ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)

Обзор

состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации

2021

Москва 2022

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)

О Б З О Р

СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЗА 2021 ГОД

МОСКВА
2022

УДК 504.5:502.2(470+571)(058)«2021»
ISBN

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

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

В Обзоре рассматриваются состояние и загрязнение окружающей среды на территории Российской Федерации за 2021 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» и его Северо-Западный филиал, 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 (ФГБУ "ААНИИ")», а также ФГБУ «Центральное УГМС».

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

Обзор предназначен для широкой общественности, ученых и практиков природоохранной сферы деятельности. С Обзором можно ознакомиться на сайте Росгидромета https://www.meteorf.gov.ru/product/infomaterials/90/ и на сайте ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля» http://downloads.igce.ru/publications/reviews/review2021.pdf.

Дизайн обложки Д. Черногаев

© Росгидромет, 2022 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 18

2. Оценка антропогенного влияния на климатическую систему и состояние окружающей среды 26
2.1. Характеристика государственной сети наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды 26
2.2. Оценка антропогенного влияния на климатическую систему 28
2.2.1. Эмиссия парниковых газов 28
2.2.2. Содержание CO_2 и CH_4 в атмосфере 29
2.3. Оценка состояния и загрязнения атмосферы 31
2.3.1. Оптическая плотность и прозрачность атмосферы 31
2.3.2. Электрические характеристики приземного слоя атмосферы 34
2.3.3. Состояние озонового слоя над Россией и прилегающими территориями 36
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 42
2.3.6. Кислотность и химический состав атмосферных осадков 48
2.3.6.1. Загрязнение и закисление снежного покрова в регионах Российской Федерации ... 52
2.3.7. Фоновое загрязнение атмосферных осадков (по данным сети СКФМ) 55
2.3.8. Загрязнение воздуха и осадков по данным станций ЕМЕП 57
2.3.9. Загрязнение воздуха и осадков по данным станций ЕАНЕТ 59
2.4. Содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности 61
2.4.1. Содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности (по данным сети СКФМ) 61
2.4.2. Фоновые массовые доли химических веществ в почвах в региональном аспекте 64
2.5. Фоновое загрязнение поверхностных вод (по данным сети СКФМ) 67
2.6. Радиационная обстановка на территории России 68
2.6.1. Радиоактивное загрязнение приземного слоя воздуха 68
2.6.2. Радиоактивное загрязнение поверхностных вод 70
2.6.3. Радиационная обстановка на территории федеральных округов 70

3. Загрязнение окружающей среды регионов России 72
3.1. Загрязнение атмосферного воздуха населенных пунктов 72
3.1.1. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха 72
3.1.2. Тенденции изменений загрязнения атмосферного воздуха 73
3.1.3. Общая оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах 76
3.1.4. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха на территориях субъектов и федеральных округов Российской Федерации 81
3.1.5. Загрязнение атмосферного воздуха в городах-участниках Федерального проекта «Чистый воздух» Национального проекта «Экология» 83
3.2. Загрязнение почвенного покрова 86

3.2.1. Загрязнение почв токсикантами промышленного происхождения 86
3.2.2. Загрязнение почв остаточными количествами пестицидов..... 92
3.3. Загрязнение поверхностных вод 97
3.3.1. Качество поверхностных вод по гидрохимическим показателям 97
на территориях субъектов и федеральных округов Российской Федерации 97
3.3.2. Гидробиологическая оценка состояния пресноводных объектов 120
3.3.3. Водные объекты с наибольшими уровнями загрязнения, аварийные ситуации 122
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 144

4. Комплексная оценка состояния окружающей среды отдельных регионов и природных территорий 150
4.1. Московский регион 150
4.1.1. Загрязнение атмосферного воздуха 150
4.1.2. Загрязнение почвенного покрова.....151
4.1.3. Загрязнение поверхностных вод.....151
4.1.4. Характеристика радиационной обстановки 155
4.2. Озеро Байкал 156
4.2.1. Поступление химических веществ из атмосферы 156
4.2.2. Гидрохимические наблюдения за качеством поверхностных вод 159
4.2.3. Состояние донных отложений.....161
4.2.4. Гидробиологические наблюдения на озере 163
4.2.5. Характеристика выноса загрязняющих веществ с водным стоком основных притоков оз. Байкал 165
4.3. Арктическая зона Российской Федерации 173
4.3.1. Особенности климатического режима года 175
4.3.2. Комплексная оценка состояния и загрязнения окружающей среды в Арктической зоне РФ 182
4.4. Комплексные исследования загрязнения окружающей среды в районе пос. Баренцбург и прилегающих территорий.....208

Заключение 215

Список ежегодных Обзоров загрязнения природных сред, издаваемых НИУ Росгидромета 218

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

2021 г. соответствовал началу роста нового 25 солнечного цикла в 11-летних циклах солнечной активности, а 2020 г. - фазе минимума между окончанием 24 и началом 25 солнечного цикла. На рис. 1.1 представлены более подробные данные (среднемесячные значения чисел Вольфа) за последние 13 лет (с 2009 по 2021 гг.) и прогноз на 2022-2023 гг.

Рис. 1.1. График изменения среднемесячных значений чисел Вольфа

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

Новый 25 солнечный цикл набирает силу, в 2021 г. на видимом диске Солнца присутствовали группы только этого цикла. По предварительным прогнозам максимум 25 солнечного цикла ожидается в июле 2025 г. Однако по состоянию на 31 декабря 2021 г. 25-й солнечный цикл имел первые признаки того, что он может быть несколько сильнее 24-го цикла.

Солнечная активность

Значения числа Вольфа W, по данным Центра прогнозирования космической погоды в Болдуере, 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 по 2021 гг.) приведены на рис. 1.2.

Рис. 1.2. Гистограмма значений числа Вольфа W и потока радиоизлучения Солнца по оперативным данным за период с 2008-2021 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 ($W > 200$; $F_{10,7} > 200$).

Интегральная солнечная активность в 2021 г. по сравнению с 2020 г. стала значительно выше, особенно к середине 2021 г.

По оперативным данным, получаемым из Центра прогнозирования космической погоды (Boulder), минимальные среднемесячные значения числа Вольфа пришлись на январь – март, май и август 2021 г., минимальные среднемесячные значения потока радиоизлучения на длине волны λ=10,7 см пришлись на февраль, март и май 2021 г. Среднегодовое значение чисел Вольфа в 2021 г. по сравнению с 2020 г. увеличилось в 3,7 раза.

На российском геостационарном гидрометеорологическом космическом аппарате «Электро-Л» №3 установлен гелиогеофизический аппаратурный комплекс, в состав которого входит прибор для измерения рентгеновского излучения (ДИР).

Вспышечная солнечная активность в период с 25 октября по 6 ноября 2021 г. показана на рис. 1.3.

Рис. 1.3. Регистрация рентгеновского излучения, прибор ДИР-Э
(Источник данных: КА «Электро-Л» №3)

В период с 25 октября по 6 ноября прибором ДИР-Э, установленном на КА «Электро-Л» №3 в рентгеновском диапазоне было зарегистрировано: 1 вспышку класса X, 7 вспышек класса M, 81 вспышку класса C, 84 всплеска класса B (рис. 1.3).

По наблюдениям в спектральной линии Hα суммарно за 2021 г. было зарегистрировано: 464 субвспышки, 4 вспышки балла 2 и 31 вспышка балла 1.

В 2021 г. зарегистрировано 707 выбросов корональной массы (CME), среди них 238 корональных выбросов имели компоненту направленную сторону Земли, из которых 119 выбросов были геоэффективными и 62 исчезновения (распада) системы солнечных волокон (DSF).

Состояние магнитного поля Земли

В 2021 г. по данным среднеширотных станций Российской Федерации геомагнитное поле было умеренно возмущенное в течение 2 суток (12 октября и 4 ноября), слабо возмущенное в течение шести суток (20 – 21 марта, 17 апреля, 12 мая, 27 августа и 17 сентября), неустойчивое в течение 24 суток (25 января; 2, 19 – 22 и 24 февраля; 1, 2, 3 и 14 марта; 16 и 18 – 19 апреля; 20 и 27 мая; 14 июля; 2 августа; 19 октября; 2, 3, 6 ноября; 1 и 19 декабря), в остальное время (в течение 333 суток) геомагнитное поле менялось от спокойного до очень спокойного (оценка по ApMos).

Основными источниками магнитных бурь (69 бурь) в 2021 г. были выбросы корональной массы и корональные дыры, некоторые из которых существовали на видимом диске Солнца ни один оборот. Повышение магнитной активности, связанное с магнитной бурей (сентябрь-ноябрь) привело к нарушению радиосвязи, проявлению полярных сияний в авроральной зоне. В высоких широтах наблюдались полярные сияния, некоторые из которых приведены на рис. 1.4.

Рис. 1.4. Примеры наблюдения полярных сияний в разных регионах арктической зоны в период с сентября по ноябрь 2021 г.
Источник данных: http://www.spaceweather.com/archive.php

Радиационная обстановка в околоземном космическом пространстве

В течение 2021 г. трижды было зарегистрировано вторжение потоков протонов в околоземное космическое пространство (ОКП): 29 – 30 мая, 28 – 31 октября и 3 ноября.

В 2021 г. суммарная продолжительность слабо возмущенного состояния радиационной обстановки в ОКП и на трассах полетов пилотируемых космических аппаратов составила трое суток, в остальное время радиационная обстановка оценивалась как невозмущенная, а потоки протонов регистрировались на уровне фоновых значений.

Состояние ионосферы Земли

В 2021 г. экстремально отрицательных и положительных отклонений критических частот слоя F2 от медианных значений не было зарегистрировано.

По сведениям, полученным от постоянных потребителей радиопрогнозов Мурманского региона в 2021 г. практическое ухудшение условий радиосвязи в КВ-диапазоне из-за магнитных возмущений отмечалось в течение 125 суток (34,2% времени года), более всего в феврале (16 суток), марте (19 суток), ноябре (17 суток) и феврале (16 суток).

Гелиогеофизическая служба в 2021 г. выпустила 376 предупреждений о неблагоприятных и опасных гелиогеофизических условиях, что в 2,4 раза больше, чем в 2020 г.

Учитывая продолжающийся рост внимания Всемирной метеорологической организации (WMO) к поискам связи солнечной активности с климатом, аномальный по уровню активности период 24 солнечного цикла и начавшийся новый 25 солнечный цикл могут стать важными источниками пополнения базы данных для этих исследований.

1.2. Опасные гидрометеорологические явления

По данным Росгидромета в 2021 г. в целом на территории Российской Федерации было зарегистрировано 1205 опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ), включая агрометеорологические и гидрологические (в 2020 г. – 1000 случаев). Из всех ОЯ, наблюдавшихся в 2021 г., 417 нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения (в 2020 г. - 372 явления). Оперативно-прогностическими подразделениями Росгидромета была проведена эффективная работа по своевременному и качественному прогнозированию опасных явлений и заблаговременному доведению информации до потребителей. Предупрежденность ОЯ, нанесших ущерб, составила 96,6% (в 2020 г. – 94,4%). В целом в 2021 г. было выпущено 2833 штормовых предупреждения, оправдываемость которых составила 96,8%.

На рис. 1.5 приведены данные Росгидромета за 1996–2021 гг. о динамике количества опасных гидрометеорологических явлений (включая гидрологические и агрометеорологические явления), которые нанесли

значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения (общее число и количество непредусмотренных ОЯ). Число непредусмотренных ОЯ в 2021 г. составило 14.

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

В 2021 г. на территории России было зарегистрировано 612 случаев возникновения метеорологических (ОЯ) и комплексов метеорологических явлений (КМЯ), что на 30% больше прошлогодних значений (рис. 1.6). Высокой была повторяемость сильных осадков, сильного ветра, КМЯ и заморозков (142, 134, 85 и 64 случаев соответственно), что составило более 65% от всех опасных метеорологических явлений. КМЯ по своим параметрам не достигали критериев ОЯ, но в значительной степени затрудняли хозяйственную деятельность регионов.

Рис. 1.6. Распределение метеорологических ОЯ по годам

Распределение метеорологических ОЯ по федеральным округам представлено в таблице 1.1. Наибольший ущерб нанесли сильные осадки (снег, дождь, ливень), сильный ветер (в том числе шквал), град, а также метели и аномально холодная погода в зимний период, и чрезвычайная пожарная опасность, сохранявшаяся в ряде регионов на протяжении нескольких месяцев в течение мая-октября.

Таблица 1.1. Распределение метеорологических ОЯ в 2021 г. по территории федеральных округов

№	Явления	Федеральные округа								Всего
		СЗФО	ЦФО	ПФО	ЮФО	СКФО	УФО	СФО	ДВФО	
1	Сильный ветер	7	7	13	10	10	11	41	35	134
2	Сильные осадки	7	11	15	24	24	8	26	27	142
3	Метель и снег			1			1		7	9
4	Смерч				3			1		4
5	Сильный мороз	6	4	3	1		6	9	3	32
6	Аномально холодная погода	6	4	6	1		6	2	3	28
7	Сильная жара	3	7	10	6	3	6	2	2	39
8	Аномально жаркая погода	3	5	5	2		5	6	3	29
9	Град		2	3	10	8	2	4		29
10	Сильный гололед	2	1	1	8		1		1	14
11	Заморозки	7	10	12	6	1	12	8	8	64

№	Явления	Федеральные округа								Всего
		СЗФО	ЦФО	ПФО	ЮФО	СКФО	УФО	СФО	ДВФО	
12	Туман			1			1	1		3
13	КМЯ	3	5	7	16	10	1	22	21	85
Всего – 2021 г.		44	56	77	87	56	60	122	110	612
Всего – 2020 г.		37	39	51	73	34	45	120	125	524

Из таблицы 1.1 следует, что в 2021 г. по сравнению с 2020 г. во всех федеральных округах (кроме ДВФО) увеличилось общее количество ОЯ, нанесших материальный и социальный ущерб населению и отраслям экономики.

1.3. Температура воздуха

2021 г. для России в целом занял 15-е место в ранжированном по убыванию ряду среднегодовых температур с 1936 г., аномалия среднегодовой температуры воздуха (отклонение от среднего за 1961-1990 гг.) составила +1.35°С. Температуры выше климатической нормы наблюдались практически на всей территории страны, кроме Чукотки. Доля площади страны с аномалиями более 80-го процентиля составила 54%. На юге Европейской части России (ЕЧР) и Дальневосточного федерального округа (ДФО) отмечались 95%-е экстремумы.

Ход средних годовых и сезонных аномалий температуры, осредненных по территории России, приведен на рис. 1.7. Географические распределения средних годовых и сезонных аномалий температуры 2021 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, 1936–2021 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Показаны также 11 - летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2021 гг. с 95%-й доверительной полосой;
b - коэффициент тренда (°С/10 лет), D - вклад в суммарную дисперсию (%).

Зимой 2020-2021 гг. средняя по России аномалия температуры составила - 0.46°С. Температуры ниже нормы наблюдались в центре и на востоке ЕЧР, в центральных районах Азиатской части России (АЧР), наиболее холодные условия сложились в Западной Сибири (осредненная по региону аномалия составила - 2.38°С).

Температуры выше нормы наблюдались лишь в узких зонах на западе и юге ЕЧР, на юге АЧР, на азиатском побережье Северного Ледовитого океана.

Рис. 1.8. Аномалии средней годовой и сезонных температур приземного воздуха на территории России в 2021 г. (*отклонения от средних за 1961-1990 гг.)* с указанием локализации экстремальных аномалий.
Кружками белого и желтого цвета показаны станции, на которых наблюденная температура оказалась ниже 5-го или выше 95-го процентиля

Таблица 1.2. Средние годовые (январь - декабрь) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха для физико-географических регионов и федеральных округов России в 2021 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*

	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	1.35	*0.76*	-0.46	*1.81*	2.00	*1.20*	**2.00**	*0.34*	1.94	*0.90*
ЕЧР	1.34	*0.96*	-0.16	*2.35*	1.95	*1.45*	**2.92**	*1.01*	0.88	*1.04*
АЧР	1.35	*0.80*	-0.57	*1.86*	2.01	*1.86*	**1.66**	*0.34*	2.33	1.09
Федеральные округа										
Северо-Западный	0.86	*1.19*	-0.91	*2.82*	2.48	*1.62*	**2.41**	*1.22*	0.98	*1.28*
Центральный	1.50	*1.05*	0.77	*2.72*	1.18	*1.69*	**3.42**	*1.21*	1.09	*1.13*
Приволжский	1.70	*1.02*	-0.69	*2.58*	2.16	*1.68*	**3.33**	*1.18*	1.02	*1.27*
Южный	1.83	*0.88*	1.44	*2.08*	1.05	*1.48*	**3.12**	*1.03*	0.39	*1.04*
Северо-Кавказский	1.72	*0.69*	1.83	*1.63*	1.32	*0.99*	**2.84**	*0.78*	0.11	*0.89*
Уральский	0.90	*1.16*	-2.85	*3.09*	3.34	*1.79*	1.47	*1.02*	1.56	*1.65*
Сибирский	1.14	*1.04*	-0.67	*2.53*	1.99	*1.54*	1.02	*0.52*	2.05	*1.61*
Дальневосточный	1.58	*0.71*	0.18	*1.43*	1.70	*1.22*	**2.05**	*0.44*	**2.65**	*0.98*

Весной средняя по Российской Федерации аномалия температуры составила +2.00°С. На большей части территории страны температуры были выше климатической нормы. Аномалии температуры выше +3°С (на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы) были зафиксированы на Южном Урале, в Приморье, на юге Камчатки.

Лето было рекордно теплым: осредненная по Российской Федерации в целом аномалия температуры составила +2.00°С, также рекордная аномалия в АЧР: +1.66°С, а в ЕЧР +2.92°С. На большей части ЕЧР (кроме северо-востока), на юге Западной Сибири, в западных областях Дальневосточного федерального округа (ДФО) (средняя аномалия для округа +2.05°С) отмечались 95%-е экстремумы. Температуры ниже климатической нормы наблюдались на Чукотке (аномалии до -0.9°С). Во все месяцы сезона наблюдались обширные области с экстремальными температурами (в ЕЧР и в ДФО во все месяцы сезона, в Западной Сибири – в августе).

Осенью средняя по Российской Федерации аномалия температуры составила +1.94°С. Положительные аномалии наблюдались всюду на территории страны, кроме крайнего северо-востока страны и предгорий Кавказа. Аномально тепло (на большинстве станций фиксировались 95%-е экстремумы) было в восточной части ДФО (в целом по округу аномалия +2.65°С, станционные аномалии выше +2°С), а также в центре ЕЧР (аномалии около +2°С).

На рис. 1.9 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов температуры воздуха на территории России за 1976-2021 гг. Оценки получены по станционным временным рядам средних годовых и сезонных аномалий температуры методом наименьших квадратов и выражены в градусах за десятилетие (°С/10 лет). В таблице 1.3 приведены тренды регионально-осредненной температуры; значимость оценивалась

с использованием Т-статистики Стьюдента $T^2=(n-2)R^2/(1-R^2)$, где R^2 – доля суммарной дисперсии, учтенная трендом; **n** - длина ряда. Коэффициент тренда является характеристикой средней скорости изменения температуры на рассматриваемом отрезке времени. 1976 г. выбран в качестве условного начала современного потепления.

Рис. 1.9. Распределение коэффициентов линейного тренда среднегодовой и средних сезонных значений температуры приземного воздуха на территории России за период 1976-2021 гг. (в °С/10 лет)

Скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры (линейный тренд) составляет 0.49°С/10 лет (вклад в общую изменчивость 54%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной (0.66°С/10 лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (0.40°С/10 лет: описывает 67% суммарной дисперсии). Среднегодовые температуры растут во всех федеральных округах. Максимум летнего потепления отмечался на юге ЕЧР: (0.74°С /10 лет для Южного федерального округа (ЮФО). Минимум потепления в среднем за год и зимой был отмечен на юге Сибири. Летом и осенью рост температуры на юге Сибири (осенью также в центре) очень слаб. В период с середины 2000-х по 2016 г. наблюдалось определенное убывание осенней температуры (рис. 1.7).

Таблица 1.3. Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха, осредненной за год и по сезонам по территории России, её регионов и федеральных округов за 1976-2021 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	
	D	*b*	*D*	*b*	*D*	*D*	*b*	*D*	*b*	*D*
Россия										
Россия	0.49	54	*0.42*	*11*	0.66	46	0.40	67	0.50	34
ЕЧР	0.53	51	0.64	14	0.46	27	0.50	38	0.53	30
АЧР	0.48	50	*0.34*	*7*	0.73	45	0.37	67	0.50	29
Федеральные округа										
Северо-Западный	0.55	41	*0.77*	*13*	0.49	20	0.42	30	0.55	25
Центральный	0.59	50	0.76	16	0.45	21	0.59	35	0.57	30
Приволжский	0.48	41	*0.49*	*7*	0.47	20	0.44	20	0.53	23
Южный	0.57	52	0.56	16	0.47	25	0.74	53	0.49	24
Северо-Кавказский	0.49	54	0.49	22	0.40	29	0.63	55	0.41	22
Уральский	0.46	27	*0.37*	*3*	0.78	26	0.31	14	*0.38*	*9*
Сибирский	0.42	28	*0.29*	*3*	0.82	39	0.32	39	*0.27*	*6*
Дальневосточный	0.52	62	0.37	16	0.67	42	0.40	62	0.64	49

Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры отмечается на побережье Северного Ледовитого океана, особенно в АЧР (+0.8°С/10 лет - +1.1°С/10 лет на Таймыре и на побережье Восточно-Сибирского моря). Весной и осенью максимум потепления – на побережье Восточно-Сибирского моря, а зимой – на северо-западе ЕЧР. Летом самое быстрое потепление происходит в ЕЧР южнее 55°с. ш.

Весной интенсивное потепление наблюдается в Уральском федеральном округе (УФО) (+0.78°С/10 лет) и Сибирском федеральном округе (СФО) (+0.82°С/10 лет); а также в Дальневосточном федеральном округе (ДФО) весной (+0.67°С/10 лет) и осенью (+0.64°С/10 лет); летом в Южном федеральном округе (ЮФО), Центральном федеральном округе (ЦФО) и Северо-Кавказском федеральном округе (СКФО) (+0.74°С/10 лет и +0.59°С/10 лет и +0.63°С/10 лет). Осенью незначимые тренды отмечаются в Западной Сибири, в Прибайкалье и Забайкалье.

По-прежнему на юге Сибири зимой наблюдается область похолодания, впервые проявившаяся за период 1976-2010 гг. и достигшая максимума за 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. 1.7). В настоящее время незначительное похолодание наблюдается на очень небольшой территории: около -0.2°С/10 лет.

Во все сезоны, не считая зимы, для почти всех регионов тренд потепления значим на уровне 1%. Зимой из-за сильных колебаний масштаба нескольких десятилетий оценки тренда очень неустойчивы. Достаточно холодные условия зимы 2020-2021 гг. привели к уменьшению оценок тренда зимней температуры по сравнению с предыдущим годом, но он остается значимым на уровне 5%.

1.4. Атмосферные осадки

Ход средних годовых и сезонных аномалий осадков, осредненных по территории России, за 1936-2021 гг. приведен на рис. 1.10. На всех временных рядах показаны: 11- летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2021 гг. с 95%-й доверительной полосой. Географические распределения годовых и сезонных аномалий осадков в 2021 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. Регионально осредненные величины и их нормы за период 1961-1990 гг. приведены в таблице 1.4.

Рис. 1.10. Средние годовые и сезонные суммы осадков (мм) осредненные по территории РФ, 1936-2021 гг.
Слева приведена шкала для осадков в мм/год (сезон), справа в % от нормы. Нормы рассчитаны за период 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд приведен за период 1976-2021 гг.; b - коэффициент тренда (% от нормы/10 лет), D - вклад в суммарную дисперсию (%).

В 2021 г. средняя по России годовая сумма осадков составила 107% нормы. Доля площади с избытком осадков составила 23%, с дефицитом осадков – 10%. Значительный избыток осадков наблюдался в Забайкалье (зимой и весной), на юге ЕЧР (в ЮФО: 126% нормы, в СКФО: 132% – максимальная величина в ряду, значительный избыток осадков зимой и летом), в Карелии, в нижнем течении Оби и Енисея. Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на Южном Урале за счет весны и лета, а также в Хабаровском крае.

Из сезонов выделяются избыточные осадки весной: в целом по России выпало 112% нормы (особенно «влажно» в АЧР (112%). Летом наблюдался дефицит осадков: в целом по России выпало 93% нормы – среди трех-четырех самых «сухих» летних сезонов с 1936 г.; особенно «сухие» условия сложились в ПФО (71%). Кроме того, следует выделить экстремально «снежную» зиму в районе Байкала.

Рис. 1.11. Годовые и сезонные осадки на территории России в 2021 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.

Зимой осредненные по территории Российской Федерации осадки составили 114% нормы, по ЕЧР – 115% нормы, по АЧР – 112%. Значительный избыток осадков отмечался в ЕЧР и на юге АЧР, дефицит осадков – на севере. В среднем по СФО осадки составили 148% нормы.

Весной осредненные по территории Российской Федерации осадки составили 122% нормы. В АЧР осадки составили (121%), в ЕЧР (122%). Избыток осадков наблюдался в ДФО (118%), дефицит осадков - на юго-востоке ЕЧР (в ПФО - 87%), на юге Западной Сибири, на Алтае, на востоке Среднесибирского плоскогорья.

Летом осредненные по территории России осадки составили 93%. Дефицит осадков наблюдался в центре и на юго-востоке ЕЧР (в ПФО - 71%, в ЦФО – 76%), а также в центральных областях СФО и ДФО (в Восточной Сибири - 79%). Избыток осадков наблюдался на юге ЕЧР, в ЮФО (136%) и СКФО (142%), в Саянах, в Забайкалье и в бассейне Амура. Во все месяцы сезона наблюдались большие области со значительным дефицитом осадков, особенно в июле и августе.

Осенью осредненные по Российской Федерации осадки составили 109%. Значительный избыток осадков (более 120%) наблюдался на севере СФО, в Забайкалье, дефицит осадков - на Южном Урале, в Западных Саянах, в нижнем течении Амура.

Таблица 1.4. Годовые и сезонные суммы осадков (в % от нормы) для физико-географических регионов и федеральных округов России в 2021 г. и годовые и сезонные нормы за период 1961-1990 гг.

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	осадки в % от нормы	*норма мм/год*	осадки в % от нормы	*норма мм/сезон*	осадки в % от нормы	*норма мм/сезон*	осадки в % от нормы	*норма мм/сезон*	осадки в % от нормы	*норма мм/сезон*
Россия	107	*472*	114	*71*	**122**	*82*	**93**	*193*	109	*126*
Европейская часть России	110	*566*	115	*112*	122	*110*	91	*189*	109	*155*
Азиатская часть России	106	*440*	112	*56*	**121**	*73*	93	*195*	108	*116*

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	осадки в % от нормы	*норма мм/год*	осадки в % от нормы	*норма мм/сезон*	осадки в % от нормы	*норма мм/сезон*	осадки в % от нормы	*норма мм/сезон*	осадки в % от нормы	*норма мм/сезон*
Федеральные округа										
Северо-Западный	111	*575*	106	*105*	162	*103*	96	*198*	116	*169*
Центральный	110	*605*	125	*119*	162	*118*	76	*213*	109	*155*
Приволжский	95	*524*	112	*103*	87	*99*	71	*177*	93	*145*
Южный	**126**	*513*	108	*127*	108	*115*	136	*146*	108	*125*
Северо-Кавказский	**132**	*662*	**148**	*146*	116	*166*	**142**	*185*	140	*165*
Уральский	102	*489*	113	*73*	107	*86*	85	*195*	101	*134*
Сибирский	106	*436*	128	*62*	106	*77*	94	*182*	108	*114*
Дальневосточный	107	*434*	99	*50*	**118**	*68*	95	*201*	110	*114*

На рис. 1.12 представлено пространственное распределение коэффициентов линейных трендов атмосферных осадков на территории России для 2021 г. в целом и для сезонов года. Оценки получены по станционным временным рядам годовых и сезонных аномалий осадков за 1976-2021 гг. в точках расположения станций.

Рис. 1.12. Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда годовых и сезонных сумм атмосферных осадков за 1976-2021 гг. на территории России (% от нормы за 10 лет).

В таблице 1.5 приведены оценки трендов регионально-осредненных осадков; значения приведены в % нормы за десятилетие.

Таблица 1.5. Оценки линейного тренда осредненных за год (январь - декабрь) и по сезонам месячных сумм атмосферных осадков для регионов России за 1976-2021 гг. b, % нормы /10 лет – коэффициент линейного тренда, D% - вклад тренда в дисперсию. *Выделены значения тренда, значимые на 1%-м уровне*

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	B	*D%*	*b*	*D%*	*b*		*B*	*D%*	*b*	*D%*
Россия	2.2	39	3.0	18	5.9	41	0.4	1	1.6	8
Европейская часть России	1.0	4	3.0	11	5.2	22	-1.9	4	-0.2	0
Азиатская часть России	2.6	46	2.8	13	6.3	42	1.2	8	2.6	20
Федеральные округа										
Северо-Западный	3.0	20	5.4	18	4.6	16	1.6	1	1.6	2
Центральный	0.0	0	3.4	5	5.5	11	-4.3	9	-1.1	0
Приволжский	-0.9	1	1.4	1	5.5	10	-4.5	9	-2.6	3
Южный	-0.4	0	0.1	0	5.0	9	-4.1	5	-1.5	1

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	B	*D%*	*b*	*D%*	*b*		*B*	*D%*	*b*	*D%*
Северо-Кавказский	2.0	5	3.0	4	4.6	9	-1.1	0	2.4	2
Уральский	2.1	9	1.0	1	7.7	25	0.8	1	0.4	0
Сибирский	2.8	30	3.5	10	6.1	24	1.9	7	2.1	8
Дальневосточный	2.7	26	2.8	8	5.9	35	0.9	2	3.4	24

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. 1.12 показывает, что выраженный рост годовых осадков наблюдается со второй половины 1980-х гг. Наиболее значительные тренды (таблица 1.5) наблюдаются в СФО (2.8%/10 лет, 30%) и ДФО (2.7%/10 лет, 26%).

