загрязнения в оба сезона наблюдений была выше фоновых характеристик в 4-5,5 раза.

Отбор проб зообентоса проводился с глубин 40-141 м на участке, подверженном воздействию КОС г. Байкальска площадью 0,5 га. Средняя численность зообентоса составила 4,2 тыс. экз/м^2, а биомасса 4 г/м^2. По сравнению с 2019 г. произошло уменьшение численности и биомассы в 2,5 раза.

В составе зообентоса доминирующее положение по численности занимали нематоды, составляя 2,5 тыс. экз/м^2 (58% от общей численности), а по биомассе - малощетинковые черви 2,2 г/м^2 (63% от общей биомассы), тогда как в 2019 г. лидировали по численности малощетинковые черви, составляя 7,6 тыс. экз/м^2 при биомассе 6,3 г/м^2. Вторыми по численности были малощетинковые черви - 31%, а по биомассе амфиподы - 32%. Средняя величина олигохетного индекса сохранилась на уровне 2019 г., составляя 32%, что характеризует исследованный участок озера как «слабо загрязненный».

Анализ гидробиологических характеристик за 2020 г. свидетельствует о значительном увеличении антропогенной нагрузки на зоопланктон в весенний

период и ее снижении в осенний период наблюдений. Площадь зон загрязнения по бактериопланктону уменьшилась в подледный и осенний периоды наблюдений. По численности фитопланктона в подледный и осенний периоды произошло уменьшение, а в весенний период увеличение площади влияния КОС г. Байкальска. В донных отложениях в подледный период наблюдалось снижение площади загрязнения, а осенью ее увеличение. Величина олигохетного индекса 32% характеризует исследованный участок озера как «слабо загрязненный».

Гидробиологические наблюдения, проведенные в районе выхода трассы БАМ, показали, что в июне численность гетеротрофов составила 1701 кл/мл, фитопланктона - 7212 тыс. кл/л и зоопланктона - 28 тыс. экз./м^3 были наиболее высокими в западной прибрежной зоне. Наименьшее значение численности гетеротрофов (288 кл/мл), численности фитопланктона (3341 тыс. экз./м^3) и его биомассы (275 мг/м^3) было отмечено в центральной части озера. Численность зоопланктона (9 тыс. экз./м^3) была минимальной в восточной прибрежной зоне, а его биомасса (318 мг/м^3) в центральной части озера.

В сентябре численность гетеротрофов (718 кл/мл) была максимальной в восточной прибрежной зоне, а численность фитопланктона (859 тыс. кл/л) достигала максимальных значений в западной части озера.

По сравнению с 2019 г. в июне наблюдалось увеличение средней численности бактериопланктона в 3,5 раза и фитопланктона в 2,6 раза, а его биомасса уменьшилась в 1,4 раза. Численность зоопланктона не изменилась, а биомасса возросла в 1,3 раза.

В осенний сезон, как и весной, произошло увеличение численности бактериопланктона, численность фитопланктона сохранилась на уровне прошлогодних значений.

Нитчатые водоросли рода *Spirogira* Link. были отмечены в пробах зоопланктона в оба сезона наблюдений в прибрежной полосе северной оконечности озера от мыса Слюдянский до устья р. Тыя. Максимальное их скопление наблюдалось на предустьевых участках рек Кичера и Верхняя Ангара и в Дагарской губе.

Наиболее загрязненными в весенний и осенний сезоны наблюдений были устьевые участки рек Тыя, Кичера, Верхняя Ангара численность бактериопланктона здесь изменялась от 378 до 1436 кл/мл.

В донных отложениях в исследованном районе озера наблюдалось увеличение численности бактериобентоса весной в 1,5 раза, а осенью она осталась на уровне прошлогодних значений. В отличие от 2019 г. численность бактериобентоса в оба сезона наблюдений была выше в восточной прибрежной зоне, составляя весной 11 тыс. кл/г и осенью 20 тыс. кл/г вл. ила соответственно.

Максимальное развитие бактериобентоса в оба сезона было отмечено в пробах, отобранных на участке дна в районе впадения р. Рель.

В 2020 г. средняя численность и биомасса зообентоса составляли 5,9 тыс. экз./м^2 и 12 г/м^2, что ниже аналогичных значений 2019 г. в 2 и 1,5 раза соответственно.

Численность (1813,7 тыс. экз./м^2) зообентоса в зоне литоральной зоне (20-60 м) была в 6 раз выше, чем в супраабиссальной зоне (80-200 м) при одинаковых значениях биомассы. По сравнению с данными за аналогичный сезон 2019 г. количественные показатели изменились незначительно. В зоне мелководья численность и биомасса уменьшились в 1,3 и 2 раза соответственно. В глубоководной зоне произошло снижение численности в 3,7 раза, биомасса сохранилась без изменения.

Моллюски были выявлены в 9 из 17 отобранных проб, максимальное количество наблюдалось в пробах на станциях, расположенных в приустьевом участке р. Кичера.

Среднее значение олигохетного индекса составило 68%, что немного ниже, чем в 2019 г. (78%). В западной прибрежной зоне олигохетный индекс составил 85%, что выше, чем в восточной прибрежной зоне (77%). По величине олигохетного индекса к разряду «сильно загрязненных» и «загрязненных» было отнесено 82% станций, которые располагались в основном в западной прибрежной зоне, «слабо загрязненных» - 18%, что свидетельствует о значительном загрязнении всего исследованного района озера.

Анализ состояния донных сообществ в северной части озера свидетельствует о сохранении антропогенной нагрузки в этом районе. Наиболее загрязненными являются воды рек Тыя, Кичера, Верхняя Ангара. По величине олигохетного индекса исследованный район озера можно охарактеризовать как «сильно загрязненный» и «загрязненный».

Комплексные исследования состояния водной толщи и донных отложений Селенгинского мелководья по бактерио-, фито-, зоопланктону, бактерио- и зообентосу, проведенные в сентябре 2020 г., свидетельствуют о продолжающемся поступлении легкоокисляемого органического вещества с водами р. Селенга.

По сравнению с 2019 г. произошло увеличение численности гетеротрофов в 1,6 раза. Максимальное значение численности гетеротрофов в водной толщи 1377 кл/мл наблюдалось на участке, расположенном в южной части Селенгинского мелководья напротив залива Сор, здесь так же было отмечено максимальное развитие фенолокисляющих бактерий 16 кл/мл. Минимальная численность гетеротрофов 193 кл/мл была в пробах, отобранных напротив выноса протоки Промой. Развитие углеводородокисляющих бактерий достигало максимального значения 1 тыс. кл/мл, на участке мелководья, расположенном напротив залива Сор.

По сравнению с предыдущим годом наблюдений в донных отложениях в 2020 г. произошло увеличение численности гетеротрофов в 4 раза, их средняя численность составила 36 тыс. кл/г вл. ила, достигая максимального развития 85 тыс. кл/г вл. ила на участке дна расположенном между протоками Галутай и Кривая. Минимальная численность гетеротрофов наблюдалась в юго-западной части Селенгинского мелководья напротив протоки Промой. Развитие углеводородокисляющих бактерий было отмечено в пробах, отобранных на всех станциях, за исключением глубоководного участка озера, расположенного напротив залива Сор, их численность была высокой, изменяясь в пределах от 1 тыс. до 100 тыс. кл/г вл. ила, что свидетельствует о загрязнении этого района нефтепродуктами. Фенолокисляющие бактерии были выявлены повсеместно. Их максимальное развитие 6 тыс. кл/г вл. ила было отмечено на участке дна стокового выноса протоки Кривая.

По сравнению с аналогичным сезоном 2019 г. произошло увеличение численности бактериопланктона и значительное увеличение численности микрофлоры в донных отложениях, в том числе углеводород- и фенолокисляющих бактерий.

По фитопланктону среднее значение общей численности составило 880 тыс. кл/л, а биомассы

550 мг/м^3. По сравнению с 2019 г. численность и биомасса фитопланктона увеличилась в 2 и 2,5 раза соответственно, Высокая биомасса фитопланктона в исследуемый сезон обусловлена развитием нитчатых водорослей рода *Spirogira* Link, их численность составила 13 тыс. кл/л, а биомасса 4709 мг/м^3. Массовое развитие этой группы водорослей наблюдалось в местах повышенного содержания биогенных элементов в воде.

В пробах зоопланктона, отобранных на всех исследованных станциях, также было отмечено развитие водорослей рода *Spirogira* Link., их массовое скопление наблюдалось в южной части мелководья напротив пролива Прорва и залива Сор.

Максимальное развитие фитопланктона было отмечено напротив пролива Прорва (численность 1306 тыс. кл/л, биомасса 170 мг/м^2), минимальное в центральной части Селенгинского мелководья в районе стокового выноса протоки Галутай (численность 602 тыс. кл/л, биомасса 111 мг/м^3).

Средняя численность зоопланктона сохранилась на уровне значений 2019 г., составляя 32 тыс. экз./м^3, а биомасса уменьшилась в 6,6 раза, составляя 100 мг/м^3. Максимальная численность зоопланктона 57 тыс. экз./м^3 была отмечена на участке стокового выноса протоки Харауз, а биомасса 246 мг/м^3 - в центральной части Селенгинского мелководья в районе протоки Галутай.

Численность зообентоса изменялась в пределах от 0,9 тыс. до 50 тыс. экз./м^2, биомасса - от 1,0 до 82 мг/м^2, достигая максимального значения в районе стокового выноса протоки Харауз. По сравнению с 2019 г. средняя численность (19 тыс. экз./м^2) уменьшилась в 1,4 раза, биомасса увеличилась (41 г/м^2) в 1,3 раза.

Максимальные численность 62 тыс. экз./м^2 и биомасса 63 г/м^2 наблюдались в пробах, отобранных напротив пролива Прорва. Минимальные численность 0,9 тыс. экз/м^2 и биомасса 1,0 г/м^2 в юго-западной части Селенгинского мелководья, напротив выноса протоки Промой. Моллюски были отмечены на 8 станциях, преимущественно представители класса Bivalvia.

Основа численности и биомассы бентоса в 2020 г. была обусловлена развитием малощетинковых червей, амфипод и нематод. В районе Селенгинского мелководья олигохетный индекс варьировал от 30 до 56%, при среднем значении 45%, что в 1,5 раза ниже, чем в 2019 г. (70%). По величине олигохетного индекса к разряду «загрязненных» было отнесено 25% станций, «слабо загрязненных» - 75%. Такие значения олигохетного индекса свидетельствуют о загрязнении всего исследованного района озера.

Наблюдения за состоянием водной толщи и донных отложений Малого моря в сентябре 2020 г. показали, что по микробиологическим показателям наиболее загрязненной были воды в южной части в районе мыса «Кобылья голова». Численность гетеротрофной микрофлоры составила 955 кл/л, в донных отложениях - 11,7 тыс. кл/г вл. ила. Здесь же были отмечены максимальные значения численности и биомассы зоопланктона 14 тыс. экз./м^3 и 193 мг/м^3 соответственно. Численность фитопланктона была максимальной в северной части, составляя 932 тыс. кл/л, а биомасса - 245 мг/м^3 - в средней части Малого моря на траверзе пос. Хужир.

В сентябре 2020 г. в Малом море нитчатые водоросли рода *Spirogira* Link. в пробах фито- и зоопланктона не были выявлены.

Во всех исследованных районах в зоопланктоне были зафиксированы нити спирогиры. В 2018 и 2020 гг. спирогира была выявлена в зообентосе в районе выпуска КОС г. Байкальска и на Селенгинском мелководье.

Весной массовое скопление спирогиры наблюдалось в прибрежной полосе в 1,8 км восточнее места выпуска КОС г. Байкальска. В северной оконечности озера Байкал спирогира наблюдалась в пробах зоопланктона во все сезоны наблюдений в прибрежной полосе от мыса Слюдянский до устья р. Тыя, а максимальное количество наблюдалось в местах впадения рек Кичера и Верхняя Ангара и в Дагарской губе.

В районе Селенгинского мелководья высокая биомасса фитопланктона в сентябре была обусловлена развитием водорослей рода *Spirogira* Link. В зоопланктоне в этом же районе озера также былл отмечено наличие водорослей рода *спирогира*, их массовое скопление наблюдалось в южной части мелководья напротив пролива Прорва и залива Сор.

Развитие водорослей рода спирогира отмечалось на Байкале и ранее, и наблюдалось, в основном, в мелководных заливах, но этот процесс не носил такого массового характера, как в последнее десятилетие.

Массовое развитие водорослей рода спирогира наиболее часто наблюдается в местах повышенного содержания биогенных элементов в воде, главной причиной которого являются недостаточно очищенные сточные воды. Продукты гниения большой массы водорослей в местах их массового развития делают воду непригодной для использования человеком.

4.2.5. Характеристика выноса загрязняющих веществ с водным стоком основных притоков озера Байкал

Водный сток в замыкающих створах рек-притоков озера оценен по откорректированным среднемесячным расходам воды за 2020 г. и предыдущие периоды наблюдений (2012-2016 гг. и 2017-2019 гг.). Поступления веществ с водным стоком рек-притоков: Селенга, Баргузин, Турка, Верхняя Ангара приведены в табл. 4.6 и р. Тыя в табл. 4.7.

Общий водный сток (далее водный сток) притоков озера - Селенга, Баргузин, Турка, Верхняя Ангара, Тыя в 2020 г. повысился до 50,8 км^3 от - 39,3 км^3 (2017-2019 гг.) и 35,0 км^3 (2012-2016 гг.). Приращение водного стока в 2020 г. составляло 22,6% по сравнению с 2017-2019 гг.

В замыкающих створах рассмотренных рек в 2020 г. и 2017-2019 гг. сохранялись в близких интервалах: средневзвешенные концентрации взвешенных веществ – 2,9-7,9 мг/дм^3 и 1,8-9,3 мг/дм^3, средневзвешенные значения показателя ХПК – 8,6-16,4 мг/дм^3 и 9,1-13,3 мг/дм^3.

В 2020 г. по сравнению с периодом 2017-2019 гг. с водным стоком рек повысился вынос взвешенных веществ до 0,32 млн. т от 0,29 млн. т, органических веществ – до 0,43 млн. т от 0,37 млн. т.

Значения привноса оценены: взвешенных веществ – в 9,4%, органических веществ – в 14,0% и оказались ниже приращения водного стока – 22,6% в 2020 г. в сравнении с 2017-2019 гг.

Пропорционально повышению водного стока рек в 2020 г. по сравнению с предшествующим трехлетним периодом в 1,3 раза повысился вынос через их замыкающие створы легко-окисляемых органических веществ – до 82 тыс. т от 62 тыс. т и летучих фенолов – до 54,5 т от 43,0 т.

Таблица 4.6. Поступления веществ с водным стоком основных притоков озера Байкал в 2017-2019 гг. (средние за период - верхняя строка) и в 2020 г. (нижняя строка)

Показатели	Притоки озера			
	р. Селенга с. Кабанск	р. Баргузин п. Баргузин	р. Турка с. Соболиха	р. В. Ангара с. В. Заимка
Взвешенные вещества, тыс. т	226 / 246	16,3 / 20,5	6,15 / 7,50	35,0 / 41,4
Органические вещества, тыс. т	243 / 269	33,3 / 61,8	10,4 / 12,4	70,2 / 77,3
Легко-окисляемые органические вещества, тыс. т	43,1 / 56,0	3,40 / 5,05	3,06 / 3,16	10,5 / 15,3
Нефтяные углеводороды, тыс. т	0,877 / 0,790	0,149 / 0,280	0,048 / 0,028	0,230 / 0,485
Смолы+асфальтены, тыс. т	0,040 / 0,030	0,015 / 0,005	0,005 / 0,002	0,026 / 0,020
АСПАВ,тыс. т	0,170 / 0,187	0,013 / 0,018	0,007 / 0,005	0,043 / 0,027
Летучие фенолы, т	26,8 / 35,0	4,0 / 5,5	2,0 / 2,1	8,6 / 10,8
Водный сток, км^3	24,34 / 31,06	3,34 / 5,01	1,52 / 1,72	8,84 / 11,2

Таблица 4.7. Поступления веществ через створ р. Тыя – г. Северобайкальск, 1 км ниже города в 2017-2019 гг. (средние за период) и в 2020 г.

Показатели	Годы наблюдений	
	2017-2019 гг.	2020 г.
Взвешенные вещества, тыс. т	2,18	5,27
Органические вещества, тыс. т	11,2	11,6
Легко-окисляемые органические вещества, тыс. т	1,72	2,62
Нефтяные углеводороды, тыс. т	0,046	0,094
Смолы + асфальтены, тыс. т	0,009	0,003
АСПАВ, тыс. т	0,004	0,004
Летучие фенолы т	1,3	1,1
Водный сток, км^3	1,24	1,80

Вынос анионных синтетических поверхностно-активных веществ (АСПАВ) через замыкающие створы рек Селенга, Баргузин, Турка, Верхняя Ангара, Тыя в 2020 г. составил 0,24 тыс. т (уровень значения за 2017-2019 гг.).

Вынос нефтяных углеводородов через замыкающий створ р. Селенга возрос в 1,1 раза - до 0,88 тыс. т в 2020 г. от 0,79 тыс. т. (2017-2019 гг.), в замыкающем створе отмечено снижение средневзвешенной концентрации до 0,025 мг/дм^3 от 0,036 мг/дм^3, соответственно. Частота превышения ПДК нефтепродуктов в речной воде повысилась незначительно до 15,4% в 2020 г. от 12,8% (2017-2019 гг.).

В 2020 г. по сравнению с периодом 2017-2019 гг. в замыкающих створах других рек-притоков средневзвешенные концентрации нефтяных углеводородов повысились: до 0,056 мг/дм^3 от 0,045 мг/дм^3 (р. Баргузин), до 0,043 мг/дм^3 от 0,026 мг/дм^3 (р. Верхняя Ангара), до 0,052 мг/дм^3 от 0,037 мг/дм^3 (р. Тыя).

В 2020 г. по сравнению с указанным трехлетним периодом заметно повысились частоты превышения ПДК нефтепродуктов: в воде р. Баргузин - до 54,5% от 22,7%, р. Верхняя Ангара – до 28,8% от 16,6%, р. Тыя – до 35,0% от 13,0%.

Рост частот превышения ПДК нефтепродуктов, увеличение средневзвешенных концентраций нефтяных углеводородов в замыкающих створах рек Баргузин (средний Байкал), Верхняя Ангара и Тыя (северный Байкал) объясняет увеличение в 2 раза выноса нефтяных углеводородов в сочетании с повысившимся в 2020 г. их водным стоком (таблицы 4.6 и 4.7).

Отмечается тенденция увеличения выноса нефтяных углеводородов с общим водным стоком рек Селенга, Баргузин, Турка, Верхняя Ангара, Тыя: от 0,73 тыс. т (2012-2016 гг.) - 1,35 тыс. т (2017-2019 гг.) до 1,68 тыс. т (2020 г.).

Поступления соединений металлов с общим стоком изученных рек-притоков озера Байкал представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8. Поступления соединений металлов (тонны) с общим водным стоком рек Селенга, Баргузин, Турка, В. Ангара, Тыя

Металл	2012-2016 гг.	2017-2019 гг.	2020 г.
Медь	84,5	65,0	113
Цинк	369	462	493

В 2020 г. через замыкающие створы рек общий вынос соединений цинка почти сохранился на уровне среднего значения за 2017-2019 гг., общее поступление соединений меди увеличилось в 1,7 раза.

4.3. Арктическая зона Российской Федерации

Общая характеристика

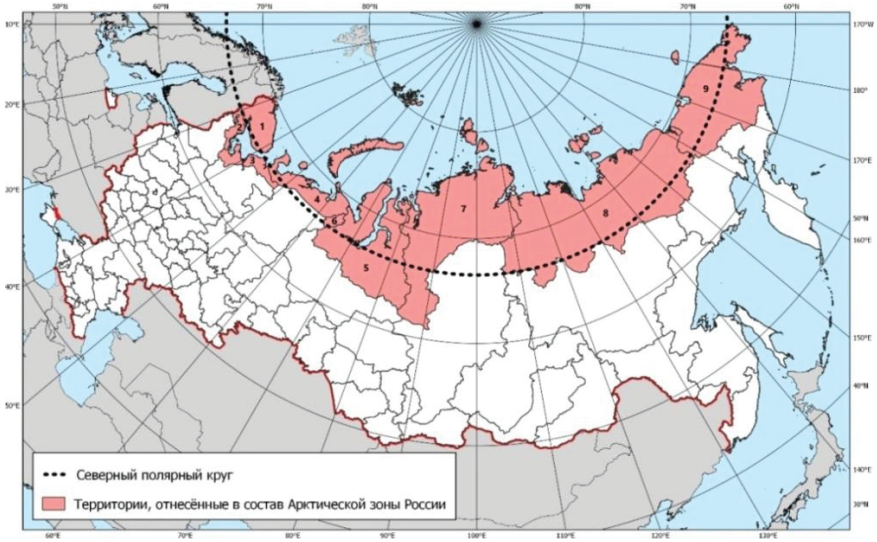
Арктическая зона Российской Федерации - регион огромного потенциального источника природных ресурсов (нефти, газа, минералов) и транспортного морского пути Европа - Азия. Интенсивное освоение и использование природных ресурсов Арктической зоны является стратегическим приоритетом социально-экономического развития России. Концепция освоения Арктики определяется «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу» в пределах сухопутных территорий Арктической зоны Российской Федерации, утвержденных Указами Президента РФ от 02.05.2014 г. N 296, от 27.06.2017 г. N 287 и от 13.05.2019 г. № 220 "О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации" (рис. 4.22).

Территория суши Арктической зоны Российской Федерации составляет 3,75 млн. км^2, где в настоящее время проживает около 2,5 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 – 28,42° в.д. и до мыса Дежнева - на востоке – 169,69° з.д., с крайней северной материковой точкой на мысе Челюскин – 77,69° с.ш., 104,09° 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, региональноклиматическую почвенную и растительную вариации. Основная часть территории занята тундрами с большой степенью заболоченности, наличием малых рек и озер. Большая часть почв торфяноглеенных 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.



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 АО;
5. Ямало-Ненецкий АО;
6. Республика Коми (в составе территории муниципального образования городского округа «Воркута»;
7. Красноярский край (в составе Таймырского Долгано-Ненецкого, Туруханского района муниципальных районов, территории городского округа города Норильска);
8. Республика Саха (Якутия) (в составе Абыйского, Аллаиховского, Анабарского (Долгано-эвенкийского), Булунского, Верхнеколымского, Верхоянского, Жиганского, Момского, Нижнеколымского, Оленекского, Среднеколымского, Усть-Янского и Эвено-Бытантайского улусов (районов);
9. Чукотский АО;
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. 4.22. Картосхема территории Арктической зоны Российской Федерации в соответствии с Указами Президента России от 02.05.2014 г. N 296, от 27.06.2017 г. N 287 и от 13.05.2019 г. № 220

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	741 404	АЗ: 100 / 100%
2.	Ненецкого автономного округа	176 700,00	44 111	
3.	Чукотского автономного округа	721 481,00	50 288	
4.	Ямало-Ненецкого автономного округа	769 250,00	544 444	
5.	Мун. обр. "Беломорский муниципальный район"	12 797,00	15 190	Республика Карелия АЗ: 24 / 7%
6.	Мун. обр. "Лоухский муниципальный район"	22 551,00	10 619	
7.	Мун. обр. "Кемский муниципальный район"	8 029,00	13 961	
Итого АЗ Республики Карелия		43 377,00	39 770	
Республика Карелия		180 520,00	609 071	
8.	Мун. обр. "Город Архангельск"	294,42	354 103	Архангельская область АЗ: 32 / 56%
9.	Мун. обр. "Мезенский муниципальный район"	34 410,21	8 294	
10.	Мун. обр. "Новая Земля"	83 000,00	3 367	
11.	Мун. обр. "Город Новодвинск"	41,00	37 699	
12.	Мун. обр. "Онежский муниципальный район"	23 755,73	29 031	
13.	Мун. обр. "Приморский муниципальный район"	46 133,61	24 186	
14.	Мун. обр. "Северодвинск"	120,51	181 990	
Итого АЗ Архангельской области		187 755,48	638 670	
Архангельская область		589 913	1 136 535	
15.	Мун. обр. городского округа "Воркута"- - АЗ Республики Коми	24 179,64	73 123	Республика Коми АЗ: 6 / 9%
Республика Коми		415 900,00	820 473	
16.	Абыйского улуса (района)	69 435	3 949	Республика Саха (Якутия) АЗ: 22 / 7%
17.	Аллаиховского улуса (района)	107 300,00	2 697	
18.	Анабарского национального (Долгано-Эвенкийского) улуса (района)	55 600,00	3 653	
19.	Булунского улуса (района)	223 582,55	8 513	
20.	Верхоянского улуса (района)	134,4	11 059	
21.	Верхнеколымского улуса (района)	67,8	4 003	
22.	Жиганского улуса (района)	140,2	4 112	
23.	Момского улуса (района)	104,6	3 974	
24.	Нижнеколымского района	87 117,54	4 260	
25.	Оленекского улуса (района)	318,0	4 247	
26.	Среднеколымского улуса (района)	125,2	7 332	
27.	Усть-Янского улуса (района)	120 278,08	7 008	
28.	Эвено-Бытантайского улуса (района)	52,3	2 845	
Итого АЗ Республики Саха (Якутия)		664 255,67	67 652	
Республика Саха (Якутия)		3 083 523	971 996	
29.	Городского округа города Норильска	23,16	181 830	Красноярский край АЗ: 47 / 8%
30.	Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района	879 900,00	31 415	
31.	Туруханского района	209 309,18	15 500	
Итого АЗ Красноярского края		1 089 232,34	228 745	
Красноярский край		2 339 700	2 866 255	
Всего АЗ России		3 821 133,13	2 458 207	100%

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 РА показано на рис. 4.23), для осадков – по данным архива R1383 (оба массива поддерживаются в ФГБУ «ИГКЭ» Росгидромета 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 ФГБУ «ААНИИ» Росгидромета.