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 Российской Федерации наблюдается во все сезоны. Наиболее значительный рост сезонных сумм осадков наблюдается весной (5.9% нормы / 10 лет, вклад в дисперсию 41%). Осадки растут практически везде, особенно в АЧР; местами тренд превышает 10% нормы за десятилетие (на отдельных станциях до 14-17% 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, севере и востоке Средней Сибири, При-и-Забайкалье, 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.

Летом осадки убывают в центральных и южных регионах ЕЧР, особенно в ПФО: -4.5% нормы за десятилетие. Летние осадки убывают также на арктическом побережье АЧР.

Осенние осадки незначительно убывают в центральных районах ЕЧР и Западной Сибири, а также 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 наличие тренда, а возможно, лишь наличие определенной фазы таких колебаний.

1.5. Снежный покров

Первый снег зимой 2020–2021 гг. на большей территории ЕЧР выпал позже среднеклиматических сроков на 5-10 дней, за исключением части Южного и Северо-Кавказского ФО.

На АЧР раньше климатических сроков на 5-15 дней снежный покров появился на юге Сибири и в Забайкалье. На остальной территории АЧР снежный покров установился позже климатических сроков. Особенно значительным сдвиг сроков появления снежного покрова оказался на побережье Таймыра и арктических островах (более 40 дней), что связано с очень теплой погодой в сентябре-октябре.

На большей части страны сход снежного покрова наблюдался в более ранние сроки из-за необычно теплой погоды, которая преобладала в марте и апреле, что привело к быстрому таянию снега. Несмотря на теплую погоду, снежный покров задержался дольше климатических сроков в Нижнем Поволжье, Забайкалье, на юге Хабаровского края, отдельных районах Якутии и Чукотки, что было обусловлено сильными снегопадами, которые прошли в этих районах в феврале-марте.

Продолжительность залегания снежного покрова в среднем по России оказалась значительно меньше климатической нормы (на 8,5 дней) и вошла в десятку наибольших отрицательных значений. На большей части страны были отмечены отрицательные аномалии продолжительности залегания снежного покрова, в особенности на севере (рис. 1.13.а). Положительные аномалии отмечены на юге Средней Сибири и в Забайкалье. Максимальная высота снежного покрова в целом по России была значительно выше нормы на 4,2 см. Заметные отрицательные аномалии были отмечены лишь на севере ЕЧР и в некоторых дальневосточных регионах (рис. 1.13.б).

Рис. 1.13. а) Аномалии числа дней с покрытием снегом более 50% территории вокруг метеорологических станций зимой 2020-2021 гг. (от среднемноголетних значений за период 1971-2000 гг.);
б) Аномалии максимальной высоты снежного покрова зимой 2020-2021 гг. (от средних многолетних значений за период 1971-2000 гг.). *Кружками красного цвета показаны станции, на которых зарегистрирован абсолютный максимум высоты снежного покрова.*

В таблице 1.6 приведены подробные данные о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ Российской Федерации.

Таблица 1.6. Сведения о максимальных запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ Российской Федерации весной 2021 г. (в сравнении с нормой и влагозапасами 2020 г.): *w2020, w2021* – запасы воды в снеге в 2020 и 2021 гг.

№ п/п	Бассейны рек		Запасы воды в снеге				
			норма	*w2020*	*w2021*		
			Мм	мм	мм	% от нормы	% от *w2020*
1	ВОЛГА, в том числе:		113	53	129	114	47
2	до Рыбинского водохранилища		101	11	88	87	11
3	р. Кострома и р. Унжа		124	6	150	121	5
4	р. Москва		93	0	93	100	-
5	р. Ока, включая бассейн р. Москвы		65	0	109	168	-
6	р. Сура		77	10	135	175	13
7	р. Ветлуга		133	38	172	129	29
8	Чебоксарское водохранилище		77	7	123	160	9
9	р. Вятка		148	92	154	104	62
10	Куйбышевское водохранилище		132	53	147	111	40
11	Саратовское водохранилище		87	7	124	143	8
12	Волгоградское водохранилище		57	0	86	151	-
13	р. Кама		179	180	158	88	101
14	р. Белая		137	115	129	94	84
15	ДОН, в том числе:		38	0	47	121	-
16	Хопер		49	0	79	161	-
17	Медведица		47	0	48	102	-
Реки северо-запада							
18	Нарва		47	0	8	17	-
19	Волхов		60	0	34	57	-
Реки севера ЕЧР и Западной Сибири							
20	Северная Двина		121	147	124	102	121
21	Сухона		125	88	128	102	70
22	Вага		124	78	99	80	63
23	Юг		115	119	144	125	103
24	Пинега		101	192	102	101	190
25	Вычегда		139	196	138	99	141
26	Мезень		140	215	123	88	154
27	Верхняя Обь		83	119	118	142	143
28	Тобол		61	50	87	143	82
Реки и водохранилища Сибири							
29	Енисей	(Саяно-Шушенское водохранилище)	118	169	168	142	143
30	Енисей	(Красноярское водохранилище)	120	141	188	157	118
31	Ангара	(оз. Байкал)	79	88	101	128	111
32	Ангара	(Братское водохранилище)	70	79	95	136	113
33	Ангара	(Усть-Илимское водохранилище)	117	142	126	108	121

Примечание: все данные приведены по состоянию на 20 марта 2021 г.

По состоянию на 20 марта 2021 г. запасы воды в снежном покрове в бассейнах Костромы, Унжи, Оки, Москвы-реки, Суры, Ветлуги, Чебоксарского, Саратовского и Волгоградского водохранилищ составили 121-175% нормы, на остальных территориях бассейна Волги – 87-111% нормы. Снегозапасы, сформировавшиеся в бассейне Камы, оказались меньше прошлогодних на 22 мм, в остальных бассейнах – на 14-144 мм больше аналогичных значений 2020 г.

В целом в бассейне Волги запасы воды в снеге составили 114% нормы, что на 76 мм больше прошлогодних значений. В бассейне Дона (выше Цимлянского водохранилища) и Хопра снегозапасы составили 121-161%, в бассейне Медведицы – 102% нормы. Снегозапасы в бассейнах рек севера ЕЧР составили 80-125% нормы. Запасы воды в снеге в бассейнах Северной Двины, Пинеги, Вычегды и Мезеня оказались меньше прошлогодних значений на 23-92 мм; в бассейнах Сухоны, Ваги, и Юга – на 21-40 мм больше прошлогодних значений. На северо-западе, в бассейнах Нарвы и Волхова, снегозапасы составили 17-57% нормы.

В Сибири запасы воды в снеге по состоянию на 20 марта составили 108-157% нормы. Запас воды в снеге в бассейнах Верхней Оби, Саяно-Шушенского и Усть-Илимского водохранилищ был на 1-16 мм меньше аналогичных значений 2020 г.; в бассейнах Тобола, Красноярского, Братского водохранилищ и озера Байкал – на 13-47 мм больше аналогичных значений прошлого года. Значительные запасы (от 110 до 200% месячной нормы) наблюдались на севере, северо-востоке и на юге Республики Саха (Якутия) в бассейнах рек Оленек, Яна, Колыма, в верховьях Лены и в самом верхнем, горном участке реки Алдан. На остальной территории запасы оказались меньше или в пределах средних многолетних значений. Запасы воды в снежном покрове по состоянию на начало весны в верхнем течении Колымы составили от 50 до 90%, в бассейнах рек Охотского побережья Магаданской области – 40-60% от среднемноголетних значений.

1.6. Водные ресурсы

Водные ресурсы Российской Федерации в 2021 г. составили 4495,5 км^3, превысив среднее многолетнее значение на 6,4%. Большая часть этого объёма – 4194,7 км^3 – сформировалась в пределах России, и 300,8 км^3 воды поступило с территорий сопредельных государств.

На реках Сибирского и Дальневосточного федеральных округов (табл. 1.7) наблюдалась повышенная водность, в Северо-Западном, Северо-Кавказском и Уральском федеральных округах – близкая к норме. В Центральном, Приволжском и Южном федеральных округах водные ресурсы были ниже среднемноголетних значений.

Таблица 1.7. Ресурсы речного стока по федеральным округам

Федеральные округа	Площадь территории, тыс. км^2	Среднее многолетнее значение водных ресурсов, км^3/год	Характеристики водных ресурсов 2021 г., км^3/год			
			местный сток	приток	всего	Отклонение от среднего многолетнего значения, %
Северо-Западный	1687,0	569,6	514,9	58,2	573,1	0,6
Центральный	650,2	126,1	95,5	23,2	118,7	-5,9
Приволжский	1037,0	271,3	135,2	105,0	240,2	-11,5
Южный	447,9	288,3	29,9	233,5	263,4	-8,6
Северо-Кавказский	170,4	28,0	27,2	2,0	29,2	4,3
Уральский	1818,5	597,3	379,8	201,6	581,4	-2,7
Сибирский	4361,8	1303,2	1168,3	236,8	1405,1	7,8
Дальневосточный	6952,5	1960,3	1843,9	371,1	2215,0	13,0
Российская Федерация в целом	17125,3	4223,3	4194,7	300,8	4495,5	6,4

Средние многолетние значения водных ресурсов рассчитаны за период 1930-1980 гг. для ЕЧР и за период 1936-1980 гг. для АЧР.

Водные ресурсы бассейнов крупнейших рек России (наблюдённый годовой сток рек) в 2021 г. в большинстве случаев значительно отличались как от средних многолетних значений, так и от значений, имевших место в 2020 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 2021 г., км^3/год	Отклонение от среднего многолетнего значения,%
Северная Двина	357	101,0	87,0	-13,9
Печора	322	129,0	143,0	10,9
Волга	1360	238,0	215,0	-9,7
Дон	422	25,5	11,8	-53,7
Кубань	57,9	13,9	14,0	0,7
Терек	43,2	10,5	10,1	-3,8
Обь	2990	405,0	382,0	-5,7
Енисей	2580	635,0	812,0	27,9
Лена	2490	537,0	591,0	10,1
Колыма	647	131,0	115,0	-12,2
Амур	1855	378,0	570,0	50,8

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

В бассейнах крупнейших рек европейской части Российской Федерации – Северной Двины, Мезени и Печоры – произошло резкое снижение водности по сравнению с 2020 г. Фаза повышенной водности, начавшаяся для Северной Двины и Мезени в 2017 г., завершилась. Что касается Печоры, то для неё фаза высокой водности, начавшаяся в 2014 г., продолжилась, хотя и с относительно низким показателем 10,9% против 43,4% в 2020 г.

Сток Волги упал в 2021 г. до значения ниже нормы на 9,7%, после резкого повышения в 2020 г. до значения, превысившего норму на 23,1%.

В бассейне Дона продолжилась фаза низкой водности, начавшаяся ещё в 2007 г. При этом в 2021 г. существенных изменений водности по сравнению с предыдущим годом не произошло. Сток сохранился намного ниже нормы (соответственно, на 53,7% и на 57,6%).

В бассейнах Кубани и Терека имел место резкий рост водности от весьма низких значений 2020 г. (ниже нормы, соответственно, на 53,5% и 21,3%) до значений, близких к норме. Водность Кубани даже несколько превысила норму, положив конец фазе низкой водности, начавшейся ещё в 2007 г. Водность Терека, не достигла нормы, но, отличаясь от неё всего на 3,8%, продолжила девятилетний ряд значений, близких к норме, прерванный низководным 2020 г.

В бассейне одной из крупнейших рек Сибири – Оби – завершилась фаза повышенной водности, начавшаяся в 2014 г. Сток реки был ниже нормы на 5,7%.

В бассейнах двух других крупнейших сибирских рек – Енисея и Лены – продолжился рост водности, начавшийся, соответственно, в 2019 и в 2020 гг. При этом рост стока Енисея был весьма резким – до 27,9% над нормой против 8,7% в 2020 г. Рост стока Лены, напротив, был довольно слабым: превышение нормы составило всего 10,1% против 8,8%.

В бассейне Колымы продолжилась фаза пониженной водности, начавшаяся в 2020 г. При этом водность Колымы дополнительно снизилась по сравнению с 2020 г. до значения ниже нормы на 12,2% от значения ниже нормы на 3,1%.

В бассейне крупнейшей реки Дальнего Востока – Амура – в 2021 г. продолжилась фаза высокой водности, начавшаяся в 2019 г. резким ростом стока до 41,5% над нормой от значения, близкого к норме. В 2021 г. сток превысил норму уже на 50,8% после некоторого снижения в 2020 г., когда превышение составило 25,1%.

Водные ресурсы субъектов Российской Федерации в 2021 г. (табл. 1.9) также в большинстве случаев существенно отличались от средних многолетних значений и от значений, имевших место в 2020 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 2021 г., км^3/год			
			местный сток	приток	всего	Отклонение от среднего многолетнего значения, %
Северо-Западный федеральный округ						
Республики						
Карелия	180,5	56,0	60,2	3,5	63,7	13,8
Коми	416,8	164,8	155,8	14,6	170,4	3,4
Области						
Архангельская, в том числе	589,9	354,9	151,1	198,0	349,1	-1,6
Ненецкий АО	176,8	204,8	58,7	156,7	215,4	5,2
Вологодская	144,5	47,7	42,6	9,8	52,4	9,9
Калининградская	15,1	22,4	1,1	17,5	18,6	-17,0
Ленинградская	83,9	82,1	20,6	64,7	85,3	3,9
Мурманская	144,9	65,7	57,1	16,2	73,3	11,6
Новгородская	54,5	23,4	15,4	8,7	24,1	3,0
Псковская	55,4	12,1	11,0	1,1	12,1	0,0
Центральный федеральный округ						
Области						
Белгородская	27,1	2,7	1,7	0,2	1,9	-29,6
Брянская	34,9	7,3	4,2	2,1	6,3	-13,7
Владимирская	29,1	35,2	3,5	29,1	32,6	-7,4
Воронежская	52,2	13,7	0,8	7,7	8,5	-38,0
Ивановская	21,4	57,3	4,6	58,2	62,8	9,6
Калужская	29,8	11,3	6,1	4,9	11,0	-2,7
Костромская	60,2	53,4	9,0	48,5	57,5	7,7
Курская	30,0	3,9	2,2	0,0	2,2	-43,6
Липецкая	24,0	6,3	2,1	2,4	4,5	-28,6
Московская	45,8	18,0	9,5	10,3	19,8	10,0
Орловская	24,7	4,1	2,2	0,4	2,6	-36,6
Рязанская	39,6	25,7	3,8	19,6	23,4	-8,9
Смоленская	49,8	13,7	9,7	3,3	13,0	-5,1
Тамбовская	34,5	4,1	2,7	0,4	3,1	-24,4
Тверская	84,2	21,1	13,9	7,4	21,3	0,9
Тульская	25,7	10,6	3,3	6,4	9,7	-8,5
Ярославская	36,2	35,8	16,2	30,3	46,5	29,9
Приволжский федеральный округ						
Республики						
Башкортостан	142,9	34,2	19,3	7,4	26,7	-21,9
Марий Эл	23,4	110,4	4,4	107,0	111,4	0,9
Мордовия	26,1	4,9	2,4	1,3	3,7	-24,5

Субъекты федерации	Площадь территории, тыс. км^2	Среднее многолетнее значение водных ресурсов, км^3/год	Характеристики водных ресурсов 2021 г., км^3/год			
			местный сток	приток	всего	Отклонение от среднего многолетнего значения, %
Татарстан	67,8	229,6	5,9	199,9	205,8	-10,4
Удмуртская	42,1	63,3	6,7	42,6	49,3	-22,1
Чувашская	18,3	119,0	1,1	113,8	114,9	-3,4
Края						
Пермский	160,2	56,0	37,0	6,3	43,3	-22,7
Области						
Кировская	120,4	40,0	29,0	11,4	40,4	1,0
Нижегородская	76,6	105,8	11,2	94,9	106,1	0,3
Оренбургская	123,7	12,7	4,3	2,6	6,9	-45,2
Пензенская	43,4	5,6	4,3	0,5	4,8	-14,3
Самарская	53,6	236,8	2,8	212,9	215,7	-8,9
Саратовская	101,2	241,5	3,5	215,8	219,3	-9,2
Ульяновская	37,2	231,2	3,3	208,0	211,3	-8,6
Южный федеральный округ						
Республики						
Адыгея	7,8	14,1	3,1	11,7	14,8	5,0
Калмыкия	74,7	0,4	0,6	0,2	0,8	100,0
Крым	27,0	1,0	0,7	0,3	1,0	0,0
Края						
Краснодарский	75,5	23,0	20,2	8,9	29,1	26,5
Области						
Астраханская	49,0	237,7	0,0	215,1	215,1	-9,5
Волгоградская	112,9	258,6	2,8	225,3	228,1	-11,8
Ростовская	101,0	26,9	2,5	10,0	12,5	-53,5
Северо-Кавказский федеральный округ						
Республики						
Дагестан	50,3	20,7	8,0	12,0	20,0	-3,4
Ингушетия	3,6	1,7	0,5	1,3	1,8	5,9
Кабардино-Балкария	12,5	7,5	3,7	4,4	8,1	8,0
Карачаево-Черкесская	14,3	6,1	7,5	0,0	7,5	23,0
Северная Осетия – Алания	8,0	8,0	3,6	3,7	7,3	-8,8
Чеченская	15,6	11,6	3,3	8,2	11,5	-0,9
Края						
Ставропольский	66,2	6,0	0,6	5,4	6,0	0,0
Уральский федеральный округ						
Области						
Курганская	71,5	4,3	0,7	1,9	2,6	-39,5
Свердловская	194,3	30,2	21,5	0,6	22,1	-26,8
Тюменская, в том числе	1464,2	583,7	353,4	219,2	572,6	-1,9
Ханты-Мансийский АО	534,8	380,8	138,7	220,0	358,7	-5,8
Ямало-Ненецкий АО	769,3	581,3	211,6	358,7	570,3	-1,9
Челябинская	88,5	7,4	4,2	0,5	4,7	-36,5
Сибирский федеральный округ						
Республики						
Алтай	92,9	34,0	33,7	0,0	33,7	-0,9
Тыва	168,6	45,5	62,2	14,1	76,3	67,7
Хакасия	61,6	97,7	23,2	107,5	130,7	33,8
Края						
Алтайский	168,0	55,1	18,3	35,4	53,7	-2,5

Субъекты федерации	Площадь территории, тыс. км^2	Среднее многолетнее значение водных ресурсов, км^3/год	Характеристики водных ресурсов 2021 г., км^3/год			
			местный сток	приток	всего	Отклонение от среднего многолетнего значения, %
Красноярский	2366,8	930,2	783,3	259,1	1042,4	12,1
Области						
Иркутская	774,8	309,5	153,0	192,3	345,3	11,6
Кемеровская	95,7	43,2	40,7	2,5	43,2	0,0
Новосибирская	177,8	64,3	3,6	53,9	57,5	-10,6
Омская	141,1	41,3	5,9	30,8	36,7	-11,1
Томская	314,4	182,3	44,4	118,0	162,4	-10,9
Дальневосточный федеральный округ						
Республики						
Бурятия	351,3	97,1	105,5	39,9	145,4	49,7
Саха (Якутия)	3083,5	881,1	589,6	341,0	930,6	5,6
Края						
Забайкальский	431,9	75,6	123,7	17,6	141,3	86,9
Камчатский	464,3	275,2	248,7	2,6	251,3	-8,7
Приморский	164,7	46,3	38,7	5,2	43,9	-5,2
Хабаровский	787,6	491,2	257,1	423,8	680,9	38,6
Области						
Амурская	361,9	170,6	139,6	150,8	290,4	70,2
Магаданская	462,5	124,9	105,4	2,6	108,0	-13,5
Сахалинская	87,1	57,3	65,0	0,0	65,0	13,4
Автономные области						
Еврейская	36,3	217,7	10,6	376,9	387,5	78,0
Автономные округа						
Чукотский АО	721,5	194,6	160,0	11,2	171,2	-12,0

Средние многолетние значения водных ресурсов рассчитаны за период 1930-1980 гг. для ЕЧР и за период 1936-1980 гг. для АЧР.

На территории Северо-Западного федерального округа водность рек в 2021 г. значительно снизилась по сравнению с 2020 г. во всех субъектах федерации, где она превышала норму, то есть в республиках Карелии и Коми, в Архангельской, Вологодской, Ленинградской, Мурманской и Новгородской областях. При этом в Республике Карелии, в Мурманской и Вологодской областях водность по-прежнему превышала норму, но с более низкими показателями, чем в 2020 г. (соответственно, 13,8%, 11,6% и 9,9% против 27,0%, 27,4% и 59,7%). В остальных субъектах федерации – Республике Коми, Архангельской, Ленинградской и Новгородской областях водность приблизилась к норме с отклонениями от неё по абсолютной величине от 1,6% в Архангельской области до 3,4% в Республике Коми.

В областях Калининградской и Псковской, где водность рек в 2020 г. была ниже нормы, она, наоборот, повысилась. В Псковской области она достигла нормы, а в Калининградской – осталась ниже нормы с отклонением от неё на 17,0%. В 2020 г. отклонение от нормы в меньшую сторону для этих областей составляло, соответственно, 5,4% и 30,8%.

В Республике Карелии и Мурманской области подавляющее большинство рек в 2021 г. характеризовалось повышенным стоком или стоком, близким к норме. В Вологодской области повышенная водность определилась высоким стоком реки Сухоны и рек бассейна Волги, протекающих по её территории. В Республике Коми высокий сток Печоры, а в Архангельской области ещё и Сухоны компенсировали низкий сток остальных рек. Характер водности Ленинградской области определили близкий к норме сток Невы, Свири, Волхова и весьма высокий сток Вуоксы – основных рек, протекающих по её территории. Низкий сток большинства рек Новгородской области, принадлежащих бассейну озера Ильмень, транзитных из Псковской области, компенсировался высоким стоком рек бассейна Волги и рек бассейна Ладожского озера, протекающих на севере области.

Водность Псковской области, близкую к норме, определил высокий сток реки Великой, главной на этой территории, в сочетании с низким стоком остальных рек, протекающих по территории области. Что касается Калининградской области, то вся её территория осталась в зоне низкого стока, хотя и повысившегося в 2021 г. по сравнению с 2020 г.

В целом по округу отклонение водных ресурсов от среднего многолетнего значения составило 0,6% против 23,9% в 2020 г. Зоны высокой и низкой водности сократились по сравнению с 2020 г. Первая сохранилась на северо-западе, востоке и юго-востоке, вторая – лишь на крайнем западе округа.

Запасы воды в Ладожском и Онежском озёрах уменьшились в 2021 г. на 1,00 км^3 и 2,28 км^3 соответственно (табл. 1.10).

Таблица 1.10. Изменение запасов воды крупнейших озёр Российской Федерации

Озеро	Средние многолетние запасы воды, км^3	Средние многолетние уровни воды, м	Запасы воды, км^3		
			на 01.01.21	на 01.01.22	годовые изменения
Ладожское	911,00	5,10	900,40	899,40	-1,00
Онежское	292,00	33,00	293,08	290.80	-2,28
Байкал*	23000,00	455,00			4,09
Ханка	18,30	68,90	22,10	19,26	-2,84

** 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.*

Характер изменения водности рек Центрального федерального округа в 2021 г. по сравнению с 2020 г. был таким же, как и в Северо-Западном федеральном округе: водность снизилась во всех субъектах федерации, где она превышала норму, и повысилась в остальных субъектах федерации. При этом характер водности изменился только в Московской области: будучи ниже нормы на 12,8% в 2020 г., она превысила норму на 10,0% в 2021 г. В остальном общая картина водности сохранилась, хотя и с уменьшением контрастности. Как и в 2020 г., в подавляющем большинстве субъектов федерации водность рек была ниже нормы. Диапазон отклонений от неё в меньшую сторону в 2021 г. заключался между 2,7% в Калужской и 43,6% в Курской области (в 2020 г. – между 12,8% в Московской и 59,0% в Курской области). Кроме Курской области, отклонение от нормы в меньшую сторону свыше 30% имело место также и в двух других областях – Воронежской и Орловской. Ещё в трёх областях – Белгородской, Липецкой и Тамбовской отклонение превысило 20%. Водностью, близкой к норме характеризовались Калужская, Смоленская и Тверская области. Водность превышала норму только в областях Ивановской, Костромской, Московской и Ярославской. В Ярославской области превышение было наиболее значительным и составило 29,9% (против 66,2% в 2020 г.).

Картина водности на территории округа, сформировавшаяся в 2021 г., в общих чертах повторяет картину предыдущего года. Существенным отличием от 2020 г. стало сокращение зоны низкой водности и появление зоны нормальной водности, образовавшейся в северо-западной части округа. Зона высокой водности изменилась незначительно. Она сохранилась в северо-восточной части и несколько расширилась в направлении центральной части округа.

В целом по округу водность рек снизилась по сравнению с 2020 г., хотя и незначительно (5,9% ниже нормы против 2,8% ниже нормы).

Описанная ситуация в приволжских областях определилась достаточно высоким стоком Волги в пределах территории округа в 2021 г. несмотря на его снижение по сравнению с 2020 г. Превышение стока над нормой в створе Нижегородского гидроузла составило 11,7% (при 40,7% в 2020 г.), а в створе Рыбинского гидроузла – 30,0% (при 67,8% в 2020 г.) благодаря высокому стоку притоков Рыбинского водохранилища. В остальной части округа картина определилась весьма низким стоком в бассейне Дона и стоком в бассейнах Западной Двины, Днепра и Оки, по-прежнему низким, несмотря на некоторое его повышение по сравнению с 2020 г.

Запасы воды в волжских водохранилищах округа – Иваньковском, Угличском и Рыбинском – уменьшились в 2021 г. на 1,95 км^3, в основном за счёт Рыбинского водохранилища, где они понизились на 1,96 км^3, а уровень понизился на 0,50 м.

В Приволжском федеральном округе в 2021 г., как и в граничащих с ним Северо-Западном и Центральном округах, водность рек по сравнению с 2020 г. снизилась в тех субъектах федерации, где она была высокой, и возросла на остальной части территории. Однако в отличие от этих двух федеральных округов, в Приволжском федеральном округе снижение стока было весьма резким, что привело к радикальному изменению картины водности по сравнению с 2020 г. – к исчезновению зоны высокой водности. Лишь в четырёх субъектах федерации – Республике Марий Эл, Чувашской Республике, Кировской и Нижегородской областях – водность снизилась до значений, близких к норме. Снижение водности в остальных субъектах федерации произошло до значений намного ниже нормы. Наиболее впечатляющие изменения произошли в Удмуртской Республике, Пермском крае и Кировской области, где высокая водность сохранялась в течение восьми лет. В 2021 г. отклонения от нормы для этих субъектов федерации составили соответственно -22,1%, -22,7% и 1,0% против 37,4%, 35,4% и 56,5% в 2020 г. Что касается Республики Мордовии, Пензенской и Оренбургской областей, водность которых была низкой с 2019 г., а Оренбургской области – с 2018 г., то их водность осталась низкой с отклонениями от нормы в меньшую сторону соответственно 24,5%, 14,3% и 45,2% против 36,7%, 17,9% и 48,4% в 2020 г.

По округу в целом водность рек в 202 г. была ниже нормы на 11,5% против 18,0% над нормой в 2020 г.

Распределение водных ресурсов по субъектам федерации Приволжского федерального округа и направление его изменения определились действием четырёх факторов. Первый из них – резкое снижение стока Волги и большинства её притоков в пределах округа в 2021 г. по сравнению с 2020 г. Если в 2021 г. сток Волги в створе Нижегородского гидроузла ещё превышал норму, то в створах ГЭС, расположенных ниже, – Чебоксарской, Жигулёвской и Волжской он был ниже нормы, соответственно, на 3,0, 8,6% и 9,5% против 23,2%, 10,3%, 26,5% над нормой в 2020 г. Второй фактор – падение стока главного притока Волги – Камы – после экстремально высоких значений 2020 г. Третий фактор, повлиявший на водность Кировской области, – сохранение повышенного стока реки Вятки при весьма низкой водности других рек бассейна Камы и бассейна Северной Двины на её территории по сравнению с высокой водностью 2020 г. Наконец, четвёртым фактором было сохранение низкого стока рек в бассейне Урала и всех других рек в пределах Оренбургской области, несмотря на его повышение по сравнению с 2020 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 2021 г. на 6,51 км^3, в основном за счёт Куйбышевского водохранилища, где они понизились на 2,94 км^3, а уровень – на 0,57 м.

Запасы воды в Ириклинском водохранилище на реке Урал в 2021 г. уменьшились на 0,16 км^3, а его уровень понизился на 0,69 м.

В Южном федеральном округе в 2021 г. водность рек в Краснодарском крае и Республике Адыгее превысила норму, соответственно, на 5,0% и 26,5% после весьма низкой водности 2020 г. с показателями -46,1% и -33,5%. В Республике Калмыкии традиционно высокая водность повысилась до 100,0% над нормой от 75% в 2020 г. Повышение водности рек Республики Крым от весьма низкого показателя 2020 г. (-30,0%) приблизило его к норме. Иная ситуация в 2021 г. имела место в областях Астраханской, Волгоградской и Ростовской. Водность первых двух снизилась, соответственно, до 9,5% и 11,8% ниже нормы от высоких показателей 2020 г. (23,3% и 17,6% над нормой). Что касается Ростовской области, то в ней привычно сохранилась особо низкая водность (ниже нормы на 53,5% при 57,2% в 2020 г.).

Сложившаяся картина водности приволжских областей округа была обусловлена падением стока Волги до значения ниже нормы на 9,7%. В Ростовской области она была обусловлена сохранением стока Дона на весьма низком уровне, а в Краснодарском крае и Республике Адыгее – ростом стока Кубани и её притоков, а также рек Черноморского побережья Кавказа. Наконец, рост стока основных рек юго-западной части Крымского полуострова стал причиной более высокой водности в Республике Крым по сравнению с 2020 г.

Сохранение и даже рост весьма высокой водности рек Республики Калмыкии, определились ростом водности Калауса и Кумы в результате масштабной переброски стока Кубани и Терека в эти реки.

В целом по округу отклонение водных ресурсов от среднего многолетнего значения составило -8,6% против 12,8% в 2020 г.

Запасы воды в Краснодарском водохранилище увеличились на 0,29 км^3, что привело к повышению уровня этого водоёма на 1,64 м. В Цимлянском водохранилище запасы воды в 2021 г. увеличились на 1,07 км^3, а его уровень повысился на 0,49 м.

В Северо-Кавказском федеральном округе водность ниже нормы наблюдалась только в Республике Северной Осетии – Алании (-8,8%). Во всех остальных субъектах федерации она или превышала норму, или была близка к ней. Превышения нормы составили от 5,9% в Республике Ингушетии до 23,0% в Карачаево-Черкесской Республике. Во всех субъектах федерации на территории округа произошёл мощный рост водности по сравнению с 2020 г. Наиболее впечатляющий рост имел место в Карачаево-Черкесской Республике (от -26,2% до 23,0%) и Ставропольском крае (от 43,3% ниже нормы до 0,0%).

Ситуация 2021 г. сильно отличается от наблюдавшейся в 2020 г., когда во всех субъектах федерации в составе округа водность была значительно ниже нормы.

В целом по округу водность была близка к норме, то есть значительно повысилась по сравнению с 2020 г., когда она была ниже нормы на 19,3%.

Картину водности рек Северо-Кавказского федерального округа сформировал рост 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 переброской стока.

В Уральском федеральном округе распределение водности рек по субъектам федерации резко изменилось по сравнению с 2020 г. Во всех субъектах федерации, кроме Тюменской области и Ямало-Ненецкого автономного округа в её составе, водность в 2021 г. была намного ниже нормы. Наиболее значительные отклонения от нормы в меньшую сторону 39,5% и 36,5% имели место, соответственно, в Курганской и Челябинской областях. Если в Курганской области продолжился период весьма низкой водности, начавшийся в 2018 г., то в Челябинской области снова, как и в 2020 г., произошло резкое изменение её характера. На этот раз повышенная водность с показателем 10,8% сменилась весьма низкой водностью с отклонением от нормы на 36,5% по абсолютной величине. В Свердловской области произошло более резкое падение водности – от превышения нормы на 28,1% до значения ниже нормы на 26,8%, завершившее длительный период высокой водности, начавшийся в 2014 г. В Тюменской области и Ямало-Ненецком автономном округе после семилетнего периода повышенной водности произошло её снижение до нормы, а в другом автономном округе в составе области – Ханты-Мансийском – до значения ниже нормы.

Решающую роль в формировании описанной ситуации в Тюменской области и автономных округах сыграл сток главной реки области и всего федерального округа – Оби, который впервые за семь лет снизился до значений ниже нормы на 5,7%. Это снижение частично компенсировалось стоком других рек бассейна Обской губы, снижение которого было не столь значительным. В Свердловской, Челябинской и Курганской областях ситуация определилась сохранением низкого стока в бассейнах Тобола и Урала при резком падении стока рек бассейна Камы, протекающих по территории Свердловской и Челябинской областей.

В целом по округу произошло существенное снижение показателя водности от значения 15,3% до значения -2,7%, близкого к норме.

В Сибирском федеральном округе в 2021 г. наиболее высокой водностью рек характеризовались республики Тыва и Хакасия, расположенные в южной части округа. Норма водности в этих субъектах федерации с преобладающим горным рельефом была превышена, соответственно, на 67,7% и 33,8%. Повышенной водностью характеризовались также Красноярский край и Иркутская область, где норма была превышена, соответственно, на 12,1% и 11,6%. В Республике Алтай, в Алтайском крае, а также в Кемеровской области водность была близка к норме, отличаясь от неё менее, чем на 3%. В остальных трёх субъектах федерации – Новосибирской, Томской и Омской областях водность рек была ниже нормы на 10 – 11%.

В республиках Тыва и Хакасия имел место дополнительный рост водности по сравнению с высокой водностью 2020 г. с показателями, соответственно, 38,2% и 15,5%. Значительно возросла также водность Красноярского края, которая в 2020 г. была близка к норме, отличаясь от неё всего на 0,7%. Водность Республики Алтай, превышавшая

норму на 10,9%, и Омской области, близкая к норме в 2020 г., напротив, значительно снизилась. В Алтайском крае, в Иркутской, Кемеровской, Новосибирской и Томской областях изменения водности по сравнению с 2020 г. были незначительными.

В целом по округу водность рек в 2021 г. продолжила рост, начавшийся в 2019 г. и превысила норму на 7,8% против 1,1% в 2020 г. и 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 прошлые годы, снижалась в направлении Новосибирской ГЭС. Сток реки в створе плотины был ниже нормы на 11,7% и остался низким на участке ниже плотины в пределах территории округа, отличаясь от нормы на 11,0% в створе границы. Это более низкие показатели, чем в 2020 г. (соответственно, 9,5% и 8,0%). Ситуация определилась совокупным влиянием притоков Оби в пределах округа, сток которых, как и в 2020 г., был недостаточным для достижения нормы.

В бассейне Иртыша, в среднем течении водность, ежегодно снижавшаяся, начиная с 2016 г., от весьма высоких значений и достигшая нормы в 2020 г., в 2021 г. дополнительно снизилась до 11,4% ниже нормы.

В бассейне Енисея водность участка бассейна от истока до Красноярской ГЭС в 2021 г., как и в предыдущие три года, превышала норму, снижаясь в направлении ГЭС. Однако показатели водности превысили значения этих лет, причём по сравнению с 2020 г. превышение было значительным: для створа плотины ГЭС оно составило 34,0% против 12,0% в 2020 г. Показатель водности бассейна в целом также был выше, чем в 2020 г. (27,9% против 8,7%) 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 2021 г. превысил норму на 17,5%.

В бассейне Лены, в верхнем течении сток превышал норму на 8,2%, что несколько ниже, чем в 2020 г., когда он был выше нормы на 13,4%. При этом сток главного притока Лены в верхнем течении – реки Витим был экстремально высоким (60,6% над нормой).

Сток Хатанги, низкий в 2020 г., в 2021 г. дополнительно снизился, достигнув показателя -24,6%.

Годовое уменьшение запасов воды в Новосибирском водохранилище составило 0,78 км^3, понижение уровня – 0,80 м. Запасы воды в озере Байкал повысились на 4,09 км^3. Суммарное увеличение запасов воды в водохранилищах Ангаро-Енисейского каскада составило 5,40 км^3, в основном за счёт Братского водохранилища, запасы которого повысились на 9,15 км^3, что вызвало повышение уровня в этом водохранилище на 1,14 м. Запасы Красноярского водохранилища понизились на 3,46 км^3, а уровень – на 2,05 м. Запасы Саяно-Шушенского водохранилища понизились на 0,16 км^3, что вызвало понижение уровня на 0,38 м.

В Дальневосточном федеральном округе превышение нормы водности рек от 13% до 86% и более наблюдалось в Республике Бурятии, в Забайкальском и Хабаровском краях, в Амурской и Сахалинской областях, а также в Еврейской автономной области. При этом во всех перечисленных субъектах федерации, кроме Сахалинской области, норма была превышена более чем на 38%.

Водность, незначительно превысившая норму (с показателем 5,6%), имела место в Республике Саха (Якутии). В остальных субъектах федерации – Камчатском и Приморском краях, Магаданской области и Чукотском автономном округе она была ниже нормы с показателями от -5,2% для Приморского края до -13,5% для Магаданской области.

В Республике Бурятии, Забайкальском и Хабаровском краях, Амурской области и Еврейской автономной области в 2021 г. произошёл дополнительный рост водности от весьма высоких показателей 2020 г. Наиболее впечатляющим, от 41,0% до 86,9% был рост водности в Забайкальском крае. В Республике Саха (Якутии) и Сахалинской области рост водности был незначительным.

В Камчатском крае, Магаданской области и Чукотском автономном округе, где сохранилась пониженная водность, её показатели изменились незначительно. В Приморском крае произошло резкое снижение водности по сравнению с 2020 г. до 11,5% ниже нормы от превышения нормы на 59,4%

В целом по округу водность рек была выше нормы на 13,0%, что примерно соответствует показателю 2018 г., существенно выше, чем в 2020 г., когда превышение составило 7,0%, и, тем более, выше, чем в 2019 г., когда она была близка к норме.

Распределение водности в Дальневосточном федеральном округе и его годовое изменение стали результатом действия многих факторов. Первый из них – продолжение роста стока Лены и снижения стока Колымы в сочетании с продолжением фазы низкой водности большинства других наиболее крупных рек бассейнов морей Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского и Берингова. 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 – продолжение резкого роста стока рек бассейна озера Байкал от значений, близких к норме в 2019 г.

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

Запасы воды в озере Ханка понизились на 2,84 км^3, а в Зейском водохранилище увеличились на 2,35 км^3. Уровень воды в этом водохранилище повысился на 1,03 м.

В 2021 г. водность рек на территории Российской Федерации превысила норму на 6,4%, что несколько меньше, чем в 2020 г., когда она была выше нормы на 8,1%.

Количество субъектов федерации с повышенной водностью рек составило 32 единицы против 45 единиц в 2020 г. Общая площадь территории этих субъектов федерации уменьшилась и составила приблизительно 10,4 млн км^2 против 13,6 млн км^2 в 2020 г.

Высокая водность сохранилась, дополнительно повысилась или пришла на смену низкой водности на северо-западе и в северо-восточном секторе европейской территории России, в горах и предгорьях Кавказа, на

северо-восточном склоне Среднесибирского плоскогорья, в горах и предгорьях Саян, на Приленском плато, в Прибайкалье и Забайкалье, в Приамурье и на острове Сахалин. Наиболее высокая водность имела место в Забайкалье и Приамурье.

На остальных территориях России наблюдалась низкая или средняя водность, сохранившаяся или пришедшая на смену высокой водности, наблюдавшейся в 2020 г.

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

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

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

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

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

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

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РЕЖИМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

— комплексность и систематичность наблюдений;

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

— определение показателей по единым методикам на всей территории страны.

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

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ НАБЛЮДЕНИЙ

— за загрязнением атмосферного воздуха в городах и промышленных центрах;

— за загрязнением почв пестицидами и тяжелыми металлами;

— за загрязнением поверхностных вод суши и морей;

— за трансграничным переносом веществ, загрязняющих атмосферу;

— комплексные наблюдения за загрязнением природной среды в биосферных заповедниках;

— за химическим составом и кислотностью атмосферных осадков и снежного покрова;

— за фоновым загрязнением атмосферы;

— за радиоактивным загрязнением окружающей среды.

В 2021 г. количественный состав государственной сети наблюдений следующий:

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводились в 251 городе Российской Федерации, на 692 пунктах, из них регулярные наблюдения Росгидромета выполнялись в 221 городе на 620 пунктах. Измеряются концентрации до 60 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, 2 801 вертикаль, 3219 горизонтов. Измеряются 103 показателя качества воды. В 2021 г. на 67 водных объектах (из них 55 водотоков и 12 водоемов), на которых находится 108 пунктов, 128 створов, 182 вертикали, 297 горизонтов, наблюдения были временно приостановлены.

Наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши по гидробиологическим показателям проводились в шести гидрографических районах Балтийском, Каспийском, Восточно-Сибирском, Карском, Тихоокеанском и Баренцевском на 133 водных объектах России на 214 гидробиологических пунктах и 318 створах. Программа наблюдений включала от 2 до 6 показателей.

Наблюдения за загрязнением шельфовых зон 9 морей проводились на 324 станциях по гидрохимическим показателям (от 6 до 9 показателей); на 5 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 7 федеральных округов, 39 субъектов РФ общей площадью 29,8 тыс. га. В отобранных пробах определялись 20 наименований пестицидов и их метаболитов.

Для оценки загрязнения почв токсикантами промышленного происхождения в 2021 г. проведён отбор проб в районах 43 населенных пунктов на территориях 15 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 2021 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 1 268 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 2020 г., а также ранее выполненные оценки за период 2016–2019 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 2020 г. совокупный выброс ПГ в Российской Федерации (без учета вклада ЗИЗЛХ) сократился по отношению к предыдущему году на 3,4% на фоне уменьшения ВВП в результате пандемии COVID-19 на 2,7%. 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 2020 г., 27,7% 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 52,0% с учетом сектора землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ), и на 35,1% – без учета этого сектора).

Таблица 2.1. Выбросы парниковых газов по секторам МГЭИК*

Секторы	Выбросы, млн. т CO_2-экв.				
	2016	2017	2018	2019	2020
Энергетика	1606,1	1637,0	1688,7	1682,3	1597,7
Промышленные процессы и использование продукции	218,0	230,9	240,2	233,6	241,7
Сельское хозяйство	112,3	113,2	112,8	114,0	116,6
ЗИЗЛХ**	-609,0	-603,5	-584,5	-559,0	-569,2
Отходы	87,0	89,1	91,0	92,9	95,4
Всего, без учета ЗИЗЛХ	2023,4	2070,2	2132,7	2122,8	2051,4
Всего, с учетом ЗИЗЛХ	1414,5	1466,8	1548,2	1563,8	1482,2

** 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 2020 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	81,5	9,0	7,8	1,7
2020	100,0	77,9	11,8	5,7	4,6

[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 таблице 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

В таблице 2.4 приведены результаты измерений за последние 11 лет на двух фоновых станциях Териберка и Тикси.

Уровень концентрации CO_2 в атмосфере северных широт достиг в 2021 г. очередного максимума. Среднегодовое значение на фоновых станциях Российской Федерации приблизилось к 419 млн$^{-1}$, а максимальные за год концентрации, наблюдаемые в зимние месяцы, превысили значение 425 млн$^{-1}$.

Темпы роста концентрации CO_2, снизившиеся в 2020 г. до значений 1,8–2,2 млн$^{-1}$ в год (табл. 2.4), начинают восстанавливаться в 2021 г., достигнув величины 2,6 млн$^{-1}$в год. Вероятной причиной наблюдавшегося в 2020 г. снижения темпов роста CO_2 является введение ограничений, связанных с пандемией Covid-19. Сокращение выбросов в 2020 г. было зафиксировано, как прямыми измерениями потоков CO_2 в семи городах Европы, так и инвентаризационными оценками. Результаты исследований влияния ограничений, связанных с COVID-19, на содержание CO_2 в атмосфере обобщены в Бюллетене ВМО по парниковым газам №16 от 23 ноября 2020 г.

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$^{-1}$
2011	1906,2	0,8	394,3	1,8	1913,2		394,2	
2012	1910,2	4,0	396,6	2,3	1910,2	-3,0	396,1	1,9
2013	1907,8	-2,4	398,8	2,2	1915,1	4,9	399,1	3,0
2014	1913,5	5,7	400,7	1,9	1930,8	15,7	400,7	1,6
2015	1924,4	10,9	402,2	1,5	1940,1	9,3	403,2	2,5
2016	1946,7	22,3	405,7	3,4	1946,4	6,3	406,1	2,9
2017	1947,1	0,4	409,1	3,5	1956,7	10,3	408,7	2,6
2018	1950,4	3,3	411,4	2,2	1960,4	3,7	411,3	2,6
2019	1961,8	11,4	414,1	2,7	1983,7	23,3	414,3	3,0
2020	1980,4	18,6	415,8	1,8	1993,6	9,9	416,5	2,2
2021	1999,1	18,7	418,5	2,6	2014,1	20,5	419,1	2,6

Результаты мониторинга парниковых газов на российских арктических станциях представлены на рис. 2.1 (среднемесячные значения концентрации CO_2 и CH_4) в сравнении с данными станции Барроу. Уровень концентрации и амплитуда сезонного хода на российских станциях Териберка и Тикси близки к данным станции Барроу. Особенности сезонного хода концентрации парниковых газов на станции Новый Порт обусловлены расположенными в ее окрестностях крупномасштабными техногенными и естественными источниками.

Рис. 2.1. Временной ход концентраций CO_2 и CH_4 на российских арктических станциях в сравнении с данными станции Барроу (НУОА, США)

В 2021 г. наблюдался значительный рост концентрации метана в атмосфере (18,7 млрд$^{-1}$ и 20,5 млрд$^{-1}$ для станций Териберка и Тикси соответственно). Особенности сезонного хода концентрации метана наиболее ярко проявляются на станции Тикси, где, начиная с 2019 г., регистрировались высокие значения концентрации в период максимума природной эмиссии (август-сентябрь), а в 2020 г. значения концентраций CH_4 сохранялись высокими до конца года. Аналогичная тенденция сезонного хода концентрации метана начала прослеживаться на станции Териберка (рис. 2.2).

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

Прирост концентрации метана в 2021 г. для большинства месяцев составил больше 20 млрд$^{-1}$. Среднегодовая концентрация метана приблизилась к значению 2000 млрд$^{-1}$, а на станции Тикси превысила это значение.

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$^{-1}$.

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 в таблице 2.5 и на рис. 2.3. При определении превышения в качестве фонового уровня использованы данные станции Териберка.

Таблица 2.5. Превышения концентраций парниковых газов над фоновым уровнем

Станции	Новый Порт	Воейково	Санкт-Петербург
Периоды измерений	2004-2021	1996-2021	2000-2016
CH_4, млрд$^{-1}$	74 ±17	80±15	167±27
CH_4, %	3,9	4,2	8,8
CO_2, млн$^{-1}$	4,3±1,2	-	-
CO_2, %	1,1	-	-

Станция Новый Порт расположена на побережье Обской губы. Данные измерений на этой станции подвержены влиянию как техногенных, так и естественных (увлажненные территории) источников. Максимальные значения превышений наблюдаются в зимний период в основном за счет снижения высоты слоя перемешивания атмосферы и увеличения антропогенных выбросов, и достигают 10 млн$^{-1}$ для CO_2 и 150-180 млрд$^{-1}$ для CH_4.

Рис. 2.3. Среднегодовое превышение концентрации CH_4 над фоновым уровнем

Для станций Новый Порт и Воейково среднее за период измерений превышение концентрации метана над фоновым уровнем составляет около 4%, непосредственно в Санкт-Петербурге около 9%. Наблюдаемое в Воейково в 2021 г. превышение концентрации метана над фоновым уровнем достигло максимального значения (122 млрд$^{-1}$) за весь период измерений.

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 $\Delta\lambda$ = 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.

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 и 2.7 звездочкой.
– Станция о-в Диксон начала присылать свою информацию с 2014 г.

Средние за 2021 и 2020 гг. значения P_2 и ОПА для региональных станций фонового мониторинга и трех парных им городов приводятся в таблице 2.7.

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 2021 и в 2020 гг.

Станция	ОПА±σ 2021 г.	ОПА±σ 2020 г.	P_2±σ 2021 г.	P_2±σ 2020 г.
Туруханск	0,234±0,018	0,242±0,044	0,792±0,014	0,786±0,033
Усть-Вымь	0,235±0,025	0,264±0,040	0,791±0,020	0,768±0,030
Сыктывкар*	0,245±0,019	0,269±0,032	0,783±0,015	0,765±0,024
Воейково	0,260±0,023	0,257±0,037	0,772±0,025	0,774±0,028
Памятное	0,246±0,040	0,246±0,042	0,782±0,031	0,782±0,032
Курган*	0,266±0,031	0,279±0,042	0,767±0,023	0,758±0,031
Хужир	0,236±0,044	0,236±0,038	0,790±0,034	0,790±0,029
Иркутск*	0,236±0,035	0,256±0,032	0,790±0,027	0,776±0,040
Шаджатмаз	0,168±0,025	0,194±0,033	0,845±0,021	0,824±0,027
о-в Диксон	0,239±0,018	0,227±0,011	0,788±0,014	0,797±0,008

Как следует из табл. 2.7, на большинстве рассматриваемых станций в 2021 г. отмечалось уменьшение оптической плотности атмосферы и, соответственно, увеличение её прозрачности по сравнению с 2020 г. На двух станциях, Памятное и Хужир, значения ОПА и P_2 не изменились, на станциях Воейково и о-в Диксон ОПА несколько повысились. Наименьшая степень замутнения атмосферы (ОПА = 0,168 ± 0,025) наблюдалась на горной станции Шаджатмаз.

Сравнение осредненных за 2021 г. значений ОПА с 30-летней нормой ОПА приведено на рис. 2.4.

Рис. 2.4. Нормированные аномалии ОПА (%) в 2021 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.

В 2021 г. на всех рассматриваемых станциях ОПА была существенно ниже нормы, за исключением станции Туруханск, где значение ОПА по сравнению с нормой не изменилось. На станциях Шаджатмаз и Иркутск* это снижение составило почти -12%. Таким образом, можно говорить об общем снижении оптического загрязнения атмосферы в 2021 г. относительно 30-летней нормы в районах проведения фоновых наблюдений.

На рис. 2.5 показаны внутригодовые изменения среднемесячных значений ОПА в 2021 г. на парных станциях.

На всех станциях наблюдается увеличение оптического замутнения атмосферы в тёплый сезон года, что обусловлено свободной от снега подстилающей поверхностью и естественным повышением турбулентного обмена.

Как правило, общее замутнение атмосферы в городе превышает таковое на соответствующих парных фоновых станциях. Однако 2021 г. явился исключением. Во-первых, на паре станций Хужир-Иркутск*, для которой степень городского оптического загрязнения атмосферы всегда превышала таковое на фоновой станции Хужир, расположенной на о-ве Ольхон (оз. Байкал), в 2021 г. среднемесячные значения ОПА в Иркутске* в течение всего года, кроме апреля и ноября, были ниже, чем на станции Хужир. В результате средние значения ОПА за весь наблюдательный период оказались равными.

Отдельные превышения среднемесячных значений ОПА на фоновых станциях над соответствующими городскими значениями ОПА наблюдались в 2021 г. и на двух других парных станциях. Так на станциях Усть-Вымь и Памятное подобное явление было зафиксировано в августе, но в целом за весь наблюдательный период общее замутнение атмосферы в городах Сыктывкар* и Курган* превосходило степень замутнения на соответствующих фоновых станциях Усть-Вымь и Памятное на 4,2% и 8,1% соответственно.

Рис. 2.5. Годовой ход ОПА на парных фоновых станциях в 2021 г.

Межгодовую изменчивость оптической плотности атмосферы можно оценить по изменению нормированных аномалий ОПА (%) на всех фоновых станциях с начала 1970-х годов и по 2021 г. (рис. 2.6).

Рис. 2.6. Нормированные аномалии ОПА (%) на станциях фонового мониторинга

Время проведения наблюдений за ОПА можно разделить на три периода:

1 - Время от начала наблюдений и до середины 1990-х гг. можно считать периодом положительных аномалий ОПА, обусловленных серией мощных вулканических извержений – Фуэго (1974), Эль-Чичон (1982) и Пинатубо и Хадсон (1991). После извержений вулканов Пинатубо и Хадсон (июнь и август 1991 г.), значения положительных нормированных аномалий ОПА достигали 40–50%.

2 - Середина 1990-х гг. - происходит самоочищение атмосферы, рост прозрачности и уменьшение оптической плотности атмосферы. Постепенно происходит переход нормированных аномалий ОПА в область отрицательных значений, чему способствовало сокращение промышленной активности в постперестроечные годы. Так продолжалось до конца 1990-х – начала 2000-ых гг.

3 - Период после 2000-ого и до 2021 г. включительно можно охарактеризовать как период, когда на большинстве фоновых станций оптическое замутнение атмосферы было понижено относительно нормы, а нормированные аномалии ОПА в основном принимали отрицательные значения, достигающие на некоторых станциях в отдельные годы -20% (Памятное, Воейково). В то же время, существенные положительные аномалии за 2000-2021 гг. (в 2009 г. свыше 15%) были зафиксированы лишь на самой северной фоновой станции Усть-Вымь (Республика Коми).

Изменчивость среднегодовых значений оптической плотности атмосферы на отдельных региональных фоновых станциях (исключая городские) характеризует динамику уровня общего замутнения атмосферы в период с 2000 по 2021 гг. (рис. 2.7).

Рис. 2.7. Изменчивость среднегодовых значений ОПА за 2000-2021 гг.

Из рис. 2.7 следует, что за первое двадцатилетие XXI века среднегодовые значения ОПА менялись в интервале от 0,2 до 0,3. Лишь на высокогорной станции Шаджатмаз уровень оптического загрязнения был ниже, и среднегодовые значения ОПА варьировали от 0,15 до 0,20. Статистически значимых трендов ОПА за рассматриваемый период зафиксировано не было.

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). Общая продолжительность измерений в Воейково составила 72 года, в Иркутске - 62 года, в Верхнем Дуброво - 64 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.

Обобщенные по сезонам результаты измерений V'c и L_S за 2015-2021 гг. приведены в таблицах 2.8 и 2.9. 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 2015-2021 гг. на станциях Воейково (В) и Иркутск (И)

Станция	Год	V'_c, (V')				$V'_г$, (V')
		Зима	Весна	Лето	Осень	Среднее за год
В	**2021**	**11(10, 11)**	**10(9, 11)**	**9(7, 12)**	**11(10, 11)**	**10(7, 12)**
	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	**2021**	**13(13, 14)**	**12(7, 14)**	**5(4, 7)**	**9(7, 12)**	**10(4, 14)**
	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 2021 г. на станции Воейково значения V' значительных изменений не произошло, а на станции Иркутск по сравнению с периодом 2015-2020 гг. значения V' незначительно увеличились.

Таблица 2.9. Сезонные (L_C), среднегодовые ($L_Г$) и среднемесячные минимальные и максимальные (в скобках) значения L_S (фСм/м) за 2015-2021 гг. на станциях Верхнее Дуброво (ВД), Воейково (В), Иркутск (И)

Станция	Год	L_C, (L_S)				$L_Г$, (L_S)
		Зима	Весна	Лето	Осень	Среднее за год
ВД	**2021**	**14(12, 16)**	**13(12, 14)**	**14(11, 15)**	**14(13, 14)**	**14(11,16)**
	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	**2021**	**14(12, 16)**	**15(14, 16)**	**21(17, 25)**	**21(18, 24)**	**18(12, 25)**
	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)

Станция	Год	L_C, (L_S)				$L_Г$, (L_S)
		Зима	Весна	Лето	Осень	Среднее за год
	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	**2021**	**17(16, 18)**	**23(20, 24)**	**22(21, 24)**	**27(26, 27)**	**22(16, 27)**
	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)

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».

Как видно из таблицы 2.9, в 2021 г. по сравнению с 2020 г. на всех станциях значения L_S уменьшились и приблизились к значениям за период 2015–2019 гг.

На рис. 2.8 представлен годовой ход V' по станциям Воейково и Иркутск в 2021 г. в сравнении с 2020 г. и осредненным годовым ходом V' за период 2015–2019 гг.

Рис. 2.8. Годовой ход V' по станциям Воейково, Иркутск в 2021 г. в сравнении с 2020 г. и 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.

Как следует из рис. 2.8 сезонный ход V' за 2021 г. на обеих станциях практически совпадает с осредненным ходом за предыдущие годы.

На рис. 2.9 представлен годовой ход L_S по станциям Воейково, Иркутск, Верхнее Дуброво в 2021 г. в сравнении с 2020 г. и осредненным годовым ходом L_S за период 2015–2019 гг.

Рис. 2.9. Годовой ход L_S на станциях Верхнее Дуброво, Воейково, Иркутск в 2021 г. в сравнении с 2020 г. и 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.

Как следует из рис. 2.9 значения L_S за 2021 г. на станциях Воейково, Иркутск и Верхнее Дуброво ниже, чем в 2020 г. за исключением августа и сентября в Воейково.

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 с нормой - средними многолетними значениями по данным измерений «NIMBUS-7»/TOMS за 1978–1988 гг.

Отклонения среднемесячных значений ОСО над территорией России от нормы на протяжении всего 2021 г., в основном, имели отрицательные значения, до -20% в марте. Над северными районами европейской части РФ (в пределах области измерений) превышение ОСО в поле отклонений от средних многолетних за февраль 2021 г. достигало 14%, до 420÷450 е.Д.[2] (рис. 2.10).

Рис. 2.10. Поле отклонений (%) общего содержания озона в феврале 2021 г. от среднемесячных многолетних значений

Особенности зимне-весеннего сезона 2020–2021 гг.

Именно в течение зимне-весеннего сезона происходят наиболее значимые процессы в атмосфере, формирующие картину состояния озонового слоя за год. Основными факторами, влияющими на концентрацию озона, являются: устойчивость полярного стратосферного вихря, направление его смещения при внезапных стратосферных потеплениях, химическое разрушение озона при образовании полярных стратосферных облаков. Для оценки вышеперечисленных факторов был проведён анализ динамического взаимодействия стратосферы и тропосферы по итогам зимне-весеннего периода 2020–2021 гг. Зимний сезон этого периода в стратосфере Арктики характеризовался стратосферным полярным вихрем, ослабленным в начале января в результате главного внезапного стратосферного потепления (ВСП), сопровождавшегося усилением Алеутского антициклона. После начавшегося 5 января и продолжавшегося около 3 недель ВСП и до завершения зимнего сезона температура внутри вихря сохранялась выше пороговых значений для образования полярных стратосферных облаков, что предотвратило сильное разрушение озонового слоя.

В целом в 2021 г. не было отмечено значительного разрушения озонового слоя и, как следствие, экстремальных уровней УФ-В радиации, не характерных для времени года во всех регионах Российской Федерации и на сопредельных территориях.

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 2021 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.

В настоящем Обзоре использованы данные озонометрических станций, которые соответствуют нормам качества, удовлетворяющим требованиям ВМО. Перечень станций, их распределение по регионам и принадлежность к определенным субъектам Российской Федерации приведены в табл. 2.10.

[2] *е.Д. - единицы Добсона*

Таблица 2.10. Распределение по регионам и федеральным округам озонометрических станций, на которых проводились измерения ОСО в 2021 г.