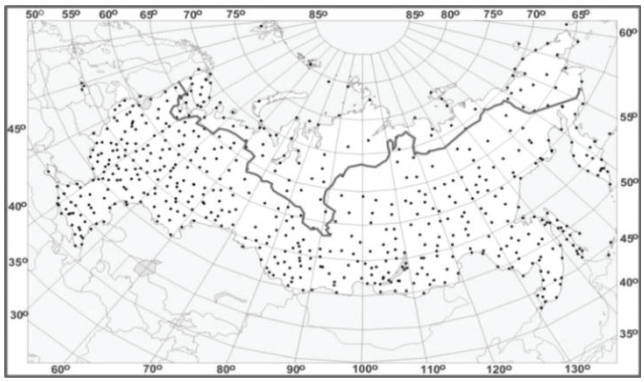


Рис. 4.23. Положение станций архива T3288 (граница Российской Арктики показана жирной линией)

Температура воздуха

Данные о годовых и сезонных региональных аномалиях температуры воздуха в 2020 г. представлены в табл. 4.10. Географическое распределение аномалий – на рис. 4.24.

Таблица 4.10. Характеристики годовых (январь-декабрь) и сезонных аномалий температуры воздуха в секторах Российской Арктики в 2019 г. 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)	**4.43**	**1**	**4.88**	**3**	**5.60**	**1**	**2.44**	**2**	**5.41**	**1**
Европейский сектор РА	**3.79**	**1**	**5.58**	**4**	**3.82**	**5-6**	**2.39**	**4**	**3.89**	**2**
Сибирский сектор РА	**5.53**	**1**	**7.37**	**1**	**7.76**	**1**	**2.79**	**2**	**5.42**	**1**
Восточный сектор РА	**3.75**	**2**	1.56	19	**4.53**	**4**	2.08	8	**6.58**	**1**

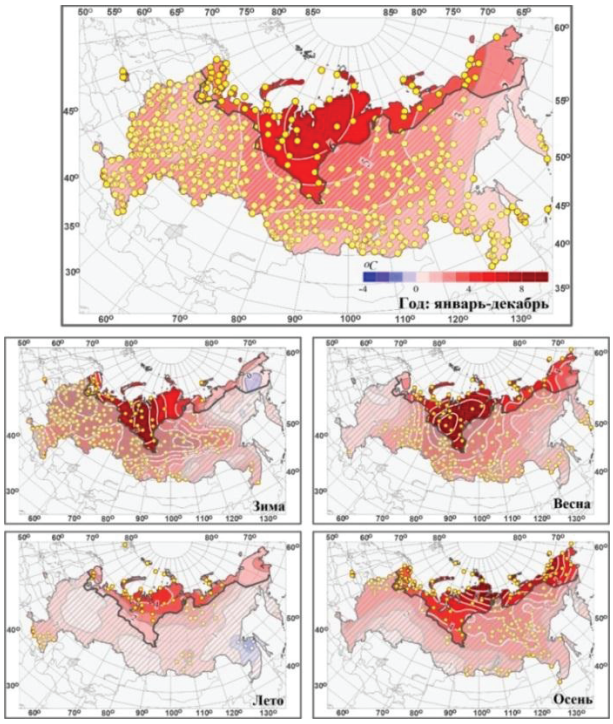


Рис. 4.24. Годовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии температуры воздуха в Российской Арктике. Аномалии (° C) рассчитаны относительно норм периода 1961-1990 гг. Желтыми кружками показаны аномалии выше 95-го процентиля

2020 г. в Российской Арктике был экстремально теплым: выше нормы на 4.43° С (максимальная величина за период с 1936 г.): это значительно выше, чем в среднем по РФ (аномалия +3.22° С). Во всех секторах Арктики наблюдались экстремальные условия, на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы. Рекордная среднегодовая температура была отмечена в Европейском секторе: на 3.79° С выше нормы и в Сибирском секторе – на 5.53° С, а в Восточном секторе – вторая величина в ряду (на 3.75° С выше нормы).

В целом по Российской Арктике весна (аномалия +5.60° С) и осень (аномалия +5.41° С) были рекордными в соответствующих рядах с 1936 г., летняя аномалия составила +2.44° С – вторая в ряду, зимняя - +4.88° С – третья в ряду.

Временные ряды региональных средних годовых аномалий показаны на рис. 4.25 сезонных (для РА в целом) – на рис. 4.26. Рост среднегодовой температуры наблюдается в РА и всех секторах с 1970-х гг. и резко ускоряется в 21 веке. Максимальное потепление за 1976-2020 гг. происходит в Восточном секторе РА: 0.83° С/10 лет (в целом по РА 0.75° С/10 лет).

Из сезонов в целом по РА самое быстрое потепление было отмечено весной (0.97° С/10 лет). Во все сезоны, кроме лета, отмечается ускорение потепления в 21 веке. Осенью оно приостанавливалось между 2010-2015 гг. Все региональные тренды, годовые и сезонные, значимы на уровне 1%.

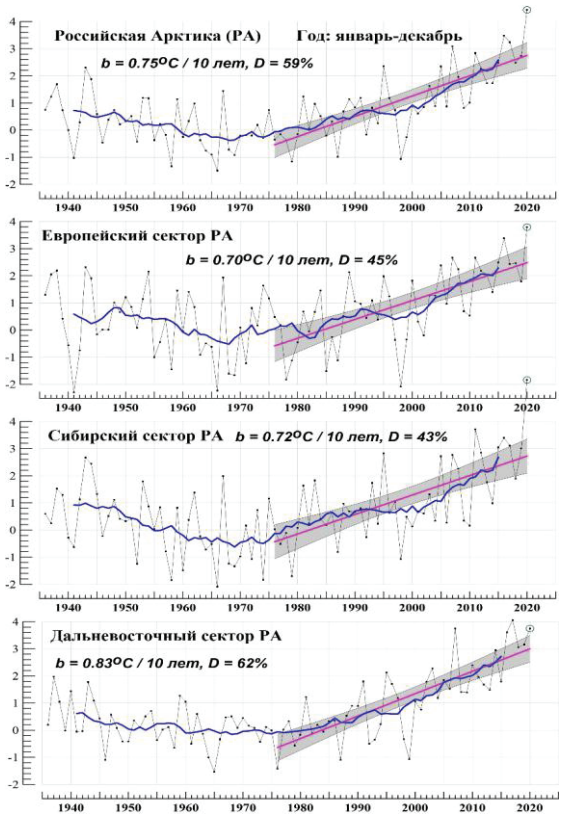


Рис. 4.25. Годовые (январь-декабрь) аномалии температуры воздуха в Российской Арктике и ее секторах в 1936-2020 гг. Жирная синяя кривая – 11-летнее скользящее среднее. Показан линейный тренд за 1976-2020 гг.

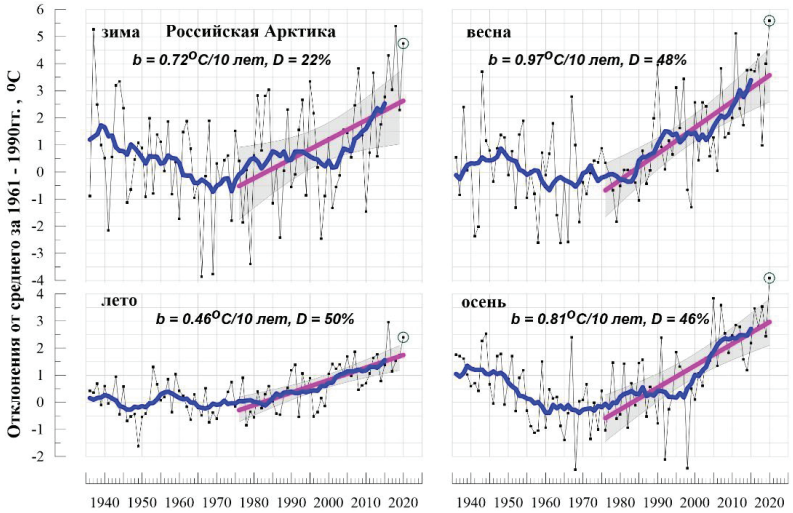


Рис. 4.26. Сезонные аномалии температуры воздуха в Российской Арктике в 1936-2020 гг. Жирная синяя кривая – 11-летнее скользящее среднее. Показан линейный тренд за 1976-2020 гг.

Атмосферные осадки

Данные о годовых и сезонных суммах осадков в секторах Российской Арктики в 2020 г. представлены в таблице 4.11, а географическое распределение осадков за год в целом и сезоны представлено на рис. 4.27.

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)	**114**	**2**	**123**	**2**	**140**	**2**	106	33-38	109	16-20
Европейский сектор РА	113	10-12	**137**	**3**	136	4	103	40-44	108	24-25
Сибирский сектор РА	**125**	**1**	132	6	**157**	**1**	119	21-23	110	22-23
Восточный сектор РА	87	67-69	87	39-40	89	55-58	81	75	109	26-27

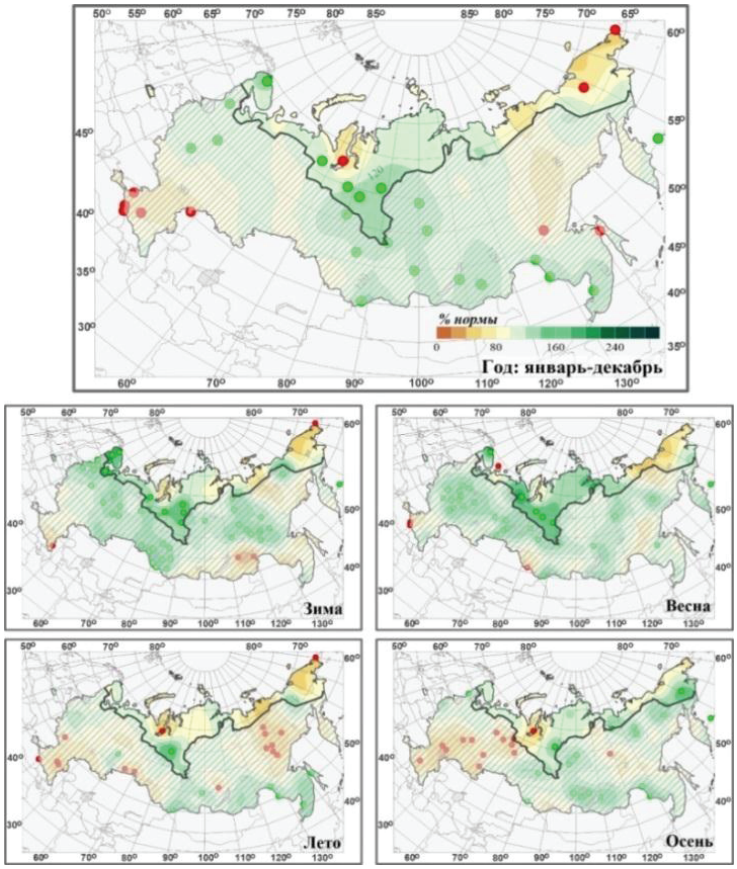


Рис. 4.27. Годовые (январь-декабрь) и сезонные суммы осадков осадков (% от нормы периода 1961-1990 гг.) в Российской Арктике. Зелеными кружками показаны станционные аномалии выше 95-го процентиля, красными – ниже 5-го.

В целом за 2020 г. по РА выпало 114% нормы осадков – вторая величина в ряду с 1936 г. Превышение осадков над нормой наблюдалось в Сибирском секторе (125% - максимальная величина в ряду) и в Европейском секторе (113% - 10-12-ая величина в ряду). В Восточном секторе выпало лишь 87% годовой нормы: дефицит осадков здесь наблюдался во все сезоны, кроме осени.

Из сезонов выделяются ***зима*** и ***весна***.

Зимой, в целом за сезон по РА выпало 123% нормы осадков – вторая величина в ряду (максимальное количество осадков выпало зимой 1966 г. - 124%). Особенно значительное превышение осадков наблюдалось в Европейском секторе (137% - ранг 3). На большей части Восточного сектора наблюдался дефицит осадков (в целом по сектору выпало 87% нормы).

Весной, в целом за сезон по РА выпало 140% нормы осадков – также вторая величина в ряду (рекордное количество осадков выпало весной 2014 г. - 144%). Особенно значительное превышение осадков наблюдалось в Сибирском секторе (выпало 157% нормы осадков – максимум в ряду). Превышение осадков наблюдалось также и в Европейском секторе (136% - ранг 4). Почти всюду в Восточном секторе (кроме севера Камчатского края) наблюдался дефицит осадков (в целом по сектору выпало 89% нормы).

Летом в целом по РА выпало 106% нормы. В целом по Сибирскому сектору выпало 119% нормы осадков, в основном в Ханты-Мансийском АО; а в районе Обской губы наблюдался значительный дефицит. Небольшое превышение осадков наблюдалось в Европейском секторе (в целом выпало 103% нормы). По Восточному сектору выпало лишь 81% нормы.

Осенью в целом по РА выпало 109% нормы. Небольшое превышение осадков (ранжируется между 20-30-м в рядах) наблюдалось во всех секторах. Дефицит осадков наблюдался в районе Обской губы и вдоль побережья Восточного сектора.

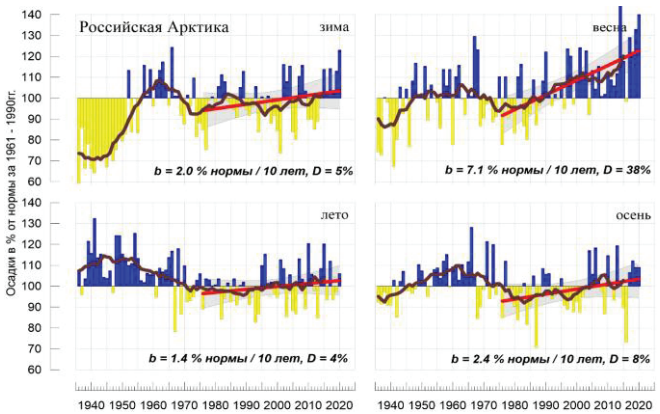


Рис. 4.28. Сезонные суммы осадков (% нормы) в Российской Арктике в 1936-2020 гг.
Жирная черная кривая - 11летнее скользящее среднее. Показан линейный тренд за 1976-2020 гг.

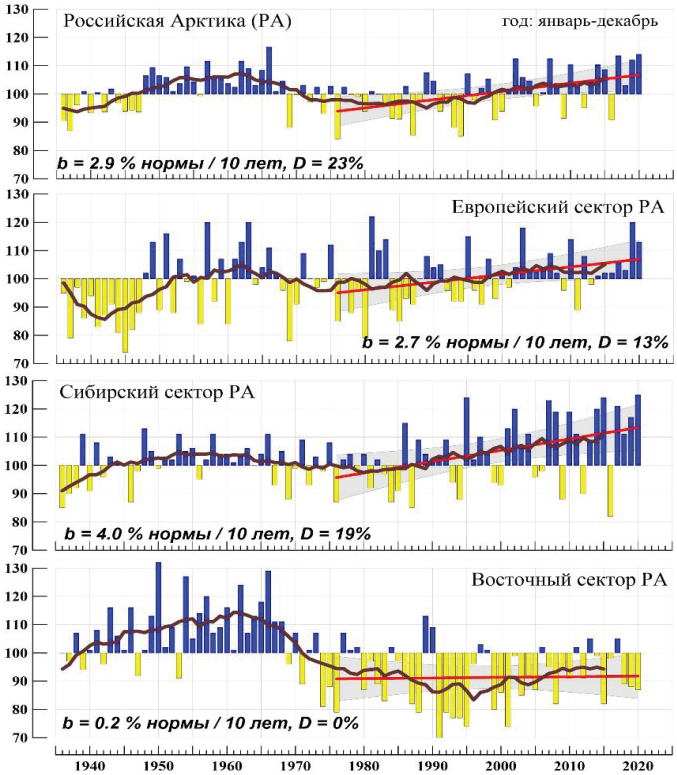


Рис. 4.29. Годовые (январь-декабрь) суммы осадков (% нормы) в Российской Арктике и ее секторах в 1936-2020 гг.
Жирная черная кривая - 11летнее скользящее среднее. Показан линейный тренд за 1976-2020 гг.

В среднем за год с 1976 г. наблюдается значимый на 1%-м уровне рост осадков в целом по РА: 2.9% нормы за 10 лет (рис. 4.29). В Европейском секторе прослеживается монотонное увеличение с 1970-х, тренд значим на 5%-м уровне. В Сибирском секторе тренд составляет в этот период 4.0% нормы за 10 лет, и он значим; но после 2000 г. рост прекратился и наблюдается определенное убывание. В Восточном секторе наблюдался рост осадков с середины 1990-х по 2010-е гг. Поведение осадков в азиатских секторах РА похоже на долгопериодные колебания с периодом около 50 лет, но смещенные по фазе примерно на 10 лет. Максимум около 1960 г. прослеживается также в Европейском секторе.

Рост весенних осадков в РА составляет 7.1% нормы за 10 лет и объясняет более трети общей дисперсии ряда (рис. 4.28). Осадки растут и для остальных сезонов, но тренды 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.

Водные ресурсы

Водные ресурсы бассейнов рек Арктической зоны Российской Федерации (наблюдённый годовой сток рек) в 2020 г. в большинстве случаев значительно отличались как от средних многолетних значений, так и от значений 2019 г. (табл. 4.12).

Картина водности в бассейнах всех относительно крупных рек Кольского полуострова характеризовалась резким ростом их стока по сравнению с 2019 г. до значений, намного превышающих норму. Превышение нормы для Туломы (северный склон), Поноя и Варзуги, относящихся к восточному и южному склонам, составило, соответственно, 28,7%, 39,0%, и 72,5% против 1,1%, 12,4%, и 16,7% в 2019 г.

Резким ростом стока в 2020 г. до весьма высоких значений характеризовались также наиболее крупные водотоки Карелии, принадлежащие бассейну Белого моря – Ковда, Кемь и Беломорско-Балтийский канал. Отклонение от нормы для этих трёх водотоков составило, соответственно, 28,3%, 42,0% и 40,1% против -1,5%, 14,2% и 3,4% в 2019 г.

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 2020 г., км^3/год	Отклонение от среднего многолетнего значения,%
Тулома	21,5	7,11	9,15	28,7
Поной	15,5	5,31	7,38	39,0
Варзуга	9,84	3,06	5,28	72,5
Ковда	26,1	8,65	11,1	28,3
Кемь	27,7	8,17	11,6	42,0
Беломорско-Балтийский канал	27,1	8,42	11,8	40,1
Северная Двина	357	101,0	130,0	28,7
Мезень	78,0	27,2	33,1	21,7
Печора	322	129,0	185,0	43,4
Обь	2990	405,0	435,0	7,4
Енисей	2580	635,0	690,0	8,7
Хатанга	364	109,0	88,5	-18,8
Анабар	100	16,3	12,9	-20,9
Оленёк	219	34,4	30,9	-10,2
Лена	2490	537,0	584,0	8,8
Яна	238	30,8	27,5	-10,7
Индигирка	360	54,7	50,0	-8,6
Колыма	647	131,0	127,0	-3,1
Анадырь	191	59,7	50,4	-15,6

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

В бассейнах крупнейших рек европейской части Арктической зоны Российской Федерации – Северной Двины, Мезени и Печоры – продолжилась фаза повышенной водности, начавшаяся для Северной Двины и Мезени в 2017 г., а для Печоры – в 2014 г.. При этом сток Северной Двины резко возрос, а сток Мезени и Печоры, напротив, несколько снизился по сравнению с 2019 г. Превышение нормы для этих трёх рек составило 28,7%, 21,7% и 43,4% против 5,0%, 43,8% и 45,0% в 2019 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 7,4% мало отличалось от показателя 2019 г. - 8,1%.

В бассейнах двух других крупнейших сибирских рек – Енисея и Лены – имел место рост водности по сравнению с 2019 г. При незначительном росте стока Енисея от нормы (0,3%) рост стока Лены был весьма резким – от значения ниже нормы на 15,6%, что означает возобновление фазы высокой водности, продолжавшейся с 2012 по 2018 гг.

В бассейне Колымы водность была близкой к норме с отклонением от неё на 3,1% в меньшую сторону. Это означает завершение фазы высокой водности, продолжавшейся с 2016 по 2019 гг. с аномально высоким стоком Колымы, наблюдавшимся в 2017 и 2018 гг.

В бассейнах всех остальных крупных рек азиатской части Арктической зоны Российской Федерации в 2020 г. продолжилась фаза низкой водности. Для Яны, Индигирки и Анадыря эта фаза началась в 2019 г., а для Хатанги, Анабара и Оленёка, соответственно, в 2018, 2017 и 2016 гг. Показатели водности этих рек в 2020 г. составили от -8,6% для Индигирки до -20,9% для Анабара.

4.3.2. Комплексная оценка состояния и загрязнения окружающей среды в Арктической зоне Российской Федерации

Состояние озонового слоя над Арктическими регионами РФ

В Арктической зоне РФ в 2020 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 2020 г. для каждой станции Арктического региона приведены в таблице 4.13.

Таблица 4.13. Общее содержание озона на станциях Арктического региона в 2020 г.

Месяцы / Станции	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
*Общее содержание озона в 2020 г., е.Д.**													
Баренцбург			310	313	367	326	305	273	322				316
Мурманск		315	410	320	384	320	312	299	300	279			327
Печора		333	400	318	368	351	308	324	305	294	299		330
О-в Хейса			283	253	361	346	282	266	284				297
Тикси		266	371	352	373	347	317	310	277	337			328
Оленек		290	366	323	345	341	321	290	285	329			321
мыс Баранова			307	268	367	349	303	265	282				306
О-в Котельный			320	323	358	332	290	293	257	316			311

*Примечание: * 1 е.Д. = 0.001 атм.-см;*

Полученные за 45 лет ряды наблюдений позволили рассчитать для каждой станции Арктического региона, а также для восточной и западной его части климатические нормы, за которые приняты средние многолетние значения ОСО за период 1973–2002 гг. (табл. 4.14).

Ежемесячные и среднегодовые значения ОСО за 2020 г. над восточной и западной Арктикой, тридцатилетняя норма и средние квадратичные отклонения для каждого региона, а также отклонения значений ОСО от нормы (в процентах) приведены в таблице 4.14.

Таблица 4.14. Общее содержание озона в западной и восточной частях Арктического региона в 2020 г., и нормы**

Месяцы / Регионы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
*Общее содержание озона в 2020 г., е.Д.**													
Вост. Арктика		278	352	333	359	340	309	298	273	327			319
Зап. Арктика	251	330	381	320	373	330	308	300	306	284	294		316
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.*

Результаты, приведенные в таблицах 4.13 и 4.14, демонстрируют наличие всех особенностей поля ОСО, которые были отмечены при анализе вариаций поля озона для прилежащих регионов РФ (рис. 4.30, 4.31).

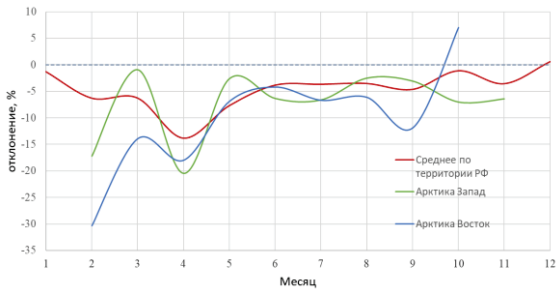


Рис. 4.30. Отклонения среднемесячных значений ОСО от нормы осредненных по всей территории РФ, по восточной Арктике и по западной Арктике в 2020 г.

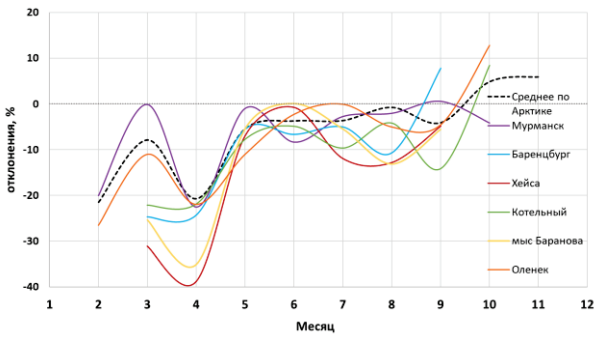


Рис. 4.31. Отклонения среднемесячных значений ОСО, на основных станциях Арктической зоны от региональной нормы в 2020 г.