Регион	Федеральные округа	Станции
Север Европейской части России (Север ЕЧР)	Северо-западный и Центральный	Баренцбург, Мурманск, Архангельск, Печора, Санкт-Петербург, Москва
Юг Европейской части России (Юг ЕЧР)	Центральный, Южный и Приволжский	Воронеж, Цимлянск, Карадаг, Самара
Западная Сибирь (ЗС)	Уральский и Сибирский	О-в Хейса, Туруханск, Екатеринбург, Омск, Томск
Восточная Сибирь (ВС)	Сибирский и Дальневосточный	Тикси, Якутск, Оленек, О-в Котельный, Тура, Витим, Красноярск, Иркутск
Дальний Восток (ДВ)	Дальневосточный	Магадан, Петропавловск-Камчатский, Владивосток

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. 2.11).

Таблица 2.11. Общее содержание озона в различных регионах России в 2021 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 2021 г., е.Д.**													
Сев. ЕЧР	*328*	*443*	*405*	*394*	*377*	*340*	*327*	*314*	*287*	*278*	*302*	*321*	*343*
Юг ЕЧР	*328*	*392*	*407*	*370*	*346*	*341*	*328*	*314*	*310*	*300*	*293*	*326*	*338*
ЗС	*335*	*432*	*400*	*375*	*372*	*360*	*339*	*317*	*302*	*270*	*321*	*359*	*349*
ВС	*371*	*437*	*388*	*404*	*392*	*356*	*321*	*305*	*287*	*296*	*324*	*316*	*350*
ДВ	*445*	*439*	*427*	*411*	*388*	*365*	*327*	*322*	*311*	*333*	*370*	*420*	*380*
Отклонения ОСО в 2021 г. от нормы,%													
Сев. ЕЧР	*-3*	*17*	*3,7*	*-1,1*	*-0,6*	*-3,3*	*-1,6*	*-0,5*	*-4,7*	*-4,1*	*5,2*	*3,0*	*0,8*
Юг ЕЧР	*-5,2*	*5,6*	*7,2*	*-2,1*	*-5,5*	*-2,7*	*-1,3*	*-1,9*	*0,5*	*1,0*	*-2,5*	*2,3*	*-0,4*
ЗС	*-7,0*	*12,8*	*2*	*-4,2*	*-2,3*	*1,7*	*1,6*	*-1,3*	*-2,2*	*-9,3*	*7,1*	*11,2*	*0,8*
ВС	*-5*	*5*	*-9*	*-5,7*	*-2,5*	*-0,4*	*-1,7*	*-3,5*	*-8,7*	*-5,5*	*0,4*	*-7,2*	*-3,6*
ДВ	*4*	*-2*	*-6*	*-5*	*-2*	*1,3*	*-0,9*	*3,2*	*-1,9*	*0,7*	*1,9*	*6,7*	*0,0*
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

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);
- 1996–2021 гг. – существенные межгодовые колебания при незначительном отрицательном общем тренде.

В 1993 г. наблюдалась минимальная толщина озонового слоя.

В течение 1973–2021 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 течение 45 лет наблюдений ОСО над Российской Федерацией совершенно отчетливо проявилось чередование максимумов и минимумов среднегодовых значений ОСО с периодом 2,4 года с «квазидвухлетней» цикличностью.

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

Рис. 2.11. Среднегодовые значения ОСО над территорией РФ в период 1973–2021 гг.

Вариации поля ОСО над регионами РФ в 2021 г.

Результаты расчета среднемесячных значений ОСО над регионами РФ в 2021 г. и их отклонения от нормы приведены в табл. 2.11 и представлены на рис. 2.12.

Над всей территорией Российской Федерации в 2021 г. средняя за год толщина озонового слоя составила 352 е.Д. и оказалась очень близкой к норме (353 е.Д.). В начале января продолжилась ситуация, заложенная в 2020 г., в течение которого наблюдался практически постоянный дефицит озона, а масштабные области с отрицательными аномалиями просуществовали существенно дольше обычного. В целом некоторый дефицит озона прослеживался практически в течение всего года.

Исключением стал февраль, когда масштабные области с высоким содержанием озона формировались и устойчиво держались практически над всей территорией РФ. Отклонения от нормы в центральной части России в середине месяца составляли около 550 е.Д. и превышали 40% в среднедневных значениях. Дальний Восток оказался единственным регионом с незначительными, но почти постоянными отрицательными отклонениями.

В середине мая установилась летняя циркуляция. Летом поле озона было не такое сглаженное, как обычно. Во всех регионах наблюдалось чередование «хаотичных» кратковременных положительных и отрицательных аномалий. Арктическая область с традиционно низким содержанием озона была существенно расширена, заходила вглубь материка и периодически смыкалась с тропической областью низких значений ОСО. Поскольку положение «языков» постоянно менялось, значительных отклонений от нормы ни в одном регионе в летний период не наблюдалось, но для всех регионов были характерны пониженные значения. В августе-сентябре поле ОСО практически над всей территорией России характеризовалось пониженными значениями и только к концу года началось накопление озона, особенно заметное над Дальним Востоком и Западной Сибирью.

На Севере ЕЧР среднегодовой уровень ОСО в 2021 г. был близок к норме (0,8 %). В течение всего года наблюдалось чередование положительных и отрицательных аномалий со значительными колебаниями по амплитуде, центр которых чаще всего располагался над Кольским полуостровом. Данное чередование привело к достаточно нейтральным среднемесячным значениям при заметных аномалиях в ежедневных станционных данных. Исключением стал февраль, когда значение ОСО было выше нормы на 17%. В целом, отклонения от нормы не превышали значения его стандартного распределения.

На Юге ЕЧР среднегодовой уровень ОСО в 2021 г. был близок к норме (-0,4 %). 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 пониженными. Максимальные положительные отклонения от нормы наблюдались в феврале-марте (до +7%), а отрицательные в январе и мае (-5%).

Над Западной Сибирью, как и над остальной территорией РФ, среднегодовой уровень ОСО в 2021 г. был близок к норме (0,8 %). В отличие от других регионов амплитуда колебаний со сменой знака отклонений выявлена гораздо ярче. Связано это с тем, что именно над Западной Сибирью аномалии разного знака были наиболее устойчивы. Максимальные положительные отклонения от нормы наблюдались в феврале (+12.8%) и декабре (+11.2%), а отрицательные в январе (-7.0%) и октябре (-9.3%). В период с марта по сентябрь отклонения от норм не превышали статистически ожидаемых значений.

Рис. 2.12. Отклонения среднемесячных значений ОСО от норм по регионам РФ в 2021 г.
(Север ЕЧР – Север Европейской части России, Юг ЕЧР – Юг Европейской части России, ЗС – Западная Сибирь, ВС – Восточная Сибирь, ДВ – Дальний восток)

Над Восточной Сибирью среднее за год содержание озона составило 350 е.Д. и по сравнению с другими регионами было ощутимо ниже нормы (-3,6 %). В течение всего года наблюдались значения ОСО ниже нормы. Наиболее значимые отрицательные отклонения были зафиксированы в сентябре (-8.7%) и в декабре (-7,2). Единственный месяц, когда среднемесячное значение было выше нормы - февраль (+5%).

На Дальнем Востоке поле ОСО в течение года было изменчивым, характеризовалось то пониженными, то повышенными значениями, но отклонения от нормы в среднемесячных значениях были менее значимы, чем в других регионах. Наиболее весомое отрицательное отклонение имело место в марте (-6%), а положительное - в декабре (+6.7%). Среднее по региону за год значение ОСО составило 380 е. Д., что соответствует норме для региона.

Поле ОСО и особенности циркуляции 2021 г.

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

Распределение ОСО над территорией Российской Федерации и его вариации в 2021 г. имели ряд особенностей. Серьезный дефицит озона, заложенный в 2020 г., оказывал ощутимое влияние на поле ОСО в течение всего года.

В целом значительных и особенно масштабных аномальных областей в течение года не наблюдалось, но само взаиморасположение областей с высоким и низким озоном было не совсем стандартным. Часто возникали ситуации, когда над западной половиной России задерживалась воздушная масса с более высокими значениями ОСО, а над восточной - с низкими и наоборот. Регулярно в течение года наблюдалось смыкание Арктического и Тропического воздуха с образованием характерного «коридора» с низкими значениями ОСО. Смыкания подобного рода преимущественно происходили над Сибирью или Дальним Востоком.

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 2021 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 2020 г. по сентябрь 2021 г. (геофизический год).

Тяжелые металлы. Среднегодовые концентрации свинца в воздухе фоновых районов ЕЧР составили 1,03–3,16 нг/м^3, кадмия – 0,09 -0,15 нг/м^3. На юге ЕЧР, в Астраханском БЗ продолжают регистрироваться повышенные уровни кадмия, что характерно для результатов наблюдений во всех средах на протяжении последних лет (табл. 2.12).

На всех территориях наблюдений содержание свинца было на том же уровне или несколько выше, чем в предыдущие годы. Значимых изменений концентраций кадмия в атмосфере фоновых территорий по сравнению с 2020 г. не произошло, за исключением Кавказского БЗ (рис. 2.13), где средние значения увеличились почти в 2,5 раза.

Междусуточные изменения содержания свинца и кадмия в воздухе довольно значительны в течение года, в отдельные дни значения среднесуточных концентраций были существенно выше среднегодовых – более 100 нг/м^3 для свинца (Воронежский БЗ) и более 10 нг/м^3 для кадмия (Астраханский БЗ), а также существенно ниже среднегодовых концентраций – менее 0,1-0,5 нг/м^3 и 0,01-0,05 нг/м^3, соответственно. На всех территориях уровни содержания свинца и кадмия в воздухе выше в холодный период года.

Фоновое содержание ртути в атмосферном воздухе, измерения которого проводится только в центральном районе ЕЧР, сохраняется ниже 5 нг/м^3: среднегодовая концентрация по сравнению с прошлым годом снизилась с 1,36 до 0,51 нг/м^3 (табл. 2.12).

Таблица 2.12. Результаты наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на станциях комплексного фонового мониторинга в 2021 г. (числитель – среднегодовое значение, знаменатель – интервал изменений суточных концентраций)

Загрязнящие вещества	Приокско-Террасный БЗ	Воронежский БЗ	Астраханский БЗ	Кавказский БЗ
Pb, нг/м^3	3,16 0,27-26,4	2,89 0,06-109,0	2,52 0,39-42,2	1,03 0,02-9,1
Cd, нг/м^3	0,09 0,009-0,43	0,13 0,01-0,81	0,39 0,003-14,0	0,15 0,002-1,5
Hg, нг/м^3	0,51 0,03-27,0			
SO_2, мкг/м^3	0,20 0,05-3,2	0,27 0,02-3,47	0,12 0,01-2,75	0,016 0,01-0,03
NO_2, мкг/м^3	4,24 0,10-38,0	4,03 0,62-18,57	1,61 0,25-7,53	
SO_4, мкг/м^3	1,01 0,04-29,4		0,89 0,10-12,5	
Взвешенные вещества, мкг/м^3	27,1 1,0-320,0	20,9 8,0-39,0	39,1 6,5-839,6	16,9 3,8-78,7

Взвешенные вещества. В 2021 г. среднегодовые концентрации взвешенных веществ в воздухе на ЕЧР изменялись в пределах 17–39 мкг/м^3, что соответствует уровню значений последних 10 лет (табл. 2.12, рис. 2.13). Эпизодическое повышение концентраций взвешенных веществ наблюдалось в теплый период года: отдельные максимальные среднесуточные концентрации достигали 840 мкг/м^3 в Астраханском БЗ (табл. 2.12). Сезонные изменения содержания взвешенных веществ в атмосфере имеют ярко выраженный максимум в теплый период, что обусловлено влиянием природных факторов.

Диоксид серы. В 2021 г. среднегодовые фоновые концентрации диоксида серы на станциях ЕЧР сохранились на низком уровне – около 0,02–0,3 мкг/м^3 (рис. 2.14). В холодный период года наблюдались более высокие концентрации диоксида серы, увеличиваясь в отдельные сутки до 3,5 мкг/м^3 в центре ЕЧР (табл. 2.12). 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 2021 г. среднегодовые фоновые концентрации диоксида азота в воздухе на ЕЧР сохранились на уровне прошлых лет, изменяясь от 1,6 до 4,2 мкг/м^3 (рис. 2.14). Сезонные изменения фоновых концентраций диоксида азота ясно выражены: в холодный период в центре ЕЧР наблюдаются максимальные значения, и повышается повторяемость среднесуточных высоких концентраций (табл. 2.12).

Сульфаты. В 2021 г. среднегодовые фоновые концентрации сульфатов в центре ЕЧР составляли около 1,01 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 0,9 мкг/м^3 (рис. 2.13). 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. 2.13. Изменение среднегодового содержания свинца (нг/м^3), взвешенных веществ и сульфатов (мкг/м^3) в атмосферном воздухе фоновых районов

Рис. 2.14. Изменение фонового содержания диоксида серы и диоксида азота в атмосферном воздухе фоновых районов (мкг/м^3)

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 2021 г., а также за период 2017-2021 гг. представлены в табл. 2.13 и 2.14.

Таблица 2.13. Средневзвешенные концентрации ионов и величины pH и удельной электропроводности (k) в осадках на станциях фонового мониторинга, 2021 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	1,37	0,51	0,80	2,03	0,40	0,84	0,27	0,42	0,08	6,7	6,0	14,7
Приокско-Террасный БЗ	0,91	0,41	1,02	0,16	0,28	0,13	0,10	0,31	0,05	3,4	5,3	10,9
Воронежский БЗ	1,91	1,25	1,64	2,13	0,51	0,81	0,46	1,03	0,13	9,9	5,6	22,8
Кавказский БЗ	1,34	0,52	0,77	1,01	0,22	0,27	0,12	0,64	0,08	5,0	5,6	11,8
Шаджатмаз	1,96	0,49	1,25	3,14	0,53	0,30	0,24	1,34	0,20	9,5	6,2	17,9
АЧР												
Памятная	2,82	1,34	2,05	3,67	1,09	0,87	0,65	1,26	0,31	14,1	5,9	29,8

Станция	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	M	pH	k, мкСм/см
	мг/л											
Туруханск	2,24	0,70	0,57	4,09	0,22	0,52	0,27	1,06	0,50	10,2	6,3	21,3
Хужир	0,82	0,32	0,31	1,98	0,23	0,16	0,12	0,26	0,31	4,5	6,1	9,7
Сихотэ-Алинский БЗ (Терней)	1,63	1,07	0,82	0,09	0,37	0,55	0,10	0,33	0,09	5,1	5,4	15,6
Тикси	2,75	3,23	0,48	0,60	0,30	2,18	0,52	0,53	0,32	11,3	5,5	22,9
Приморская (EANET)	2,57	2,38	1,45	0,96	1,10	0,91	0,37	0,70	0,16	10,6	5,9	23,6

В 2021 г. средневзвешенные значения минерализации осадков фоновых станций в целом по Российской Федерации варьировали в пределах 3,4-14,1 мг/л. Маломинерализованные осадки (до 5 мг/л) преимущественно характерны для Приокско-Террасного БЗ, Хужира и Сихотэ-Алинского БЗ. Осадки со средневзвешенной за год минерализацией свыше 10 мг/л характерны для АЧР и наблюдались в Памятном, Туруханске, Тикси и на станции Приморская.

В 2021 г. по сравнению с периодом 2017-2021 гг. на ЕЧР, кроме Усть-Выми и Воронежского БЗ, наблюдалось уменьшение минерализации осадков – в среднем на 10%. На АЧР увеличение минерализации осадков произошло в Памятной и Туруханске – на 41 и 26% соответственно. Снижение минерализации произошло в осадках Тикси, Тернея и Хужира – в среднем на 25% (табл. 2.14).

Таблица 2.14. Средневзвешенные концентрации ионов и величины pH и удельной электропроводности (k) осадков станций фонового мониторинга, 2017-2021 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	1,10	0,45	0,84	2,40	0,48	0,47	0,22	0,61	0,06	6,6	5,9	13,7
Приокско-Террасный БЗ	0,96	0,46	1,06	0,23	0,28	0,16	0,14	0,34	0,06	3,7	5,3	11,5
Воронежский БЗ	2,08	1,00	1,78	1,21	0,46	0,65	0,48	0,74	0,11	8,5	5,5	21,1
Кавказский БЗ	1,37	0,49	0,85	1,50	0,23	0,24	0,13	0,81	0,09	5,7	5,7	14,9
Шаджатмаз	1,68	0,49	1,46	3,76	0,64	0,24	0,27	1,39	0,17	10,2	6,2	18,1
АЧР												
Памятная	2,24	1,26	1,43	2,09	0,57	0,82	0,54	0,81	0,22	10,0	5,9	24,8
Туруханск	1,67	0,64	0,59	3,08	0,20	0,51	0,28	0,68	0,42	8,1	6,2	16,5
Хужир	1,07	0,37	0,39	2,39	0,19	0,20	0,19	0,37	0,41	5,6	6,2	14,2
Сихотэ-Алинский БЗ (Терней)	1,97	1,19	1,58	0,32	0,37	0,65	0,21	0,64	0,20	7,2	5,6	16,6
Тикси	2,69	5,17	0,50	2,44	0,41	2,60	0,64	0,60	0,34	16,3	5,8	30,5
Приморская (EANET)	3,02	1,47	1,63	1,14	0,85	0,76	0,44	0,81	0,26	10,4	6,1	24,9

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 (Тикси) соотношение примесей в ионном балансе осадков изменяется вследствие иногда значительного преобладания морской составляющей, способствующей увеличению концентрации хлоридов и натрия.

Пространственные и временные изменения содержания компонентов, выраженные минерализацией осадков, значительны (рис. 2.15). Наибольшие колебания минерализации характерны для осадков Тикси вследствие иногда значительного влияния на химический состав морских аэрозолей. Минерализация континентальных станций, расположенных как на ЕЧР, так и на АЧР определялась в основном содержанием или гидрокарбонатов, или сульфатов.

Рис. 2.15. Изменение средневзвешенной минерализации осадков на ЕЧР (а) и АЧР (б), 2017-2021 гг.

Наибольшие содержания гидрокарбонатов в осадках ЕЧР характерны для ст. Шаджатмаз и Усть-Выми. Диапазон изменения концентрации гидрокарбонатов в осадках ЕЧР в 2021 г. составил от 0,16 (Приокско-Террасный БЗ) до 3,14 мг/л (Шаджатмаз). Следует отметить снижение содержания гидрокарбонатов в осадках Кавказского БЗ, произошедшее в 2019 г., и в осадках Усть-Выми, произошедшее в 2017 г. При этом в период 2019-2021 гг. в Кавказском БЗ и в 2018-2021 гг. в Усть-Выми концентрации гидрокарбонатов оставались примерно на одном уровне и не превышали 1,0 и 2,0 мг/л соответственно.

В целом для всех фоновых станций ЕЧР по сравнению со средним значением за 2017-2021 гг., за исключением Воронежского БЗ, характерно снижение содержания гидрокарбонатов в осадках. В Воронежском БЗ за последние 5 лет наблюдается тенденция увеличения гидрокарбонатов – по сравнению с 2017 г. их содержание в 2021 г. увеличилось в 5 раз и составило 2,13 мг/л (рис. 2.16 а).

На АЧР высокое содержание гидрокарбонатов в атмосферных осадках характерно обычно для Туруханска и Памятной, а диапазон колебания в 2021 г. составил 0,09-4,09 мг/л. Наибольшее снижение концентрации гидрокарбонатов в 2021 г. было характерно для осадков Тернея и Тикси – в среднем на 85% по сравнению с предыдущим годом (рис. 2.16 б).

Рис. 2.16. Изменение концентрации гидрокарбонатов в осадках фоновых станций ЕЧР (а) и АЧР (б), 2017-2021 гг.
** красной линией показано среднее значение за 2017-2021 гг.*

За период 2017-2021 гг. тенденция увеличения содержания гидрокарбонатов наблюдалась только в осадках Туруханска. По сравнению с 2017 г. их концентрация в 2021 г. увеличилась практически в 4 раза – с 1,2 до 4,1 мг/л.

Пространственная неоднородность сульфатов проявляется повышенным их содержанием в осадках АЧР по сравнению с осадками ЕЧР. В 2021 г. диапазон концентрации сульфатов в осадках ЕЧР варьировал от 0,91 (Приокско-Террасный БЗ) до 1,96 мг/л (Шаджатмаз), составляя в среднем 1,49 мг/л. На АЧР минимальное содержание сульфатов наблюдалось в осадках Хужира (0,82 мг/л), максимальное – в осадках Памятной (2,82 мг/л), а среднее значение составило 2,14 мг/л.

Наиболее существенное увеличение сульфатов в 2021 г. по сравнению с предыдущим годом проявилось в осадках Усть-Выми и Памятной – примерно в 1,5 раза, Туруханске – примерно в 1,3 раза (рис. 2.17). Увеличение содержания сульфатов по сравнению с 2020 г. в пределах 10-15% отмечено в осадках Кавказского БЗ и Шаджатмаза.

Наибольшие колебания сульфатов наблюдались в осадках Тикси и Приморской. В период 2017-2021 гг. в осадках этих станций средневзвешенные за год концентрации сульфатов могли достигать порядка 4,0 мг/л. В 2021 г. по сравнению с прошлым годом в осадках обеих станций отмечалось снижение сульфатов – примерно на 30% в Тикси и на 15% в Приморской. Снижение концентрации сульфатов на 30% выявлено и в осадках Тернея.

Рис. 2.17. Изменение концентрации сульфатов в осадках фоновых станций ЕЧР (а) и АЧР (б), в период с 2017 по 2021 гг.
** красной линией показано среднее значение за 2017-2021 гг.*

Пространственная неоднородность хлоридов также проявляется повышенным их содержанием в осадках АЧР по сравнению с осадками ЕЧР. Максимальные концентрации хлоридов и наибольшие временные колебания характерны для прибрежной станции – Тикси. В 2021 г. в осадках Тикси концентрация хлоридов снизилась на 40%, а в осадках Приморской и Воронежского БЗ – увеличилась на 60% и 25% соответственно по сравнению с периодом 2017-2021 гг.

Диапазон изменения нитратов в осадках в 2021 г. составил от 0,8 до 1,6 мг/л на ЕЧР и от 0,3 до 2,1 мг/л на АЧР. Несмотря на более высокие концентрации нитратов в осадках отдельных станций АЧР (Памятная и Приморская), среднее их содержание выше на ЕЧР. В 2021 г. максимальные концентрации нитратов наблюдались в Воронежском БЗ и Шаджатмазе, в Памятной и Приморской. В 2021 г. концентрация нитратов в Тернее снизилась более чем в 2 раза как по сравнению с предыдущим годом, так и со средним значением за 2017-2021 гг. (рис. 2.18). Наибольшее увеличение концентрации нитратов по сравнению с 2020 г. произошло в осадках Памятной и Усть-Выми – в среднем на 45%.

В целом за 5-летний период наибольшие колебания нитратов в осадках были отмечены в Тернее и Памятной. Практически на всех фоновых станциях, за исключением Памятной, средневзвешенная концентрация нитратов в осадках снизилась в 2021 г. по сравнению со средним значением за 2017-2021 гг.

Рис. 2.18. Изменение концентрации нитратов в осадках фоновых станций ЕЧР (а) и АЧР (б), 2017-2021 гг.
**красной линией показано среднее значение за 2017-2021 гг.*

Концентрация аммония в осадках фоновых станций составила в среднем 0,4 мг/л. Следует отметить, что максимальные средневзвешенные значения были чуть выше 0,5 мг/л в осадках ЕЧР и не превышали 1,1 мг/л – в осадках АЧР. Наибольшее увеличение аммония в осадках по сравнению с 2020 г. произошло в Памятной и Приморской – в 2,5-3 раза. Отмечается тренд уменьшения аммония в осадках Усть-Выми, где их содержание снизилось с 0,5 в 2017 г. до 0,4 мг/л в 2021 г. Снижение аммония наблюдалось также и в осадках Тикси и Тернея – в среднем в 2 раза по сравнению с 2020 г.

Из катионов в осадках ЕЧР и АЧР, за исключением Тикси, преобладал преимущественно кальций, максимальные концентрации которого характерны для Шаджатмаза. В осадках Тикси содержание натрия выше практически в 2 раза по сравнению с остальными фоновыми станциями.

Пространственные и временные изменения химического состава осадков проявляются изменением pH. Средневзвешенные значения pH осадков фоновых станций, за исключением Приокско-Террасного БЗ, были близки или выше равновесного значения (5,6).

Выпадение веществ с осадками. Годовые потоки загрязняющих веществ с атмосферными осадками рассчитываются на основе данных по химическому составу и их количеству. Географическое распределение поступления веществ на единицу площади может отличаться от распределения концентраций этих веществ, так как зависит от общей суммы осадков.

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 и в 2021 г. составили 11,8 т/км^2 при сумме выпавших за год осадков 2382,1 мм, а на АЧР – для Туруханска (8,9 т/км^2·год при сумме выпавших за год осадков 886,9 мм) и Приморской (7,7 т/км^2·год при сумме осадков 725,5 мм).

В целом, за последние 5 лет несмотря на изменение минерализации осадков, суммарные выпадения веществ колеблются около одного уровня и, как правило, не превышают 2,5 т/км^2·год в Приокско-Террасном БЗ, 4 т/км^2·год в Усть-Выми, 5 т/км^2·год – в Воронежском БЗ и 8 т/км^2·год – в Шаджатмазе.

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 2021 г. представлены в табл. 2.15.

Таблица 2.15. Выпадение серы, азота и суммы ионов (Р) с осадками, 2021 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/км²·год						
ЕЧР								
Усть-Вымь	530,4	0,24	0,10	0,16	0,26	3,53	1,7	0,9
Приокско-Террасный БЗ	708,8	0,21	0,16	0,15	0,31	2,38	0,9	0,7
Воронежский БЗ	490,6	0,29	0,17	0,18	0,35	4,56	1,1	0,8
Кавказский БЗ	2382,1	1,06	0,42	0,41	0,83	11,8	1,0	1,3
Шаджатмаз	660,5	0,43	0,19	0,27	0,45	6,06	1,4	1,0
АЧР								
Памятная	256,2	0,22	0,11	0,20	0,31	3,30	1,8	0,7
Туруханск	886,9	0,66	0,11	0,15	0,26	8,94	1,3	2,5
Хужир	272,1	0,07	0,02	0,05	0,07	1,22	2,5	1,1
Приморская	725,5	0,62	0,24	0,61	0,85	7,66	2,6	0,7
Терней	826,9	0,41	0,14	0,22	0,36	3,80	1,6	1,1
Тикси	228,2	0,20	0,02	0,05	0,07	2,37	2,2	2,7

2.3.6. Кислотность и химический состав атмосферных осадков

Минерализация, химический состав и кислотность осадков. Сумма ионов (М), удельная электрическая проводимость (k) и средневзвешенные концентрации компонентов по федеральным округам в 2021 г. представлены в табл. 2.16, а средние величины за последнее пятилетие (2017–2021 гг.) – в табл. 2.17.

Таблица 2.16. Средневзвешенные концентрации ионов в осадках по федеральным округам, 2021 г.

ФО	Количество станций	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	M	pH			k
		мг/л										ср.	макс	мин	мкСм/см
СЗФО	30	1,7	1,6	1,2	2,8	0,3	1,2	0,5	0,9	0,2	10,5	5,9	6,5	4,9	20,8
ЦФО	24	3,5	1,8	2,5	16,0	0,6	1,2	1,0	4,2	1,5	32,6	6,3	6,9	5,3	52,7
ПФО	20	5,8	2,3	3,9	11,5	0,7	2,4	1,0	4,4	0,8	33,0	6,4	7,2	5,8	51,7
ЮФО	6	3,2	2,2	1,9	2,6	0,4	1,5	0,3	1,6	0,3	14,1	5,9	6,7	5,0	34,0
СКФО	1	2,0	0,5	1,5	3,6	0,6	0,4	0,4	1,5	0,2	10,6	6,2	6,2	6,2	17,2
УФО	6	4,0	1,5	2,6	5,3	0,5	1,6	0,6	2,1	0,5	18,8	6,0	6,5	5,6	38,5
СФО	31	4,7	1,5	1,6	8,2	0,6	1,2	0,6	2,4	0,9	21,8	6,5	7,2	5,8	42,2
ДФО	31	3,0	1,8	1,2	5,4	0,6	1,3	0,7	1,2	0,6	16,0	6,1	7,2	5,1	36,3

Из сравнения данных таблиц следует, что существенных изменений по сравнению с предыдущим периодом не произошло. В СЗФО, ЮФО и СФО среднегодовое значение минерализации в сравнении с периодом 2017–2021 гг. снизилось на 5, 25 и 8%, а в ЦФО и ПФО увеличилось на 7 и 14% соответственно. В 2021 г. в СКФО и ДФО среднегодовые значения соответствовали уровню 2017-2021 гг.

В большинстве округов в 2021 г. по сравнению с периодом 2017–2021 гг. содержание компонентов в осадках практически не изменилось. Снижение концентрации сульфатов отмечалось в осадках СФО, хлоридов - в ЮФО и СФО, а в осадках ПФО и УФО наблюдалось повышение концентрации нитратов.

Нижний предел минерализации около 10,0 мг/л по-прежнему характерен для СКФО и СЗФО. Верхние значения около 30 мг/л наблюдались в ЦФО и ПФО, как в 2021 г., так и в среднем за период 2017-2021 гг., в основном за счет гидрокарбонатов, содержание которых составляло от 40 до 50% от общей суммы ионов.

Следует отметить, что сульфаты и гидрокарбонаты доминируют практически повсеместно, и сульфаты преобладают над нитратами.

Таблица 2.17. Средневзвешенные концентрации ионов в осадках по федеральным округам в период 2017-2021 гг.