В 2020 г. в западной части Арктического региона были отмечены аномально низкие значения ОСО в феврале (17%) и апреле (-21%). В восточной части региона максимальные отрицательные отклонения наблюдались также в феврале и апреле и составили -30% и -18% соответственно. В 2020 г. в Арктическом регионе в течение всего периода проведения наблюдений (за исключением октября в восточной части) сохранялись значения ОСО ниже нормы.

Помимо меридионального различия, в первой половине 2020 г. особенно контрастно проявилась разница в состоянии озонового слоя над станциями, которые в большей или меньшей мере оказывались под влиянием околополярного вихря (рис. 4.31). Наибольшие отрицательные отклонения были зафиксированы в апреле на станции Хейса (- 39%) и мыс Баранова (-35 %).

Таким образом, пространственно-временные особенности поля ОСО над Арктикой практически соответствовали особенностям поля над соответствующими регионами РФ, но были 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 2015-2020 гг. В скобках указаны минимальные и максимальные среднемесячные значения измеряемых величин за сезон и год.

Таблица 4.15. Сезонные (V'_C), среднегодовые ($V'_Г$) и среднемесячные минимальные и максимальные (в скобках) значения V' (даВ/м) за 2015-2020 гг. на станции Тикси (Т)

Станция	Год	V'_c, (V')				$V'_г$, (V')
		Зима	Весна	Лето	Осень	
Т	**2020**	**26 (23, 28)**	**33 (26, 42)**	**26(19, 32)**	**25 (23, 27)**	**27 (19, 42)**
	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)

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 2015-2020 гг. на станции Тикси (Т) и за 2017-2020 гг. на станции Диксон (Д)

Станция	Год	L_C, (L_S)				$L_Г$, (L_S)
		Зима	Весна	Лето	Осень	
Т	**2020**	**16 (16, 16)**	**12 (10, 13)**	**16 (13, 20)**	**18 (18, 19)**	**16 (10, 20)**
	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)
Д	**2020**	**14 (12, 18)**	**16 (15, 17)**	**21 (17, 23)**	**23 (20, 25)**	**18 (12, 25)**
	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)

Как следует из таблицы 4.15, среднегодовые значения V' в 2020 г. на станции Тикси незначительно уменьшились.

Данные наблюдений (табл. 4.16) свидетельствуют, что значения L_S на станциях Тикси и Диксон значительных изменений не претерпевали.

На рис. 4.32 и 4.33 показан годовой ход V' и L_S на станциях Тикси и Диксон за 2020 г. на фоне осредненного годового хода для Тикси за 2015-2019 гг., для Диксона за 2017-2019 гг. Цветным фоном обозначены границы стандартного отклонения ±σ от среднего значения за период измерений.

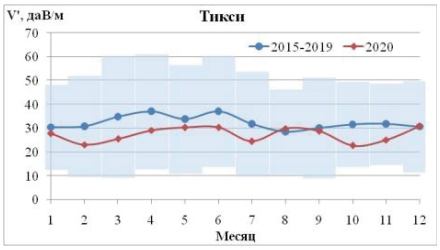


Рис. 4.32. Годовой ход V' на станции Тикси за 2020 г. на фоне осредненного годового хода V' за предшествующий период

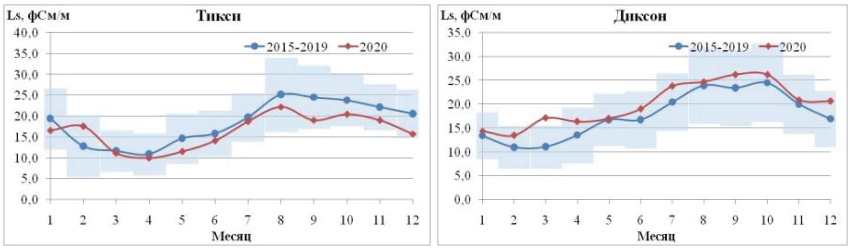


Рис. 4.33. Годовой ход L_S на станциях Тикси и Диксон за 2020 г. на фоне осредненного годового хода Ls за предшествующий период

Как следует из рис. 4.32, значения V' на станции Тикси за 2020 г. ниже значений осредненного годового хода V' за период 2015-2019 гг. Из рис. 4.33 следует, что значения L_S за 2020 г. на станции Тикси ниже, а на станции Диксон выше значений 2017-2019 гг., однако, эти изменения незначительны. На станциях Тикси и Диксон проявляется хорошо выраженный сезонный ход L_S с минимумом в зимне-весенний и максимумом в летне-осенний период.

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.

Ионный состав и кислотность атмосферных осадков Арктической зоны Российской Федерации

На территории Арктической зоны РФ (АЗРФ) расположены 18 станций, собирающие атмосферные осадки для дальнейшего анализа их химического состава:

- Янискоски, Никель, Зареченск, Падун, Мурманск, Краснощелье (Мурманская обл.);
- Архангельск, Онега, Северодвинск, Мудьюга (Архангельская обл.);
- Нарьян-Мар (Ненецкий АО);
- Уренгой (Ямало-Ненецкий АО);
- Диксон, Туруханск и Норильск (Красноярский край);
- Тикси, Кюсюр и Депутатский (Республика Саха (Якутия).

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.

Арктический регион неравномерно испытывает антропогенную нагрузку, а химический состав осадков зависит от влияния локальных, как природных, так и антропогенных источников загрязнения (табл. 4.17).

Для осадков, выпадающих на Европейской территории Арктики, характерны более низкие значения основных ионов. Максимальное средневзвешенное значение минерализации было измерено в осадках Мудьюга и составило в 2020 г. 16,5 мг/л, в основном, за счет высоких концентраций хлоридов и гидрокарбонатов.

На Кольском п-ове высокие значения суммы ионов, как и в предыдущие годы, наблюдались в осадках Мурманска и Никеля, в основном, из-за высокого содержания сульфатов и/или хлоридов. Минимальные средневзвешенные суммы ионов характерны для осадков станций Кольского п-ова, неподверженных локальному антропогенному загрязнению, и в 2020 г. не превышали 5 мг/л.

Таблица 4.17. Минимальные (числитель) и максимальные (знаменатель) значения средневзвешенных концентраций основных ионов, минерализации (М), pH и удельной электрической проводимости (k) атмосферных осадков станций Арктической зоны РФ, 2020 г.

АЗРФ	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	М	pH	k, мк См/см
	мг/л											
Европейская территория Арктики												
Мурманская обл.	0,76 / 4,05	0,89 / 3,37	0,15 / 0,36	0 / 1,66	0,11 / 0,19	0,36 / 1,29	0,17 / 0,71	0,25 / 1,87	<0,05 / 0,39	3,36 / 11,8	4,9 / 6,0	8 / 25
Архангельская обл.	1,09 / 2,18	1,12 / 3,60	0,58 / 2,42	0,54 / 3,76	0,15 / 0,64	0,77 / 2,53	0,31 / 0,45	0,51 / 1,03	0,13 / 0,36	7,31 / 16,5	5,4 / 6,1	16 / 36
Ненецкий АО (Нарьян-Мар)	1,37	2,20	0,73	2,95	0,38	1,46	0,62	0,73	0,18	10,6	6,1	26
Азиатская территория Арктики												
Ямало-Ненецкий АО (Уренгой)	3,82	2,06	1,11	2,00	0,57	1,64	0,38	0,78	0,45	12,8	5,9	26
Красноярский край	1,68 / 36,1	0,63 / 10,7	0,54 / 1,27	2,35 / 10,9	0,17 / 1,63	0,67 / 6,99	0,25 / 2,95	0,56 / 6,34	0,55 / 5,69	8,8 / 70,2	5,8 / 6,7	15 / 194
Республика Саха (Якутия)	1,56 / 6,85	2,23 / 6,09	0,23 / 0,85	1,56 / 27,3	0,42 / 3,30	1,91 / 5,92	0,44 / 4,27	0,17 / 0,87	0,28 / 2,15	12,6 / 57,6	5,9 / 7,2	23 / 75
Наиболее загрязненные станции АЗРФ												
Диксон	5,97	10,7	1,27	2,35	0,24	6,99	0,68	1,10	0,91	30,2	5,8	68
Норильск	36,1	3,66	0,98	10,9	1,63	1,94	2,95	6,34	5,69	70,2	6,7	194
Кюсюр	6,85	6,09	0,85	27,3	3,30	5,92	4,27	0,87	2,15	57,6	7,2	75

На территории Кольского п-ова минерализация осадков в 2020 г. уменьшилась примерно на треть по сравнению со средним значением 2016-2020 гг. (рис. 4.34 а,б).

Для осадков большинства станций Мурманской обл. снижение минерализации осадков связано, в основном, с уменьшением содержания сульфатов и хлоридов. В 2020 г. в Мурманской обл., за исключением станций Никель и Мурманск, средневзвешенная концентрация сульфатов в осадках снизилась примерно на 20% по сравнению с 2016-2020 гг. и составила 1,00 мг/л.

За период с 2016 по 2020 гг. средневзвешенная концентрация сульфатов в осадках Никеля снизилась в 2-3 раза – с 9,5-11,4 мг/л в 2016-2017 гг. до 4,1 мг/л в 2020 г., что, возможно, связано с реализацией мер АО «Кольской ГМК» по снижению уровня выбросов SO_2. При этом средневзвешенная концентрация гидрокарбонатов

составила 1,7 мг/л, увеличившись практически в 10 раз по сравнению с 2019 г.

Средневзвешенное содержание сульфатов в осадках Мурманска в 2020 г. составило 3,3 мг/л, уменьшившись примерно в 2 раза по сравнению с 2019 г.

Осадки большинства станций Архангельской обл. и Ненецкого АО также характеризуются снижением минерализации по сравнению со средним значением за 2016-2020 гг., в основном, за счет снижения концентраций гидрокарбонатов или сульфатов (рис. 4.34 в). В 2020 г. концентрация сульфатов снизилась в осадках Архангельска и Северодвинска в 1,5-2 раза по сравнению со значением 2016 г., а содержание гидрокарбонатов в осадках Нарьян-Мара снизилось примерно в 1,5 раза по сравнению с уровнем 2016 г.

В Архангельской обл. в районе ст. Онега и в Ненецком АО (Нарьян-Маре) концентрации сульфатов в осадках в 2016-2020 гг. не претерпели существенных изменений, составляя в среднем 1,0 и 1,5 мг/л соответственно.

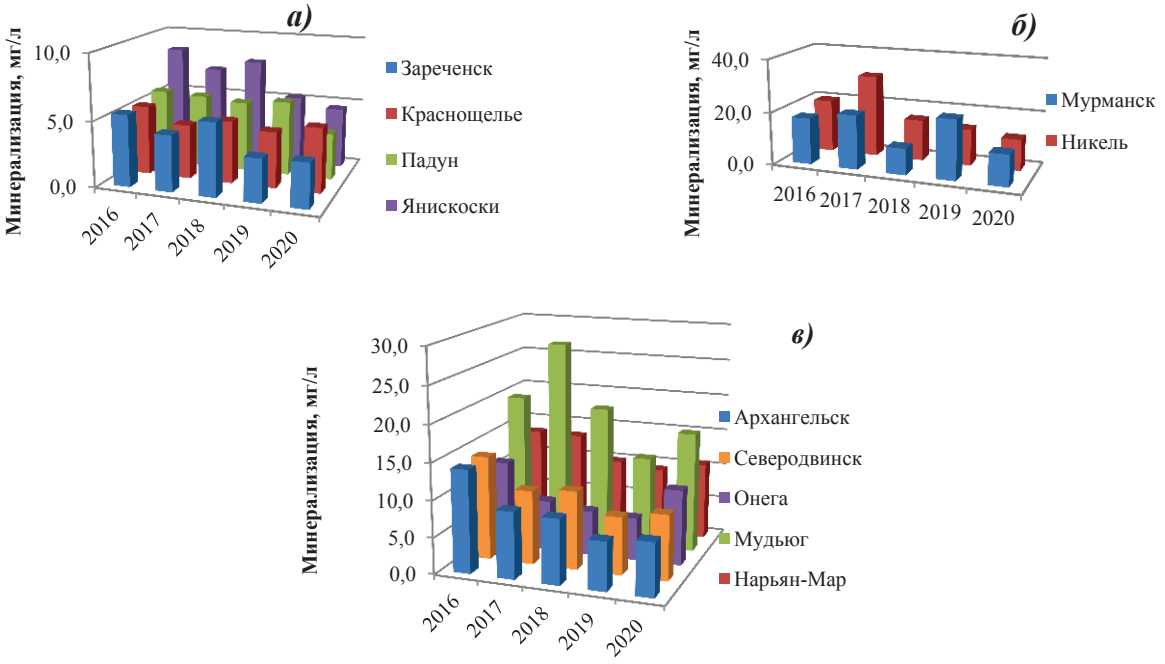


Рис. 4.34. Изменение средневзвешенной минерализации осадков на Европейской территории Арктики, 2016-2020 гг.
а) Кольский п-в, кроме станций Мурманск и Никель; б) Мурманск, Никель; в) Архангельская обл. и Ненецкий АО

Содержание гидрокарбонатов снизилось в 1,5 раза в осадках Нарьян-Мара, а в осадках Онеги в 2020 г. составило 3,76 мг/л, что в 2 раза больше значений 2019 г.

На Азиатской территории Арктики диапазон изменения средневзвешенной минерализации в 2020 г. составил 9,2-70,2 мг/л. Максимальные средневзвешенные значения минерализации в этом регионе, как и в предыдущие годы, были характерны для осадков Красноярского края – в Норильске из-за высокого содержания сульфатов и в Диксоне вследствие высоких концентраций хлоридов и натрия преимущественно морского происхождения (рис. 4.35 а).

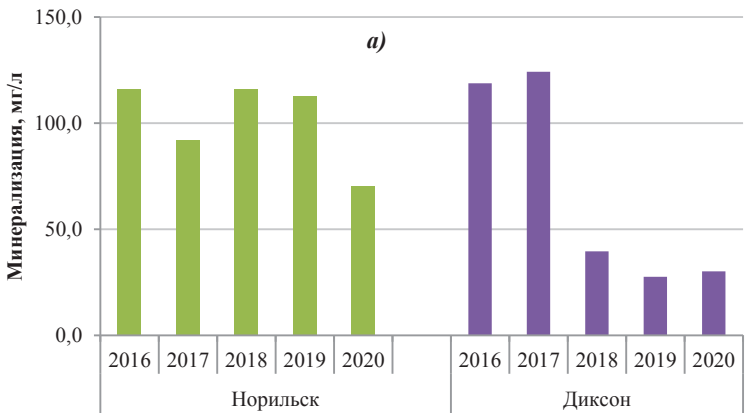


Рис. 4.35 (начало). Изменение средневзвешенной минерализации осадков на территории Красноярского края (а, б) и Ямало-Ненецкого АО (в), 2016-2020 гг.

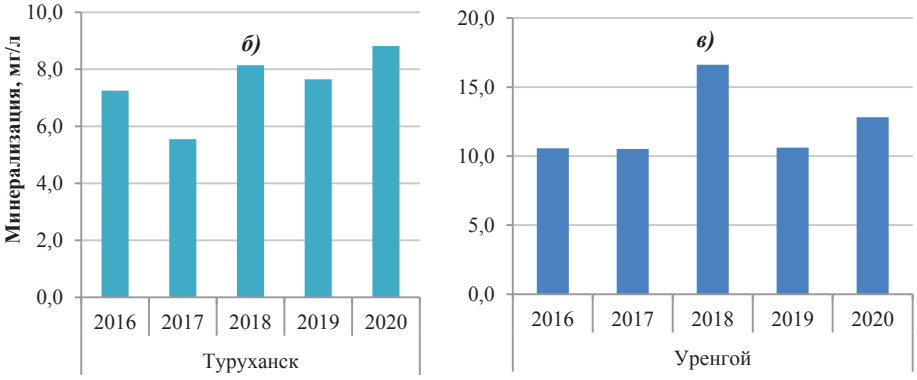


Рис. 4.35 (окончание). Изменение средневзвешенной минерализации осадков на территории Красноярского края (а, б) и Ямало-Ненецкого АО (в), 2016-2020 гг.

За последние 5 лет наблюдается тенденция снижения минерализации осадков наиболее загрязненных станций Арктического региона. В Норильске минерализация осадков в 2020 г. уменьшилась на 30% по сравнению со средней за период 2016-2020 гг. В 2020 г. содержание сульфатов в осадках, вносящих основной вклад в сумму ионов, составило 36,1 мг/л, что является самым низким показателем в осадках Норильска за последние 5 лет.

Снижение минерализации осадков Диксона произошло, в основном, из-за уменьшения содержания хлоридов и гидрокарбонатов, концентрации которых по сравнению с периодом 2016-2017 гг. снизились в среднем в 5 раз, а также за счет снижения в 2 раза сульфатов.

Как правило, низкоминерализованные осадки выпадают в районе фоновой станции Туруханск, где за период 2016-2020 гг. минерализация осадков не превышала 10,0 мг/л, что ниже значения региональной фоновой минерализации 15,0 мг/л (рис. 4.35 б).

Для осадков Ямало-Ненецкого АО присуще незначительное увеличение минерализации в 2020 г. по сравнению с 2019 г., в основном, за счет увеличения содержания сульфатов и хлоридов (рис. 4.35 в). В целом за последние 5 лет диапазон минерализации составил от 10,0 до 15,0 мг/л, а максимальное значение минерализации в 2018 г. связано с высоким содержанием гидрокарбонатов в осадках, что может быть следствием локальных влияний.

Диапазон изменения средневзвешенной минерализации осадков в арктической зоне Республики Саха (Якутия) в 2020 г. составил 12,1-57,6 мг/л, а тенденция изменения по станциям представлена на рис. 4.36.

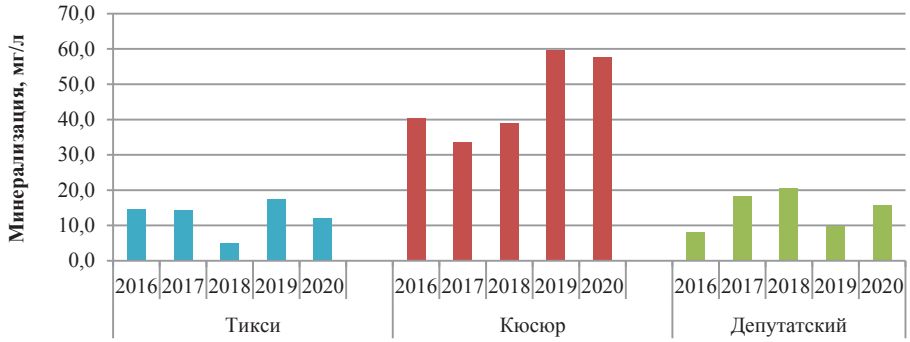


Рис. 4.36. Изменение средневзвешенной минерализации осадков на территории Республики Саха (Якутия), 2016-2020 гг.

Более минерализованные осадки в Якутии выпадают в районе ст. Кюсюр, где наблюдаются высокие содержания гидрокарбонатов и сульфатов. Так, по сравнению с фоновой станцией Тикси, концентрация сульфатов в осадках Кюсюра выше в среднем в 2-3 раза. Средневзвешенная концентрация гидрокарбонатов в осадках Кюсюра в 2020 г. составила 27,3 мг/л, что является самым высоким показателем содержания HCO_3^- в осадках арктических станций.

В целом за период 2016-2020 гг. концентрации сульфатов, хлоридов и гидрокарбонатов, которые в сумме дают от 50 до 70% минерализации осадков, были подвержены наибольшим изменениям по всему Арктическому региону, а содержание ионов, выраженное величиной минерализации, снизилось по сравнению с 2016-2020 гг. в осадках большинства станций Арктической зоны.

Доля азотных соединений в осадках Арктического региона, как правило, не превышает 10%. Максимальные значения аммония в 2020 г. наблюдались в осадках Кюсюра (3,30 мг/л) и Норильска (1,63 мг/л). Наибольшее содержание нитратов характерно для осадков Архангельской обл., где в 2020 г. средневзвешенные концентрации нитратов составили от 0,58 мг/л в Северодвинске до 2,42 мг/л в Мудьюге.

Среди катионов в ХСО превалируют кальций и натрий, за исключением осадков Норильска, где доминирующим катионом является магний.

На рассматриваемой территории величина pH месячных проб осадков в 2020 г. изменялась от 4,4 (Диксон) до 7,8 (Кюсюр). Намечается слабая тенденция к снижению кислотности осадков от западных к восточным районам (рис. 4.37).

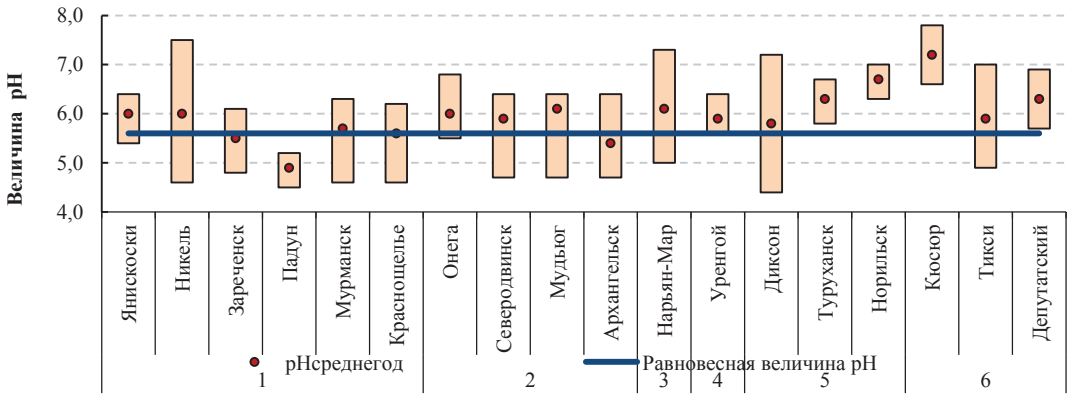


Рис. 4.37. Диапазон изменений значений pH суммарных ежемесячных проб осадков на арктических станциях в 2020 г.
1 – Мурманская обл.; 2 – Архангельская обл; 3 – Ненецкий АО; 4 – Ямало-Ненецкий АО; 5 – Красноярский край; 6 – Республика Саха (Якутия)

Наиболее существенные изменения произошли на Европейской части Арктики, где кислотность осадков в 2020 г. снизилась по сравнению с 2019 г. в среднем на 0,3 ед.pH.

Увеличение кислотности осадков произошло в Диксоне – с 6,6 в 2016 г. до 5,8 ед. pH в 2020 г. из-за снижения гидрокарбонатов. Снижение сульфатов и гидрокарбонатов в осадках Норильска в 2020 г. в среднем в 1,5-2 раза повлекло за собой снижение pH с 6,9 до 6,7.

В Якутии кислотность осадков уменьшилась в Кюсюре, где стали выпадать более щелочные осадки. Так, в 2016 г. значение pH составило 6,3 ед.pH, а в 2020 г. – 7,2 ед.pH. Аналогичная картина наблюдалась и в осадках Депутатского – с 5,5 в 2016 г. до 6,3 ед.pH в 2020 г., что обусловлено содержанием гидрокарбонатов.

Для остальных станций Азиатской части Арктического региона характерно незначительное изменение кислотности в пределах 0,1-0,2 ед. pH.

Влажные выпадения серы, суммарного азота и суммы ионов в Арктической зоне

Средние за 2020 г. значения выпадений с осадками серы (S), суммарного азота (ΣN) и суммы ионов (P) по регионам Арктики приведены в таблице 4.18, а за период 2016-2020 гг. - на рис. 4.38.

Таблица 4.18. Среднее значение (числитель) и диапазоны (знаменатель) выпадений серы, азота и суммы ионов с атмосферными осадками в Арктической зоне РФ в 2020 г.

АЗРФ	S	N(O)	N(H)	Σ N	P	$\frac{N(H)}{N(O)}$	S/Σ N
	т/км^2·год						
Европейская территория Арктики							
Мурманская обл.	0,40 0,15-0,82	0,04 0,02-0,06	0,08 0,05-0,13	0,12 0,08-0,19	4,36 1,97-8,81	2,0 1,1-3,1	3,9 1,2-9,8
Архангельская обл.	0,33 0,23-0,45	0,21 0,08-0,34	0,16 0,08-0,30	0,37 0,20-0,64	6,97 5,22-10,1	1,0 0,3-1,6	1,0 0,7-1,2
Ненецкий АО (Нарьян-Мар)	0,24	0,09	0,16	0,24	5,63	1,8	1,0
Азиатская территория Арктики							
Ямало-Ненецкий АО (Уренгой)	0,65	0,13	0,23	0,36	6,56	1,8	1,8
Красноярский край	1,81 0,42-4,23	0,09 0,08-0,11	0,21 0,07-0,45	0,30 0,18-0,52	14,3 6,65-24,7	2,5 0,7-5,8	4,8 2,2-8,1
Республика Саха (Якутия)	0,33 0,13-0,61	0,03 0,01-0,05	0,30 0,08-0,69	0,33 0,09-0,74	7,52 3,0-15,5	8,4 5,5-13,4	1,4 0,8-2,5

Для арктических станций особенности формирования интенсивности выпадений кислотообразующих соединений на подстилающую поверхность выражаются при значимом влиянии концентраций этих веществ. Более высокие концентрации веществ в осадках обуславливают более высокие их выпадения. В региональном масштабе при сравнимых значениях концентраций кислотообразующих соединений величины влажных выпадений определяются особенностями влияния количества осадков.

На территории Мурманской обл. наибольшие влажные выпадения присущи Мурманску и Никелю, составив в 2020 г. соответственно 8,8 и 6,6 т/км^2, в Архангельской обл. – Мудьюгу – 10,1 т/км^2 (рис. 4.38). В Мурманске и Никеле интенсивность влажных выпадений определяется, в первую очередь, содержанием в осадках сульфатов, в Мудьюге – содержанием хлоридов и гидрокарбонатов.

Практически для всех станций, расположенных на Европейской территории Арктики, за исключением Мудьюга, Онеги и Нарьян-Мара, выражено снижение суммарных выпадений с осадками в 2020 г. При этом явный отрицательный тренд присущ практически для всех станций Кольского п-ова, Архангельска и Северодвинска, что связано, в основном, с уменьшением сульфатов в осадках.

Максимум выпадения серы с осадками, как и в предыдущие годы, отмечается в Красноярском крае, в частности в

Норильске, составив 4,2 т/км^2 в 2020 г. (рис. 4.39). Наибольшее снижение суммарных выпадений в 2020 г. характерно для Норильска и Диксона, как следствие снижения минерализации осадков. Для Туруханска увеличение суммарных выпадений коррелирует с увеличением содержания гидрокарбонатов в осадках.

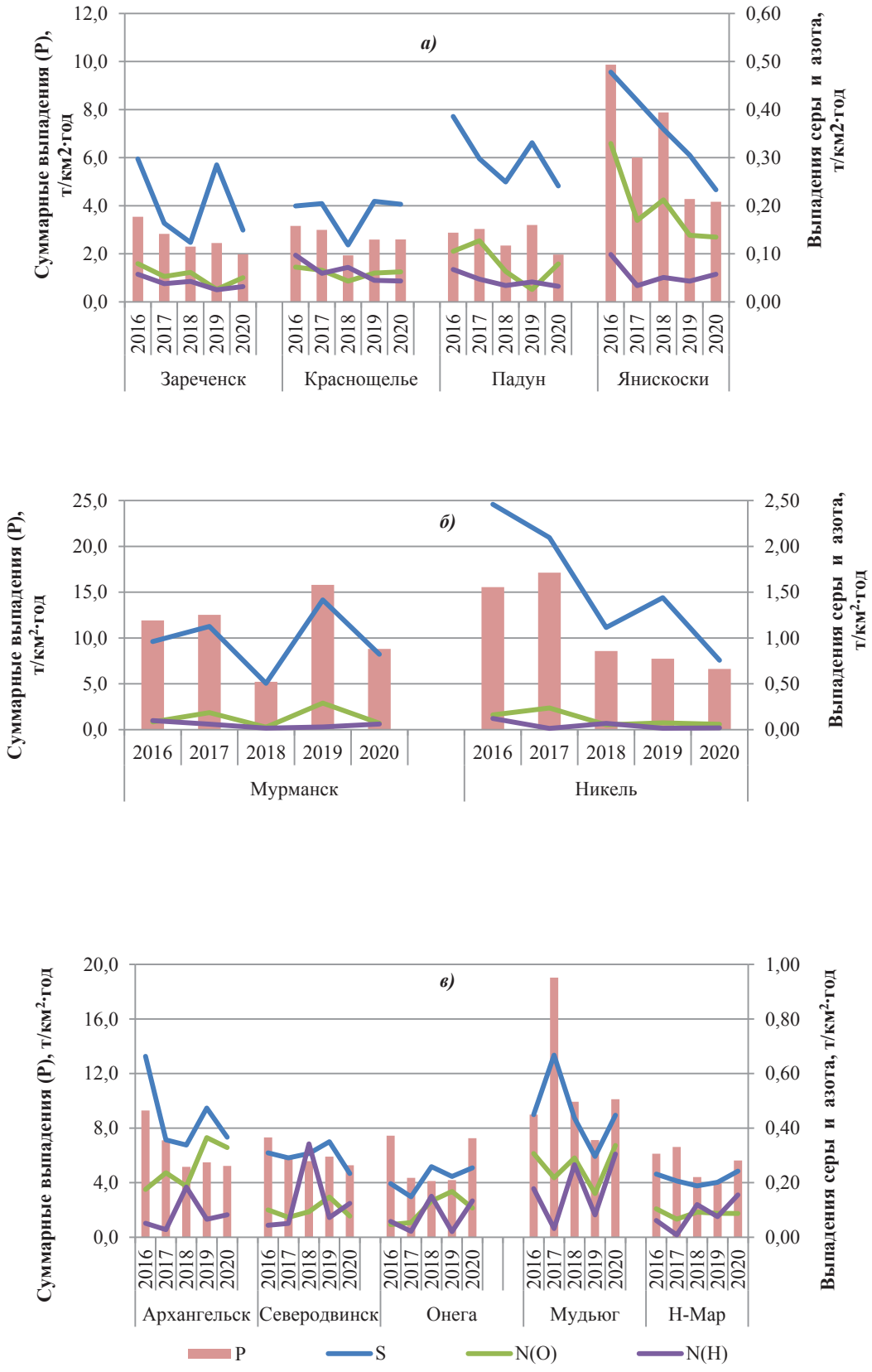


Рис. 4.38. Межгодовой ход суммарных влажных выпадений (Р) и выпадений серы (S), нитратного (N(O)) и аммиачного (N(H)) азота на территории Мурманской обл. (а, б), Архангельской обл. и Ненецкого АО (в)

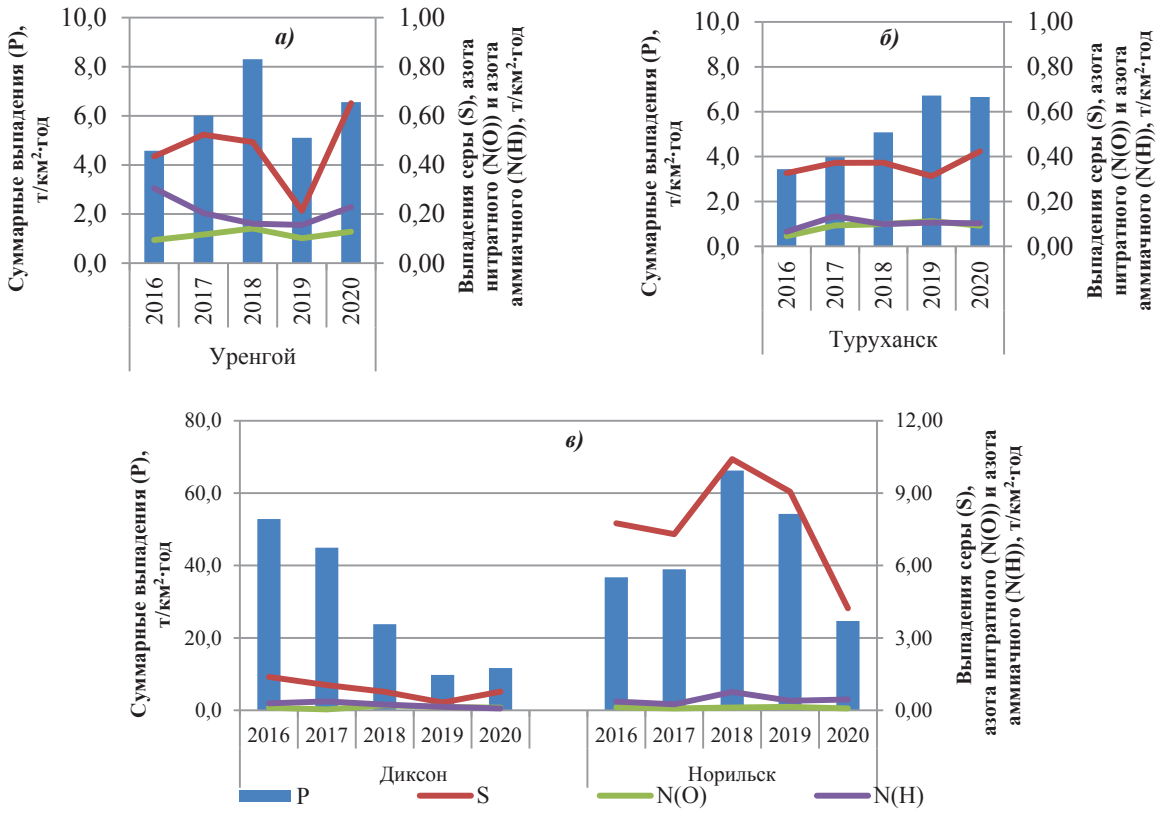


Рис. 4.39. Межгодовой ход суммарных влажных выпадений (P) и выпадений серы (S), нитратного (N(O)) и аммиачного (N(H)) азота на территории Ямало-Ненецкого АО (а) и Красноярского края (б, в)

В Ямало-Ненецком АО значения суммарных выпадений ионов, как правило, находятся на уровне суммарных выпадений на фоновой станции Туруханск и за период 2016-2018 г. были, в основном, ниже 6 т/км^2·год. Более высокие значения в 2018 г. обусловлены высокой концентрацией гидрокарбонатов.

На арктической территории Якутии фоновый уровень суммарных выпадений составляет около 4 т/км^2·год (рис. 4.40). В районе ст. Кюсюр значения суммарных выпадений могут быть выше фонового значения в несколько раз, что связано с высокой минерализацией осадков. На арктических станциях Якутии, помимо Тикси, также намечается тенденция снижения выпадений серы с осадками.

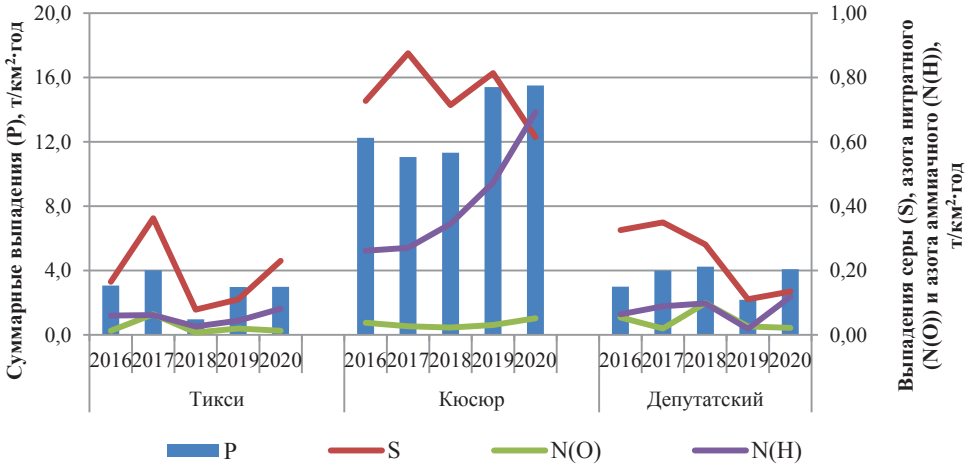


Рис. 4.40. Межгодовой ход суммарных влажных выпадений (P) и выпадений серы (S), нитратного (N(O)) и аммиачного (N(H)) азота в Республике Саха (Якутия)

Если не учитывать локальные влияния, то уровень суммарных выпадений на территории Арктики, в среднем, составляет 4 т/км^2·год, с более низкими значениями на территории Кольского п-ова и более высокими значениями на территории Сибири (Красноярский край).

В целом для всего Арктического региона характерно превышение выпадений азота аммиачного над азотом нитратным, при этом значения этих величин могут быть как сопоставимы (в Туруханске, Диксоне), так и отличаться в несколько раз (Кюсюр, Тикси, Депутатский).

Превышение выпадений азота нитратного, как правило, свойственно Архангельской обл., что может быть обусловлено локальным влиянием.

Загрязнение и закисление снежного покрова в Арктической зоне Российской Федерации

Мониторинг химического состава снежного покрова (ХССП) в Арктической зоне (АЗ) РФ осуществлялся по данным 67 пунктов наблюдений (ПН), распределённых по 8 субъектам РФ на Европейской (ЕЧР) и Азиатской (АЧР) частях 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 рис. 2.23 – 2.25 раздела 2.3.6.1 приведены карты-схемы показателя pH и интенсивности выпадения серы и азота на снежный покров в регионах РФ, построенные по данным наблюдений на сети ХССП в 2020 г.

В зимний период 2019-2020 гг. на ЕЧР в Республике Карелия и в Архангельской области наблюдались фоновые значения (2 и 7 кг/км^2·мес. соответственно). В Ненецком автономном округе загрязнение сульфатами было выше фонового значения - 26 кг/км^2·мес., интенсивность выпадения серы на снежный покров в промышленно развитой Мурманской области составила 43 кг/км^2·мес. На большей части АЗ РФ в АЧР наблюдалась близкая к фоновым значениям интенсивность выпадения серы на снежный покров – до 20 кг/км^2·мес. Исключением явилась северная часть Красноярского края (35 кг/км^2·мес.).

Показатели интенсивности выпадения азота на снежный покров АЗ РФ были рассчитаны для суммы ионов нитрата и аммония. За исключением Мурманской области (11 кг/км^2·мес.) в ЕЧР, северной части Красноярского края и Ямало-Ненецкого автономного округа (12 кг/км^2·мес.) в АЧР, значение этого показателя для всей АЗ РФ составило менее 10 кг/км^2·мес.

Практически на всей территории АЗ РФ среднемесячный показатель pH по регионам в зимний период 2019–2020 гг. находился в пределах 5,5-6,5 единиц. Максимальный показатель был определён на территории Чукотского автономного округа (6,9 ед. pH), где подщелачивание происходило за счёт близости незамерзающего моря и преобладающего содержания 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 (табл. 4.19) 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 22 загрязняющих веществ, включая газовые и аэрозольные примеси, в том числе тяжелые металлы.

За последние пять лет в большинстве городов АЗРФ наблюдается стабильная ситуация с уровнем загрязнения атмосферного воздуха, во многих городах (Архангельск, Воркута, Мурманск) снизились концентрации оксида углерода, в Заполярном и Никеле снизились концентрации диоксида серы. Вместе с тем, отмечено увеличение концентрации формальдегида в Воркуте, Новодвинске и Мурманске, диоксида серы — в Мончегорске, бенз(а)пирена — в Архангельске.

По результатам анализа показателей качества воздуха в городах АЗРФ в 2020 г. 10 населенных пунктов характеризовалось низким, Архангельск и Новодвинск — повышенным, Норильск — очень высоким уровнем загрязнения (табл. 4.19). Норильск ежегодно включается в Приоритетный список городов России с наибольшим уровнем загрязнения с учетом значительных объёмов выбросов диоксида серы. Уровень загрязнения в 5 населенных пунктах не определен из-за недостаточного объема данных наблюдений или количества измеряемых веществ.

Таблица 4.19. Уровни загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах АЗРФ в 2016–2020 гг.

Населенные пункты	Уровни загрязнения воздуха				
	2016	2017	2018	2019	2020
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	Н	П	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	Н	П	Н
г. Новодвинск, Архангельская обл.	Н	Н	Н	П	П

Населенные пункты	Уровни загрязнения воздуха				
	2016	2017	2018	2019	2020
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

Категория загрязнения воздуха: Н – низкий, П – повышенный, В – высокий, ОВ – очень высокий, н/о – не определен.

Сравнительный анализ среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в населенных пукнтах России в целом и на территории АЗРФ за 2020 г. представлен на рис. 4.41.

Во всех рассматриваемых населенных пунктах среднегодовые концентрации взвешенных веществ ниже ПДКс.с. (рис. 4.41 а). Только в Норильске средняя за год концентрация (0,9 ПДКс.с.) превысила среднее значение по городам России. Максимальные разовые концентрации взвешенных веществ составили 5,2 ПДКм.р. в Норильске, 3,2 ПДКм.р. – в Апатитах, 2,4 ПДКм.р. – в Кировске, превысили 1 ПДКм.р. – в Воркуте, Новодвинске и Северодвинске.

В 7 населенных пунктах на АЗРФ среднегодовые концентрации диоксида серы превысили среднее значение по стране, наибольшая концентрация, 1,5 ПДКс.с., была отмечена в Норильске, в остальных городах – ниже ПДКс.с. (рис. 4.41 б). Максимальные разовые концентрации диоксида серы превысили ПДКм.р. в 5 городах, в пгт. Никель максимальная концентрация достигала 9,9 ПДКм.р., в Норильске – 8,7 ПДКм.р, в Мончегорске и Заполярном – более 4 ПДКм.р. В Заполярном, Мончегорске и Никеле повышенные концентрации диоксида серы в атмосферном воздухе связаны с выбросами предприятий АО «Кольская ГМК», в Норильске – ЗФ ПАО «ГМК «Норильский Никель».

Во всех населенных пунктах среднегодовые концентрации оксида углерода ниже ПДКс.с. (рис. 4.41 в). В Салехарде среднегодовая концентрация оксида углерода превысила среднюю по городам России. Максимальные разовые концентрации оксида углерода превысили ПДКм.р. в 5 городах, наибольшие значения были зафиксированы в Кандалакше и Коле – 1,7 ПДКм.р.

В пгт. Никель и Новодвинске среднегодовые концентрации формальдегида выше средней по России, в Никеле она составила 1,4 ПДКс.с., в Новодвинске 0,9 ПДКс.с. (рис. 4.41 г). Учитывая прежнюю ПДКс.с. (0,003 мг/м^3) формальдегида, во всех населенных пунктах, где проводятся измерения, среднегодовая концентрация превысила санитарно-гигиенический норматив. В 4 городах максимальные разовые концентрации формальдегида превысили норматив и составили 1,6 ПДКм.р. в Воркуте, 1,4 ПДКм.р. – в Новодвинске и Северодвинске, 1,1 ПДКм.р. – в Архангельске.

Во всех рассматриваемых населенных пунктах среднегодовые концентрации диоксида и оксида азота ниже ПДКс.с. и не превысили средние по РФ (рис. 4.41 д). Максимальные разовые концентрации данных веществ превысили ПДКм.р. только в Воркуте и составили 2,2 и 1,4 ПДКм.р., соответственно. В остальных населенных пунтках Арктической зоны РФ сверхнормативного загрязнения воздуха диоксидом и оксидом азота не было зарегистрировано.

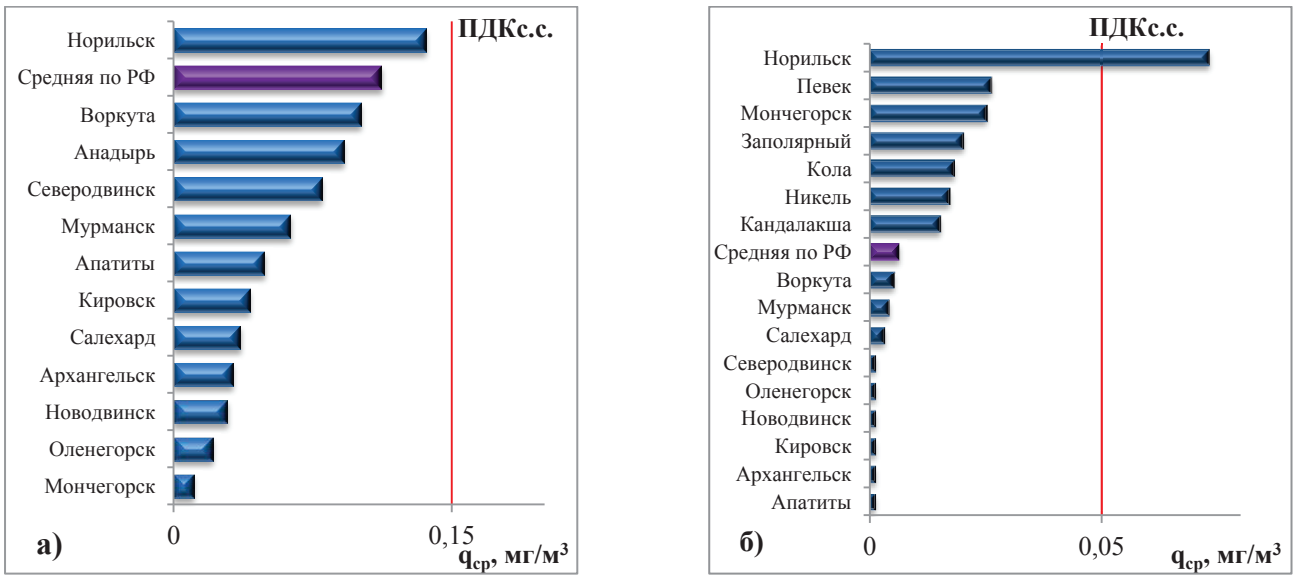


Рис. 4.41. (начало) Средние за год концентрации: взвешенных веществ (а), диоксида серы (б), оксида углерода (в), формальдегида (г), $q_{ср}$, мг/м^3, диоксида и оксида азота (д), $q_{ср}$, ПДК, бенз(а)пирена (е), $q_{ср}$, нг/м^3, в городах АЗРФ и в целом по России в 2020 г.

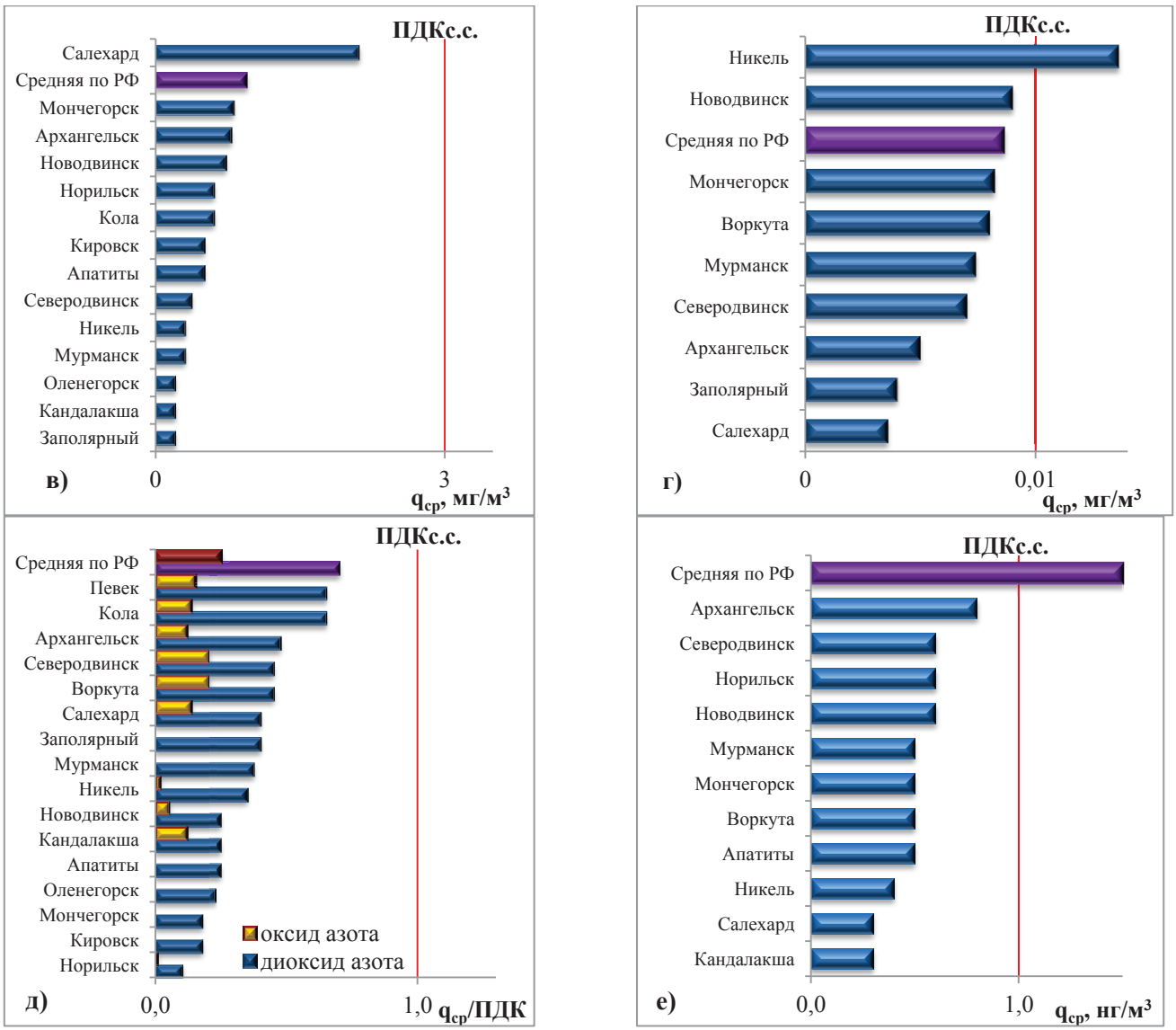


Рис. 4.41. (окончание) Средние за год концентрации: взвешенных веществ (а), диоксида серы (б), оксида углерода (в), формальдегида (г), $q_{ср}$, мг/м^3, диоксида и оксида азота (д), $q_{ср}$, ПДК, бенз(а)пирена (е), $q_{ср}$, нг/м^3, в городах АЗРФ и в целом по России в 2020 г.