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	1,9	1,8	1,2	3,0	0,4	1,1	0,6	1,0	0,2	11,1	5,9	7,0	4,9	23,0
ЦФО	3,2	2,3	2,4	14,8	0,6	1,3	1,4	3,6	1,4	30,6	6,3	7,2	5,2	51,9
ПФО	5,5	2,1	2,8	10,2	0,8	1,9	0,9	4,0	0,8	29,3	6,4	7,2	5,6	49,7
ЮФО	3,7	3,2	2,0	4,0	0,5	1,5	1,2	2,0	0,3	18,8	5,9	6,7	5,0	39,0
СКФО	1,7	0,5	1,5	3,8	0,7	0,3	0,3	1,4	0,2	10,4	6,2	6,3	6,2	18,1
УФО	3,7	1,2	2,0	5,6	0,5	1,2	0,5	2,2	0,4	17,1	6,0	6,7	5,4	36,6
СФО	6,3	2,3	1,5	8,1	0,5	1,7	0,7	2,0	1,4	23,8	6,4	7,2	5,4	49,1
ДФО	3,2	2,0	1,4	5,4	0,6	1,3	0,7	1,2	0,8	16,5	6,1	7,2	5,1	36,4

Концентрация нитратов в осадках в большинстве округов не превышала 3,0 мг/л, как в 2021 г., так и в среднем за период 2017-2021 гг. Исключение – ПФО, содержание нитратов, в осадках которого в среднем за период с 2017 по 2021 гг. составило 2,8 мг/л, а в 2021 г. – 3,9 мг/л. Более низкие значения нитратов в пределах от 1,0 до 1,5 мг/л характерны для СЗФО, СКФО и ДФО.

Концентрация хлоридов в 2021 г. изменялась от 0,5 мг/л (СКФО) до 2,3 мг/л (ПФО).

Содержание металлов таких, как натрий, калий, кальций и магний в атмосферных осадках, как в годовом выражении, так и в целом за период 2017-2021 гг., в основном, не превышало 2,0 мг/л. Концентрации кальция, выше 2,0 мг/ характерны для осадков ЦФО и ПФО.

Ход изменения повторяемости (%) минерализации осадков (М) по интервалам в 2021 г. и за период с 2017-2021 гг. приводится на рис. 2.19.

Рис. 2.19. Повторяемость (%) минерализации осадков (М) по диапазонам в период с 2017 по 2021 гг. и в 2021 г.

Повторяемость минерализации осадков регионального фона с минерализацией М≤15 увеличилась на ЕЧР (ЮФО) в среднем на 30% и одновременно снизилась на 20% в ПФО. На АЧР (СФО) наблюдалось снижение минерализации осадков на 18%.

В ПФО в 2021 г. частота выпадений осадков с минерализацией 15<М≤30 увеличилась на 10%, в УФО, СФО и ДФО - от 7 до 10%. Частота осадков с М>30 мг/л увеличилась на 10% в ЦФО и ПФО и снизилась на 8% в ДФО. В СЗФО, ЮФО, СКФО, УФО не выпадали осадки с минерализацией свыше 30 мг/л.

В осадках практически всех округов преобладают гидрокарбонаты. В целом по РФ содержание гидрокарбонатов изменялось в широком интервале – от 3,0 мг/л в СЗФО и до 16,0 мг/л в ЦФО. 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 сульфатов свыше 5,0 мг/л свойственны для ПФО и СФО. Нитраты от 2,0 мг/л и выше наблюдались в ЦФО, ПФО и УФО и в основном не превышали 4,0 мг/л. Значения нитратов от 1,0 до 1,5 мг/л определялись в осадках СЗФО, СКФО, СФО и ДФО.

Содержание сульфатов в осадках большинства округов в основном не превышало 4,0 мг/л. Значения больше 4,0 мг/л характерны для 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. Следует отметить, что в период с 2017 по 2021 гг. наблюдалось постепенное снижение концентрации сульфатов в СФО. В ПФО с 2017 г. наметилась тенденция

к росту. В ЦФО и УФО уровень загрязнения атмосферных осадков сульфатами варьировал в интервале 3,0–4,0 мг/л в течение всего периода. Минимальные значения (1,5 до 2,0 мг/л) наблюдались в СЗФО и СКФО и в период с 2019 по 2020 гг. – в ЮФО. В 2021 г. среднегодовые концентрации сульфатов в осадках ДФО соответствовали значениям 2018-2021 гг. – 3,0 мг/л.

В большинстве федеральных округов содержание хлоридов в осадках находится в интервале 0,3–2,0 мг/л. Более значительные концентрации хлоридов свыше 3,0 мг/л, по-прежнему, определялись в осадках ЮФО. В УФО содержание хлоридов изменялось от 0,9 до 1,4 мг/л и составило в среднем 1,2 мг/л. В осадках в СЗФО, ЦФО, ПФО и ДФО концентрация хлоридов в течение всего периода не превышала 2,0 мг/л. На ЕЧР в СКФО определялись минимальные значения концентрации хлоридов - 0,3 мг/л.

Концентрации нитратов в осадках в среднем по РФ не превышали 2,5 мг/л. Более высокие значения нитратов определялись в осадках на ЕЧР. В ЦФО, ПФО и ЮФО содержание нитратов изменялось от 2,0 до 2,5 мг/л и составило в среднем 2,2 мг/л. На АЧР концентрация нитратов в среднем за период составила 1,6 мг/л. В 2021 г. в ПФО и УФО концентрация нитратов увеличилась на 40–50%. Более низкие значения характерны для СКФО – 1,0 мг/л, СЗФО – 1,1 мг/л, СФО и ДФО – 1,4 мг/л.

Содержание гидрокарбонатов в осадках большинства федеральных округов не превышало 6 мг/л. Минимальные значения – менее 3,0 мг/л наблюдались в СЗФО. В ПФО, ЮФО и СКФО, УФО и ДФО содержание гидрокарбонатов в осадках колебалось в пределах от 2,5 до 6,0 мг/л. В ЮФО, СКФО и ДФО содержание гидрокарбонатов составило в среднем 6,0 мг/л, в СКФО – варьировало в пределах 2,0 - 5,0 мг/л, в СФО (2018-2021 гг.) - 8,0 мг/л.

Повышенные содержания гидрокарбонатов в атмосферных осадках свыше 15,0 мг/л наблюдались в весенний и осенний периоды в ЦФО. В это время, как правило, происходят сельскохозяйственные работы (посев и уборка сельскохозяйственной продукции), что создает дополнительные условия для повышенной запыленности атмосферы, особенно в условиях низкой годовой суммы осадков.

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

В табл. 2.18 представлены результаты измерения ХСО на станциях, где средняя за год минерализация осадков около или превышает 50 мг/л, а проводимость близка или выше 100 мкСм/см. Третий критерий – выпадение серы равно или больше 2,0 т/км^2·год. Общее число таких станций в 2021 г. снизилось до 10. По-прежнему, на всех станциях гидрокарбонаты являются основным загрязнителем, уступая сульфатам только в Норильске.

Таблица 2.18. Средневзвешенные значения компонентов в наиболее загрязнённых по ионному составу осадков населённых пунктах РФ, 2021 г.

Пункт	SO^{2-}_4	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	M	pH ср	x, мкСм/см	Выпадения серы, т/км^2·год
	мг/л												
ЦФО													
Грязи	8,99	3,91	2,81	36,41	0,66	1,56	1,20	8,86	4,10	68,51	6,5	113,4	1,7
Калач	9,49	3,45	2,46	28,98	0,61	2,38	1,48	7,25	3,38	59,47	6,2	97,2	1,6
ПФО													
Пенза	20,28	4,89	3,95	47,74	0,71	9,39	1,62	14,39	1,27	104,23	7,2	150,0	3,5
Акташ	8,79	5,51	7,15	18,71	0,42	2,88	0,90	8,23	1,76	54,35	6,6	90,6	1,5
ЮФО													
Нижнегорский	7,66	6,65	2,69	7,98	0,39	4,62	0,29	4,29	1,06	35,75	6,3	91,5	1,3
СФО													
Норильск	29,14	1,65	0,87	13,01	1,43	1,18	2,72	8,60	2,85	61,50	6,4	130,3	5,6
Барабинск	12,50	1,92	2,53	13,98	0,58	3,21	1,25	4,18	1,88	42,03	6,8	84,9	1,8
Большое Голоустное	7,44	2,07	3,09	10,37	1,01	0,92	1,22	3,18	1,65	30,95	6,8	89,2	1,4
Диксон	3,72	13,20	0,75	5,38	0,45	7,66	1,81	1,53	1,07	35,60	6,4	98,4	0,4
ДФО													
Кюсюр	10,41	3,80	0,99	46,80	2,18	8,42	8,43	2,58	3,51	87,10	7,1	126,8	1,2

В осадках ЦФО преобладают в основном гидрокарбонаты – около 30,0 мг/л и сульфаты, интенсивность выпадения которых в пересчете на серу составляет около 2,0 т/км^2·год.

В ПФО в списке сохраняются Пенза и Акташ. В 2021 г. минерализация осадков сохраняется высокой в основном за счет гидрокарбонатов и сульфатов. В осадках ПФО преобладают гидрокарбонаты – около 20,0 мг/л и сульфаты – от 9,0 до 20,3 мг/л.

В 2021 г. в список добавлена станция ЮФО – Нижнегорский с высокой минерализацией осадков и выпадением серы до 1,3 т/км^2·год.

Список наиболее загрязненных станций СФО в 2021 г. обновился. Вместо Мариинска и Истока Ангары – Большое Голоустное, Диксон и вновь добавлен Барабинск, из-за высокой концентрации гидрокарбонатов и сульфатов.

По-прежнему в списке наиболее загрязненных по ионному составу осадков станций по выпадениям серы лидирует Норильск. Однако необходимо отметить, что в 2021 г интенсивность выпадения серы в Норильске снизилась на 70% – до 5,6 т/км^2·год.

В список в 2021 г. добавлена станция ДФО Кюсюр, в осадках которой преобладают в основном гидрокарбонаты, а величина удельной электропроводности составила 127 мкСм/см.

Общая картина распределения средних значений pH – показателя кислотности атмосферных осадков в регионах РФ в 2017–2021 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% в большинстве округов и до 100% в СЗФО.

Повторяемость осадков с величиной pH>6,5 в 2021 г. снизилась в СЗФО до 4%, в ЦФО до 40%, в ПФО до 75% и увеличилась в ДФО – до 32%. 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 в ЦФО и ПФО связан с «подщелачивающим» свойством гидрокарбонатов, концентрация которых в 2021 г. увеличилась в среднем на 20%.

Влажные выпадения серы, азота и суммы ионов. В табл. 2.19 приведены средние значения интенсивности выпадений с атмосферными осадками серы, азота и суммы ионов (P), рассчитанные по данным наблюдений в 2021 г., а в табл. 2.20 – средние значения за период 2017-2021 гг. Оценка выпадений с осадками осуществлялась на основе средневзвешенных месячных концентраций и количества выпавших осадков.

Таблица 2.19. Средневзвешенные выпадения серы, азота и суммы ионов, 2021 г.

ФО	q, мм	$S(SO_4)$	$N(NO_3)$	$N(NH_4)$	∑ N	P	N(H)/N(O)	S/∑ N
		т/км^2·год						
СЗФО	668,3	0,37	0,18	0,17	0,34	6,86	0,93	1,07
ЦФО	637,1	0,68	0,37	0,26	0,63	19,38	0,71	1,09
ПФО	455,1	0,85	0,39	0,23	0,62	15,35	0,58	1,38
ЮФО	912,3	0,62	0,30	0,26	0,56	7,73	0,89	1,10
СКФО	660,5	0,65	0,28	0,44	0,73	10,37	1,57	0,90
УФО	329,6	0,43	0,18	0,14	0,32	6,45	0,76	1,33
СФО	549,1	0,82	0,19	0,26	0,45	11,95	1,40	1,84
ДФО	540,6	0,50	0,14	0,22	0,37	7,44	1,55	1,36

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

По данным наблюдений сумма осадков в ЦФО и ЮФО увеличилась на 10 и 24%, на 29% снизилась в УФО. В остальных округах изменения составили менее 10%.

Максимальный уровень поступления суммарных за год выпадений свыше 15,0 т/км^2·год, по-прежнему, характерен для ЦФО и ПФО, третью часть от всех поступлений составляют гидрокарбонаты. Годовое поступление компонентов с атмосферными осадками (P) в 2021 г. изменялось от 7,0 т/км^2·год в СКФО и УФО до 15,1 т/км^2·год в ЦФО. В СЗФО, УФО и ДФО интенсивность суммарных выпадений не превышала 10,0 т/км^2·год и за период с 2017 по 2021 гг. существенных отклонений относительно среднего значения для каждого из округов не было выявлено.

Таблица 2.20. Средние за период выпадения серы, азота и суммы ионов с осадками по федеральным округам, 2017–2021 гг.

ФО	q, мм	$S(SO_4)$	$N(NO_3)$	$N(NH_4)$	∑ N	P	N(H)/N(O)	S/∑ N
		т/км^2·год						
СЗФО	686,4	0,41	0,17	0,18	0,36	7,40	1,06	1,14
ЦФО	571,7	0,57	0,30	0,24	0,53	15,12	0,81	1,07
ПФО	493,4	0,84	0,30	0,32	0,62	14,73	1,09	1,37
ЮФО	691,6	0,59	0,25	0,19	0,44	7,79	0,79	1,34
СКФО	618,3	0,39	0,22	0,34	0,56	6,97	1,54	0,69
УФО	425,4	0,50	0,17	0,15	0,33	6,99	0,88	1,51
СФО	531,7	0,91	0,17	0,22	0,40	11,30	1,28	2,31
ДФО	541,1	0,86	0,18	0,21	0,39	8,38	1,17	2,26

Многолетняя динамика суммарных за год влажных выпадений загрязняющих веществ характеризуется двумя составляющими – плавным изменением среднегодовых уровней загрязнения и случайными отклонениями, в отдельных случаях, обусловленных локальными загрязнениями (рис. 2.20).

Рис. 2.20. Временной ход средних за год выпадений с осадками серы (S), суммарного азота (ΣN) и общей суммы ионов (P) по федеральным округам, 2017–2021 гг.

В 2021 г. значение влажных выпадений серы в основном не превышало 1,0 т/км^2·год. Распределение техногенной нагрузки оксидов серы на территории Российской Федерации имеет дифференцированный характер. Максимальные значения выпадений свойственны ПФО и СФО, где общий уровень поступления серы составляет 0,8–0,9 т/км^2·год. Минимальное значение интенсивности выпадения серы, около 0,5 т/км^2·год, характерно для СЗФО, УФО и ДФО. Интенсивность выпадения серы сульфатной в период 2017-2021 гг. находилась в интервале от 0,4 т/км^2·год в СКФО, до 0,9 т/км^2·год в СФО. Вклад серы в общую массу влажных выпадений составляет от 4% (ЦФО) до 10% (ДФО). Следует отметить, что в 2021 г. отмечался рост выпадений серы в большинстве округов. При этом в ДФО проявилась тенденция к снижению. За период 2017-2021 гг. интенсивность выпадения серы в ДФО снизилась с 1,4 до 0,5 т/км^2·год.

Дифференцированный характер техногенных нагрузок азота для разных регионов страны определяется степенью развития промышленного производства и урбанизированности территорий. Максимальный уровень поступления суммарного азота с атмосферными осадками в среднем за пятилетний период 0,6 т/км^2·год характерен для ПФО и СКФО. Минимальные нагрузки соединений азота, как и в предыдущий период, определены в СЗФО, УФО, СФО и ДФО, где поступление не превышает 0,4 т/км^2·год.

Интенсивность выпадения суммарного азота в период с 2017 по 2021 гг. варьировала от 0,3 (УФО) до 0,6 т/км^2·год (ПФО). Вклад азота суммарного в общую массу влажных выпадений составляет от 3,5% (ЦФО) до 8% (СКФО). Необходимо отметить, что изменение интенсивности влажных выпадений происходит в виде плавных изменений среднегодовых уровней выпадений азота суммарного в большинстве округов за исключением СКФО, ЮФО и ПФО. Резкие изменения влажных выпадений азота суммарного в СКФО, скорее всего, связаны со случайным локальным воздействием.

За период 2017–2021 гг. суммарного азота больше, чем серы выпадало только в СКФО. Интенсивность потоков соединений азота в остальных регионах находилась в интервале 0,3–0,6 т/км^2·год.

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 обзоре представлены данные по интенсивности выпадения на снежный покров серы, азота, а также даны значения показателя кислотности (водородный показатель pH) в снежном покрове субъектов РФ.

По причине отсутствия устойчивого снежного покрова в период зимнего сезона 2020–2021 гг. на картах не представлены данные по субъектам РФ, входящим в состав Северо - Кавказского и Южного федеральных округов.

На рис. 2.21 – 2.23 для объективного отображения интенсивности выпадений серы, азота и значений показателя pH в снежном покрове субъектов РФ с большой площадью, Республика Саха (Якутия) разделена на 2 части: северную и южную, а Красноярский край – на 3: северную, центральную и южную.

В зимний период 2020–2021 гг. на большей части территории страны интенсивность выпадения серы на снежный покров была менее 20 кг/км^2·мес. (рис. 2.21). Интенсивность в диапазоне 20–40 кг/км^2·мес. была отмечена на юго-востоке ЕЧР. В Мурманской области это значение составило 23 кг/км^2 мес., в Новгородской области – 25 кг/км^2·мес. На АЧР выпадения 20–40 кг/км^2·мес. отмечены на территории юга Западной и Восточной Сибири, а также в Камчатском крае - 25 кг/км^2·мес.

Территории с интенсивностью выпадения серы в 40–80 кг/км^2·мес. на ЕЧР находились на юге Урала: Челябинская (74 кг/км^2·мес.) и Курганская (64 кг/км^2·мес.) области и Республика Башкортостан (44 кг/км^2·мес.). На АЧР – это север и центр Красноярского края (54 и 49 кг/км^2·мес. соответственно), Кемеровская область (51 кг/км^2·мес.), и Республика Тыва (52 кг/км^2·мес.). На Дальнем Востоке максимальные выпадения серы были отмечены в Приморском крае (50 кг/км^2·мес.) и в Сахалинской области (57 кг/км^2·мес.).

Максимальные значения интенсивности выпадения серы в РФ - более 80 кг/км^2·мес., были на территории Свердловской области (88 кг/км^2·мес.) и Пермского края (139 кг/км^2·мес.).

Рис. 2.21. Интенсивность выпадения серы на снежный покров в зимний период 2020-2021 гг.

Показатели интенсивности выпадения азота на снежный покров были рассчитаны для суммы ионов нитрата и аммония (рис. 2.22). Для 60% площади территории РФ характерна интенсивность выпадения азота менее 15 кг/км^2·мес.

Территории с интенсивностью выпадения азота 15–25 кг/км^2·мес. занимали центральную и восточную части ЕЧР. На АЧР это Ямало-Ненецкий АО (16 кг/км^2·мес.), а также юг Западной Сибири: Томская (19 кг/км^2·мес.), Новосибирская (20 кг/км^2·мес.) области и Алтайский край (23 кг/км^2·мес.). На Дальнем Востоке РФ – Еврейская авт. обл. (18 кг/км^2·мес.) и Приморский край (23 кг/км^2·мес.).

Интенсивность выпадения азота выше 25 кг/км^2·мес. наблюдалась в Республике Мордовия (25 кг/км^2·мес.), в Тамбовской (26 кг/км^2·мес.), Вологодской (26 кг/км^2·мес.), Липецкой (34 кг/км^2·мес.) областях. Максимальное значение интенсивности выпадения азота на ЕЧР было на территории Республики Татарстан (87 кг/км^2·мес.), а на АЧР – в Кемеровской области (67 кг/км^2·мес.).

Регионы РФ с высокой интенсивностью выпадения азота в снежном покрове сосредоточены на территории ЕЧР, Западной Сибири и на юго-востоке Дальнего Востока. Это обусловлено наличием на данных территориях относительно большого количества автомобильных дорог и промышленных комплексов.

На более чем 80% территории РФ среднемесячное значение показателя pH по регионам в зимний период 2020–2021 гг. находилось в пределах 5,5–6,5 ед. (рис. 2.23).

Регионы с показателем pH 5,0–5,5 расположены на северо-западе ЕЧР. Это Ленинградская (5,4 ед. pH) и Новгородская (5,5 ед. pH) области.

Значения pH в диапазоне 5,5–6,0 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 наблюдался на континентальных территориях юга РФ практически на всей протяжённости страны с запада на восток, а также в центре ЕЧР. Исключением выступает Чукотский автономный округ (6,9 ед. pH), что может объясняться близостью незамерзающего моря, обеспечивающего подщелачивание.

Показатели pH 6,5–7,0 на ЕЧР были отмечены в Республике Татарстан (6,5), в Самарской (6,5) и Липецкой (6,6) областях, а на АЧР, кроме Чукотского АО – в Новосибирской (6,6), Иркутской (6,7) областях, в Алтайском крае (6,6).

Рис. 2.22. Интенсивность выпадения азота на снежный покров в зимний период 2020-2021 гг.

Рис. 2.23. pH снежного покрова в зимний период 2020-2021 гг.

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

Тяжелые металлы

Для оценки характеристик загрязнения атмосферных осадков были использованы ряды данных наблюдений с октября 2020 г. по сентябрь 2021 г (геофизический год).

Средневзвешенные годовые фоновые концентрации свинца в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – около 0,4 мкг/л, на территории Приокско-Террасного БЗ - около 3,5 мкг/л, на территории Астраханского БЗ - около 0,8 мкг/л, на территории Воронежского БЗ - около 0,4 мкг/л, на территории Алтайского БЗ (Яйлю) – около 1,8 мкг/л. Средневзвешенные годовые фоновые концентрации свинца в атмосферных осадках на территориях всех заповедников в рассматриваемый период изменялась незначительно по сравнению с уровнями, зафиксированными в предыдущем году (табл. 2.21, рис. 2.24).

Таблица 2.21. Уровни содержания загрязняющих веществ в атмосферных осадках фоновых районов по результатам наблюдений СКФМ и среднегодовые концентрации за 2020-2021 гг.

Заповедник	Период наблюдений	Свинец, мкг/л		Кадмий, мкг/л		Ртуть, мкг/л	
		Диапазон	2020-2021 гг.	Диапазон	2020-2021 гг.	Диапазон	2020-2021 гг.
Кавказский БЗ	1982-2021	0,19 – 69,0	0,4	0,010–49,0	0,09	0,001–22,4	0,48
Приокско-Террасный БЗ	1983-2021	0,2 - 696,0	3,5	0,009–20,0	0,24	0,01-80,0	0,40
Астраханский БЗ	1987-2021	0,05 – 91,0	0,8			0,02–376,0	0,91
Воронежский БЗ	1989-2021	0,18 - 44,2	0,38	0,025–19,0	0,06	0,001–311,0	0,12
Яйлю	1998-2021	0,25 – 48,0	1,81	0,011–12,5	0,17	0,001–0,97	0,20

Максимальная среднемесячная концентрация свинца в осадках на территории Кавказского БЗ отмечалась в августе 2020 г. В остальные месяцы концентрация свинца не превышала 1 мкг/л.

В Приокско-Террасном БЗ среднемесячное содержание свинца в атмосферных осадках в большинстве случаев не превышало 2 мкг/л (8 месяцев). Максимальное значение (14,2 мкг/л) было отмечено в июле 2021 г.

Среднемесячные концентрации свинца на территории Астраханского БЗ находились на уровне ниже 1 мкг/л. Только в июне 2021 г. среднемесячная концентрация свинца достигла 3,4 мкг/л.

Среднемесячные концентрации свинца на территории Воронежского БЗ в 2020-2021 гг. были ниже, чем в предыдущие годы наблюдений. Все зафиксированные значения находились на уровне ниже 1 мкг/л. В марте рассматриваемого года содержание свинца было наиболее высоким из представленных и составило 0,73 мкг/л.

Максимальное содержание свинца в осадках на территории Алтайского БЗ было отмечено в феврале 2021 г. (около 6,6 мкг/л), минимальные уровни были зафиксированы в декабре 2020 г. (менее 0,5 мкг/л). Содержание свинца в атмосферных осадках на территории Алтайского заповедника в рассматриваемый период не превышало 3 мкг/л за исключением января, февраля и марта 2021 г.

Средневзвешенные годовые фоновые концентрации кадмия в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – около 0,09 мкг/л, на территории Приокско-Террасного БЗ - около 0,24 мкг/л, на территории Воронежского БЗ – около 0,06 мкг/л, на территории Алтайского БЗ (Яйлю) – 0,17 мкг/л.

Средневзвешенные годовые фоновые концентрация кадмия в атмосферных осадках на территориях заповедников в рассматриваемый период сохранились на низком уровне (табл. 2.21, рис. 2.24).

На территории Кавказского БЗ концентрации кадмия за рассматриваемый геофизический год находились в диапазоне от 0,005 мкг/л (октябрь 2020 г.) до примерно 0,1 мкг/л (июнь 2021 г.).

В Приокско-Террасном БЗ в апреле 2021 г. было зафиксировано повышение содержания кадмия в атмосферных осадках до 0,68 мкг/л. Также значительно повышенное содержание кадмия в атмосферных осадках (выше 0,4 мкг/л) было зафиксировано в октябре и ноябре 2020 г. Минимальное содержание кадмия в атмосферных осадках в рассматриваемый период было зафиксировано в феврале и июне 2021 г.

На территории Воронежского заповедника концентрации кадмия варьировали незначительно и в основном не превышали 0,07 мкг/л. Наименьшее содержание кадмия в атмосферных осадках было зафиксировано в мае 2021 г., а максимальное (0,15 мкг/л) – в ноябре 2020 г.

На территории Алтайского заповедника содержание кадмия в рассматриваемый период повысилось по сравнению с предыдущим годом и в основном (8 месяцев) находилось в диапазоне значений до 0,1 мкг/л. Максимальная концентрация наблюдалась в марте 2021 г. (0,94 мкг/л).

Средневзвешенные годовые фоновые концентрации ртути в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – около 0,48 мкг/л, на территории Приокско-Террасного БЗ – около 0,40 мкг/л, на территории Астраханского БЗ - около 0,9 мкг/л, на территории Воронежского БЗ - около 0,12 мкг/л, на территории Алтайского БЗ (Яйлю) – около 0,20 мкг/л.

Рис. 2.24. Изменение среднегодовых концентраций тяжелых металлов в атмосферных осадках (мкг/л) фоновых районов в 2000-2021 гг. (геофизические гг.)

На территории Кавказского БЗ значительно повышенное содержание ртути в атмосферных осадках было зафиксировано в феврале 2021 г., а также в июне и июле 2021 г. Минимальное содержание ртути в атмосферных осадках было зафиксировано в сентябре 2020 г.

На территории Приокско-Террасного БЗ повышенное содержание ртути в атмосферных осадках было отмечено в мае 2021 г. (1,95 мкг/л). Минимальное значение было зафиксировано в апреле 2021 г.

На территории Астраханского БЗ максимальные концентрации ртути в атмосферных осадках отмечались в январе и мае 2021 г., а минимальные – в апреле 2021 г.

На территории Воронежского БЗ содержание ртути в атмосферных осадках в большинстве месяцев находилось ниже 0,15 мкг/л, за исключением концентраций, зафиксированных в феврале 2021 г (0,66 мкг/л). Минимальная концентрация ртути была зафиксирована в августе 2021 г.

На территории Алтайского заповедника содержание ртути полгода не превышало 0,1 мкг/л. Максимальная концентрация (0,65 мкг/л) наблюдалась в январе 2021 г. Минимальное значение содержания ртути в осадках (0,047 мкг/л) было отмечено в мае 2021 г.

Средневзвешенные годовые фоновые концентрации меди в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – около 1,4 мкг/л, на территории Приокско-Террасного БЗ – около 2,0 мкг/л, на территории Астраханского БЗ - около 1,6 мкг/л, на территории Воронежского БЗ - около 1,7 мкг/л, на территории Алтайского БЗ (Яйлю) – около 1,3 мкг/л (рис. 2.24).

На территории Кавказского БЗ содержание меди в атмосферных осадках находилось в основном в диапазоне до 0,5 мкг/л. Повышенные концентрации были зафиксированы в июле 2021 г. (более 8 мкг/л). Минимальные концентрации были зафиксированы в январе и мае 2021 г.

На территории Приокско-Террасного БЗ минимальное содержание меди в атмосферных осадках было зафиксировано в июне 2021 г., а максимальное – в марте 2021 г. (3,4 мкг/л).

На территории Астраханского БЗ содержание меди варьировало от уровня предела обнаружения до 5,8 мкг/л. Максимальное содержание меди в атмосферных осадках было отмечено в июне 2021 г., а минимальные значения (на уровне предела обнаружения) регистрировались в сентябре 2021 г.

В Воронежском БЗ концентрации меди варьировали в диапазоне от 0,88 мкг/л (июль 2021 г.) до 4,3 мкг/л (июнь 2021 г.). При этом, большинство значений находилось в диапазоне до 2 мкг/л.

На территории Алтайского заповедника было зафиксировано значительное повышение содержания меди в атмосферных осадках (до 4,4 мкг/л) в июле 2021 г., а также повышенные значения в феврале-марте 2021 г. (до 3,3 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. Мониторинг трансграничного загрязнения 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 2021 г. проводился на четырех станциях ЕМЕП, расположенных в северо-западном регионе России (Янискоски, Пинега) и в центральной части Европейской России: Данки (юг Московской области) и Лесной заповедник (Тверская область). Основные измерения по программе ЕМЕП представляют собой регулярный анализ содержания в воздухе и атмосферных осадках основных химических соединений, определяющих кислотно-щелочной баланс выпадений. По результатам обработки годовых массивов данных наблюдений для районов 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. Осадки, отобранные на станциях ЕМЕП, в большинстве случаев можно отнести к природно-нейтральным (5 < pH < 7). Распределение повторяемости наблюдавшихся значений pH суточных осадков в различных диапазонах характера кислотности (табл. 2.22) показывает, что в 2021 г. кислые осадки с pH < 4 практически не наблюдались; на всех станциях повторяемость выпадений атмосферных осадков с pH от 5 до 6 превышала 48-50%.