Во всех населенных пукнтах, где проводятся наблюдения, средние за год концентрации бенз(а)пирена ниже среднего значения по России и не превысили санитарно-гигиенический норматив (рис. 4.41 е). Во всех населенных пунктах, кроме Кандалакши и Мончегорска, среднемесячные концентрации выше нормы, в Мурманске — в три раза. В Архангельске и Новодвинске наибольшие среднесуточные концентрации бенз(а)пирена достигали 12 ПДКс.с., в Северодвинске — 5,4 ПДКс.с.

На рис. 4.42 отображен годовой ход концентраций бенз(а)пирена в населенных пунктах Мурманской и Архангельской областей. В холодный период года среднемесячные концентрации бенз(а)пирена выше ПДК были отмечены в населенных пунктах Мурманской области — в январе и феврале, в городах Архангельской области — в феврале и декабре, в Новодвинске — также в октябре.

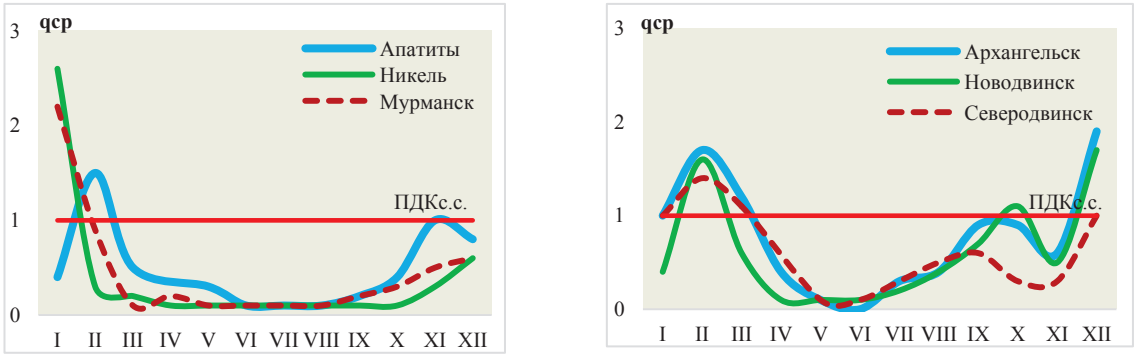


Рис. 4.42. Годовой ход бенз(а)пирена в населенных пунктах Мурманской и Архангельской областей в 2020 г., $q_{ср}$,нг/м^3

Измерения концентраций сероводорода проводятся только в Архангельске, Воркуте, Новодвинске и Норильске. В 3 городах были отмечены максимальные разовые концентрации сероводорода, превышающие ПДК: в Архангельске (4,9 ПДКм.р.), Новодвинске (1,9 ПДКм.р.) и Норильске (1,4 ПДКм.р.).

В связи с выбросами Архангельского целлюлозно-бумажного комбината, расположенного в Новодвинске, в Архангельске и Новодвинске проводятся наблюдения за концентрациями метилмеркаптана. В 2020 г. превышений санитарно-гигиенических нормативов данного загрязняющего вещества не было зарегистрировано.

В Архангельске и Мурманске проводятся наблюдения за концентрациями бензола, ксилола, толуола и этилбензола. В 2020 г. превышений ПДК указанных ароматических углеводородов не было зафиксировано.

В Кандалакше концентрации фтористого водорода, поступающего с выбросами Кандалакшского алюминиевого завода, не превышали ПДК.

В 10 населенных пунктах АЗРФ проводятся наблюдения за концентрациями семи тяжелых металлов, в 2020 г. превышений ПДК не было зафиксировано.

Загрязнения поверхностных вод в Арктической зоне Российской Федерации

В Арктической зоне Кольского полуострова на территории **Мурманской области** поверхностные воды испытывают наибольшую антропогенную нагрузку сточными водами предприятий горнодобывающей, горноперерабатывающей и металлургической промышленности, предприятий ЖКХ, а также стоками с сельскохозяйственных угодий.

К водным объектам с «грязной» водой относятся: рр. Луоттн-йоки, Нама-йоки, Роста, Можель, Колос-йоки, Хауки-лампи-йоки и Нюдуай; Протока без названия (из оз. Куэтс-ярви в оз. Сальми-ярви) и оз. Большой Вудъявр; руч. Варничный в течение десятилетий оценивается «экстремально грязной» водой.

В устьевой области **р. Онега (Архангельская область)** развита лесная промышленность (лесозаготовка, лесопиление, деревообработка). Сточные воды предприятий целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности, жилищно-коммунального хозяйства, льяльные воды судов речного и морского флота являются основными источниками загрязнения **устья р. Северная Двина (Архангельская область)**.

Река Воркута (Республика Коми), протекающая по центральной части Воркутинского промышленного района, загрязнена, в основном, сточными водами предприятий угольной, топливно-энергетической промышленности и жилищно-коммунального хозяйства.

Предприятия энергетической, нефтеперерабатывающей, угледобывающей, газодобывающей, лесозаготовительной и деревообрабатывающей отраслей промышленности являются крупнейшими источниками загрязнения водных объектов в **бассейне р. Печора (Ненецкий-автономный округ)**.

Высокие и экстремальные уровни загрязнения пресных поверхностных вод Арктической зоны РФ

В 2020 г. высокие уровни загрязнения (ВЗ[9]) пресных поверхностных вод Арктической зоны Российской Федерации отмечались в 226 случаях на 40 водных объектах (в 2019 г. - 151 случая на 36 водных объектах), экстремально высокие уровни загрязнения (ЭВЗ[10]) – в 147 случаях на 26 водных объектах (в 2019 г. – 172 на 29 водных объектах). Следует отметить, что в 2020 г. по сравнению с предыдущим годом суммарное количество ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод увеличилось на 13% (рис. 4.43).

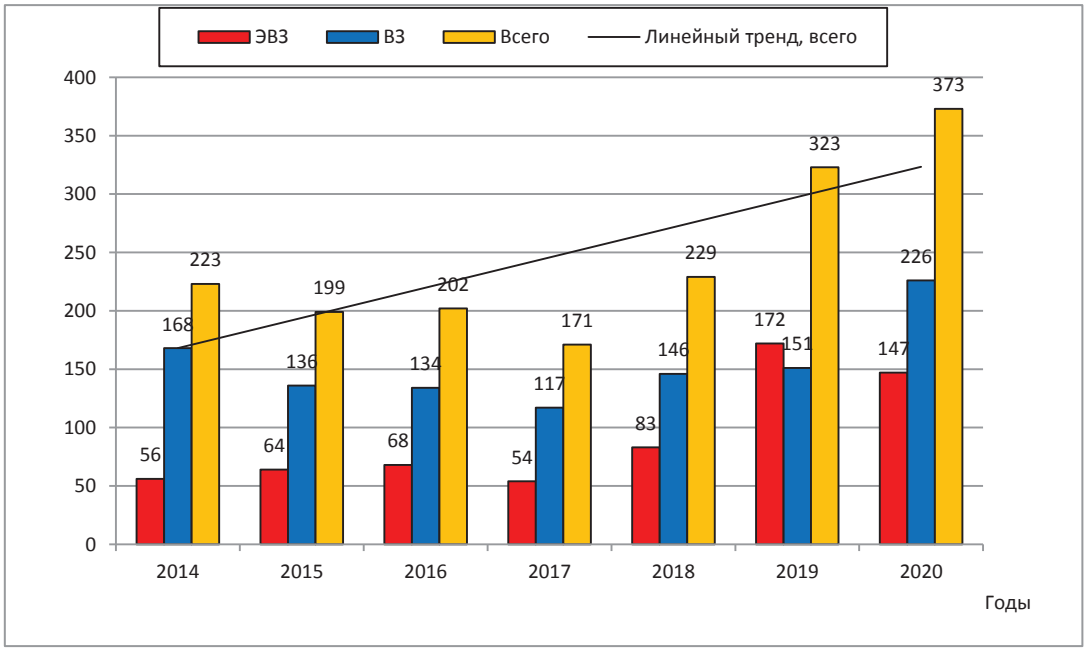


Рис. 4.43. Динамика количества случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод Арктической зоны РФ

[9] *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*

[10] *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*

Основной вклад в загрязнение поверхностных вод вносят, в основном, соединения никеля, алюминия, молибдена, меди, марганца, железа общего и цинка (рис. 4.44).

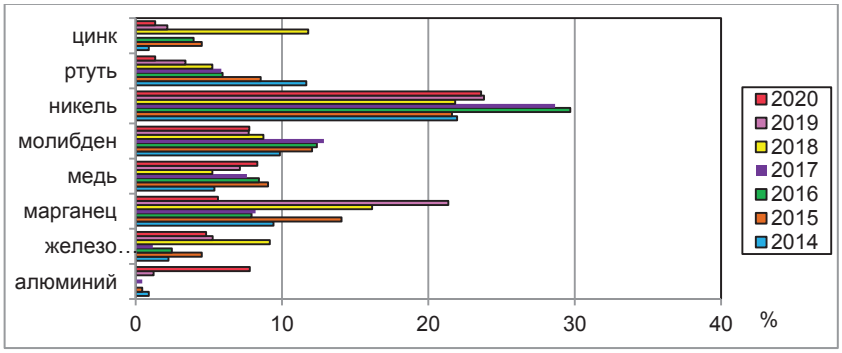


Рис. 4.44. Распределение числа случаев ВЗ и ЭВЗ по ингредиентам (в % от общего количества случаев ВЗ и ЭВЗ Арктической зоны РФ)

Анализ внутригодового распределения количества случаев ВЗ и ЭВЗ за период 2014-2020 гг. носит сезонный характер (рис. 4.45).

Более 70% всех случаев ВЗ и ЭВЗ в континентальной Арктической зоне РФ приходится на водные объекты Мурманской области. В 2020 г. в Мурманской области было зарегистрировано 170 случаев высокого и 106 случаев экстремально высокого загрязнения по 15 ингредиентам на 27 водных объектах, что на 36% больше значений предыдущего года (табл. 4.20).

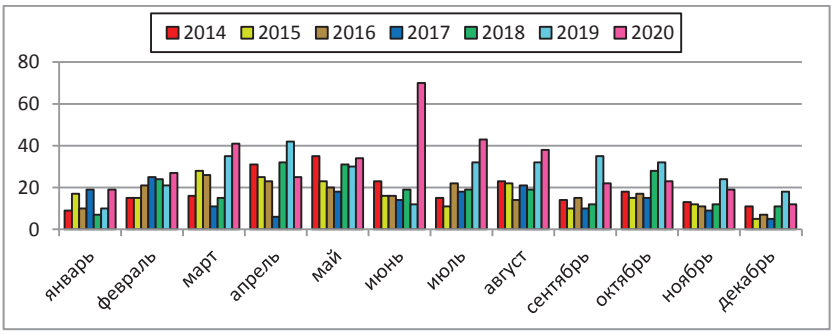


Рис. 4.45. Динамика внутригодового распределения случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод Арктической зоны РФ за период 2014-2020 гг.

В Мурманской области около 60% всех случаев связано с загрязнением поверхностных вод соединениями тяжелых металлов, максимальное содержание которых составило: меди - (581 ПДК) - р. Травяная, г. Мончегорск; молибдена - (173 ПДК) - руч. Буровой, Кировский р-н; железа общ. (109 ПДК), фтора - (13 ПДК) - ручей без названия, г. Кандалакша; никеля - (106 ПДК) - р. Колос-Йоки, п. Никель; марганца - (68 ПДК) - оз. Имандра, г. Апатиты, у о-ва Избяного, ртути - (17 ПДК) - р. Нюдуай, г. Мончегорск.

В 2020 г. по сравнению с предыдущим годом в Мурманской обл. увеличилось количество случаев ВЗ поверхностных вод медью, никелем, ртутью, алюминием, бенз(а)пиреном и фтором; сократились случаи загрязнения дитиофосфатом крезиловым и молибденом (рис. 4.46).

Таблица 4.20. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по субъектам Арктической зоны РФ за период 2014-2020 гг.

Регион	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
	ЭВЗ+ВЗ=всего	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	106+170=276
Ямало-Ненецкий АО	10+18=28	15+22=37	10+21=31	0+7=7	42+54=96	62+39=101	8+25=33
Ненецкий АО	0+1=1	3+2=5	1+2=3	4+1=5	0	5+1=6	22+3=25
г. Воркута (Республика Коми)	0	0	0+1=1	0	0+1=1	11+1=12	0+1=1
Архангельская обл. [1]	0+9=9	0+2=2	0+7=7	0+6=6	0	2+3=5	0+10=10
Красноярский край [2]:	0+4=4	0+2=2	0+2=2	0+1=1	0	8+15=23	11+17=28
Республика Саха (Якутия) [3]	0	0	0+1=1	0	0	0	0
Чукотский АО	0	0	0	0	0	0	0
Республика Карелия [4]	0	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	147+226=373

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]. Абыйский, Аллаиховский, Анбарский, Булунский, Верхнеколымский, Верхоянский, Жиганский, Момский, Нижеколымский, Оленекский, Среднеколымский, Усть-Янский, Эвено-Бытантайский районы; [4]. Беломорский, Лоухский, Кемский муниципальные районы.

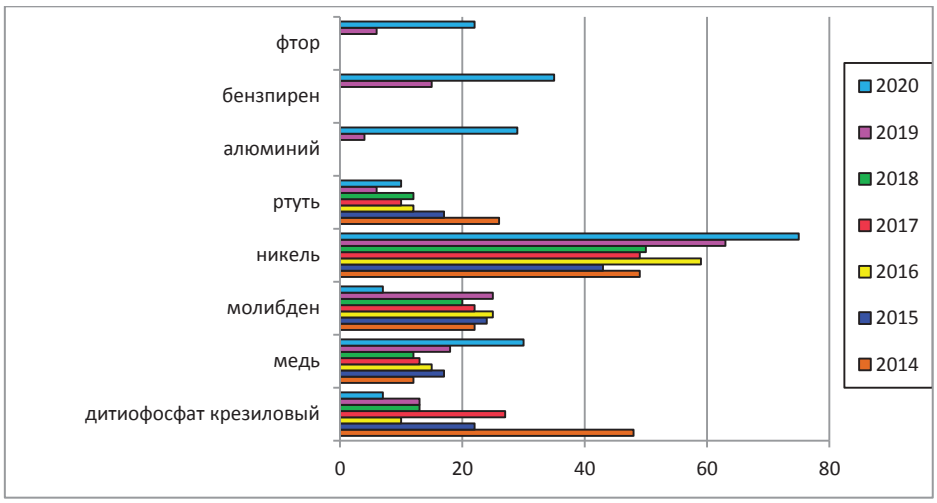


Рис. 4.46. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по основным загрязняющим веществам в Мурманской обл. за период 2014-2020 гг.

Как и в предыдущие годы, максимальную нагрузку от загрязнения испытывают реки: Нюдуай, Хауки-лампи-йоки, Луотти-йоки, Колос-йоки, руч. Варничный, на которых наблюдается наибольшее число повторений случаев высокого загрязнения, так максимальное количество - 35 было зарегистрировано на р. Нюдуай, г. Мончегорск (рис. 4.47).

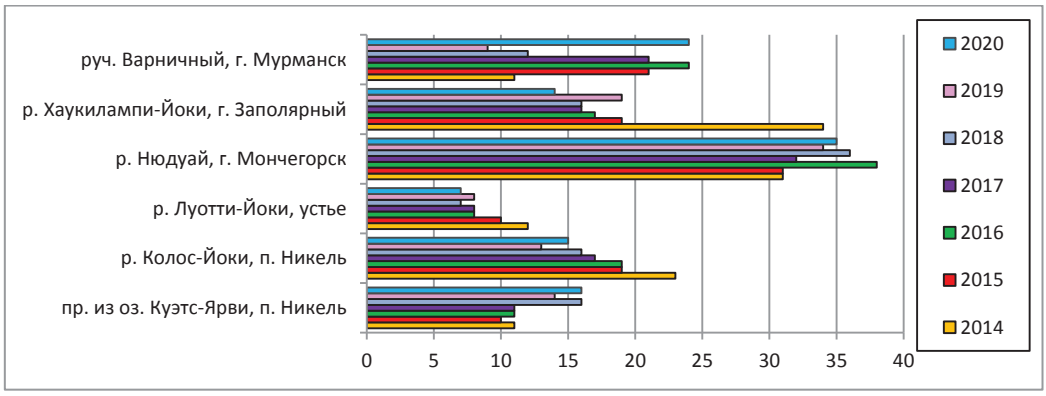


Рис. 4.47. Пункты наблюдений в Мурманской обл., в которых регистрировалось максимальное число повторений случаев ВЗ и ЭВЗ за период 2014-2020 гг.

Вторым субъектом по количеству случаев высокого загрязнения поверхностных вод Арктической зоны РФ является Ямало-Ненецкий автономный округ, в котором в 2020 г. было зарегистрировано 25 случаев ВЗ на 9 водных объектах и 8 случаев ЭВЗ на 6 водных объектах, что почти в 3 раза меньше значений 2019 г. (39 случаев ВЗ на 8 водных объектах и 62 случая ЭВЗ на 11 водных объектах). На химический состав рек существенное влияние оказывает антропогенный фактор, связанный с активным промышленным освоением автономного округа. Водные объекты округа загрязнены соединениями меди, марганца, железа, цинка и нефтепродуктами (рис. 4.48). В 2020 г. в поверхностных водах максимальные концентрации соединений меди составили (93,3 ПДК) - р. Пяку-Пур, п. Тарко-Сале; ца - (230,3 ПДК) - р. Седэ-Яха, г. Новый Уренгой, железа - (52,2 ПДК), ДДТ - (22 ПДК) - р. Надым, г. Надым. Наибольшее число повторений случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод (10) было отмечено в бассейне реки р. Правая Хетта, пгт. Пангоды (рис. 4.49).

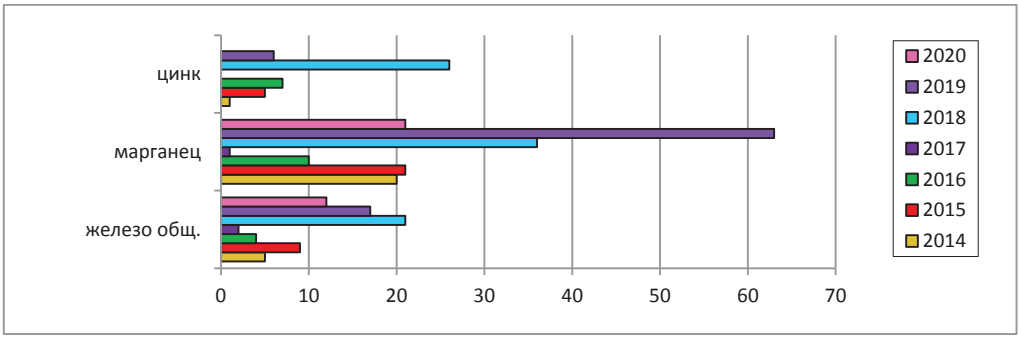


Рис. 4.48. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по основным загрязняющим веществам в Ямало-Ненецком АО за период 2014-2020 гг.

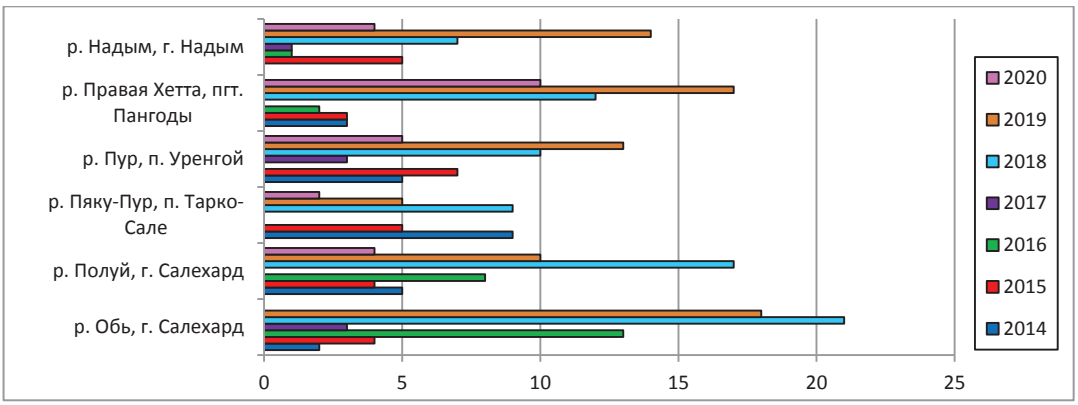


Рис. 4.49. Пункты наблюдений в Ямало-Ненецком АО, в которых регистрировалось максимальное число повторений случаев ВЗ и ЭВЗ за период 2014-2020 гг.

Для устьевой части р. Северная Двина (Архангельская область) характерна загрязненность воды металлами, а также лигнинными веществами и формальдегидом, в результате сброса сточных вод целлюлозно-бумажных предприятий. За период 2014-2020 гг. в Архангельской области ежегодно регистрировались от 2 до 10 случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод, за исключением 2018 г., когда случаи высокого загрязнения не фиксировались (табл. 4.20). В 2020 г. в поверхностных водных объектах Архангельской области были зафиксированы максимальные значения загрязняющих веществ: марганца (49,9 ПДК) - р. Онега, с. Порог; цинка (21,9 ПДК) - пр. Маймакса, г. Архангельск; натрия (20,5 ПДК) и хлоридов (17,5) - пр. Кузнечиха, г. Архангельск.

Загрязнение поверхностных вод Ненецкого АО связано с промышленным освоением бассейна р. Печора, добычей и переработкой углеводородного сырья и поступлением в водотоки со сточными водами нефтепродуктов. За период 2014-2019 гг. в Ненецком АО регулярно фиксировалось от 1 до 6 случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод, за исключением 2018 г., когда случаи высокого загрязнения не отмечались (табл. 4.20). В 2020 г. в поверхностных водах Ненецкого АО было зарегистрировано 3 случая ВЗ и 22 случая ЭВЗ нефтепродуктами, с максимальным значением - 102,4 ПДК - р. Печора, г. Нарьян-Мар.

За период 2014-2020 гг. в г. Воркута (Республика Коми) ежегодно регистрировались единичные случаи высокого загрязнения поверхностных вод, за исключением 2019 г., когда было зафиксировано 11 случаев ЭВЗ и 1 случай ВЗ (табл. 4.20). В 2020 г. в г. Воркута был зарегистрирован один случай ВЗ поверхностных вод азотом нитритов (13,5 ПДК) - р. Воркута.

В черте г. о. Норильска Красноярского края приоритетными загрязняющими веществами небольших водных объектов являются: соединения меди, никеля, кадмия и нефтепродукты. В 2020 г. по сравнению с периодом 2014-2018 гг. второй год подряд растет число случаев ЭВЗ поверхностных вод (табл. 4.20). В 2020 г. в поверхностных водных объектах Красноярского края были зафиксированы следующие максимальные значения загрязняющих веществ: нефтепродуктов (705 ПДК) - р. Амбарная, 2.8 км от устья, г.о. Норильск; никеля (40,3 ПДК), меди (39 ПДК) - р. Щучья, г. Норильск, где было зафиксировано 14 случаев ВЗ и ЭВЗ.

В 2020 г. на территории Красноярского края произошли две аварии: 29 мая на территории ТЭЦ, принадлежащей Норильско-Таймырской энергетической компании, произошла разгерметизация одного из резервуаров из-за внезапно просевших опор. Топливо разлилось, и начался пожар. Вылившиеся нефтепродукты попали в почву и близлежащие реки — всего более 20 тыс. т. ПДК нефтепродуктов в воде были превышены в десятки тысяч раз, нефть разлилась на расстояние более 20 км от места аварии. 12 июля на территории склада АО "НОРИЛЬСКТРАНСГАЗ" при проведении перекачивания в резервуар авиационного топлива из баржи емкостью 608 т, стоящей на р. Большая Хета, произошла разгерметизация технологического трубопровода диаметром 159 мм на расстоянии 2 км от причала, длина трубопровода 4 км. В результате разгерметизации трубопровода произошел разлив топлива на грунт в объеме 10-11м^3 (8-8,5 т). После ревизии объем утечки топлива оценен в 55 м^3 (44 т). По результатам анализа проб в районе п. Тухард, содержание нефтепродуктов в водных объектах (ручьи, р. Большая Хета в районе ручья Безымянного, озера) составило менее 0,04 мг/дм^3. Случаев ВЗ и ЭВЗ не было зафиксировано.

В остальных субъектах Арктической зоны: Республиках Карелия и Саха (Якутия), а также в Чукотском АО случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод в 2020 г. не было зарегистрировано.

Состояние водных экосистем в арктической зоне

Гидробиологические наблюдения за состоянием поверхностны вод суши экосистем Арктической зоны России 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 2020 гг. проводились в Восточно-Сибирском и Баренцевском гидрографических районах.

Баренцевский гидрографический район. Гидробиологические наблюдения проводятся в Мурманской области на 34 водных объектах, среди которых 27 водотоков и 7 водоемов в 57 пунктах, принадлежащих бассейнам двух морей: Баренцева и Белого. На рис. 4.50 представлена картограмма качества вод по гидробиологическим показателям в Мурманской области в 2020 г., а на рис. 4.51 – в Архангельской и Вологодской областях, республике Коми и Ненецком автономном округе в сравнении с предыдущим годом наблюдений. Данные о качестве вод по показателям состояния фитопланктона, зоопланктона и зообентоса были получены на 61 створе.

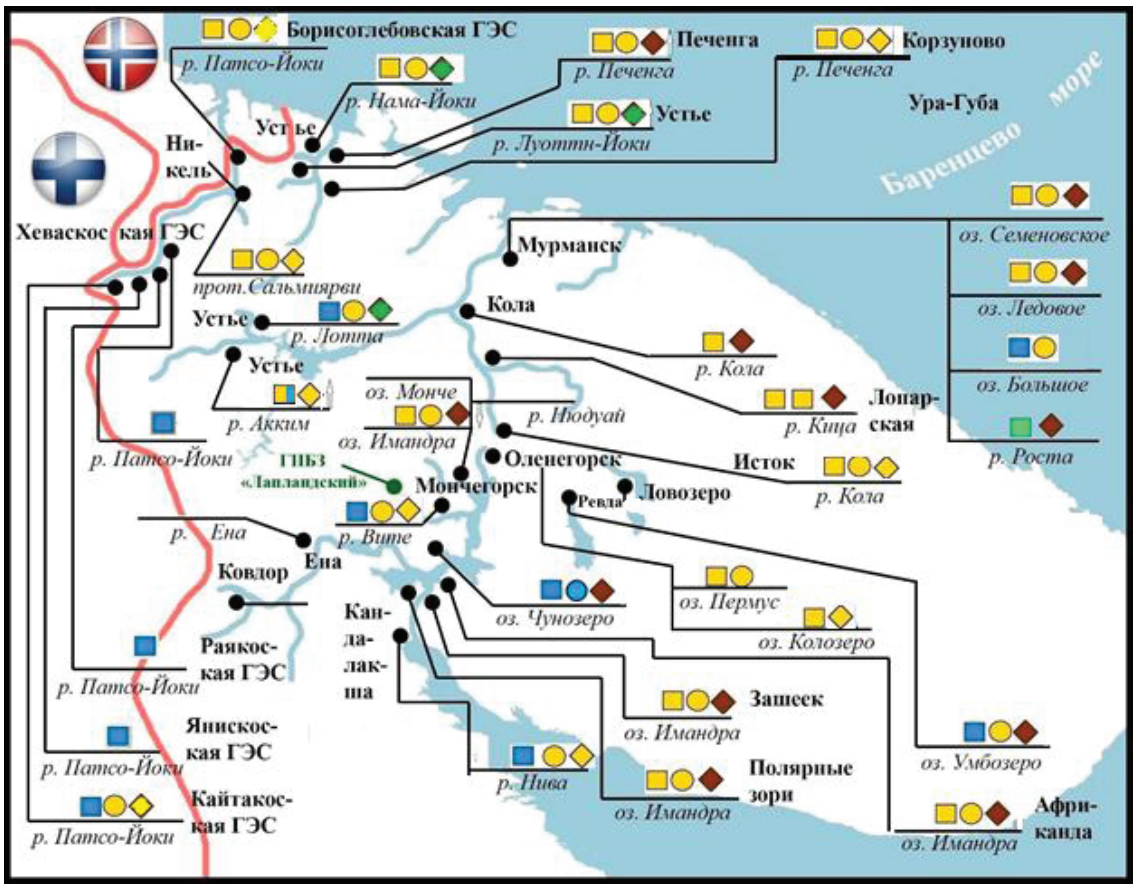


Рис. 4.50. Картограмма качества вод Мурманской области по гидробиологическим показателям в 2020 г.
Обозначения на картограммах характеризуют качество поверхностных вод по комплексным показателям. Цветом указан класс качества, формой значка - показатель биоценоза

I - условно чистая
II - слабо загрязненная
III - загрязненная
IV - грязная
V - экстремально грязная

Бентос —
Фитопланктон —
Зоопланктон —

Регулярные многолетние наблюдения в Мурманской области проводятся на 16-ти реках, 7-ми озерах, наиболее значимые из которых реки: Патсо-Йоки, Печенга, Найма-Йоки, Акким, Кола, Кица, Лотта, Вите и Нива, озера: Колозеро, Умбозеро, Чунозеро и Имандра.

В составе фитопланктона **реки Патсо-Йоки** было выявлено 77 видов водорослей, по числу видов, доле в численности и биомассе доминировал комплекс диатомовых. Зоопланктон был представлен 39 видами беспозвоночных, по разнообразию наиболее широко были представлены коловратки - 17 видов, ветвистоусые ракообразные - 13, веслоногие раки - 9. Воды поверхностного слоя отнесены к «условно чистым» и «слабо загрязненным». В составе зообентоса было выявлено 5 видов. По показателям зообентоса качество воды соответствует «грязным» водам.

Фитопланктон **реки Нама-Йоки** был представлен 29 видами, зоопланктон - 12, бентофауна - 16. По показателям фитопланктона и зоопланктона воды оценивались как «условно чистые» и «слабо загрязненные», по показателю зообентоса - как «грязные» воды.

Видовой состав фитопланктона **реки Лотта** сохранился в пределах диапазона среднемноголетних значений: в 2020 г. было выявлено 33 вида (в 2019 г. - 32). Качество вод по показателю фитопланктона сохранилось по-прежнему высоким и оценивалось как «условно чистые» воды. Зоопланктон был представлен 19 видами. По показателю зоопланктона качество вод характеризовалось как «слабо загрязненные». В составе зообентоса было выявлено 11 видов. По показателю зоопланктона воды были отнесены к «загрязненным».

В целом качество вод трансграничной **реки Патсо-Йоки** ниже пос. Никель, **рек Нама-Йоки и Лотта** на протяжении последних 10 лет не изменилось. Биоценозы рек находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Альгофлора **реки Печенга** была представлена 41 видом. Наибольшего развития достигли диатомовые и хлорококковые зеленые водоросли. В составе зоопланктона было выявлено 22 вида (в 2019 г. - 21). По показателям фитопланктона и зоопланктона качество вод поверхностного слоя **реки Печенга** сохранилось неизменным, воды относились к «условно чистым», «слабо загрязненным». В составе зообентоса было выявлено 13 видов. По показателю зообентоса воды были отнесены к «грязным». Биоценозы реки испытывают состояние антропогенного экологического напряжения.

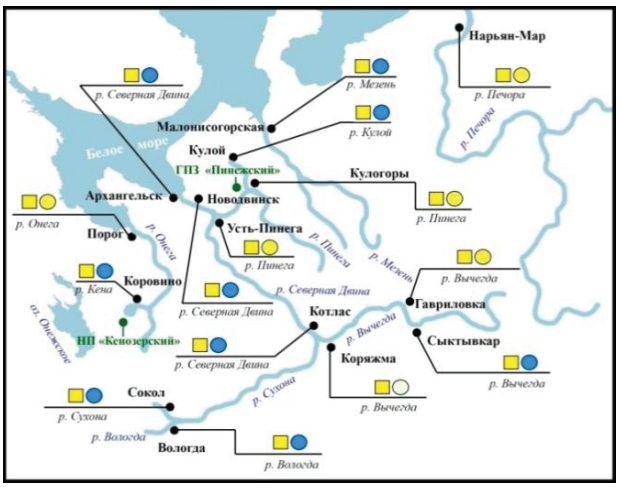


Рис. 4.51. Качество вод водотоков Севера Европейской части России по гидробиологическим показателям в 2020 г.
Обозначения такие же, как на рис. 4.50

Видовое разнообразие фитопланктона **реки Кола** значительно расширилось по сравнению с 2019 г., был выявлен 91 вид (2019 г. – 56). В начале вегетационного периода основу фитопланктона формировали представители диатомовых водорослей, к концу лета – превалировали синезеленые и зеленые водоросли. В зоопланктоне было выявлено 20 видов. По показателям фитопланктона и зоопланктона качество вод поверхностного слоя сохранилось на прежнем уровне – «условно чистые» «слабо загрязненные». В составе зообентоса было выялено 7 видов. По показателю зообетнтоса качество вод соответствовало «слабо загрязненным» водам.

Таким образом, качество вод **реки Кола** на протяжении последних 10 лет сохранилось неизменным. В целом биоценозы **реки Кола** находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Качественный состав фитопланктона **реки Кица** испытывает межгодовые колебания. Так, в 2020 г. было выявлено 58 видов (в 2019 г - 30 видов, в 2018 г. - 26). В составе зоопланктона было выявлено 16 видов, в составе зообентоса – 18. По показателям фитопланктона и зоопланктона качество вод соответствовало «условно чистым» - «слабо загрязненным», по показателю зообентоса — «слабо загрязненным» водам. В целом биоценоз реки испытывает антропогенное экологическое напряжение.

В составе фитопланктона **реки Нива** было выявлено 35 видов, зоопланктона – 26. В целом качественный и количественный составы планктонных сообществ сохранился в пределах среднемноголетних значений. Макрозообентос был представлен 1 видом олигохет. По показателям фитопланктона и зоопланктона качество вод соответствовало «условно чистым» - «слабо загрязненным».

Состояние биоценозов **реки Нива** сохранилось неизменным – на фоне экологического благополучия испытывают антропогенное экологическое напряжение.

Качественный состав альгофлоры фитопланктона **реки Вите** испытывает значительные межгодовые колебания: в 2020 г. был выявлен 41 вид (в 2019 г. - 33 вида, в 2018 г. – 63, в 2017 г. – 49). Доминировали диатомовые водоросли. Зоопланктон был представлен 23 видами, среди которых наибольшего разнообразия достигли коловратки – 15 видов, ветвистоусых раков было выявлено - 6, веслоногих – 2. По показателям фитопланктона и зоопланктона качество вод соответствовало «условно чистым» - «слабо загрязненным». В составе бентофауны реки Вите было выявлено 13 видов, среди них 6 видов комаров-звонцов, 3 – поденок и 4 – малощетинковых червей. Качество вод соответствовало «слабо загрязненным».

В целом в 2020 г. качество вод реки Вите не претерпело значительных изменений. Воды поверхностного слоя были отнесены к «условно чистым» по показателю фитопланктона, к «слабо загрязненным» – по показателям зоопланктона и зообентоса.

Состояние биоценозов реки сохраняется неизменным – на фоне экологического благополучия испытывают антропогенное экологическое напряжение.

Качество вод в поверхностном слое **озера Имандра** в последнее десятилетие сохраняется неизменным и соответствует «слабо загрязнённым». Качественный состав альгофлоры разнообразен – 140 видов, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало зеленым – 39 и диатомовым – 47 водорослям. По показателю фитопланктона качество вод соответствовало «условно чистым» – «слабо загрязненным» водам. Зоопланктон был представлен 54 видами. По показателю зоопланктона воды характеризовались как «слабо загрязненные». В составе зообентоса озера было выявлено 44 вида, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало комарам-звонцам – 22 и малощетинковым червям – 14, по 2 вида ручейников и моллюсков, единичными видами представлены веснянки, поденки и жесткокрылые. По показателю зообентоса воды придонного слоя были отнесены к «слабо загрязненным».

Состояние биоценозов озера соответствует антропогенному экологическому напряжению.

Качество вод **озера Чунозеро** в 2020 г. сохранилось неизменным. В составе фитопланктона было выявлено 34 вида, наибольшее разнообразие принадлежало диатомовым – 12, зеленых встречено 9, синезеленых – 7, харовых и золотистых – по 5, динофитовых - 2. По показателю фитопланктона качество вод поверхностного слоя характеризовалось как «условно чистые». Зоопланктон был представлен 21 видом, наибольшее число видов принадлежало ветвистоусым ракообразным и коловраткам - по 8 видов, веслоногих раков – 5. По показателю зоопланктона качество вод оценивалось как «слабо загрязненные».

Биоценозы озера находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения.

В фитопланктоне **Умбозера было** выявлено 45 видов, в зоопланктоне – 30, зообентос был представлен 13 видами. Качество поверхностного слоя воды в Умбозере в последнее десятилетие также не изменилось. По показателю фитопланктона воды соответствовали «условно чистым» - «слабо загрязненным», по показателю зоопланктона – «слабо загрязненным». По показателю 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 было выявлено 42 вида, среди них наибольшего разнообразия достигли диатомовые и золотистые водоросли - по 10 видов, зеленых – 6, динофитовых – 7, синезеленых – 5, эвгленовых – 4. По показателю фитопланктона качество вод соответствовало «условно чистым» и «слабо загрязненным» водам.

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.

В фитопланктоне реки **Онега было** выявлено 33 вида водорослей. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало широко распространенным диатомовым водорослям – 24 вида, зеленых - 8 видов, синезеленых – 7. Качественное разнообразие варьировало от 8 до 21 вида. По показателю фитопланктона качество вод соответствовало «слабо загрязненным». В составе зоопланктона было выявлено 13 видов, из них наибольшего видового разнообразия достигли ветвистоусые раки – 8, веслоногих раков - 3 вида, коловраток – 2 вида. По показателю зоопланктона качество вод соответствовало «условно чистым» водам. Экосистема реки находится в состоянии экологического благополучия с элементами антропогенного экологического напряжения.

Фитопланктон реки **Кена** включал 42 вида водорослей, которые в систематическом отношении распределялись следующим образом: диатомовые – 31, зелёные - 6, синезелёные – 3, жгутиковые – 2. Качественное разнообразие в пробе варьировало от 15 до 21 вида. По показателю фитопланктона качество вод соответствовало «слабо загрязнённым» водам. В составе зоопланктона реки было выявлено 18 видов, включающих 8 представителей ветвистоусых раков, 6 - веслоногих и 4 вида коловраток. По показателю зоопланктона качество вод соответствовало «условно чистым» - «слабо загрязненным» водам. Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Фитопланктон реки **Северная Двина** насчитывал 97 видов водорослей: диатомовые – 63 вида, зелёные – 20 видов, синезелёные – 11 видов, жгутиковые – 3 вида. Основу фитопланктона формировали диатомовые. По показателю фитопланктона воды реки соответствовали «слабо загрязнённым». В составе зоопланктона реки было выявлено 46 видов, включающих 19 видов веслоногих и 20 видов ветвистоусых раков, а так же 7 видов коловраток. По показателю зоопланктона качестов вод соответствовало «условно чистым» - «слабо загрязнённым» водам. Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Фитопланктон реки **Сухона** отличался среди наблюдаемых рек высоким качественным разнообразием и включал 64 вида водорослей, из них 44 - диатомовые, 12 – зелёные, 5 – синезелёные и 3 – жгутиковые. По показателю фитопланктона воды оценивались как «слабо загрязнённые».В составе зоопланктона было выявлено 24 вида, из них наибольшего видового разнообразия достигли ветвистоусые ракообразные – 13, веслоногих - 10 видов. По показателю зоопланктона воды реки соответствовали «условно чистым» - «слабо загрязнённым», а ее экосистема находилась в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Фитопланктон **реки Вологда** включал 60 видов водорослей, которые в систематическом отношении распределились следующим образом: диатомовые – 38 видов, зелёные – 14 видов, синезелёные и жгутиковые – по 4 вида. По показателю фитопланктона воды реки оценвались как «слабо загрязнённые». В составе зоопланктона было зафиксировано 37 видов, включающих 21 вид ветвистоусых раков, 11 - веслоногих, 4 вида коловраток и 1 вид карпоедов. По показателю зоопланктона качество вод соответствовало «условно чистым»-«слабо загрязнённым» водам. Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

В фитопланктоне реки **Вычегда** было выявлено 59 видов водорослей. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало диатомовым водорослям – 38 видов, зеленые - 11 и синезеленые – 8 видов, жгутиковые – 2 вида. Преобладали диатомовые. По показателю фитопланктона качество вод соответствовало «слабо загрязнённым» водам. В составе зоопланктона было выявлено 16 видов, из них наибольшего видового разнообразия достигли ветвистоусые ракообразные – 8, веслоногие - 6, жгутиковые - 2. По показателю зоопланктона воды соответствовали «условно чистым» - «слабо загрязнённым» водам. Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Фитопланктон реки **Сысола** включал 47 видов водорослей, которые в систематическом соотношении распределились следующим образом: диатомовые – 32 вида, зелёные – 10, синезелёные – 2, жгутиковые – 3 вида. По показателю фитопланктона качество вод соответствовало «слабо загрязнённым» водам. В составе зоопланктона реки было выявлено 10 таксонов, среди них ветвистоусых рачков – 4 вида, веслоногих – 4 вида, коловраток – 2 вида. По показателю зоопланктона воды соответствовали «условно чистым» - «слабо загрязнённым» водам. Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Фитопланктон реки **Пинега** включал 61 вид водорослей, которые в систематическом отношении распределились следующим образом: диатомовые – 37 видов, зелёные – 16 видов, синезелёные – 5 видов, жгутиковые – 3 вида. Преобладали диатомовые. По показателю фитопланктона вода реки оценивалась как «слабо загрязнённая». В составе зоопланктона реки было зафиксировано 22 вида, включающих 14 представителей ветвистоусых рачков, 6 - веслоногих, 2 – коловраток. По показателю зооплантона качество вод характеризовалось как «условно чистая» - «слабо загрязнённая». Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

В фитопланктоне реки **Кулой было** выявлено 42 вида водорослей. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало широко распространенным диатомовым водорослям – 33 таксона, зеленых было выявлено 6 видов, синезеленых – 1, жгутиковых – 2 вида. Качественное разнообразие варьировало от 15 до 27 видов. Преобладали диатомовые. По показателю фитопланктона качество вод соответствовало «слабо загрязнённым» водам. В составе зоопланктона было выявлено 19 видов, из них наибольшего видового разнообразия достигли ветвистоусые – 7 и веслоногие – 6 раки, жгутиковые – 5 видов. По показателю зоопланктона вода характеризовалось от «условно чистой» до «слабо загрязнённой». Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Число выявленных видов фитопланктона в реке **Мезень** - 53. Из них диатомовые – 36 видов, зелёные – 12 видов, синезелёные – 3 вида, жгутиковые – 2 вида. Доминировали диатомовые водоросли. По показателю фитопланктона качество вод оценивалось как «слабо загрязнённые» воды. В составе зоопланктона было выявлено 15 видов (8 видов ветвистоусых рачков, 5 веслоногих рачков и 2 вида коловраток). По показателю зоопланктона качество вод соответствовало «условно чистым» - «слабо загрязнённым» водам. Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Фитопланктон **реки Печора** включал 45 видов водорослей, которые в систематическом соотношении распределились следующим образом: диатомовые – 27 видов, зелёные – 14, синезелёные – 2, жгутиковые – 2 ви-

да. Доминировал диатомовый комплекс. По показателю фитопланктона качество воды соответствовало «слабо загрязнённым» водам. В составе зоопланктона реки было выявлено 18 таксонов, среди них ветвистоусых рачков – 10 видов, веслоногих – 7 видов, коловраток – 1 вид. По показателю зоопланктона воды соответствовали «условно чистым» - «слабо загрязнённым» водам. Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Качество вод в большинстве водных объектов Баренцевского гидрографического района на протяжении 2008-2020 гг. сохраняется неизменным и варьирует от «условно чистых» до «слабо загрязненных», с межгодовыми колебаниями в пределах класса.

Восточно-Сибирский гидрографический район. В 2020 г. наблюдения проводились в низовье р. Лена и заливе Неелова, данные о состоянии качества вод представлены на рис. 4.52.

Воды нижнего течения **р. Лена** 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 «слабо загрязненных», превалирующая оценка вод в многолетнем периоде соответствует уровню «загрязненные». В 2020 г. качество вод изменялось от «экстремально грязных» до «слабо загрязненных». В целом 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 колебания класса качества. В 2020 г. по показателям фитопланктона воды относились к «условно чистым» – «слабо загрязненным» водам. Преобладали «слабо загрязненные» воды. По показателям зообентоса качество вод соответствовало «экстремально грязным»-«слабо загрязненным» водам. В многолетней динамике состояние придонного слоя соответствует «слабо загрязненным».

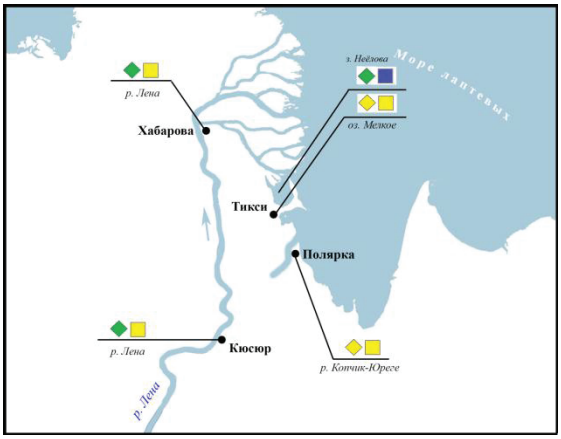


Рис. 4.52. Картограмма качества вод Республики Саха (Якутия) по гидробиологическим показателям в 2020 г. (в сравнении с 2019 г.). *Обозначения такие же как на рис. 4.50*

Качество вод **р. Копчик-Юрэгэ (п. Полярка)** на протяжении последних 6 лет по показателям фитопланктона относится к «слабо загрязненным» водам. В 2020 году по показателям фитопланктона воды также соответствовали «слабо загрязненным» водам. 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 2020 г. по показателю зообентоса качество вод варьировало от «экстремально грязных» до «слабо загрязненных». В целом преобладали «слабо загрязненные» – «загрязненные» воды. Состояние пресноводных биоценозов в нижнем течении р. Копчик-Юрэгэ сохраняется неизменным, направленных изменений качества вод не было выявлено.

Среди арктических акваторий России, на которых проводится государственный мониторинг состояния и загрязнения вод по гидробиологическим показателям, только **залив Неёлова** относится к прибрежным морским экосистемам моря Лаптевых. В 2020 г. фитопланктон залива Неёлова был представлен 9 пресноводными эвригалинными видами, среди которых в качественном и количественном отношениях доминировали диатомовые водоросли – 7 видов, зеленые водоросли и синезеленые были представлены по одному виду. В 2020 г. видовое разнообразие фитопланктона находилось в пределах среднемноголетних значений, существенных изменений не было выявлено.

В составе макрозообентоса залива Неелова в 2020 г. было выявлено 14 видов беспозвоночных, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало Oligochaeta – представленных - 6 видами, Amphipoda – 4 вида и Bivalvia - 3 вида, а так же один вид комаров-звонцов. 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 макрозообентоса основу биомассы формировал двустворчатый моллюск *Sphaerium corneum* (Linnaeus, 1758) и *Pisidium amnicum* (O.F. Müller, 1774). В 2016-2020 гг. фауна макрозообентоса залива была представлена теми же группами видов. Качественный и количественный его составы зависит 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 диатомовых водорослей. Фауна макрозообентоса формируется приносимыми с паводковыми водами рек гидробионтами. Таким образом, качественный состав биоты залива в большей степени зависит от таких факторов, как объем паводковых вод, питающих залив рек, направление устойчивых ветров, создающих затоки морских вод в залив, а также валентностью видов по отношению к солености, 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 реке Копчик-Юрэгэ) происходит постепенное снижение качества поверхностного слоя воды, так в период с 2007 по 2015 гг. по показателю фитопланктона качество вод соответствало «условно чистым водам», начиная с 2016 г. по настоящее время - «слабо загрязненным» водам. 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 каче-

ства изменился в 2018 г. от «загрязненных» до «слабо загрязненных», в 2019 г произошло резкое снижение до уровня «загрязненные» на всем наблюдаемом сегменте реки. Аналогичная тенденция прослеживается в реке 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 озере Мелкое сохраняется на прежнем уровне – «слабо загрязненные».

Таким образом, в период с 2014 по 2020 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.

Государственная наблюдательная сеть за радиационной обстановкой 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 в настоящее время 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 наблюдения в 2005-2010 гг. и 2012-2020 гг. колебалась в интервале $(0{,}2\text{-}1{,}7)\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, за исключением Мурманска (в 2016-2017 гг. – $10{,}7\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 и $5{,}4\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 и в сентябре и в IV квартале 2020 г. составила $7{,}3\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 и $5{,}3\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 соответственно) и Нарьян-Мара, где в некоторые годы среднее значение превышало $4{,}0\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, (2007, 2015 гг.). Среднегодовая объемная активность ^{137}Cs в 2019 и 2020 гг. составила $1{,}4\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 и $0{,}9\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 соответственно.

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. 4.53).