Таблица 2.22. Распределение измеренных значений показателя кислотности (ед. pH) по диапазонам характера закисления атмосферных осадков в районах расположения российских станций ЕМЕП в 2021 г.

Станция (широта, гр. с.ш.)	pH минимальное	pH максимальное	pH среднее	Доля проб в диапазоне pH, %				
				< 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	> 7
Янискоски, 69	4,53	6,84	5,41	0	5	56	39	0
Пинега, 65	4,63	7,69	5,45	0	8	48	37	7
Лесной, 56	4,19	7,01	5,04	0	33	53	13	1
Данки, 55	3,95	7,94	4,94	1	36	50	12	2

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 2021 г. составила 0,25 мг S /л на станции Янискоски, 0,36 мг S/л на станции Пинега, 0,26 мг S/л на станции Лесной заповедник, 0,43 мг S/л на станции Данки (в районе Приокско-Террасного биосферного заповедника). Пространственное распределение содержания нитратов в осадках практически совпало с распределением, характерным для сульфатов: наименьшее значение среднегодовой концентрации составило 0,06 мг N/л на станции Янискоски (Мурманская обл.); южнее, на территориях более низких широт, вдали от промышленных районов и крупных городов (станции Пинега и Лесной заповедник) содержание нитратов колебалось в пределах 0,12 - 0,15 мг N/л, а на станции Данки возросло до 0,23 мг N/л. Диапазон варьирования концентраций ионов аммония в осадках составил 0,29 - 0,45 мг N/л, что выше, чем в 2020 г., как и для нитратов. 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, отражая важную роль переноса выбросов антропогенных источников при формировании уровней содержания азотсодержащих соединений в осадках.

Величина выпадений соединений серы и азота на подстилающую поверхность дает возможность оценить степень опасности воздействия загрязнения атмосферы на состояние окружающей среды. В долгосрочной перспективе избыточное поступление этих веществ может привести к закислению почвенных растворов и ухудшению свойств почвы. Выпадение загрязняющих веществ из атмосферы на подстилающую поверхность происходит с атмосферными осадками (влажные выпадения) и при осаждении (поглощении) веществ в виде газов и аэрозольных частиц (сухие выпадения). Поток влажных выпадений серы и азота (нитратного и аммонийного) на подстилающую поверхность определяется их содержанием в осадках и количеством последних. При этом колебания концентраций основных ионов в атмосферных осадках могут быть меньше, чем изменчивость сумм выпадающих осадков, особенно для межгодовых вариаций сезонных и годовых значений.

Рассчитанные по средневзвешенным концентрациям и месячным суммам выпавших осадков величины влажных выпадений для районов станций составили в 2021 г.: 0,15-0,29 и 0,17-0,46 г/м^2 в год для серы и суммарного азота соответственно. Потоки влажных выпадений серы и азота в зимний период были существенно ниже, чем в летний. Доля аммонийного азота составила до 60% от суммарного влажного выпадения азота.

Многолетние вариации выпадений связаны с межгодовой изменчивостью сумм осадков (вариации их месячных и годовых величин могут составить десятки процентов от среднемноголетних значений), а также с динамикой выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в странах Европы. Идентификация роли последнего фактора является важной задачей ЕМЕП, так как одной из целей программы является мониторинг, результаты которого признаются подтверждением эффективности предпринятых согласованных природоохранных мер в странах-участницах Конвенции и в Европе в целом для улучшения состояния окружающей среды. Изменение значений годовых

выпадений серы из атмосферы с осадками на российских станциях ЕМЕП представлено на рис. 2.25. 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. Результаты расчета многолетних выпадений сумм нитратных и аммонийных соединений с осадками представлены на рис. 2.26. В целом в 2021 г. отмечено уменьшение выпадений, как серы, так и азота с осадками на всех российских станциях ЕМЕП.

Рис. 2.25. Многолетние выпадения сульфатной серы из атмосферы с осадками на станциях ЕМЕП (г S/м^2/год)

Рис. 2.26. 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 2021 г. и значений критических нагрузок по этим элементам для районов расположения станций, представленных в табл. 2.23, позволяют сделать вывод, что выпадения серы остаются существенно ниже уровня критических нагрузок для западных и центральных районов России, но близки или могут превышать (в отдельные годы) границы расчетных значений критерия в северо-западных частях ЕЧР. Для азота на северных станциях ЕМЕП суммарные выпадения также близки к критическим

значениям, а в центральных районах приблизились к нижней границе интервала критерия, что является тревожным сигналом с учетом существующих тенденций изменения выпадений азота с осадками к росту год от года.

Таблица 2.23. Сравнение годовых влажных выпадений в 2021 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	0,26	0,32-0,64	0,45	<0,28
Пинега	0,15	0,32-0,64	0,17	<0,28
Лесной	0,19	1,6-2,4	0,46	0,56-0,98
Данки	0,29	1,6-2,4	0,38	0,56-0,98

2.3.9. Загрязнение воздуха и осадков по данным станций EANET

В рамках выполнения программ наблюдений международной Сети мониторинга выпадения кислотных осадков в Восточной Азии (EANET) на Азиатской части России с 2000 г. постоянно работают 4 станции: три в регионе оз. Байкал - Иркутск (городская), Листвянка (региональная) и Монды (фоновая); одна в Приморском крае – Приморская (региональная). На протяжении более 20 лет только станции EANET предоставляют результаты регулярного мониторинга содержания загрязняющих веществ в атмосфере на АЧР вне городов.

По данным измерений в 2021 г. среднегодовое содержание газовых примесей в воздухе продолжало возрастать по сравнению с предыдущими годами только на станциях EANET в регионе оз. Байкал. Среднее содержание SO_2 на станции Листвянка значительно превышало уровни, отмечавшиеся на других станциях EANET, возрастая, как и в предыдущие 10 лет, в основном за счет высоких значений зимой. В 2021 г. продолжало наблюдаться снижение концентраций азот- и серосодержащих аэрозолей в целом на всех станциях в регионе оз. Байкал, на станции Монды концентрации нитратов были близки к уровню среднего многолетнего, а в Приморье отмечено значительное уменьшение содержания сульфатов. В химическом составе взвешенных частиц наибольшие вклады за весь период наблюдения на всех станциях EANET были характерны для сульфатов, определяющих 40-60% состава атмосферных аэрозолей по массе, однако в 2020-2021 гг. в Приморском крае содержание азотсодержащих соединений превышало 50% (рис. 2.27). В Байкальском регионе продолжали сохраняться более низкие концентрации аэрозольных соединений, при этом за время наблюдений содержание практически всех основных ионов в аэрозолях воздуха значительно уменьшилось.

Рис. 2.27. Изменение среднего химического состава аэрозолей (мкг/м^3) на станциях EANET в холодный (слева) и теплый (справа) периоды по наблюдениям в 2000-2021 гг.

В годовом ходе аэрозолей сульфатов и нитратов на региональных станциях хорошо выражен максимум во второй половине холодного периода. Среднесезонные концентрации большинства веществ, содержащихся в аэрозолях, продолжают снижаться на станциях Монды и Листвянка, и в целом уровень значений сохранялся ниже измерений, как в начале периода наблюдений, так и в 2007-2011 гг. 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. и в целом за период наблюдений, кроме SO_2, демонстрирующего рост концентраций второй год подряд после самых низких в 2018-2019 гг. (рис. 2.28). В Приморье после относительно повышенного содержания загрязняющих веществ в атмосфере в 2020 г. отмечалось снижение их значений до уровней концентрации 2017-2019 гг., что значительно ниже измеренных в 2013-2015 гг.

Рис. 2.28. Изменения средних годовых концентрации соединений серы (слева) и азота (справа) в воздухе на станциях ЕАНЕТ (мкг/м^3)

В зимние месяцы года на Дальнем Востоке наблюдается относительно малое количество осадков, в декабре 2021 г. сумма выпавших осадков составила менее 3 мм/мес, однако такой аномальности (отсутствия осадков), как в начале года 2019 г., не наблюдалось. В весенних осадках наблюдалось более высокое содержание сульфатов, в 2-3 раза выше, чем в среднем в другие месяцы года; концентрации нитратов, кальция и аммония в течение всего года демонстрируют менее выраженный внутригодовой ход с минимумами в летние месяцы. На юге Восточной Сибири также прослеживается годовой ход концентраций практически всех веществ с наибольшими значениями в весенние и осенне-зимние месяцы, кроме аммония, чей максимум отмечен в августе-начале сентября. Сезонные изменения выпадений веществ определяются главным образом годовым ходом осадков, но не только: наибольшие потоки основных анионов отмечены в Приморье в апреле-июне (NO_3^- 0,06-0,11 г/м^2 и SO_4^{2-} 0,16-0,17 г/м^2) и в начале осени (0,14 и 0,15 г/м^2 для NO_3^- и SO_4^{2-}, соответственно) при максимальном количестве выпавших осадков в августе, когда наблюдались значения выпадений, близкие к среднемесячным за 2021 г. (рис. 2.29). Для станции ЕАНЕТ Листвянка наблюдалось значительное преобладание летних выпадений практически по всем веществам: более 85% годового потока сульфатов и аммония, более 63% нитратов и кальция за теплый период при выпадении за этот период около 84% годовой суммы осадков. В целом годовые выпадения в 2021 г. для ст. Листвянка и ст. Приморская составили для сульфатов 0,88 г/м^2 и 1,39 г/м^2, соответственно, для нитратов 0,36 и 0,83 г/м^2, аммония 0,16 и 0,61 г/м^2, что для Байкальского региона выше, чем в 2020 г.

Рис. 2.29. Годовой ход концентраций (верхний) и выпадений (нижний) основных кислотообразующих ионов с осадками в регионе озера Байкал (ст. Листвянка, слева) и на Дальнем Востоке (ст. Приморская, справа) в 2021 г.

2.4. Содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности

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

Многолетний мониторинг содержания загрязняющих веществ в основных депонирующих средах наземных экосистем – почвах и растительности – позволяет решать фундаментальную проблему выявления долговременных трендов изменения состояния биосферы в условиях техногенеза, а также прикладные проблемы экологического нормирования состояния компонентов природной среды. В России получение репрезентативных данных о текущих уровнях накопления приоритетных экотоксикантов в почвах и растительности фоновых территорий непрерывно осуществляется с конца 70-х гг. XX века на станциях комплексного фонового мониторинга (СКФМ), приуроченных к особо охраняемым природным территориям – биосферным заповедникам (БЗ) и национальным паркам (НП), которые расположены в основных широтных природных зонах и областях высотной поясности страны.

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. В 2021 г. мониторинг почв проводился на СКФМ Приокско-Террасного БЗ, Воронежского БЗ, Кавказского БЗ и Алтайского БЗ (Яйлю). 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 10 $^{\times}$ 10 м^2 из верхнего минерального слоя профиля на глубину 10 см, а в древостоях – с площади 25 $^{\times}$ 25 м^2 из горизонта лесной подстилки и из нижележащих минеральных горизонтов также на глубину 10 см. С той же площади по фракциям отбираются средние пробы доминантных видов растительности или смешанные пробы травостоя: 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 организации 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 последний 5-летний период наблюдений на СКФМ величины содержания тяжелых металлов в верхних горизонтах почв в целом были близки к наблюдаемым в предыдущую декаду и ниже, чем среднемировые кларки элементов в континентальной земной коре, установленные А.П.Виноградовым (1962), З.Ху и С.Гао (2008), Н.А.Григорьевым (2009) (табл. 2.24), а также другими исследователями. Таким образом, глобальной металлизации поверхностных горизонтов почв фоновых территорий по сравнению с характерным элементным составом горных пород не отмечается. Относительно повышенный средний региональный уровень валового 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.

В плане экологического нормирования текущие средние уровни накопления в почвах СКФМ соединений свинца, кадмия и меди в подавляющей массе опробованных почв существенно уступают величинам предельно- и ориентировочно-допустимых концентраций (ПДК и ОДК, соответственно), что характеризует фоновый уровень загрязнения наземных экосистем России как допустимый. Вместе с тем, за последние 5 лет наблюдений в почвах Баргузинского БЗ было зафиксировано спорадическое повышение содержания соединений кадмия до величин, превышающих ОДК для кислых суглинистых почв. В целом, в почвах СКФМ регистрировалось существенное варьирование величин валового содержания тяжелых металлов. Превышения максимальных величин концентраций свинца над минимальными были особенно заметно выражены в почвах Приокско-Террасного БЗ и Воронежского БЗ; кадмия – в почвах Приокско-Террасного БЗ, Воронежского БЗ и Баргузинского БЗ; меди – в почвах НП Смоленское Поозерье, Приокско-Террасного БЗ, Алтайского БЗ (Яйлю) и Баргузинского БЗ. Они могут отражать случаи пробоотбора в условиях увеличения антропогенной нагрузки на наземные экосистемы Центрального федерального округа – промышленно развитого региона с повышенной плотностью населения, а также на компоненты природной среды Сибирского федерального округа, где активно ведется добыча и переработка металлических руд полезных ископаемых.

Межгодовое варьирование показателей, безусловно, во многом определяется естественным пространственным варьированием свойств почв на площадках пробоотбора, что требует для установления временных трендов загрязнения почв тяжелыми металлами проведения непрерывных наблюдений.

Содержание в почвах СКФМ стойких органических загрязнителей глобального рассеяния, в основном, характеризует их экологическое состояние как благополучное. Как правило, в поверхностных горизонтах выявляются лишь следовые количества органических поллютантов, которые существенно меньше установленных значений ПДК. Так, усредненное 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 остаточных количеств персистентного пестицида ДДТ и его метаболитов в последние годы наблюдений в 3-5

раз ниже ПДК. При определении текущих уровней содержания в почвах СКФМ инсектицида γ-гексахлорциклогексана (γ-ГХЦГ), который был официально запрещен к применению в России в 1990 г., регистрируются значения, которые близки к пределу лабораторного обнаружения и в 50 и более раз ниже установленного ПДК.

Таблица 2.24. Средние величины (числитель) и размах (знаменатель) содержания тяжелых металлов и органических загрязнителей в почвах СКФМ за период 2017-2021 гг.

СКФМ	Опробованные почвы	Свинец	Кадмий	Медь	Бенз(а)пи-рен	сумма-ДДТ	γ-ГХГЦ
		мг/кг			мкг/кг		
Центральный федеральный округ							
НП Смоленское Поозерье	Дерново-подзолистые супесчаные	8,8 / 3,7-10,0	0,35 / 0,12-0,35	11,9 / 2,2-16,0	0,2 / ≤0,1-1,2	0,1 / ≤0,2-10,0	0,1 / ≤0,2-0,7
Приокско-Террасный БЗ	Дерново-подзолистые суглинистые	11,9 / 1,8-23,8	0,10 / 0,02-0,25	5,9 / 0,7-16,0	0,6 / 0,1-0,9	4,5 / 0,5-70,8	0,3 / ≤0,1-6,0
Воронежский БЗ	Дерново-подзолистые песчаные	6,5 / 1,8-20,0	0,08 / 0,01-0,12	1,2 / 0,3-1,8	0,9 / 0,1-18,1	21,7 / 0,5-77,9	10,2 / ≤0,1-10,2
Южный федеральный округ							
Кавказский БЗ	Горные бурые лесные суглинистые	33,7 / 27,6-40,2	0,11 / 0,04-0,17	16,3 / 15,1-17,5	0,2 / 0,1-1,4	18,5 / 0,5-41,1	0,7 / ≤0,1-5,6
Астраханский БЗ	Аллювиальные луговые и лугово-болотные суглинистые	12,6 / 5,8-26,3	0,43 / 0,36-0,54	14,5 / 11,0-20,8	0,1 / 0,1-0,45	2,9 / 0,3-25,1	1,3 / ≤0,1-13,2
Приволжский федеральный округ							
Волжско-Камский БЗ	Дерново-подзолистые суглинистые	3,2 / 2,9-3,8	0,11 / 0,02-0,28	2,6 / 1,1-4,2	0,2 / 0,1-0,3	35,6 / 0,5-71,4	1,0 / 0,1-4,5
Сибирский федеральный округ							
Алтайский БЗ (Яйлю)	Горно-луговые суглинистые	7,1 / 5,4-9,2	0,08 / 0,03-0,09	8,5 / -	0,5 / 0,1-3,7	4,8 / 0,5-52,6	0,25 / ≤0,1-2,2
Баргузинский БЗ	Горные мерзлотно-таежные суглинистые	4,9 / 2,4-8,2	0,23 / 0,04-2,8	6,1 / 3,1-12,0	0,5 / 0,3-1,6	15,5 / 0,5-98,6	1,7 / ≤0,1-3,4
$ОДК_{вал}$ *		*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*	-	-	-

* *$ОДК_{вал}$ для тяжелых металлов (в песчаных и супесчаных почвах / кислых (с pH_{KCl}<5,5) суглинистых и глинистых почвах / близких к нейтральным, нейтральным (с pH_{KCl}>5,5) суглинистых и глинистых почвах, соответственно), а также ПДК для органических загрязнителей по СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».*

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

За последний 5-летний период наблюдений в дерново-подзолистых почвах Воронежского БЗ отмечалось единичное содержание бенз(а)пирена, повышенное до 0,9 ПДК, однако, согласно последнему сроку опробования почв этой СКФМ концентрация поллютанта была близка к пределу его обнаружения. Повышение в районах размещения СКФМ суммарного содержания ДДТ и его метаболитов, численно превышающее величину 0,5 ПДК, было зарегистрировано в отдельные годы наблюдений в дерново-подзолистых почвах Приокско-Террасного БЗ, Воронежского БЗ и Волжско-Камского БЗ, а также в горных мерзлотно-таежных почвах Баргузинского БЗ. В это же время даже максимально наблюдаемые уровни накопления в почвах СКФМ остаточных количеств γ-ГХЦГ существенно ниже установленных для инсектицида ПДК.

Средние величины фоновых концентраций загрязняющих веществ в почвах СКФМ существенно варьируют в зависимости от географической приуроченности площадки наблюдений, что отражает как природные особенности почв, так и общий уровень антропогенной нагрузки на них (табл. 2.25). В целом, в почвах Европейской части России отмечается повышенный ≈ в 2 раза средний уровень содержания валовых форм соединений свинца и γ-ГХЦГ, в то время как средние концентрации остальных определяемых загрязняющих веществ в почвах Европейской и Азиатской частей России имеют сравнительно близкие характеристики.

Таблица 2.25. Характеристики варьирования содержания загрязняющих веществ в почвах СКФМ за период 2017-2021 гг.

СКФМ	Свинец	Кадмий	Медь	Бенз(а)пи-рен	сумма-ДДТ	γ-ГХГЦ
	мг/кг			мкг/кг		
Все СКФМ						
Среднее ± доверительный интервал	10,4 ± 6,1	0,2 ± 0,1	8,6 ± 3,4	0,4 ± 0,2	15,5 ± 9,0	1,9 ± 2,1
Минимум	3,2	0,1	1,2	0,1	0,1	0,1
Максимум	33,7	0,4	16,3	0,9	36,0	10,2
Коэффициент вариации, %	89	69	60	66	88	172
СКФМ Европейской части России						
Среднее ± доверительный интервал	12,8 ± 8,7	0,2 ± 0,1	8,7 ± 5,1	0,4 ± 0,3	13,9 ± 11,0	2,3 ± 3,1
Минимум	3,2	0,1	1,2	0,1	0,1	0,1
Максимум	33,7	0,4	16,3	0,9	35,6	10,2
Коэффициент вариации, %	85	77	73	86	99	173
СКФМ Азиатской части России						
Среднее ± доверительный	5,7 ± 1,4	0,2 ± 0,1	8,3 ± 2,4	0,4 ± 0,1	18,8 ± 17,9	1,0 ± 0,8

СКФМ	Свинец	Кадмий	Медь	Бенз(а)пи-рен	сумма-ДДТ	γ-ГХГЦ
	мг/кг			мкг/кг		
интервал						
Минимум	4,9	0,1	6,1	0,3	4,8	0,3
Максимум	7,1	0,2	10,4	0,5	36,0	1,7
Коэффициент вариации, %	21	47	26	27	84	72

Фоновое содержание загрязняющих веществ в растительности

Растительный покров является первым депонирующим ярусом наземных экосистем, который перехватывает и аккумулирует примеси при их сухом осаждении и мокром выпадении из атмосферы. Кроме того, растения накапливают в своих тканях экотоксиканты, поступающие в них путем корневого поглощения в ходе процессов минерального питания. Таким образом, общий объем накопления загрязняющих веществ в растительности служит важной характеристикой экологического состояния наземных экосистем фоновых территорий.

За период наблюдений 2017-2021 гг., включая последний срок опробования, визуальное обследование состояния фитоценозов СКФМ не выявляло 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 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. 2.26).

Таблица 2.26. Средние величины содержания тяжелых металлов и органических загрязнителей в растительности СКФМ в период 2017-2021 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	0,40	37,3	2,4
	Береза, листья	2,1	4,80	6,0			
	Черника, листья	2,2	0,48	3,1			
	Осока	1,8	1,10	2,5			
	Разнотравье	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	0,33	-	-
	Мох	2,2	0,60	2,7			
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 в середине XX века А.П.Виноградовым (1962), в настоящее время отмечается повышение средних уровней содержания свинца, меди и особенно кадмия в растительности СКФМ. 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 на всех СКФМ измеренных величин содержания элемента в растениях над его кларком в живом веществе (0,01 мг/кг) может свидетельствовать о тренде расширения техногенного потока кадмия на современном этапе техногенеза.

Характерно, что среди компонентов растительного покрова СКФМ наибольшими концентрациями соединений свинца и кадмия, как правило, отличаются листья и хвоя древостоев, а также растительность мохового яруса. Это может отражать существенную долю аэрогенного источника поступления тяжелых металлов в растительные организмы при сухом осаждении твердых аэрозолей и поступлении элементов в составе атмосферных осадков, а также свидетельствовать об эффективности барьерной функции растительного покрова в процессах поглощения атмосферных примесей.

Максимальные повышения содержания соединений свинца наблюдаются в стеблях и листьях мхов Волжско-Камского БЗ и Воронежского БЗ (37,0 и 10,3 мг/кг, соответственно), кадмия (29,7 мг/кг) – в листьях ветлы (ива белая, *Salix alba*) Астраханского БЗ, меди (24,6 мг/кг) – в разнотравье Кавказского БЗ.

Загрязняющие вещества органической природы, в отличие 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 моховом ярусе Волжско-Камского БЗ могут свидетельствовать о длительности эффектов применения этого препарата в Южном и Приволжском Федеральных округах даже спустя 40-50 лет после запрета на его применение. Помимо этого, спорадическое повышение остаточных количеств ДДТ и его метаболитов в растительности фоновых территорий может определяться спецификой биоклиматических особенностей вегетации в годы наблюдений, а также пространственной неоднородностью распределения в наземных экосистемах поллютантов, поступающих из атмосферы. Другие загрязнители органической природы, такие как бенз(а)пирен и γ-ГХГЦ, выявляются в растительности всех СКФМ лишь в незначительных количествах.

Колебания в растительности СКФМ концентраций органических загрязняющих веществ в наименьшей степени выражены для аэрогенно поступающего в наземные экосистемы бенз(а)пирена, в наибольшей – для хлорсодержащих органических инсектицидов групп ДДТ и ГХГЦ, накопление которых в компонентах растительного покрова СКФМ имеет остаточный характер и характеризуется большой пространственной неоднородностью.

Наиболее высокие средние уровни содержания бенз(а)пирена (0,5-0,6 мкг/кг) наблюдаются в разнотравье напочвенного покрова Приокско-Террасного и Кавказского БЗ; остаточных количеств ДДТ и его метаболитов (122 мкг/кг) – в растительности мохового яруса Волжско-Камского БЗ; а остаточных количеств γ-ГХГЦ (4,0 мкг/кг) – в хвое сосны Волжско-Камского БЗ.

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

Для сравнения уровней загрязнения почв токсикантами промышленного происхождения (ТПП) вблизи источников промышленных выбросов с фоновыми массовыми долями соответствующих химических веществ ежегодно проводится отбор проб почв на фоновых территориях, прилегающих к техногенным. Фоновая площадка для вещества в почвах обследуемого города – территория в районе расположения города с фоновой концентрацией вещества в почвах, аналогичных почвам города.

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

В 2021 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 (Свердловской области), Приволжского федерального округа (Республики Башкортостан, Республики Татарстан, Удмуртской Республики, Чувашской Республики, Нижегородской, Оренбургской и Самарской областей).

В табл. 2.27 представлены значения массовых долей нитратов, сульфатов и водорастворимого фтора в почвах фоновых площадок на территориях Новосибирской, Кемеровской, Томской, Самарской и Свердловской областей, а также Приморского края.

Таблица 2.27. Массовые доли нитратов и водорастворимого фтора, мг/кг, в почвах фоновых площадок на территории Российской Федерации

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Нитраты	Сульфаты	Фтор
Сибирский федеральный округ					
Западная Сибирь Новосибирск с. Прокудское	Подзолистые	1995-2021	2,0-36,5 / 5,2	–	0,2-4,1 / 2,8
Кемерово, д. Калинкино ЮЮЗ 55 км от ГРЭС	Выщелоченный чернозём	1995-2021	0,41-87,5 / 0,41	–	0,4-3,5 / 1,0
г. Новокузнецк, пос. Сарбала ЮЮВ 32 км от ГРЭС	Подзолистые	1995-2021	3,8-24,6 / 3,8	–	0,2-9,5 / 1,1
г. Томск, с. Ярское Ю 43 км от ГРЭС-2		2001-2021	1,5-156,7 / 30,9	–	0,3-3,8 / 2,5

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Нитраты	Сульфаты	Фтор
Иркутская область г. Черемхово	Дерново-карбонатные, серые лесные	2001, 2007, 2014, 2021	–	12-629,6 / 629,6	1,8-4,4 / 4,4
г. Свирск	Серые лесные	2001, 2007, 2014, 2021	–	4-375,4 / 375,4	2,1-4,0 / 4,0
Дальневосточный федеральный округ					
Приморский край г. Артем	Бурые лесные	2001, 2008, 2021	–	8,7-13,5 / 8,7	–
г. Большой Камень	Бурые лесные	2002, 2011, 2021	–	15-63 / 45,1	–
Приволжский федеральный округ					
Самарская область Волжский район НПП «Самарская Лука» З 100 км от г. Самара	Чернозёмы	2006-2021	1-47 / 4,3	24-216 / 91,2	0,2-3,3 / 0,3
Волжский район АГМС п. Аглос ЮЗ 20 км от г. Самара		2006-2021	0,7-36 / 2,5	16-149 / 44,9	0,8-4,1 / 0,8
Уральский федеральный округ					
Свердловская область п. Мариинск ЮЗ 54 км от г. Екатеринбург	Подзолистые	1999-2021	0,2-13,2 / <2,8	–	–

Примечание: в знаменателе указаны результаты наблюдений 2021 г.

Данные, представленные в табл. 2.27, демонстрируют значительные колебания содержания в почвах нитратов, сульфатов и фтора за рассматриваемый период. Следует отметить, что в 2021 г. на территории фоновой площадки с. Ярское Томской области содержание нитратов в почве (30,9 мг/кг) снизилось в 5 раз по сравнению с предыдущим годом наблюдений (156,7 мг/кг). В целом, несмотря на варьирование содержания вышеуказанных химических веществ, превышение допустимых гигиеническими нормативами значений выявляется в единичных случаях.

В 2021 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 2017–2021 гг. изменялась в диапазоне 1,2-11,1 кг/км^2·мес. В 2021 г. плотность выпадений водорастворимых соединений фтора на территории фоновой площадки (2,9 кг/км^2·мес.) в зимний период (2020-2021 гг.) снизилась в 3,8 раза по сравнению с 2020 г. (11,1 кг/км^2·мес.). По данным наблюдений 2017-2021 гг. плотность среднегодовых атмосферных выпадений фторидов на фоновой площадке п. Листвянка Иркутской области варьировала в диапазоне 0,46-2,41 кг/км^2·мес.

Результаты многолетних наблюдений за фоновыми валовыми и/или кислоторастворимыми (сравнимыми с валовыми) формами массовых долей кобальта, марганца, никеля, ртути в почвах отдельных регионов РФ представлены в табл. 2.28.

Таблица 2.28. Массовые доли валовых (или кислоторастворимых) форм кобальта, марганца, никеля и ртути, мг/кг, в почвах фоновых площадок на территории Российской Федерации

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Co	Mn	Ni	Hg
Центральный федеральный округ						
Московская область Щелковский район*	Дерново-подзолистые	2021	2,1	139,6	10,8	–
Сибирский федеральный округ						
Иркутская область г. Черемхово	Дерново-карбонатные, серые лесные	2001, 2007, 2014, 2021	7-156,5 / 156,5	54,9-550 / 54,9	17-46 / 38,6	0,03-0,06 / 0,03
г. Свирск	Серые лесные	2001, 2007, 2014, 2021	11-53,4 / 53,4	194-1168 / 194	11,3-55 / 11,3	0,05-0,1 / 0,05
Дальневосточный федеральный округ						
Приморский край г. Артем	Бурые лесные	1985, 2001, 2008, 2021	12-16 / –	800-967 / 967	7,7-14 / 7,7	0,09*
г. Большой Камень	Бурые лесные	1989, 1994, 2002, 2011, 2021	10-18 / –	655-860 / 721	9,2-14 / 9,2	0,04-0,07 / 0,04
Уральский федеральный округ						
Свердловская область п. Мариинск ЮЗ 54 км от г. Екатеринбург	Дерново-подзолистые	1999-2020	4-44 / 18,3	77-3110 / 1011	1,5-53 / 34,5	0,01-0,20 / 0,05
г. Нижний Тагил С 146 км от г. Екатеринбург	Дерново-подзолистые	2006, 2011, 2016, 2021	14-29 / 16	494-1511 / 835	16-102 / 45	0,02-0,2 / 0,02
Приволжский федеральный округ						

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Co	Mn	Ni	Hg
Нижегородская область г. Дзержинск территория городского округа г. Дзержинска	Дерново-подзолистые	2013, 2018-2021	1-8 / <6	63-278 / 248	8-24 / <14	0,02-0,06 / <0,06
Самарская область НПП «Самарская Лука» З 100 км от г. Самара	Черноземы	2006-2021	–	43-515 / 208,4	11-87 / 32,5	–
АГМС п. Аглос ЮЗ 20 км от г. Самара			–	175-778 / 273,4	9-103 / 27,2	–
Удмуртская Республика В 20 км от г. Глазов	Дерново-подзолистые	2003,2004, 2006, 2021	10-16 / 16	297-1530 / 297	8-64 / 8	–
Республика Татарстан г. Казань СЗ 20 км	Дерново-подзолистые	2008-2021	2-8	250-613 / 613	2-36 / 2,4	0,01-0,04 / 0,03
г. Нижнекамск г. Набережные Челны СВ, Национальный парк «Нижняя Кама»			3-9	223-549 / 549	12-51 / 51	0,01-0,04 / 0,04

Примечания: в знаменателе указаны результаты наблюдений 2021 г.;
* – данные наблюдений только за 2021 г.
– - не определяли

Данные наблюдений показывают, что средние концентрации кобальта, марганца, никеля и ртути в почвах фоновых площадок не превышали допустимых значений, за исключением единичных случаев.