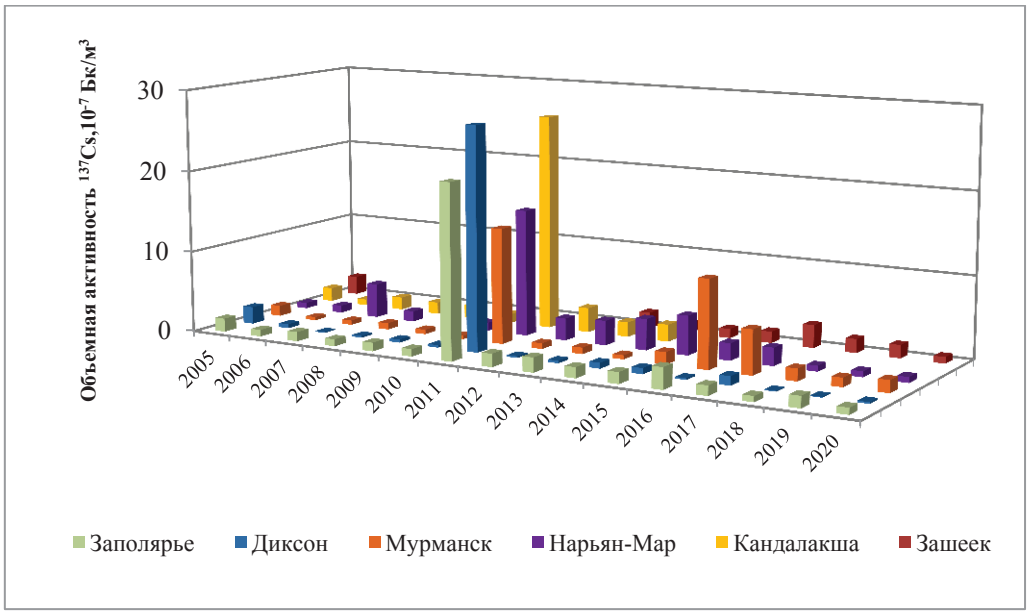


Рис. 4.53. Объемная активность ^{137}Cs в приземной атмосфере в пунктах наблюдения Сухопутных территорий Арктики и в среднем по Заполярью в 2005-2020 гг., 10^{-7} Бк/м^3

До 2016 г. в Мурманске 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. 4.54). Без учета третьего квартала, среднегодовая величина объемной активности ^{137}Cs в 2016 году составила $1{,}4\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, что соответствует диапазону величин за предшествующие 10 лет. В 2017 г. в четвертом квартале 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.

В 2020 г. объемная активность ^{137}Cs определялась только с сентября по декабрь. За этот период средняя активность составила $5{,}8\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, а в VI квартале – $5{,}3\cdot10^{-7}$ Бк/м^3.

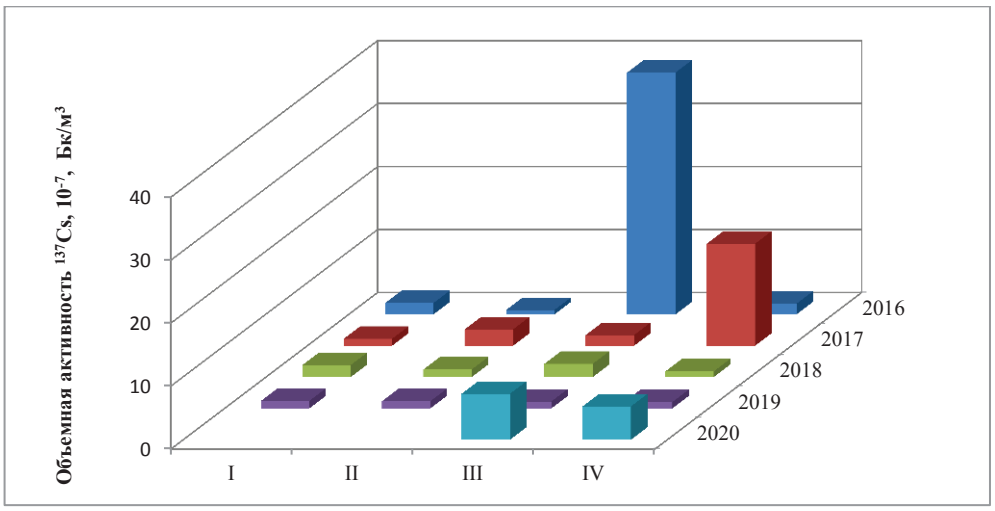


Рис. 4.54. Динамика средней за квартал величины объемной активности ^{137}Cs в воздухе в Мурманске в 2016-2020 гг.

Объемная активность ^{90}Sr в воздухе Арктической зоны России (Диксон и Мурманск) ниже средневзвешенных по территории России, и до 2016 г. колебалась в пределах от $0{,}02 \cdot 10^{-7}$ до $0{,}26 \cdot 10^{-7}$ Бк/м^3 (рис. 4.55). 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 Мурманске – до $0{,}61 \cdot 10^{-7}$ Бк/м^3, $0{,}45 \cdot 10^{-7}$ Бк/м^3 и $0{,}54 \cdot 10^{-7}$ Бк/м^{3}соответственно. В 2018-2019 гг. произошло снижение активности ^{90}Sr в среднем по России и в Диксоне – до $0{,}91 \cdot 10^{-7}$ Бк/м^3 и $0{,}11 \cdot 10^{-7}$ Бк/м^3 соответственно. В 2018 г. в Мурманске также наблюдалось снижение активности ^{90}Sr до $0{,}26 \cdot 10^{-7}$ Бк/м^3, однако в 2019 г. вновь увеличилась до $0{,}54 \cdot 10^{-7}$ Бк/м^3.

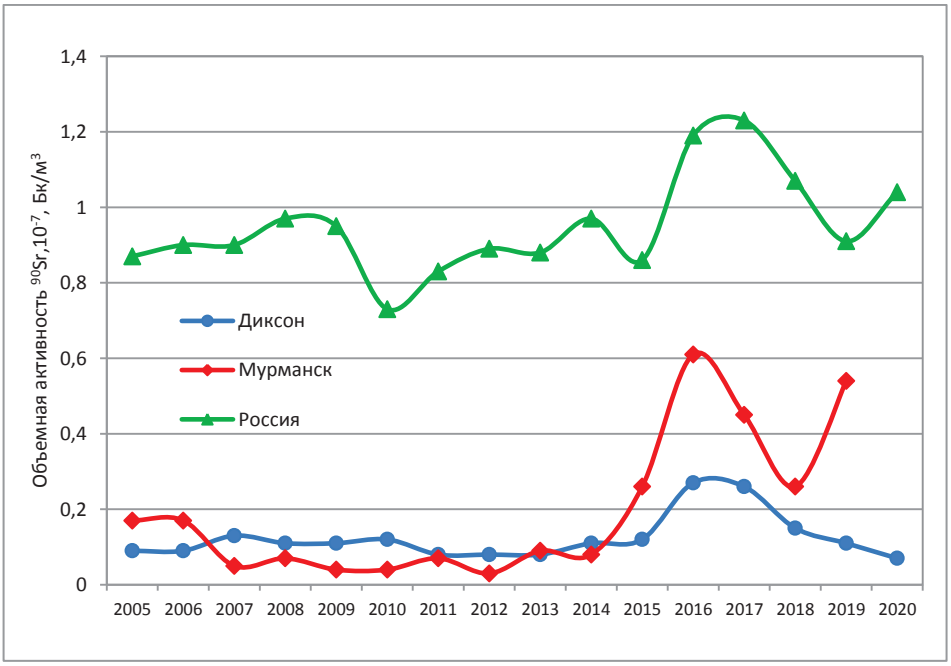


Рис. 4.55. Динамика объемной активности ^{90}Sr в воздухе на о. Диксоне, в Мурманске и средневзвешенной по России в 2005-2020 гг.

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. 4.56). При этом почти всегда концентрация в Белом море выше, чем в Баренцевом. В Тихом океане в 2019 г. наблюдалось снижение активности ^{90}Sr до 1,14 мБк/л. В 2020 г. в Тихом океане и в Белом и Баренцевом морях активность ^{90}Sr заметно выросла – до 1,8 мБк/л, 3,0 мБк/л, и 2,2 мБк/л соответственно.

В Баренцевом море, как показали результаты многолетних совместных российско-норвежских исследований, существенное влияние на колебание оказывает трансграничный перенос морскими течениями радионуклидов, удалявшихся в Ирландское море и пролив Ла-Манш с заводов по переработке облученного ядерного топлива Англии и Франции.

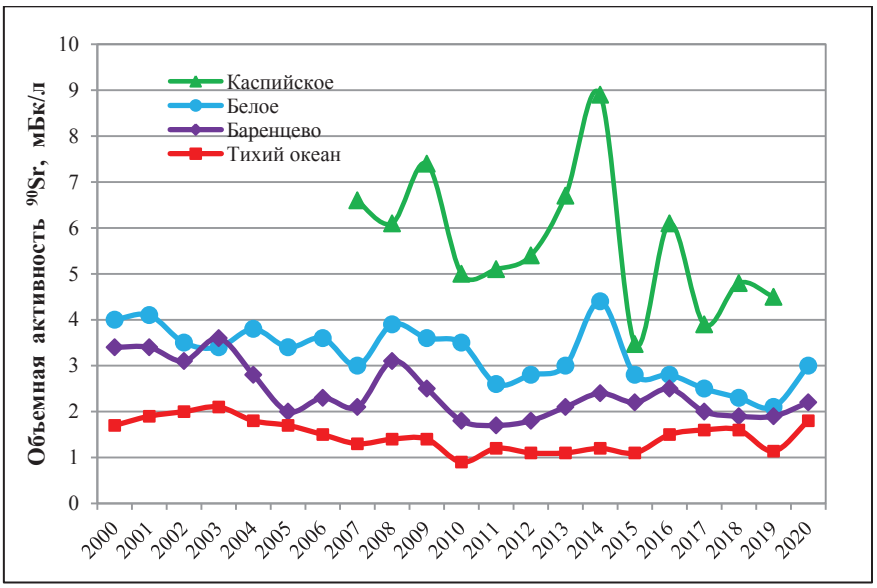


Рис. 4.56. Динамика объемной активности ^{90}Sr в прибрежных водах Белого и Баренцева морей в сравнении с водами Каспийского моря и Тихого океана вблизи восточного побережья Камчатки в 2000-2020 гг., мБк/л

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 районе о. Кильдин. В районах их нахождения проводятся периодические экспедиционные комплексные обследования морской среды: воды, донных отложений и морских организмов. В результате исследований было установлено, что утечек радиоактивных материалов с затонувших подводных лодок не происходит.

Таким образом, в 2020 г. радиоактивное загрязнение воздушной и водной сред Арктики находилось на низком уровне и, начиная с 2016 г., наблюдается тенденция к его снижению. В 2020 г. содержание радионуклидов в морских водах незначительно (в 1,2-1,4 раза) увеличилось.

4.4. Комплексные исследования загрязнения окружающей среды в районе пос. Баренцбург и прилегающих территорий

В 2020 г. было выполнено обследование районов расположения поселков Баренцбург и Пирамида, прилегающих к ним территорий, акватории и побережья заливов Гренфьорд и Биллефьорд.

Наблюдения проводились за загрязнением атмосферного воздуха и атмосферного аэрозоля в пос. Баренцбург, почв 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 озера Биенда-Стемме, а также реки Грендалсэльва. Процесс отбора проб представлен на рис. 4.57.



Рис. 4.57. Отбор проб природной среды на арх. Шпицберген

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 пос. Баренцбург и Пирамида, являются пыль, диоксид серы, оксиды азота и углерода. Максимальные концентрации пыли (до 8,22 мкг/м^3), диоксида серы (до 3,0 мкг/м^3), оксида углерода (до 590 мкг/м^3) и диоксида азота (до 1,10 мкг/м^3), сероводорода (до 1,05 мкг/м^3) были зафиксированы в атмосферном воздухе пос. Баренцбург.

В 2020 г. в атмосферном воздухе пос. Баренцбург концентрации полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) находились ниже пределов обнаружения.

Из тяжелых металлов в пробах атмосферного воздуха весной были отмечены железо (максимальное содержание – 2,0 мкг/м^3), марганец (0,15 мкг/м^3), цинк (0,22 мкг/м^3), медь (0,21 мкг/м^3), хром (0,05 мкг/м^3). Все максимальные значения были зафиксированы на территории пос. Баренцбург около зональной гидрометеорологической обсерватории (ЗГМО). По сравнению со средними уровнями за период 2015–2019 гг. загрязнение атмосферного воздуха в 2020 г. существенно не изменилась.

Морские воды

Отбор проб морских вод производился в сентябре 2020 г. на десяти станциях в восточной части акватории залива Гренфьорд, прилегающей к территории пос. Баренцбург, а также на двух станциях 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, полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), нефтяных углеводородов (НУ), неполярных алифатических углеводородов (НАУ), летучих ароматических углеводородов (ЛАУ), индивидуальных фенолов (алкилфенолов, хлорфенолов и нитрофенолов), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), хлорорганических соединений (ХОС), включая полихлорированные бифенилы (ПХБ). Значения концентрации СПАВ, фенолов, НАУ и ЛАУ в водах обследованных акваторий за периоды наблюдений были ниже предела чувствительности используемого метода анализа. Из загрязняющих веществ в водах обследованных акваторий в 2020 г. были выявлены ПАУ, некоторые ТМ и ХОС. Содержание НУ впервые, начиная с 2015 г., в водах обследованной акватории залива Гренфьорд и залива Биллефьорд, во всех пробах находилось ниже предела обнаружения – менее 40 мкг/дм^3.

В 2020 г. был зафиксирован рост содержания соединений ПАУ по сравнению с предыдущими годами. Из 16 определяемых ПАУ в морских водах заливов Гренфьорд и Биллефьорд были выявлены 13 соединений (за исключением: аценафтилена, индено(1,2,3cd)пирена и бенз(g,h,i)перилена). Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ в водах восточной акватории залива Гренфьорд в сентябре составило 29,3 нг/дм^3, что в 2 раза превышает среднее суммарное содержание в 2019 г. В водах залива Биллефьорд среднее суммарное содержание увеличилось почти в 6 раз и составило 39,6 нг/дм^3. Из ХОС в пробах морской воды заливов Гренфьорд и Биллефьорд в сентябре 2020 г. было зафиксировано наличие соединений некоторых групп ДДТ, ГХЦД и ПХБ. Концентрация самых токсичных двеннадцати стойких органических загрязнителей (СОЗ) группы ПХЦД во всех пробах была ниже предела обнаружения. Максимальная концентрация всех остальных идентифицированных ХОС в водах залива Гренфьорд составляла: для суммы ДДТ - 0,62 нг/дм^3, для суммы ГХЦГ - 0,49 нг/дм^3, для суммы ПХБ - 3,59 нг/дм^3. Из 15 определяемых индивидуальных ПХБ в морской воде в 2020 г.зафиксированы всего 11 конгенеров (за исключением #28, #31, #128 и #126), против 14 конгенеров в 2019 г. Максимальная концентрация ХОС в водах залива Биллефьорд составляла: для суммы ДДТ – 0,4 нг/дм^3 в морской воде; для суммы ГХЦГ - 0,2 нг/дм^3; для суммы ПХБ - 3,8 нг/дм^3; концентрация полихлорбензолов была ниже предела обнаружения. Из определяемых индивидуальных ПХБ в морской воде, как и в водах залива Гренфьорд, регулярно фиксировались в небольших количествах 11 конгенеров. В целом содержание ХОС в водах двух заливов в 2020 г. было значительно ниже прошлогоднего.

Наибольшее содержание определяемых ТМ в пробах морской воды залива Гренфьорд составило: марганца - 10,6 мкг/дм^3, меди - 2,4; никеля - 1,9; кадмия - 0,38 и мышьяка – 9,00 мкг/дм^3. Концентрация железа, цинка, свинца, кобальта и ртути была ниже пределов обнаружения. Максимальные значения концентрации определяемых тяжелых металлов в пробах морской воды залива Биллефьорд составили: марганца - 9,9 мкг/дм^3; меди - 2,1; никеля - 2,5; кадмия - 0,2 и мышьяка - 9,3 мкг/дм^3. Содержание остальных металлов находилось ниже пределов обнаружения.

Содержание легко окисляемых органических веществ по БПК$_5$, в сравнении с прошедшим годом, стало несколько меньше: максимальные значения в заливе Гренфьорд составляли 2,7 мгO$_2$/дм^3, в заливе Биллефьорд – 2,6 мгO$_2$/дм^3 (1,2 ПДК).

Значения концентрации большей части загрязняющих веществ в морских водах залива Гренфьорд, в общем, характерны 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 сентябре 2020 г. в среднем как «умеренно загрязненные», а на отдельных участках как «чистые». Концентрация основных загрязняющих веществ, которые почти каждый год фиксировались в водах залива, такие как НУ, железо, цинк, ДДТ, ГХЦГ и ПХБ, часто в 2020 г. были ниже предела обнаружения. Одновременно было отмечено увеличение в 2 раза содержания ПАУ. В местах поступления неочищенных коммунально-бытовых сточных вод поселка Баренцбург наблюдается 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 значительной степени из-за увеличения концентрации ПАУ в морской воде в 6 раз.

Поверхностные воды суши

Отбор проб поверхностных вод суши производился в весенний и летний периоды из озера Биенда-Стемме, используемого для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения пос. Баренцбург, а также реки Грендалсэльва. 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 2020 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 10,0 до 12,2 мкг/л, а в летний период не превышало предела обнаружения; в речных водах концентрации СПАВ составили от 9,0 до 15,0 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 2,7 мкг/л, летом достигало 12,0 мкг/л, в озерах Голубое и Безымянное составляло 8,0 мкг/л. В водах реки содержание НУ варьировало от 25,0 до 45,0 мкг/л при среднем значении 42,2 мкг/л.

Из 16 определяемых ПАУ в водах оз. Биенда-Стемме в весенний период наблюдений 2020 г. удалось идентифицировать только соединение – бенз/b/флуорантен и нафталин. В летний период в водах оз. Биенда-Стемме было выявлено 8 соединений ПАУ, в оз. Голубое – 4 соединений и в оз. Безымянное – 6. Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ в водах оз. Биенда-Стемме в весенний период составило 15,8 нг/л, а в летний период – 21,7 нг/л.

В воде р. Грендалсэльва были выявлены 11 соединений ПАУ. Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ в речных водах составило 12,1 нг/л.

Из определяемых ХОС в воде р. Грендалсэльва были выявлены соединения групп ГХЦГ, ДДТ, ПХЦД и ПХБ, их средние суммарные содержания составляли соответственно: 1,45; 5,48; 0,05; 7,23 нг/л. В водах оз. Биенда-Стемме в весенний период наблюдений не было выявлено содержание соединений группы ХОС. В летний период были зафиксированы содержания соединений групп ГХЦГ, ДДТ и ПХБ. Средние суммарные содержания соединений этих групп в озерных водах в летний период составили 1,2, 4,02 и 8,61 нг/л соответственно.

В весенний период максимальные концентрации ТМ в водах оз. Биенда-Стемме составили: марганца – 1,44 мкг/л, цинка – 5,80 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 – 5,25 мкг/л, меди – 1,05 мкг/л, кобальта – 1,2 мкг/л, ртути – 0,005 мкг/л, остальные ТМ находились ниже предела обнаружения.

В речных водах фиксировались следующие максимальные содержания тяжелых металлов: марганца – 115,0 мкг/л (средняя концентрация 87,5 мкг/л), никеля – 2,40 мкг/л (средняя концентрация 1,35 мкг/л), кобальта – 2,10 мкг/л (средняя концентрация 2,75 мкг/л), ртути – 0,006 мкг/л. Концентрации железа, цинка, меди, свинца, кадмия, хрома, мышьяка и олова находились ниже пределов обнаружения

Исследования поверхностных вод р. Грендалсэльва и оз. Биенда-Стемме, Голубое и Безымянное в периоды наблюдений в 2020 г. не выявили превышений российских гигиенических нормативов по качеству питьевой воды и воды хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, а также нормативов качества воды, установленных в странах ЕС. Таким образом, с точки зрения санитарно-химических требований по результатам обследования 2020 г. воды оз. Биенда-Стемме, Голубое и Безымянное могут использоваться для целей хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования без дополнительной водоподготовки.

За весенний период наблюдений 2020 г. в водах оз. Биенда-Стемме не было зафиксировано превышений ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов. За летний период наблюдений превышения ПДК наблюдаются для БПК (до 1,2 ПДК) и меди (1,1 ПДК). В водах р. Грендалсэльва были отмечены превышения ПДК марганца (до 9,3 ПДК), НУ (до 1 ПДК) и БПК (до 1,3 ПДК). Превышений ПДК гидрохимических параметров и содержания остальных ЗВ в водах реки не было установлено.

В соответствии с принятой классификацией вод по индексу УКИЗВ воды оз. Биенда-Стемме в весенний и летний периоды наблюдений 2020 г., а также воды озер Голубое и Безымянное в летний период классифицировались как «условно чистые». Вода р. Грендалсэльва в 2020 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 216 мкг/г при среднем значении 130 мкг/г для морских донных отложений залива Гренфьорд; 35,5 мкг/г (среднее – 30,1 мкг/г) для речных донных отложений; в донных отложениях оз. Биенда-Стемме – 9,15 мг/кг; для морских донных отложений залива Биллефьорд содержание НУ составляло 160 мкг/г, а также достигало 7,76 мкг/г для донных отложений оз. Голубое и 5,42 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 зафисированы все соединения. В донных отложениях озер Биенда-Стемме и Безымянное – по 15 соединений ПАУ.

Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ достигало 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, в донных отложениях залива Гренфьорд – 1222 нг/г, в донных отложениях залива Биллефьорд – 1720 нг/г.

В донных отложениях залива Гренфьорд было отмечено превышение ДК для суммарных НУ до 4,2 ДК; суммы ПАУ – 1,5 ДК; β-ГХЦГ – до 3,4 ДК; суммы ДДТ – до 12 ДК. В донных отложениях залива Биллефьорд были однократно зафиксированы превышения ДК для суммарных НУ до 3,5 ДК, суммы ПАУ до 2,1 ДК, суммы ДДТ до 1,1 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 для содержания никеля до 1,3 ДК и кобальта - 1,2 ДК. В донных отложениях оз. Голубое было зафиксировано превышение ДК для суммы ДДТ (2,4 ДК) и суммы ПХБ (1 ДК), а в оз. Безымянное фиксировались превышения ДК никеля (1,5 ДК) и суммы ДДТ (1,6 ДК). Остальные нормируемые показатели ЗВ не превышали ДК. Во всех случаях ни один из определяемых параметров загрязнения донных отложений 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, 27,5-47,2 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 загрязняющих 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. 4.21.

Таблица 4.21. Диапазон и средние значения концентраций загрязняющих веществ в пробах почвы в 2020 г.

Показатель	пос. Баренцбург и окрестности				пос. Пирамида и окрестности			
	Интервал			Среднее	Интервал			Среднее
Суммарные НУ, мкг/г	4,0	-	508	94,2	1,6	-	420	90,7
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	-	820	121	<1,2	-	746	102
Аценафтилен	<1,2	-	725	205	<1,2	-	380	90,3
Аценафтен	<1,2	-	155	35,0	<1,2	-	551	70,0
Флуорен	<1,2	-	34,1	4,35	<1,2	-	36,1	6,50
Фенантрен	<1,2	-	1945	370	<1,2	-	3050	510
Антрацен	<1,2	-	125	12,0	<1,2	-	833	95,1
Флуорантен	<1,2	-	1221	130	<1,2	-	4984	604
Пирен	<1,2	-	1120	124	<1,2	-	3922	490
Бенз(а)антрацен	<1,2	-	314	39,0	<1,2	-	1671	209
Хризен	<1,2	-	462	110	<1,2	-	1412	203
Бенз(b)флуорантен+перилен	<1,2	-	1011	52	<1,2	-	644	95,0
Бенз(k)флуорантен	<1,2	-	223	21,0	<1,2	-	781	92,1
Бенз(а)пирен	<1,2	-	250	36	<1,2	-	2100	300
Дибенз/ah/антрацен	<1,2	-	18,4	2,98	<1,2	-	111	14,0
Бенз(g, h, i)перилен	<1,2	-	155	22,2	<1,2	-	593	117
Индено(1,2,3- cd)пирен	<1,2	-	219	30,1	<1,2	-	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	9,47

Показатель	пос. Баренцбург и окрестности				пос. Пирамида и окрестности			
	Интервал			Среднее	Интервал			Среднее
Суммарные НУ, мкг/г	4,0	-	508	94,2	1,6	-	420	90,7
Сумма НАУ (C_{15}-C_{31}), мкг/г	<0,1			<0,1	<0,1			<0,1
Свинец	7,80	-	1400	73,7	9,20	-	17,0	12,8
Кадмий	<0,1	-	0,40	0,15	<0,1	-	0,25	0,15
Хром	26,0	-	49,0	33,0	16,0	-	38,0	27,1
Ртуть	0,02	-	0,32	0,07	0,007	-	0,10	0,04
Мышьяк	7,00	-	26,0	12,9	2,00	-	7,00	4,22
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	5,28
Сумма ДДТ*	<0,1	-	32,4	3,55	3,70	-	3745	556
Сумма ПХЦД*	<0,1			<0,1	<0,1			-
Сумма ПХБ*	0,16	-	338	46,4	2,08	-	331	130

**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.

Проведенный анализ показал, что основной вклад в загрязнение почв поселков Баренцбург и Пирамида вносят мышьяк, НУ, бенз/а/пирен, суммарное содержание ПАУ, сумма ПХБ, медь; в пос. Пирамида дополнительно - сумма ДДТ, никель; в пос. Баренцбург – свинец, 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». Максимальные содержания бенз/а/пирена в почве в районе расположения вертолетной площадки составили 120-250 нг/г (6,2-12 ПДК), а также высокие значения содержания бенз/а/пирена наблюдались в верхних слоях почвы, отобранных в районе консульства и расположения отвалов горных пород и шлака от ТЭЦ (6 ПДК), и в нижних слоях почвы, отобранных в районе расположения ЗГМО и склада стройматериалов (до 6 ПДК), следовательно, почвы этого района классифицируются как «очень сильно загрязненные». В районе расположения склада горношахтного оборудования, а также в верхних слоях почвы, отобранных в районе расположения ЗГМО и склада стройматериалов, значения концентрации бенз/а/пирена составили от 40 до 60 (2 -3 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 составило от 18 до 35 нг/г (0,9 – 1,7 ПДК), что позволяет отнести их к «слабой» категории загрязнения. Максимальные содержания бенз/а/пирена в почве на территории пос. Пирамида составили 850-1800 нг/г (42 - 90 ПДК), а также высокие значения содержания бенз/а/пирена наблюдались в нижнем слое почвы, отобранной в районе порта – 104 нг/г (5,2 ПДК), следовательно, почвы этого района классифицируются как «очень сильно загрязненные». В нижнем слое почвы, отобранной в западной части пос. Пирамида, содержание бенз/а/пирена составило от 55 нг/г (2,75 ПДК), следовательно, в этом районе наблюдается «сильное» загрязнение почвы бенз/а/пиреном. Район отвалов пос. Пирамида можно охарактеризовать «слабой» категорией загрязнения, так как содержание бенз/а/пирена в почвах достигало 22 нг/г (1,1 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 была зафиксирована в районе мыса Дрессельхус, и достигала величины 20 мкг/г (10 ПДК), при средней концентрации мышьяка на всей обследованной территории, включая фоновый полигон, равной 12 мкг/г (6 ПДК), следовательно, почвы пос. Баренцбург и его окрестностей относятся к «очень сильно загрязненным». В районе пос. Пирамида максимальная концентрация мышьяка в почве была выявлена на территории поселка возле здания дома культуры и в районе оз. Голубое и составила 7,0 мкг/г (3,50 ПДК), при средней концентрации мышьяка на всей обследованной территории 4,6 мкг/г (2,3 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:

- в западной части поселка Пирамида возле здания дома культуры – **чрезвычайно опасным уровнем загрязнения почв** по содержанию суммарных ПХБ, нефтяных углеводородов, суммарному содержанию полихлорированных бифенилов (в том числе бенз/а/пирена) и мышьяка;
- в районе расположения консульства в пос. Баренцбург – **опасным уровнем загрязнения почв** по содержанию бенз/а/пирена и суммарных ПАУ, суммарному содержанию ПХБ и по концентрации мышьяка и свинца;
- в районе склада стройматериалов и возле вертолетной площадки в районе пос. Баренцбург – **умеренно опасным уровнем загрязнения** по содержанию нефтяных углеводородов, суммарному содержанию полихлорированных бифенилов, суммарному содержанию ПАУ, концентрации бенз/а/пирена и мышьяка;
- на остальной территории – **допустимым уровнем загрязнения** по общему содержанию нефтяных углеводородов, суммарному содержанию ПХБ, суммарному содержанию ПАУ, бенз/а/пирена, марганца, меди, свинца и мышьяка.

Сопоставление с характером многолетнего загрязнения почвенного покрова за 2015-2019 гг. показывает колебания загрязнения почвы в окрестностях пос. Баренцбург при росте загрязненности почв на фоновых территориях и на территории поселка в последние годы (рис. 4.58).

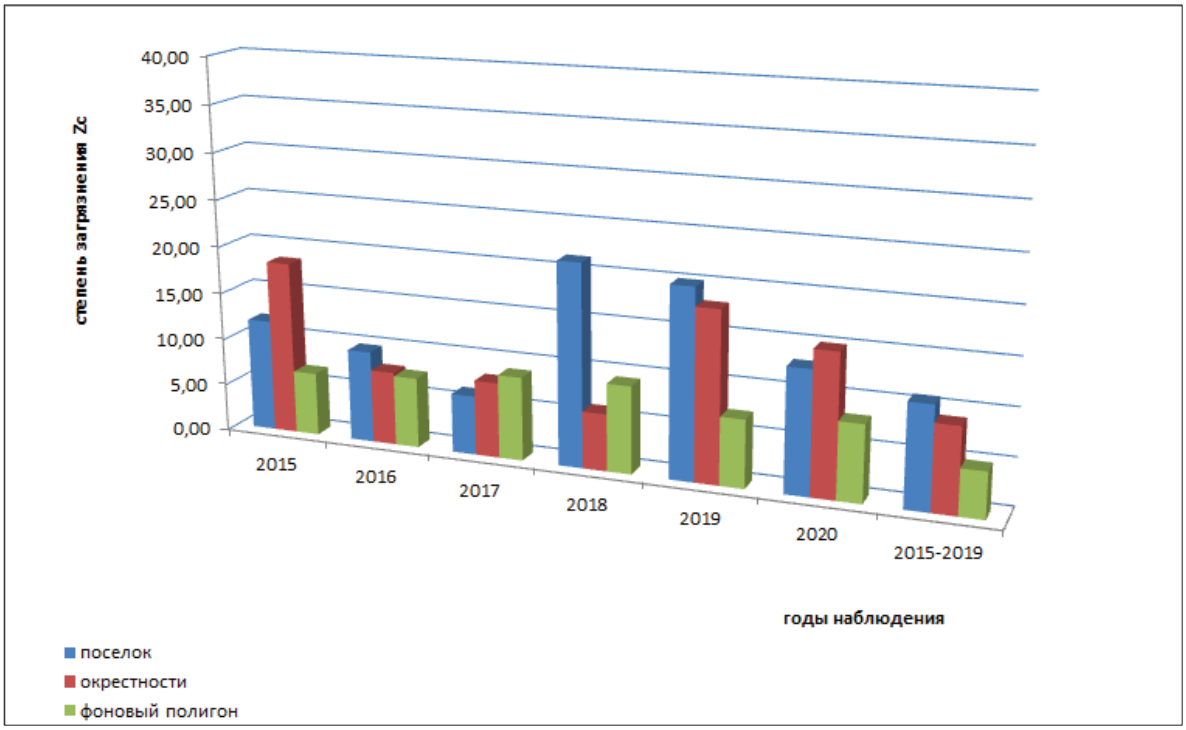


Рис. 4.58. Межгодовая изменчивость суммарного показателя химического загрязнения Zc в районе пос. Баренцбург, его окрестностях и фоновых территориях в период 2015-2020 гг.

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 образцах, отобранных в районе расположения свалки бытовых отходов, а для сосудистых растений – в образцах, отобранных в районе расположения ЗГМО. Максимальное суммарное содержание ПАУ в районе пос. Пирамида для мхов было отмечено в образцах, отобранных в районе порта, а для сосудистых растений – в образцах, отобранных на территории пос. Пирамида в районе расположения дом культуры.

Наибольшие значения содержания суммы ХОС во мхах и сосудистых растениях в районе пос. Баренцбург были отмечены для образцов, отобранных в районе расположения консульства, а также в районе расположения ЗГМО по содержанию ДДТ во мхах и сосудистых растениях, и в районе озера Биенд-Стемме по содержанию хлорбензолов во мхах. В районе пос. Пирамида наибольшие суммарные концентрации ДДТ для мхов и сосудистых растений были отмечены в образцах, отобранных в районе расположения дома культуры. В районе порта были отмечены наибольшие суммарные концентрации хлорбензолов и ПХБ для мхов. Для сосудистых растений наибольшие суммарные концентрации хлорбензолов наблюдались в западной части поселка, ПХБ – в образцах, отобранных в окрестностях оз. Голубое.

В образцах растительности, как в образцах мха, так и в сосудистых растениях, отобранных в районе поселков Баренцбург и Пирамида, были зафиксированы все определяемые тяжелые металлы. 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 повышенные 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 7,2 раза в пос. Баренцбург и в 16 раз в пос. Пирамида, свинца – в 5,1 и 8 раз, железа – в 6,6 и 5,8 раза. Суммарное содержание ПАУ во мхах превышало значение в сосудистых растениях в среднем в 5 раз в пос. Баренцбург и 1,5 раза в пос. Пирамида, сумма ПХБ – в 2,7 и 1,5 раза соответственно, хлорбензолов – в 2 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 превысила значения, характерные для Арктических тундр, в 3 раза, а в образцах сосудистых растений – в 1,5 раза. На участках фонового мониторинга среднее содержание суммарных ПХБ во мхах превысило фоновые значения в 4,1 раза, в образцах сосудистых растений – в 1,2 раза. В образцах мхов, отобранных на территории пос. Баренцбург и его окрестностей, среднее содержание ПХБ превысило фоновые в 8,6 раза, в образцах сосудистых растений – в 4,3 раза. Максимальные значения ПХБ наблюдались в пробах растительности, отобранных в районе расположения консульства.

Среднее содержание суммы хлорбензолов в пробах, отобранных на участках фонового мониторинга, превысило значения, характерные для фоновых районов Арктики, в 3,8 раза для мхов и в 2 раза для сосудистых растений. В пробах мхов и сосудистых растений, отобранных в районе пос. Баренцбург и его окрестностей, среднее содержание суммы хлорбензолов превысило фоновые значения в 2,2 раза. Максимальные суммы хлорбензолов наблюдались в пробах растительности, отобранных в районе оз. Биенда-Стемме, для мхов и в районе консульства для сосудистых растений.

Средние значения суммы ДДТ в образцах, отобранных на участках фонового мониторинга, превысили фоновые 1,5 раза для сосудистых растений и не превысили для мхов. Максимальные суммы ДДТ наблюдались в пробах растительности, отобранных в районе расположения ЗГМО.

Уровни содержания ПАУ, а также тяжелых металлов (ртути, свинца и кадмия) в образцах растительности обследованной территории были выше фоновых значений, характерных для других районов Арктики. В образцах мхов, отобранных на участках фонового мониторинга, среднее содержание суммарных ПАУ превысило фоновые значения в 2,5 раза, в образцах сосудистых растений – в 6 раз. На территории пос. Баренцбург и его окрестностей среднее содержание ПАУ во мхах превысило фоновые в 10 раз, в образцах сосудистых растений – в 4,0 раза. Максимальные значения ПАУ наблюдались в пробах растительности, отобранных в районе свалки бытовых отходов и ЗГМО.

Среднее содержание свинца в пробах на участках фонового мониторинга, превысило значения, характерные для фоновых районов Арктики, в 1,3 раза для мхов и в 60 раз для сосудистых растений. В пробах мхов, отобранных в районе пос. Баренцбург и его окрестностей, среднее содержание свинца превысило фоновые значения в 1,5 раза, в образцах сосудистых растений – в 50 раза. Максимальные концентрации свинца наблюдались в пробах растительности, отобранных 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 превысило фоновые в 1,4 раза. В образцах мхов, отобранных на участках фонового мониторинга, а также во всех пробах сосудистых растений не было зафиксировано превышений содержания ртути относительно значений, характерных для фоновых районов Арктики.

Средние концентрации кадмия в образцах, отобранных вне поселка Баренцбург, превысили значения характерные для фоновых районов Арктики в 5 раз для мхов. В пробах мхов и сосудистых растений, отобранных в районе пос. Баренцбург и его окрестностей, среднее содержание кадмия превысило фоновые значения в 1,5 раза.

Уровни содержания сумм ГХГЦ и ПХЦД в пробах растительности, отобранных в районе пос. Баренцбург, не превышали фоновые значения, характерные для арктических регионов.

В пробах растительного покрова, отобранных в районе порта пос. Пирамида, содержание суммарных ПАУ превысили значения, характерные для фоновых районов Арктики, в 1,2 раза, а в образцах сосудистых растений не превышали. На территории пос. Пирамида и его окрестностей среднее содержание ПАУ во мхах превысили фоновые в 3,2 раза, в образцах сосудистых растений – в 4,1 раза. Максимальные значения ПАУ наблюдались в пробах растительности, отобранных в районе порта.

Уровни содержания ртути, кадмия, а также сумм полихлорбензолов, ГХГЦ и ПХЦД в пробах растительности, отобранных в районе пос. Пирамида, не превышали фоновые значения, характерные для арктических регионов.

Таким образом, можно отметить, что доминирующими группами загрязняющих веществ в растительном покрове исследуемого района являются ПАУ и хлорорганические соединения. В отдельных районах отбора были отмечены и значительные превышения фоновых уровней и по содержанию тяжелых металлов.

Многолетние наблюдения за характером загрязненности растительного покрова, выполненные в период 2016-2020 гг., показали, что доминирующими группами загрязняющих веществ являются хлорорганические соединения (ПХБ, ХБ и ДДТ), а также ПАУ. Из тяжелых металлов выделяется содержание свинца.

Заключение

Подразделениями Росгидромета в 2020 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.

2020 г. в России был необычайно теплым: максимальные значения в целом по РФ за все время наблюдений отмечены не только для среднегодовой температуры, но и для всех сезонов, кроме лета. Осредненная по территории России среднегодовая аномалия температуры воздуха (отклонение от среднего за 1961-1990 гг.) составила +3.22ºС – это более чем на 1 градус выше предыдущего максимума в 2007 г.

В целом по России осадки составили в 2020 г. 106% нормы. Значительный избыток осадков наблюдался в СФО: выпало 118% нормы – максимальная величина в ранжированном по убыванию ряду данных с 1936 г. Дефицит осадков наблюдался на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 71% нормы осадков – минимальная величина в ряду; в ЮФО и СКФО осадки были ниже нормы во все сезоны), а также на северо-востоке РФ.

В 2020 г. на территории РФ было отмечено 1000 опасных гидрометеорологических явлений, включая агрометеорологические и гидрологические (на 97 явлений больше, чем в 2019 г.). Из всех ОЯ, наблюдавшихся в 2020 г., 372 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, наводнения, чрезвычайная пожарная опасность сохранялась в ряде регионов на протяжении нескольких месяцев.

Водные ресурсы Российской Федерации в 2020 г. составили 4565,0 км^3, а водность рек превысила норму на 8,1%. На реках Северо-Западного, Приволжского, Южного, Уральского и Дальневосточного федеральных округов наблюдалась повышенная водность, в Сибирском и Центральном федеральных округах – близкая к норме. В Северо-Кавказском федеральном округе объем водных ресурсов был ниже среднемноголетних значений.

Выбросы парниковых газов (ПГ) 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 ПГ в Российской Федерации (без учета сектора землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство (ЗИЗЛХ)) сократился по отношению к предыдущему году на 0,7% на фоне роста ВВП на 2,0%. 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 2019 г. 25,2% выбросов, происходящих в других секторах. По сравнению с 1990 г. – базовым годом по обязательствам Российской Федерации согласно РКИК ООН, совокупный выброс ПГ значительно снизился - на 48,7% с учетом сектора ЗИЗЛХ, и на 32,9% – без учета этого сектора.

По результатам фонового мониторинга большую часть территории страны по физико-химическим и химическим показателям загрязнения атмосферного воздуха, осадков, почв, поверхностных вод в соответствии с отечественными и зарубежными нормативами качества можно отнести к чистым территориям.

Анализ всей совокупности данных наблюдений показал, что в последние 10 лет радиационная обстановка на территории Российской Федерации была спокойной и в 2020 г. по сравнению с 2019 г. существенно не изменилась.

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

В 2020 г. качество атмосферного воздуха в городах Российской Федерации (по отдельным показателям) сохранилось неудовлетворительным. В 134 городах с населением 52,6 млн. жителей средняя за год концентрация какого-либо загрязняющего вещества превышала 1 ПДК. В 54 городах средние за год концентрации бенз(а)пирена, поступающего в атмосферу при сгорании топлива, превысили 1 ПДК. В 50 городах (28%) максимальные из среднемесячных (среднесуточных) концентрации бенз(а)пирена превысили 5 ПДК. В 34 городах (15% городов) с населением 9,6 млн. человек качество атмосферного воздуха характеризовалось высоким или очень высоким уровнем загрязнения, из них 20 городов расположены в Сибирском федеральном округе. В 37 городах с населением 13,7 млн. человек были зарегистрированы максимальные концентрации загрязняющих веществ, превышающие 10 ПДК, за год было отмечено 334 случая превышения 10 ПДК загрязняющих веществ. В Приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения в 2020 г. включено 15 городов с населением 1,8 млн. жителей.

В 2020 г. впервые за всю 130-летнюю историю регулярных метеонаблюдений в Сибирском федеральном округе прежние рекорды среднегодовой температуры были превышены сразу на 1,5°С. Завершившаяся зима 2019–2020 гг. стала аномально теплой, что позволило частично снизить нагрузку на отопительную систему городов и привело к снижению

уровня загрязнения атмосферного воздуха, в первую очередь бенз(а)пиреном. В связи с чем, в Приоритетный список в 2020 г. не были включены 5 городов, расположенных на территории Сибирского федерального округа — Абакан (Республика Хакасия), Братск и Иркутск (Иркутская обл.), Лесосибирск (Красноярский край) и Новокузнецк (Кемеровская обл.).

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.

Результаты наблюдений с 2011 по 2020 гг. показали, что к опасной категории загрязнения почв металлами относятся 4% обследованных населенных пунктов, к умеренно опасной – 10%. К опасной категории хронически загрязненных относятся почвы Иркутской и Свердловской областей, Республики Северная Осетия-Алания и Красноярского края. К умеренно-опасной категории загрязнения отнесены почвы в 10 субъектах: в Иркутской, Кировской, Нижегородской, Новосибирской, Оренбургской, Свердловской и Томской областях, в Республике Башкортостан, Удмуртской Республике и Приморском крае.

Результаты выполненных в 2020 г. на территориях 39 субъектов РФ выборочных обследований почв сельскохозяйственного назначения, отдельных лесных массивов, зон отдыха на содержание в них остаточных количеств пестицидов показали, что на территориях 12 субъектов РФ есть участки, почва которых загрязнена пестицидами выше установленных гигиенических нормативов. Помимо ДДТ и его метаболитов, вклад в загрязнение почв вносили суммы изомеров ГХЦГ, ГХБ, ПХБ, далапон и 2,4-Д. Как и ранее, выявленная площадь загрязнения суммарным ДДТ наибольшая по сравнению с другими определяемыми пестицидами.

Качество воды основных рек страны, их притоков мало изменяется в XXI веке. Наиболее загрязненной из крупных рек, также как и в предыдущие годы, остается Волга и реки ее бассейна. От 30 до 50% створов рек, где в последние годы была полностью выполнена программа наблюдений, и можно было определить класс качества, характеризуются «загрязненными» водами, а с учетом створов, где воды характеризуются как «грязные» и «экстремально грязные», процент створов с неудовлетворительным качеством воды составит от 70 до 100%.

В 2020 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 9 регионах: Свердловской, Мурманской, Московской, Нижегородской, Кировской, Иркутской, Смоленской, Челябинской и Курганской областях, что в совокупности составило 66% случаев ВЗ и ЭВЗ в стране. Всего в 2020 г. было зарегистрировано 2783 случая ЭВЗ и ВЗ по 35 загрязняющим веществам и 6 показателям качества воды.

Как и в предыдущие годы, наиболее распространенными загрязняющими веществами в водных объектах на границе РФ являлись органические вещества и соединения металлов (железо, медь, марганец), а наиболее загрязненными оставались участки рек на границе с Норвегией, Украиной, Казахстаном и Китаем.

В целом, за период 2016–2020 гг. на территорию Российской Федерации поступило максимальное количество органических веществ со стоком р. Вуокса; главных ионов, кремния, минерального азота, общего фосфора, соединений меди, цинка, хрома и фенолов, Σ ДДТ и Σ ГХЦГ – со стоком р. Иртыш, общего фосфора – со стоком р. Северский Донец, соединений железа – со стоком р. Раздольная, соединений никеля – со стоком р. Ишим.

В 2020 г. все морские районы, где проводятся наблюдения, могут быть разделены на следующие группы по качеству вод: чистые воды – прибрежные воды городов Темрюк, Ялта, Анапа, Новороссийск, Геленджик, Туапсе, Сочи, глубоководная восточная часть Финского залива, Копорская губа, Лужская губа, залив Кандалакша (без учета ЭВЗ); умеренно загрязненные – Северный Каспий (разрез III, IIIa), взморье р. Терек, прибрежные воды городов Лопатин, Каспийск, Таганрогский залив, мелководная восточная часть Финского залива, торговый порт Мурманск, Авачинская губа, Амурский, Уссурийский заливы, залив Находка, Татарский пролив; загрязненные - бухта Золотой Рог, взморье р. Сулак, устье р. Дон, курортный район мелководной восточной части Финского залива; грязные воды – воды Невской губы.

Наблюдения, проведенные в 2020 г., так же как и в предыдущие периоды показали, что состояние биоценозов в пресноводных и морских акваториях России сохраняется на стабильном уровне, кардинальных изменений в таксономическом составе и структуре сообществ не выявлено.

Анализ данных, полученных в результате регулярных наблюдений за загрязнением окружающей среды Российской Федерации в 2020 г., свидетельствует, что на ряде территорий и акваторий страны по-прежнему сохраняются повышенные уровни загрязнения.

Реализация федеральных проектов «Чистый воздух», «Чистая страна», «Оздоровление Волги», «Сохранение озера Байкал», и др. национального проекта «Экология», направленных на достижение определенных Указом Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 национальных целей развития Российской Федерации на период до 2030 г., в том числе сокращение выбросов загрязняющих веществ в 2 раза, ликвидацию наиболее опасных объектов накопленного вреда окружающей среде и экологическое оздоровление водных объектов, должна способствовать снижению уровней загрязнения окружающей среды в Российской Федерации.

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.
	УНСГ Росгидромета	Жемчугова Т.Р.
1.3.	ФГБУ «ИГКЭ»	Бардин М.Ю., Ранькова Э.Я., Платова Т.В., Самохина О.Ф., Антипина У.И.
1.4.	ФГБУ «ИГКЭ»	Бардин М.Ю., Ранькова Э.Я., Платова Т.В., Самохина О.Ф.
1.5.	ФГБУ «Гидрометцентр России»	Симонов Ю.А., Сидоренков Н.С.
	ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»	Коршунова Н.Н.
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., Вертянкина В.Ю., Гинзбург В.А., Говор И.Л., Грабар В.А., Григурина Т.В., Имшенник Е.В., Карабань Р.Т., Коротков В.Н., Лытов В.М., Полумиева П.Д., Попов Н.В., Трунов А.А.
2.2.2.	ФГБУ «ГГО»	Парамонова Н.Н., Привалов В.И., Ивахов В.М.
2.3.1.		Русина Е.Н., Боброва В.К.
2.3.2.		Соколенко Л.Г., Зайнетдинов Б.Г.
2.3.3.	ФГБУ «ЦАО»	Вязанкин А.С., Цветкова Н.Д., Банкова Т.В, Варгин П.Н., Лукьянов А.Н., Юшков В.А.
2.3.3.1.	ФГБУ «ГГО»	Соломатникова А.А., Волохина Д.Ю., Жукова М.П.
2.3.4.	ФГБУ «ИГКЭ»	Парамонов С.Г., Конькова Е.С., Галушин Д.А.
2.3.5.-2.3.6.	ФГБУ «ГГО»	Першина Н.А., Павлова М.Т., Семенец Е.С., Полищук А.И., 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., Пастухов Б.В., Позднякова Е.А.
2.3.8.		Брускина И.М., Громов С.А., Александрова М.С., Иванов В.А., Козлова Е.Н.
2.3.9.		Громов С.А., Жигачева Е.С., Рычкова А.А.
	ФГБУН «ИГРАН»	Трифонова-Яковлева А.М.
	ФГБУ «ЛИН СО РАН»	Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Нецветаева О.Г.
2.4.1.	ФГБУ «ИГКЭ»	Парамонова Т.А., Черногаева Г.М.
2.4.2.	ФГБУ «НПО «Тайфун»	Павлова Н.Н., Лукьянова Н.Н.
2.5.	ФГБУ «ИГКЭ»	Парамонов С.Г., Бурцева Л.В., Алехина М.А., 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»	Романюк О.Л., Лобченко Е.Е., Емельянова В.П., Ничипорова И.П., Лямперт Н.А., Первышева О.А., Оленникова Н.Н., Давыдова Н.И., Купряхина Е.М.
	ФГБУ «ИГКЭ»	Черногаева Г.М., Журавлева Л.Р.
3.3.2.		Потютко О.М., Лазарева Г.А., Никонорова Д.В., Гусева Т.А., Лукашина Л.С.
3.3.3.		Жадановская Е.А.
3.3.4.	ФГБУ «ГХИ»	Даниленко А.О., Матвеева Н.П., Якунина О.В., Сазонов А.Д.
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.

РАЗДЕЛ 4

4.1.	ФГБУ «Центральное УГМС»	Фурсов Н.А., Плешакова Г.В., Стукалова Е.Г., Маркина О.Д., Костогладова Н.Н., Чеховской П.Ю.
	ФГБУ «ИГКЭ»	Малеванов Ю.А., Галушин Д.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., Потютко О.М.
	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., Волохина Д.Ю., Жукова М.П., Першина Н.А., Павлова М.Т., Семенец Е.С., Полищук А.И., 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., Оленникова 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., Соломонова Е.А.
	ФГБУ «ГОИН»	Коршенко А.Н.

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 2020 ГОД

© Росгидромет, 2021 г.

Подписано в печать 26.07.2021.
Формат 60x90/8. Бумага офсетная. Гарнитура Trebuchet MS.
Уч.-изд. 19,32 л. Усл.-печ. 23,56 л. Заказ № 2838.3. Тираж 450.

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