Массовые доли кислоторастворимых форм кадмия, меди, свинца, цинка и НП в почвах фоновых площадок на территориях отдельных регионов Российской Федерации представлены в табл. 2.29. Данные многолетних наблюдений демонстрируют, что, несмотря на варьирование содержания токсикантов промышленного происхождения в почвах фоновых площадок за весь период наблюдения, превышение допустимых гигиеническими нормативами значений выявляется редко.

Результаты обследований, проведенных с 1999 по 2021 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.

Таблица 2.29. 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 Щелковский район*	Дерново-подзолистые	2021	1,0	11,6	9,0	38,0	–
Сибирский федеральный округ							
Западная Сибирь г. Кемерово д. Калинкино ЮЮЗ 55 км от ГРЭС	Выщелоченный чернозём	1995-2021	<0,1-6,3 / 0,33	4-41 / 19,4	5-31 / 15,2	18-169 / 79,7	6-110 / 57,3
г. Новокузнецк пос. Сарбала ЮЮВ 32 км от ГРЭС	Подзолистые	1995-2021	<0,1-1,3 / 0,32	3,0-27 / 18,8	7,0-25 / 14,7	11-133 / 50,3	36-510 / 51,8
г. Новосибирск с. Прокудское	Подзолистые	1995-2021	<0,1-3,0 / 0,48	3-30 / 18,6	1,6-40 / 21,2	5-129 / 72,5	9-264 / 193
г. Томск, с. Ярское Ю 43 км от ГРЭС-2	Подзолистые	2001-2021	<0,1-0,9 / 0,48	2-21,3 / 17,2	4,1-27 / 15,2	22-200 / 82,4	20-296 / 252
Иркутская область г. Черемхово	Дерново-карбонатные, серые лесные	2001, 2007, 2014, 2021	0,4-4,2 / 4,2	12-27,6 / 27,6	10-27 / 12,5	62-110 / 83,5	–
г. Свирск	Серые лесные	2001, 2007, 2014, 2021	0,9-2,8 / 2,8	12-53,3 / 53,3	12-31 / 12,5	51,7-81 / 51,7	–
Дальневосточный федеральный округ							
Приморский край г. Артем	Бурые лесные	1985, 2001, 2008, 2021	0,07-0,25 / 0,07	8,9-14 / 8,9	15-30 / 19,0	52-80,5 / 80,5	–
г. Большой Камень	Бурые лесные	1989, 2002, 2011, 2021	0,05-0,25 / <0,05	10,4-17 / 10,4	14,1-30 / 14,1	52-85 / 52,1	–
Уральский федеральный округ							

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Cd	Cu	Pb	Zn	НП
Свердловская область п. Мариинск ЮЗ 54 км от г. Екатеринбург	Дерново-подзолистые	1999-2021	0,5-2,2 / 0,6	15-281 / 94,8	7,0-137 / 26,0	44-213 / 118,8	–
г. Нижний Тагил С 146 км от г. Екатеринбург	Дерново-подзолистые	2006, 2011, 2016, 2021	0,3-1,4 / 0,3	16-107 / 40	12-33 / 12	57-122 / 62	–
Приволжский федеральный округ							
Нижегородская область г. Дзержинск территория городского округа г. Дзержинска	Дерново-подзолистые	2013, 2018-2021	<0,5-4,0 / <0,5	5-13 / <13	<5-11 / <10	16-49 / 41	32-98 / 92
Самарская область НПП «Самарская Лука» З 100 км от г. Самара	Черноземы	2006-2021	0,2-2,8 / 0,3	7-118 / 25,7	8-88 / 19,3	35-219 / 59,1	9-175 / 104,5
АГМС п. Аглос ЮЗ 20 км от г. Самара			0,1-2,5 / 0,7	8-55 / 20,4	1-21 / 16,6	31-271 / 60,2	2,4-69,2 / 69,2
Удмуртская Республика В 20 км от г. Глазов	Дерново-подзолистые	2003,2004, 2006, 2021	<0,5*	18-69 / 18	8-160 / 8	43-770 / 43	28-40 / <28
Республика Татарстан г. Казань СЗ 20 км	Дерново-подзолистые	2008-2021	0,1-0,5 / 0,4	1,2-11 / 1,7	3-18 / 4,0	9,3-180 / 15,5	2,3-96 / 42,8
г. Нижнекамск г. Набережные Челны СВ, Национальный парк «Нижняя Кама»		2008-2021	0,1-1,1 / 1,1	5-28,8 / 28,8	2,3-22 / 13	17-89,6 / 89,6	15-150 / 126
Республика Башкортостан г. Белорецк ЮЗ 20 км от АО «БМК»	Серые лесные	2005, 2011, 2021	0,3 / –	14-27 / 14	11-21 / 11	51-140 / 51	–
г. Учалы ЮЗ 18 км от АО «УГОК»	Типичные черноземы	2005, 2011, 2021	0,1-0,3 / 0,1	20-27 / 20	14-21 / 14	10-140 / 10	–

Примечание: в знаменателе указаны результаты наблюдений 2021 г.
* – данные наблюдений только за 2021 г.

В районе г. Нижний Тагил Свердловской области (на расстоянии 136 км в южном направлении от г. Екатеринбурга) за период 2006-2021 гг. содержание подвижных форм свинца в подзолистых почвах изменялось в диапазоне 0,8-7,1 мг/кг, хрома – от 0,4 до 0,7 мг/кг, марганца – от 40 до 215 мг/кг, никеля – от 0,01 до 4,5 мг/кг, цинка – от 1,6 до 37 мг/кг, меди – от 1,0 до 5,2 мг/кг, кобальта – от 0,01 до 1,3 мг/кг, кадмия – от 0,01 до 0,5 мг/кг. На территории Приморского края в 2021 г. содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве определялось на фоновых площадках вблизи городов Артем и Большой Камень. В почве фонового участка в районе г. Артем концентрация кадмия составила 0,12 мг/кг, свинца - 1,65 мг/кг, никеля – <0,5 мг/кг, цинка – 3,2 мг/кг, марганца – 88 мг/кг, меди - 0,06 мг/кг. В почве фоновой площадки г. Большой Камень содержание свинца выявлено на уровне 2,8 мг/кг, меди - 0,3 мг/кг, кадмия - <0,05 мг/кг, никеля - 0,23 мг/кг, цинка – 2,8 мг/кг, марганца - 78,2 мг/кг. В г.о.г. Дзержинск Нижегородской области значения массовых долей подвижных форм ТМ в почвах фонового участка следующие: меди – 0,8 мг/кг, никеля – < 2,5 мг/кг, свинца – <1,1 мг/кг, цинка – < 2,4 мг/кг, кадмия – < 0,2 мг/кг, кобальта - <0,2 мг/кг. Почвы фоновой площадки в районе г. Глазов Удмуртской Республики содержали меди 0,1 мг/кг, никеля – < 1,0 мг/кг, свинца – < 0,4 мг/кг, цинка – <1,2 мг/кг, кадмия – 0,1 мг/кг, кобальта – <0,1 мг/кг.

В 2021 г. фоновое содержание нефтепродуктов для г. Омска установлено 154,8 мг/кг.

Концентрации БП в 2021 г. определялись в почвах фоновых участков городов Артем и Большой Камень 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 выявляются редко. За многолетний период наблюдений превышение предельно допустимых и ориентировочно допустимых концентраций химических веществ в почвах регистрировалось 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. Фоновое загрязнение поверхностных вод (по данным сети СКФМ)

Тяжелые металлы

В 2021 г. фоновое содержание ртути, свинца, кадмия в поверхностных водах большинства фоновых районов России соответствовало интервалам величин, наблюдаемых в последние годы, и составило для ртути 0,21-

0,67 мкг/л, свинца 0,28–1,62 мкг/л, кадмия 0,02–3,0 мкг/л. На Азиатской части России фоновые концентрации тяжелых металлов, как правило, ниже, чем на Европейской части России (табл. 2.30).

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

Таблица 2.30. Фоновое загрязнение поверхностных вод по данным сети КФМ

Заповедник	Период наблюдений	Свинец, мкг/л		Кадмий, мкг/л		Ртуть, мкг/л	
		Диапазон	2021 г	Диапазон	2021 г	Диапазон	2021 г
Кавказский БЗ	1982-2021	0,2-16,0	1,62	0,004-2.5	0,036	0,03-1,4	0,40
Приокско-Террасный БЗ	1987-2021	нпо-39,4	0,31	0,03-3,5	0,13	0,03-8,7	0,25
Астраханский БЗ	1988-2021	0,08-128	0,58	0,1-413	3,01	0,01-74	0,67
Воронежский БЗ	1990-2021	0,16-50	0,28	0,01-4,6	0,02	0,06-0,54	0,21
Яйлю	2002-2021	0,01-3,6	0,20	0,01-1,7	0,34	0,01-0,44	0,07

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 гг. в процессе испытаний ядерного оружия в атмосфере. Последний ядерный взрыв в атмосфере был произведен 18 октября 1980 г. в Китае.

Дополнительное радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды на некоторых территориях РФ произошло вследствие радиационных аварий: в 1986 г. – на Чернобыльской АЭС, в 1957 г. – на ПО «Маяк», расположенном в Челябинской области. В 1967 г. 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 2021 г. наблюдения за мощностью амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД) проводились на 1 268 пунктах и дополнительно измерения выполнялись на 30 постах в крупных городах.

Наблюдения за радиоактивными атмосферными выпадениями проводились на 355 пунктах, за объемной активностью радионуклидов в приземном слое атмосферы – на 55 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.

Анализ всей совокупности данных наблюдений показал, что в последние годы радиационная обстановка на территории Российской Федерации была спокойной и в 2021 г. по сравнению с 2020 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 и в пресноводных водоемах на 3-4 порядка ниже уровней вмешательства, установленных нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009 для населения.

2.6.1. Радиоактивное загрязнение приземного слоя воздуха

Загрязнение атмосферы техногенными радионуклидами на территории РФ в настоящее время, в основном, обусловлено выбросами предприятий ядерного топливного цикла и вторичным поступлением радионуклидов с загрязненных 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 2021 г. наиболее значительные изменения среднегодовых значений объемной ΣB в приземном слое атмосферы наблюдались в Восточной Сибири, причем в северной части региона произошло увеличение активности до $21{,}16 \cdot 10^{-5}$ Бк/м^3 (в 2020 г. – $15{,}7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м^3), а на юге Восточной Сибири наблюдалось уменьшение от $26{,}1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м^3 до $19{,}46 \cdot 10^{-5}$ Бк/м^3.

На ЕЧР и в Западной Сибири изменения среднегодовых значений объемной Σβ в приземном слое атмосферы были незначительны, включая загрязненную зону (Брянск, Курск) и район ПО «Маяк» в пос. Новогорный (Челябинская обл.), – и не превышали величины 15%, однако везде наблюдалось некоторое увеличение активности, в результате среднем по России наблюдалось незначительное увеличение – до $15{,}2\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 (в 2020 г. – $13{,}9\cdot10^{-5}$ Бк/м^3). Следует отметить низкий уровень объемной Σβ в Заполярье – $4{,}38\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 (в 2020 г. – $3{,}74\cdot10^{-5}$ Бк/м^3). Такую динамику объемной Σβ в приземном слое атмосферы можно рассматривать как устойчивую радиационную обстановку на территории России и некоторую стабилизацию глобального техногенного фона (рис. 2.30).

В 2021 г. по отдельным пунктам наблюдения разброс значений объемной Σβ был более значительным, наиболее высокие значения наблюдались в декабре в пунктах Сухобузимское (Красноярский край) и Обнинск (Калужская обл.) ($299{,}3\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 и $159{,}1\cdot10^{-5}$ Бк/м^3, при среднемесячном $46{,}3\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 и $29{,}4\cdot10^{-5}$ Бк/м^3 соответственно), в феврале в Нижнем Новгороде ($186{,}5\cdot10^{-5}$ Бк/м^3, при среднемесячном $49{,}6\cdot10^{-5}$ Бк/м^3). В других пунктах наблюдения максимальные зафиксированные величины объемной Σβ в 2021 г. не превышали $150{,}0\cdot10^{-5}$ Бк/м^3.

Рис. 2.30. Средние значения объемной Σβ в приземном слое атмосферы на территории РФ в 2020–2021 гг., 10^{-5} Бк/м^3

По данным наблюдений за радиоактивным загрязнением атмосферы по Σβ радионуклидов в 2021 г. случаев экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) на территории России зафиксировано не было. Случаи высокого загрязнения (ВЗ) были зафиксированы: 27 случаев кратковременного превышения над фоновыми уровнями объемной Σβ в аэрозолях и 10 случаев по выпадениям (в 2020 г. – 22 случая в аэрозолях и 10 случаев по выпадениям). Большинство их было зафиксировано в пунктах наблюдения Среднесибирского УГМС зимой. Наибольшее ВЗ по выпадениям Σβ было зафиксировано в пунктах Туруханск (Красноярский край) (113,24 Бк/м^2·сутки; 45,8 Бк/м^2·сутки) и Астрахань (48,2 Бк/м^2·сутки).

И если величина объемной Σβ в приземной атмосфере может изменяться за счет различных уровней поступления в воздух природных радионуклидов, а не только техногенных, то динамику объемной активности ^{137}Cs, как основного дозообразующего техногенного радионуклида, можно рассматривать как показатель общего техногенного воздействия.

Среднегодовая, взвешенная по территории России, объемная активность ^{137}Cs в воздухе с 2014 г. составляет в среднем $1{,}6\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, отклоняясь по годам не более, чем на $0{,}2\cdot10^{-7}$ Бк/м^3. Максимальная среднемесячная активность ^{137}Cs в воздухе вне загрязненных зон наблюдалась в мае в г. Курчатов (Курская обл.) – $50\cdot10^{-7}$ Бк/м^3. Повышенные относительно фоновых среднемесячные значения наблюдались в городах Курске – $13{,}0\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, Обнинске – $12{,}2\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, Брянске – $11{,}6\cdot10^{-7}$ 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.

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 2021 г. объемная активность ^{137}Cs в воздухе, основного дозообразующего радионуклида на загрязненных территориях, составила $5,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м^3 против $4,8 \cdot 10^{-7}$ 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 (Челябинская обл.) максимальная среднемесячная объемная активность ^{137}Cs ($480,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м^3) наблюдалась в феврале 2021 г., а среднемесячная за 2021 г. составила $66,7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м^3 (в 2020 г. – $13,8 \cdot 10^{-7}$ Бк/м^3), что на пять-шесть 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 2021 г. снизились до 5,9 Бк/м^2·год (в 2020 г. – 7,8 Бк/м^2·год).

Средняя по РФ плотность выпадения ^{137}Cs из атмосферы на подстилающую поверхность в 2010-2021 гг. составила от 0,10 Бк/м^2·год до 0,15 Бк/м^2·год, за исключением 2011 г., когда за счет поступления выбросов с АЭС «Фукусима-1» годовые выпадения составили 1,43 Бк/м^2.

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.

Средняя объемная активность ^{90}Sr в приземной атмосфере в 2021 г. не превысила уровень 2020 г. и ряда предшествующих лет, когда ее величина была менее $1,5 \cdot 10^{-7}$ Бк/м^3 .

Выпадения ^{90}Sr из атмосферы на большей части территории Росийской Федерации были ниже предела обнаружения (<0,2 Бк/м^2·год).

Среднее содержание трития (^3H) в осадках по РФ, начиная с 2010 г., когда полностью истощился стратосферный резервуар радионуклидов, сформировавшийся в период испытания ядерного оружия в атмосфере (последний ядерный взрыв в 1980 г. в Китае), колеблется около значения в 1,5 Бк/л.

Отклонения в разных пунктах наблюдения и по годам не превышают 0,5 Бк/л и связаны, главным образом, с погодными условиями и, прежде всего с количеством атмосферных осадков.

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.

С 2008 г. средняя объемная активность ^{90}Sr в воде рек России колеблется в диапазоне от 3,0 мБк/л до 5,0 мБк/л, что на три порядка ниже уровня вмешательства для населения (4,9 Бк/л). Конкретное ее значение зависит от погодных условий, главным образом, от количества осадков и интенсивности их выпадения.

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.

Объемная активность трития в водах рек, начиная с 2010 г., осредненная по всем пунктам наблюдения на реках, колеблется вблизи значения 2,0 Бк/л, что близко к значению его концентрации в атмосферных осадках, от которого отличается не более чем на 0,5 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 – от 3,6 Бк/л до 4,8 Бк/л. Приведенные значения уровня загрязнения ^{90}Sr реки Течи находятся ниже уровня вмешательства для населения по НРБ-99/2009 (4,9 Бк/л).

Уровни загрязнения морской воды ^{90}Sr в 2021 г. несколько уменьшились. Среднегодовые объемные активности ^{90}Sr 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 1,79 мБк/л в Авачинской губе (в 2020 г. - 1,77 мБк/л) до 2,66 мБк/л в Белом море (в 2020 г. – 3,03 мБк/л). В Каспийском море в 2020-2021 гг. наблюдения не проводились.

Максимальное содержание ^{90}Sr в 2021 г., также, как и в 2020 г., было зафиксировано в Азовском море (Таганрогский залив) – 6,0 мБк/л (в 2020 г. - 6,3 мБк/л).

2.6.3. Радиационная обстановка на территории 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. Многолетние данные по величине среднегодовых значений МАЭД в разных федеральных округах изменяются в пределах 0,01-0,03 мкЗв/ч и носят случайный характер.

Повышенные среднегодовые значения МАЭД были зафиксированы в отдельных пунктах наблюдений, как правило, в районах расположения радиационных объектов (РОО). Но даже в этих районах среднегодовое значение МАЭД в 2021 г. не выходило за пределы колебания фонового уровня, например, в 100-км зоне Ленинградской АЭС изменялось от 0,11 до 0,15 мкЗв/ч, Кольской АЭС – от 0,09 до 0,14 мкЗв/ч.

В отличие от величины МАЭД объемная активность ^{137}Cs в приземной атмосфере в разных федеральных округах имеет большие различия. В ДВФО и УФО его концентрация, как правило, оказывается меньше порога обнаружения

(в УФО не учитываются данные по В.Дуброво). Наиболее высокие величины объемной активности ^{137}Cs характерны для ЕЧР – это ПФО, ЮФО и ЦФО, где среднегодовые значения находятся в диапазоне (2-7) 10^{-7} Бк/м^3.

В 2021 г. в большинстве пунктов наблюдения СФО, включая пункты, расположенные вблизи РОО, активность ^{137}Cs была ниже порога обнаружения. Значимые концентрации неизменно фиксировались в п. Уяр, Чите и Иркутске – в диапазоне от 1,0 до 2,5·10^{-7} Бк/м^3. Среднее по округу значение объемной активности ^{137}Cs в 2020-2021 гг. находилось в диапазоне средневзвешенных значений по РФ (1,4-1,7)·10^{-7} Бк/м^3.

В 2021 г., как и ранее, в пунктах наблюдения, расположенных в районах РОО, таких как Новогорный, Курчатов, среднегодовые значения объемной активности ^{137}Cs на порядок превышают указанные выше.

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 2017-2021 гг. ее значение снизилось до характерных для округа значений – около 1,5·10^{-7} Бк/м^3. В 2020-2021 гг. наиболее высокие значения объемной активности ^{137}Cs были зарегистрированы в Санкт-Петербурге и Петрозаводске, где ее значения достигали двукратных величин по сравнению со средними значениями по округу.

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.

Среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в приземной атмосфере в 2021 г. в УФО, СФО и ДВФО была выше 1,0·10^{-7} Бк/м^3, но не превышала 1,5·10^{-7} Бк/м^3, а в большинстве федеральных округов ЕЧР – СЗФО, ПФО, ЦФО – находилась в диапазоне от 0,5 до 1,0·10^{-7} Бк/м^3. Только в ЮФО среднегодовая объемная активность ^{90}Sr составила 1,6·10^{-7} Бк/м^3, причем ее величина отличалась высокой стабильностью в течение года, максимальная и минимальная величины отличались от среднего значения на 0,1·10^{-7} Бк/м^3, в то время как в других округах диапазон достигал одного порядка.

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 2021 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 2021 г. сравнительно небольшой – наименьшая измеренная плотность выпадений ^{137}Cs отмечалась в ЦФО – 0,05 Бк/м^2·год, наибольшая в УФО – 0,48 Бк/м^2·год. В ДВФО и СФО во всех субъектах федерации плотности атмосферных выпадений ^{137}Cs были ниже порога обнаружения (<0,01 Бк/м^2·год).

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, где выпадения, как и в предыдущие годы, на порядок превышали средние значения по округу.

Объемные активности трития на территории РФ измеряются в атмосферных осадках во всех округах, кроме ЮФО, где такие наблюдения не проводятся. Средняя активность трития по федеральным округам в 2020-2021 гг. была в диапазоне от 0,9 Бк/л до 2,1 Бк/л. Причем наименьшие значения устойчиво наблюдаются в СЗФО, а наибольшие также устойчиво в СФО. Среднегодовая активность трития в осадках для всей территории РФ в 2020-2021 гг. была около 1,5 Бк/л.

Величина выпадений трития по федеральным округам в последние годы, как правило, находится в диапазоне от 600 Бк/м^2·год до 1000 Бк/м^2·год. Распределение выпадений, в целом, соответствует величинам активностей по округам, хотя и сильно зависит от количества атмосферных осадков в округе.

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 2020-2021 гг. составляла около 1,5 Бк/л.

При мониторинге поверхностных вод 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 (п. Рябинино), Кама (п. Тюлькино) и Колва (п. Чердынь), протекающих в районе проведения мирных подземных ядерных взрывов. В последние годы объемная активность ^{90}Sr в водах трех последних рек постоянно уменьшалась и в 2014-2015 гг. приблизилась к средним по ЕЧР значениям (4-7 мБк/л). В дальнейшем содержание ^{90}Sr в воде этих рек увеличилось и колебалось в диапазоне 12-17 мБк/л.

В воде рек и озер, в водосборе которых нет загрязненных территорий, среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в 2020-2021 гг. была в пределах от 2 мБк/л до 5 мБк/л. Повышение содержания, как правило, связано с наличием в их водосборе РОО.

В воде морей, омывающих территорию России, ^{90}Sr также содержится в заметных количествах. Величина его активности определяется, в значительной степени, открытостью моря – его связью с океаном. Наименьшие содержания в последнее десятилетие наблюдаются в Авачинской губе Тихого океана – от 1 мБк/л до 1,5 мБк/л. Значительно выше активности ^{90}Sr в водах Белого моря – от 2 мБк/л до 3,5 мБк/л и, особенно, Каспийского моря – от 3,5 мБк/л до 9 мБк/л. Стабильно высокая объемная активность ^{90}Sr наблюдается в Таганрогском заливе Азовского моря – около 6 мБк/л, куда впадает Дон, в водосборе которого есть значительные территории, загрязненные в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

3. Загрязнение окружающей среды регионов России

3.1. Загрязнение атмосферного воздуха населенных пунктов

Оценка состояния загрязнения атмосферного воздуха за 2021 г. в городах Российской Федерации приведена с учетом новых гигиенических нормативов содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений, установленных СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Указанными санитарными правилами и нормами для 36 из 60 загрязняющих веществ, содержание которых измеряется в атмосферном воздухе городов, внесены изменения в значения среднесуточных концентраций и установлены новые виды нормативов - среднегодовые предельно допустимые концентрации (ПДКс.г.). Для ряда загрязняющих веществ установлены более жесткие нормативы ПДКс.г., чем ранее действовавшие нормативы среднесуточных концентраций (ПДКс.с.).

Оценка по различным показателям динамики и тенденций изменений уровня загрязнения атмосферного воздуха городов отдельными загрязняющими веществами за пятилетний период сопровождается в каждом случае поясняющими комментариями об использованных величинах ПДК. Это необходимо для демонстрации наличия фактического улучшения ситуации загрязнения воздуха (в терминах концентраций загрязняющих веществ) за рассматриваемый период по веществам, для которых в 2021 г. введены более жесткие ПДК.

Дополнительно в разделе 3.1.5 приведена оценка состояния загрязнения воздуха и его изменений в 12 городах-участниках федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология». Решением Минприроды России базовым годом для оценки динамики изменения контролируемых параметров при реализации федерального проекта «Чистый воздух» принят 2017 г., в котором были установлены частично обновленные нормативы ПДК (ГН 2.1.6.3492-17). По отношению к этим нормативам определяются оценки качества воздуха на протяжении периода реализации федерального проекта «Чистый воздух».

Использование этих величин ПДК обусловлено необходимостью оценки долговременных трендов качества воздуха по результатам мониторинга в сопоставимых условиях за истекший период реализации проекта с 2017 по 2021 гг. Применительно к оценке качества воздуха за истекший и плановый периоды федерального проекта «Чистый воздух» указанные величины ПДК предназначены не для гигиенических оценок атмосферного воздуха в городах-участниках, а носят технический, управленческий характер для оценок в целях мониторинга успешности и результативности мероприятий по улучшению качества воздуха.

3.1.1. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха

В 2021 г. наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в России проводились в 251 городе на 692 пунктах, из них регулярные наблюдения Росгидромета выполнялись в 221 городе на 620 пунктах (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 в воздухе, мг/м^3 или мкг/м^3 ($q_{ср}$);
- максимальная (измеренная за 20 мин) разовая концентрация загрязняющего вещества, 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 атмосферного воздуха населенных мест, устанавливаемая Главным санитарным врачом Российской Федерации. С 1 марта 2021 г. взамен ГН 2.1.6.3492-17 введены в действие новые санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

С учетом введенных СанПиН 1.2.3685-21 новых нормативов ПДК средние концентрации сравниваются с ПДК среднесуточными (ПДКс.с.) и годовыми (ПДКс.г.), максимальные из разовых концентраций — с ПДК максимальными разовыми (ПДКм.р.), из среднесуточных и среднемесячных — с ПДКс.с.

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 ПДК. Определяется из данных наблюдений в пункте за одним загрязняющим веществом, или на всех пунктах рассматриваемой территории за всеми загрязняющими веществами за месяц или за год. В приведено количество городов, в которых СИ > 5 или СИ > 10;

НП — наибольшая повторяемость, %, превышения ПДКм.р. одного из загрязняющих веществ по данным наблюдений на всех пунктах 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%.

3.1.2. Тенденции изменений загрязнения атмосферного воздуха

По данным регулярных наблюдений за период 2017–2021 гг. средние за год концентрации формальдегида увеличились на 6%, взвешенных веществ и бенз(а)пирена снизились на 14-16%, диоксида азота, оксида азота и оксида углерода снизились на 6–13%, диоксида серы – не изменились (табл. 3.1, рис. 3.9–3.14).

Таблица 3.1. Тенденция изменений средних за год концентраций загрязняющих веществ в городах РФ за период 2017–2021 гг.

Загрязняющее вещество	Количество городов	Тенденция средних за год концентраций, %
Взвешенные вещества	208	–14
Диоксид азота	234	–6
Оксид азота	156	–13
Диоксид серы	228	0
Оксид углерода	221	–8
Бенз(а)пирен	147	–16
Формальдегид	158	+6

Важным показателем для оценки качества воздуха и тенденций его изменений является количество городов, где средние за год концентрации какого-либо загрязняющего вещества превышали 1 ПДК. **По сравнению с предыдущим годом количество таких городов увеличилось на 77 и составило 211 (рис. 3.3), что не связано с ухудшением состояния атмосферного воздуха, а обусловлено введением в действие в 2021 г. СанПиН 1.2.3685-21, в которых для ряда загрязняющих веществ установлены более жесткие гигиенические нормативы. С учетом ранее действовавших нормативов количество таких городов уменьшилось бы на 5 городов.**

Количество городов, в которых уровень загрязнения атмосферы оценивается (по показателю ИЗА) как высокий и очень высокий по сравнению с предыдущим годом увеличилось на 88 городов (рис. 3.4).

В список городов с наибольшим уровнем загрязнения воздуха в России в 2021 г. (Приоритетный список) включены 42 города (рис. 3.4, табл. 3.4). По сравнению с предыдущим годом количество городов в Приоритетном списке увеличилось на 27 городов.

Рис. 3.3. Количество городов, в которых среднегодовые концентрации одного или нескольких веществ превышали 1 ПДК с учетом прежних (2017–2021 гг.) и новых (2021 г.) нормативов (1), и отмечались значения СИ больше 10 (2)

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

Тенденция изменений загрязнения атмосферного воздуха отдельными веществами

Количество городов, где средние за год концентрации *взвешенных веществ* превысили норматив содержания в атмосферном воздухе, по сравнению 2020 г. увеличилось на 74 города и составило 120 (рис. 3.5), *формальдегида* — на 114 городов (рис. 3.8), **что обусловлено ужесточением в 2021 г. норматива в 2 раза для взвешенных веществ и в 3 раза — для формальдегида (СанПиН 1.2.3685-21).** Если учитывать прежние ПДК, то количество городов, где среднегодовые концентрации взвешенных веществ превысили 1 ПДК, в 2021 г. составило бы 35 (рис. 3.5), то есть по сравнению 2020 г. уменьшилось бы на 11 городов, а количество городов где среднегодовые концентрации формальдегида превысили 1 ПДК, в 2021 г. составило бы 49 (рис. 3.8), то есть по сравнению 2020 г. увеличилось бы только на 12 городов.

Количество городов, где средние за год концентрации *диоксида азота* превышали норматив содержания в атмосферном воздухе, за 5 лет уменьшилось на 9 городов, *бенз(а)пирена* — уменьшилось на 15 (рис. 3.6-3.7).

Количество городов, где максимальные концентрации взвешенных веществ превышали 10 ПДК, за пять лет увеличилось на 3 города (рис. 3.5), диоксид азота — не изменилось (рис. 3.6), бенз(а)пирена — снизилось на 4 города (рис. 3.7), формальдегида — снизилось на 2 города (рис. 3.8).

Рис. 3.5. Количество городов, в которых среднегодовые концентрации взвешенных веществ превышали 1 ПДК (1) с учетом прежней и новой ПДК, 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, с учетом прежней (средний ряд значений) и новой ПДК (верхний ряд), СИ формальдегида больше 10 (нижний ряд)

Общий характер тенденции средних за год 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 (величины предельно допустимых концентраций представлены с учетом нормативов СанПиН 1.2.3685-21).

Рис. 3.9. Среднегодовые концентрации (q, мкг/м³) взвешенных веществ и выбросы от стационарных источников (М, млн. т) твердых веществ

Рис. 3.10. Среднегодовые концентрации (q, мкг/м³) и выбросы от стационарных источников (М, млн. т) диоксида серы

Рис. 3.11. Среднегодовые концентрации (q, мкг/м³) и выбросы от стационарных источников (М, млн. т) оксида углерода

Рис. 3.12. Среднегодовые концентрации диоксида (qNO_2, мкг/м³) и оксида азота (qNO, мкг/м³) и выбросы от стационарных источников (М, млн. т) NOx (в пересчете на NO_2)

Рис. 3.13. Среднегодовые концентрации бенз(а)пирена (q, нг/м³) и выбросы от стационарных источников (М, тонн)

Рис. 3.14. Среднегодовые концентрации формальдегида (q, мкг/м³) и выбросы от стационарных источников (М, тонн)

Сведения о выбросах от стационарных источников загрязняющих веществ за 2017 г. приводятся по данным Федеральной службы государственной статистики[3], за период 2018-2021 гг. — по данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования[4].

[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 29.03.2022)

Количество выбросов за период 2017–2021 гг. приводится только от стационарных источников в связи с изменением методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников.[5]

За период 2017–2021 гг. среднегодовые концентрации взвешенных веществ снизились на 14%, а выбросы твердых веществ от стационарных источников снизились несущественно (рис. 3.9).

Среднегодовые концентрации диоксида серы за последние пять лет не изменились, а выбросы от стационарных источников за период 2017-2021 гг. снизились — на 13% (рис. 3.10).

Среднегодовые концентрации оксида углерода за последние пять снизились на 8%, а выбросы от стационарных источников за период 2017–2021 гг. увеличились на 7% (рис. 3.11).

Среднегодовые концентрации диоксида азота за последние пять лет снизились на 6%, оксида азота — на 13%. Выбросы от стационарных источников за период 2017–2021 гг. существенно не изменились (рис. 3.12).

Среднегодовые концентрации бенз(а)пирена за последние пять лет снизились на 16%. Выбросы от стационарных источников, вносящих наибольший вклад в формирование уровня загрязнения воздуха бенз(а)пиреном, за период 2017-2021 гг. увеличились существенно — на 675% (рис. 3.13).

Среднегодовые концентрации формальдегида за пятилетний период увеличились на 6%, а количество выбросов формальдегида от стационарных источников за период 2017-2021 гг. увеличилось на 39% (рис. 3.14).

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, формальдегида и бенз(а)пирена, полученные по данным регулярных наблюдений в 2021 г. в городах России, представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Средние концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов России по данным регулярных наблюдений в 2021 г.

Загрязняющее вещество	Число городов	Средние концентрации (мкг/м^3)	
		$q_{ср}$	$q_м$
Взвешенные вещества	235	96	828
Диоксид азота	247	30	195
Оксид азота	173	16	195
Диоксид серы	244	7	143
Оксид углерода	234	913	6017
Бенз(а)пирен (нг/м^3)	187	1,3	4,7
Формальдегид	165	9	74

В **122** городах (53% городов), уровень загрязнения воздуха оценивается как очень высокий и высокий (рис. 3.15), в 27% городов — как низкий.

С учетом новых гигиенических нормативов, установленных СанПиН 1.2.3685-21, в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха проживает 50,6 млн. человек, что составляет 46% городского населения России (рис. 3.16, табл. 3.4, 3.5).

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)

На рис. 3.17 показаны средние концентрации наиболее распространённых загрязняющих веществ в целом по городам России. Средняя за год концентрация бенз(а)пирена и взвешенных веществ выше ПДК в 1,3 раза, хлорида водорода — в 1,8 раз, формальдегида — в 3,1 раза, концентрации других веществ не превышали 1 ПДК.

[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»

В целом по городам России средние из максимальных концентраций всех рассматриваемых загрязняющих веществ, кроме диоксида серы, диоксида азота и оксида азота, превышали 1 ПДК. Средние из максимальных концентрации фторида водорода, аммиака, оксида углерода, фенола, формальдегида, взвешенных веществ и хлорида водорода составили 1,1-1,8 ПДК, приземного озона, сероуглерода сероводорода и этилбензола были выше ПДК в 2,0-2,7 раза, бенз(а)пирена — в 4,7 раз (рис. 3.18).

Рис. 3.17. Средние концентрации загрязняющих веществ в городах России
1 - взвешенные вещества (235), 2 - диоксид серы (244), 3 - оксид углерода (234), 4 - диоксид азота (247), 5 - оксид азота (173), 6 - сероводород (116), 7 - сероуглерод (4), 8 - фенол (102), 9 - фторид водорода (30), 10 - хлорид водорода (36), 11 - аммиак (73), 12 - формальдегид (165), 13 - бенз(а)пирен (187), 14 - приземный озон (11).
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 **221** городе (**88**% городов, где проводятся наблюдения) средние за год концентрации какого-либо вещества превысили 1 ПДК. В этих городах проживает 71,9 млн. чел. (рис. 3.19).

Средние за год концентрации взвешенных веществ превысили 1 ПДК в 120 городах, бенз(а)пирена — в 41 городе, формальдегида — в 151 городе, диоксида азота — в 41 городе.

Максимальные концентрации загрязняющих веществ превысили 10 ПДК в 35 городах (табл. 3.3). В них проживает 10,4 млн. чел. (рис. 3.20). Концентрации бенз(а)пирена превысили 10 ПДК в 25 городах с населением 5,5 млн. чел., 5 ПДК — в 43 городах с населением 11,3 млн. чел. Максимальные концентрации превысили 10 ПДК сероводорода в 6 городах, взвешенных веществ — в 4 городах, диоксида серы, свинца и взвешенных частиц PM10 — в 1 городе. Всего за год было отмечено 370 случаев превышения 10 ПДК различных загрязняющих веществ.

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

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 2021 г.

Город	Загрязняющее вещество	Кол-во случа-ев	Макс. конц. ПДК[1]	Город	Загрязняющее вещество	Кол-во случа-ев	Макс. конц. ПДК[1]
Абакан	бенз(а)пирен[3]	4	24,2	Новодвинск	бенз(а)пирен[2]	5	16,8
Архангельск	бенз(а)пирен[2]	6	31,1	Новокузнецк	бенз(а)пирен[3]	10	42,4
Байкальск	PM10[2]	1	23,3	Норильск	диоксид серы	54	43,9
Братск	бенз(а)пирен[3]	6	34,6		сероводород	31	42,9

Город	Загрязняющее вещество	Кол-во случа-ев	Макс. конц. ПДК[1]	Город	Загрязняющее вещество	Кол-во случа-ев	Макс. конц. ПДК[1]
Вихоревка	бенз(а)пирен[3]	6	60,9	Рязань	сероводород	1	10,4
Зима	бенз(а)пирен[3]	3	18,9	Самара	сероводород	129	85,0
Канск	бенз(а)пирен[3]	4	22,6	Свирск	бенз(а)пирен[3]	6	33,7
Кемерово	бенз(а)пирен[3]	2	12,7		взвешенные вещества	1	12,5
Комсомольск-на-Амуре	бенз(а)пирен[3]	2	12,8	Северодвинск	бенз(а)пирен[2]	1	13,8
Корсаков	взвешенные вещества[2]	1	18,3	Селенгинск	бенз(а)пирен[3]	6	23,2
Красноярск	бенз(а)пирен[3]	16	24,4	Улан-Удэ	бенз(а)пирен[3]	9	27,6
Курган	бенз(а)пирен[3]	1	10,2	Усолье-Сибирское	бенз(а)пирен[3]	1	14,9
Кызыл	бенз(а)пирен[3]	6	37,6	Уфа	сероводород	1	15,0
Лесосибирск	бенз(а)пирен[3]	3	17,8	Челябинск	сероводород	5	13,1
Магнитогорск	свинец[2]	1	13,5	Черемхово	бенз(а)пирен[3]	7	21,8
Минусинск	бенз(а)пирен[3]	4	34,0	Черногорск	бенз(а)пирен[3]	5	26,8
Нижний Тагил	бенз(а)пирен[3]	3	13,2	Чита	бенз(а)пирен[3]	19	35,0
	сероводород	9	14,9	Шелехов	бенз(а)пирен[3]	2	11,4
Новоалександровск	взвешенные вещества[2]	1	13,4	Южно-Сахалинск	взвешенные вещества[2]	1	14,1

[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$_{с.с.}$

Приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнением атмосферного воздуха в 2021 г. включает 42 города с общим числом жителей в них 10,4 млн. человек (табл. 3.4).

В этот список включены города, для которых комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) достигает или выше 14.

Для проведения сравнительного анализа качества воздуха в городах из полного перечня веществ, определяемых в каждом городе, ИЗА рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций пяти загрязняющих веществ, вносящих наибольший вклад в уровень загрязнения. Показатель характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха. При формировании перечня городов учитываются также показатели, характеризующие уровень кратковременного воздействия загрязненного воздуха (стандартный индекс, СИ, и наибольшая повторяемость, НП, превышения ПДКм.р.).

Таблица 3.4. Города с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы (ЗА) и вещества, его определяющие, в 2021 г.

Город	Вещества, определяющие уровень ЗА	Город	Вещества, определяющие уровень ЗА
Абакан	**БП, Ф,** ВВ, CO, NO_2	Новокузнецк*	**БП, Ф, ВВ, HF,** NO_2
Астрахань	**Ф, H_2S,** ВВ, NO_2, NH_3	Новокуйбышевск	**Ф, ВВ, Ni, NH_3,** Mn
Ачинск	**Ф, БП, ВВ,** NO_2, NO	Новомосковск	**Ф, NH_3,** ВВ, фенол, NO_2
Батайск	**Ф, ВВ,** NO_2, CO, NO	Новочеркасск	**ВВ, Ф,** NO_2, CO, NO
Березники	**Ф, HCl,** ВВ, NH_3, NO_2	Норильск*[1]	**H_2S, SO_2, ВВ,** NO_2, БП
Братск*	**БП, Ф,** CS_2, PM2.5, PM10	Пенза	**HCl, Ф,** ВВ, NO_2, фенол
Вихоревка	**БП, ВВ,** NO_2, CO, SO_2	Свирск	**БП, ВВ,** NO_2, SO_2, CO
Зима	**БП, HCl, Ф,** H_2S, NO_2	Селенгинск	**БП, ВВ, Ф, H_2S, PM2.5**
Златоуст	**Ф, Mn, ВВ, БП,** NO_2	Серпухов	**Ф, ВВ, NO_2,** NO, CO
Канск	**БП, ВВ,** NO_2, NO, SO_2	Томск	**HCl, Ф, ВВ, углерод (сажа),** NH_3
Комсомольск-на-Амуре	**ВВ, Ф, БП, HCl,** фенол	Тула	**Ф, NH_3,** CO, ВВ, NO_2
Красноярск*	**Ф, БП, Mn, Ni, NO_2**	Улан-Удэ	**БП, Ф, ВВ, PM2.5, Ni**
Курган	**БП, Ф, углерод (сажа), Ni, ВВ**	Усолье-Сибирское	**Ф, БП,** ВВ, NO_2, HCl
Курск	**Ф, свинец,** ВВ, NO_2, CO	Чегдомын	**Ф, БП, ВВ,** CO, углерод (сажа)
Кызыл	**БП, Ф, ВВ,** углерод (сажа), фенол	Челябинск*	**Ф, Mn, БП,** HF, Ni
Лесосибирск	**БП, Ф, ВВ,** фенол, NO_2	Черемхово	**БП, ВВ, NO_2,** SO_2, CO
Магадан	**Ф, Mn, фенол,** NO_2, NO,	Череповец*	**Mn, Ф, CS_2, NO,** ВВ
Магнитогорск*	**Ф, ВВ, Mn, БП,** фенол	Черногорск	**БП, Ф, ВВ,** NO_2, CO
Миллерово	**Ф,** CO, NO_2, NO, H_2S	Чита*	**БП, Ф, фенол, ВВ, O_3**

Город	Вещества, определяющие уровень ЗА	Город	Вещества, определяющие уровень ЗА
Минусинск	**БП, Ф,** ВВ, NO_2, CO	Шелехов	**Ф, БП, ВВ, PM10,** HF
Нижний Тагил*	**Ф, БП, Mn, ВВ,** NO_2	Южно-Сахалинск	**Ф, углерод (сажа), ВВ, БП, NO_2**

БП — бенз(а)пирен, ВВ — взвешенные вещества, PM — взвешенные частицы фракций PM10 и PM2.5, Ф — формальдегид, CO — оксид углерода, HCl — хлорид водорода, H_2S — сероводород, NH_3 — аммиак, NO_2 — диоксид азота, NO — оксид азота, O_3 — приземный озон, CS_2— сероуглерод, SO_2 — диоксид серы, Mn — марганец, Ni, — никель
Выделены вещества с наибольшим вкладом в уровень ЗА.
1 -с учетом значительных объемов выбросов диоксида серы и данных наблюдений за химическим составом осадков.
* см.раздел 3.1.5
Города Приоритетного списка не ранжируются по уровню загрязнения воздуха

В связи с установленными СанПиН 1.2.3685-21 по сравнению с ранее используемыми более низкими значениями ПДК произошло изменение оценок уровней загрязнения атмосферного воздуха в городах, а также перечней и приоритета веществ, определяющих ИЗА. Приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения расширился, что не связано с ухудшением состояния атмосферного воздуха, а явилось результатом изменения значений ПДК. В нем сохранились все 15 городов, входившие в 2020 г, и добавились еще 27 городов. Перечни приоритетных веществ с наибольшим вкладом в величину ИЗА изменились за счет ужесточения нормативов, в основном, для взвешенных веществ, формальдегида, фенола, хлорида водорода, углерода (сажи), марганца и никеля.

Основной вклад в очень высокий уровень загрязнения внес бенз(а)пирен, в наибольших количествах поступающий в атмосферный воздух в результате сжигания твердого топлива.

На территории Азиатской части России расположены 30 городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы.

Среднегодовые концентрации 5 загрязняющих веществ превысили санитарно-гигиенические нормативы в Кургане и Южно-Сахалинске, 7 — в Селенгинске и Чите, 8 — в Красноярске, 9 — в Улан-Удэ.

Очень высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха в Норильске подтверждается данными наблюдений за химическим составом атмосферных осадков, где наблюдаются самые загрязненные сульфатами атмосферные осадки на территории Российской Федерации. Норильск ежегодно включается в Приоритетный список городов России с наибольшим уровнем загрязнения с учетом значительных объемов выбросов диоксида серы.

В большинстве городов Приоритетного списка с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха атмосферы основными источниками выбросов являются предприятия топливно-энергетического комплекса. В 13 городах из них имеются предприятия черной и цветной металлургии, алюминиевой промышленности, в 8 городах — химической, лесной и деревообрабатывающей промышленностей.

Список городов с высоким уровнем загрязнения в 2021 г. включает 80 городов с общим числом жителей в них 40,2 млн. человек (табл. 3.5). В него включены города, для которых значение комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) от 7 до 13, а также наблюдается высокая повторяемость максимальных разовых концентраций загрязняющих веществ, превышающих ПДК (НП >20%) или случаи кратковременного 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 2021 г.

Город	Вещества, определяющие уровень ЗА	Город	Вещества, определяющие уровень ЗА
Азов	**Ф, ВВ,** NO_2, CO, БП	Москва	**Ф, NO_2, NH_3, ВВ,** HCl
Ангарск	**Ф, БП**, NO_2, ВВ, SO_2	Мулловка	**Ф, ВВ,** фенол, NH_3, NO_2
Армянск	**Ф, ВВ,** NO_2, SO_2, CO	Набережные Челны	**Ф, NO_2, ВВ,** NH_3, фенол
Балаково	**Ф,** ВВ, NO_2, CO, фенол	Назарово	**БП, Ф, Ni,** ВВ, CO
Барнаул	**ВВ, Ф, БП,** NO_2, CO	Нефтеюганск	**Ф, ВВ,** углерод (сажа), NO_2, фенол
Белоярский	**Ф, ВВ,** углерод (сажа), NO_2, фенол	Нижневартовск	**Ф, ВВ,** углерод (сажа), NO_2, фенол
Березово	**Ф, ВВ,** углерод (сажа), NO_2, фенол	Нижнекамск	**Ф, NO_2, ВВ,** NH_3, фенол
Бийск	**Ф, ВВ, HCl, NO_2**, БП	Никель	**Ф, Ni,** NO_2, БП, CO
Биробиджан	**ВВ, БП, Ф**, углерод (сажа), NO_2	Новоалександровск	**Углерод (сажа), ВВ, NO_2**, H_2S, CO
Благовещенск	**БП, Ф,** ВВ, NO_2, CO,	Новороссийск	**Ф, NO_2**, ВВ, NO, CO
Брянск	**Ф, ВВ, NO_2**, CO, NO	Новоспасское	**Ф, ВВ, H_2S, фенол**, NO_2
Владивосток	**NO_2, Ф,** ВВ, NO, БП	Новотроицк	**Ф, фенол, ВВ, Mn, Ni**
Владикавказ	**NO_2, медь, ВВ**, БП, HCl	Новоульяновск	**Ф, ВВ, HCl, фенол,** NO_2
Волгоград	**HCl, Ф, Mn,** HF, Ni	Новочебоксарск	**Ф, ВВ,** CO, фенол, NO_2
Волгодонск	**Ф,** CO, H_2S, SO_2, NO_2	Новошахтинск	**ВВ, NO_2**, CO, NO, SO_2
Воркута	**Ni, Ф,** ВВ, Mn, NO_2	Омск*	**Ф, Ni, Mn,** БП, HCl
Воронеж	**Ф, NO_2, Mn, ВВ,** фенол	Орск	**Ф, фенол, Mn, ВВ, Ni**
Губаха	**Ф, ВВ, NO_2,** БП, NH_3	Пермь	**Ф, Mn, Ni, HCl,** ВВ
Гусиноозерск	**ВВ, O_3, PM10,** PM2.5, H_2S	Подольск	**Ф, NO_2, HCl**, бензол, ВВ
Дзержинск	**Ф, ВВ, HCl, NH_3**, NO_2	Радужный	**Ф, ВВ,** углерод (сажа), NO_2, фенол

Город	Вещества, определяющие уровень ЗА	Город	Вещества, определяющие уровень ЗА
Димитровград	**Ф, HCl, NO_2, ВВ, фенол**	Ростов-на-Дону	**Ф, ВВ, HF, NO_2**, фенол
Екатеринбург	**Ф, ВВ,** NO_2, Mn, NH_3	Рязань	**Ф, ВВ,** NO_2, CS_2, Ni
Зея	**Ф,** ВВ, NO_2, H_2S, SO_2	Самара	**Ф, HCl**, NH_3, NO_2, H_2S
Иваново	**Ф, фенол, NO_2, ВВ,** NO	Саранск	**Ф, NO_2,** ВВ, CO, NO
Ижевск	**Ф, БП, ВВ**, Mn, CO	Саратов	**Ф, HCl**, NO_2, Ni, NH_3
Инза	**Ф, HCl, ВВ, фенол,** NO_2	Саянск	**Ф, HCl, БП**, NO_2, ВВ
Иркутск	**БП, ВВ, Ф, PM2.5, NO_2**	Сенгилей	**Ф, HCl, ВВ, фенол,** NO_2
Казань	**Ф, ВВ,** NH_3, NO_2, PM2.5	Соликамск	**Ф, HCl,** БП, Ni, ВВ
Калининград	**Ф,** ВВ, NO_2, NH_3, БП	Старый Оскол	**Ф, ВВ,** NO_2, Mn, CO
Калуга	**NO_2, фенол, Ф,** БП, Mn	Сургут	**Ф,** ВВ, углерод (сажа), NO_2, фенол
Каменск-Уральский	**ВВ, HF, $HF_{тв.}$,** NO_2, Mn	Таганрог	**HCl, ВВ,** NO_2, CO, NO
Кемерово	**БП, Ф,** NO_2, NH_3, ВВ	Тольятти	**Ф, фенол,** HF, ВВ, NH_3
Краснодар	**Ф, ВВ,** NO_2, NO, БП	Тында	**Ф, ВВ**, NO_2, углерод (сажа), CO
Красноперекопск	**Ф, HCl, ВВ,** CO, SO_2	Ульяновск	**Ф, HCl, ВВ, NH_3,** Mn
Краснотурьинск	**Ф, ВВ,** HF, NO_2, фенол	Уфа	**Ф, HCl**, NO_2, ВВ, ксилолы
Красный Гуляй	**Ф, ВВ, фенол,** NO_2, SO_2	Хабаровск	**Ф, ВВ, БП,** NO_2, CO
Кувандык	**Ф, ВВ,** $HF_{тв.}$, БП, NO_2	Чебоксары	**Ф, ВВ**, CO, NO_2, фенол
Липецк*	**Ф,** H_2S, Mn, ВВ, фенол	Шахты	**ВВ, NO_2** NO, CO, БП
Махачкала	**ВВ, NO_2, Mn, HF,** CO	Якутск	**ВВ, Ф,** фенол, NH_3, Mn
Медногорск*	**Ф, Mn, свинец, ВВ,** SO_2	Ясная Поляна	**Ф, NH_3**, ВВ, метанол, CO

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, HCl — хлорид водорода, NH_3 — аммиак, NO_2 — диоксид азота, NO — оксид азота, O_3 — озон, H_2S — сероводород, Ni — никель,
Mn — марганец. Выделены вещества с наибольшим вкладом в уровень ЗА
* см.раздел 3.1.5

Большинство городов (54) из этого списка расположены на территории Европейской части России, из них в Приволжском федеральном округе находятся 28 городов с высоким уровнем загрязнения, в Южном ФО — 11 городов, в Центральном ФО — 10 городов.

В 74% городов Уральского ФО уровень загрязнения воздуха характеризуется как высокий и очень высокий, 67% — в Сибирском, 65% — в Приволжском, 50% — в Южном (рис. 3.21).

Рис. 3.21. Количество городов (%) с высоким (В) и очень высоким (ОВ) уровнем загрязнения воздуха в федеральных округах РФ в 2021 г.

Значительный вклад в уровень загрязнения воздуха в большинстве городов, особенно на ЕЧР, внесли сверхнормативные среднегодовые концентрации формальдегида и взвешенных веществ, в 17 городах — концентрации хлорида водорода, в 12 городах — концентрации тяжелых металлов (марганца, меди, никеля и свинца), также в 10 городах — концентрации бенз(а)пирена.

Среднегодовые концентрации 6 загрязняющих веществ превысили санитарно-гигиенические нормативы в Новотроицке, 5 загрязняющих веществ — в 4 городах и 4 загрязняющих веществ — в 13 городах.

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

Количество городов и пунктов 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 указано в таблице 3.6.

В 122 городах (53% городов) уровень загрязнения воздуха характеризовался как высокий и очень высокий (ИЗА>7). В среднем по стране 46% городского населения испытывали воздействие высокого и очень высокого уровня загрязнения воздуха. В 22 субъектах РФ высокий и очень высокий уровень загрязнения воздуха городов не был отмечен.

На территории Пермского края, Свердловской (и г. Екатеринбург) и Оренбургской областей расположено по 4 города с высоким и очень высоким уровнем загрязнения, в Красноярском крае (и Таймырский АО) — 7 городов, в Ханты-Мансийском АО (Югра) — 6 городов, в Ульяновской области — 8 городов, в Ростовской области — 9 городов и в Иркутской области — 10 городов.

В 30 субъектах РФ в каждом из городов, где проводятся наблюдения, отмечался высокий и очень высокий уровень загрязнения воздуха.

В 43 субъектах РФ более 46% городского населения находилось под воздействием высокого и очень высокого загрязнения воздуха, в Астраханской, Ростовской, Самарской и Ульяновской областях, Хабаровском крае, Республике Бурятия, Чувашской Республике и Таймырском АО) — более 75% городского населения.

В 221 городе РФ средние за год концентрации одного или нескольких веществ превысила ПДК (Q>1 ПДК). В Республиках Башкортостан и Крым, в Нижегородской, Оренбургской и Сахалинской областях расположено по 5 таких городов, в Красноярском крае (и Таймырский АО), в Астраханской области и Ханты-Мансийском АО (Югра) — 7, в Ульяновской области — 8, в Самарской области — 9, в Ростовской области — 11, в Иркутской области — 14 городов.

В городах 16 субъектов Российской Федерации максимальные концентрации какого-либо вещества превысили 10 ПДК (СИ>10). В Республиках Бурятия и Хакасия, в Кемеровской и Челябинской областях расположено по 2 таких города, в Архангельской и Сахалинской областях — 3, в Красноярском крае (и Таймырский АО) — 5, в Иркутской области — 8 городов. Всего в РФ таких городов 35.

Наибольшая повторяемость превышения ПДК любым загрязняющим веществом равная или более 20% была отмечена в 8 городах.

Таблица 3.6. Характеристики качества воздуха в субъектах РФ в 2021 г.

Субъект РФ	Количество						Население (%) в городах с В и ОВ уровнем ЗВ
	городов	пунктов	городов, в которых				
	с регулярными наблюдениями за загрязнением воздуха		ИЗА>7	Q > ПДК	СИ >10	НП ≥20	
Центральный федеральный округ							
г. Москва	1	17	1	1	0	0	100
Белгородская обл.	3	8	1	3	0	0	21
Брянская обл.	1	4	1	1	0	0	48
Владимирская обл.	1	4	0	1	0	0	0
Воронежская обл.	1	5	1	1	0	0	67
Ивановская обл.	2	3	1	2	0	0	50
Калужская обл.	1	2	1	1	0	0	44
Костромская обл.	2	5	0	1	0	0	0
Курская обл.	1	4	1	1	0	0	60
Липецкая обл.	1	5	1	1	0	0	69
Московская обл.	10	19	2	8	0	0	7
Орловская обл.	1	4	0	1	0	0	0
Рязанская обл.	1	5	1	1	1	0	67
Смоленская обл.	1	3	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	3	3	0	0	55
Ярославская обл.	3	8	0	2	0	0	0
Всего по округу	**35**	**111**	**14**	**31**	**1**	**0**	**54**
Северо-Западный федеральный округ							
г. Санкт-Петербург	1	23	0	1	0	0	0
Республика Карелия	3	3	0	1	0	0	0
Республика Коми	4	9	1	3	0	0	8
Архангельская обл.	4	8	0	3	3	0	0
Вологодская обл.	2	8	1	2	0	0	37
Калининградская обл.	1	5	1	1	0	0	62
Ленинградская обл.	9	10	0	3	0	0	0
Мурманская обл.	9	20	1	4	0	0	2
Новгородская обл.	3	5	0	1	0	0	0
Псковская обл.	2	2	0	2	0	0	0
Ненецкий АО	-	-	-	-	-	-	-
Всего по округу	**38**	**93**	**4**	**21**	**3**	**0**	**7**

Субъект РФ	Количество						Население (%) в городах с В и ОВ уровнем ЗВ
	городов	пунктов	городов, в которых				
	с регулярными наблюдениями за загрязнением воздуха		ИЗА>7	Q > ПДК	СИ >10	НП ≥20	
Южный федеральный округ							
г. Севастополь	1	1	0	1	0	0	0
Республика Адыгея	-	-	-	-	-	-	-
Республика Калмыкия	-	-	-	-	-	-	-
Республика Крым	5	11	2	5	0	0	5
Астраханская обл.	7	12	1	7	0	0	79
Волгоградская обл.	2	5	1	2	0	0	52
Ростовская обл.	12	23	9	11	0	3	81
Краснодарский край	3	8	2	2	0	0	39
Всего по округу	**30**	**60**	**15**	**28**	**0**	**3**	**49**
Северо-Кавказский федеральный округ							
Республика Дагестан	1	3	1	1	0	1	43
Республика Ингушетия	-	-	-	-	-	-	-
Кабардино-Балкарская Республика	-	-	-	-	-	-	-
Карачаево-Черкесская Республика	1	1	0	1	0	0	0
Республика Северная Осетия - Алания	1	2	1	1	0	0	68
Чеченская Республика	-	-	-	-	-	-	-
Ставропольский край	5	9	0	2	0	0	0
Всего по округу	**8**	**15**	**2**	**5**	**0**	**1**	**18**
Уральский федеральный округ							
Курганская обл.	1	5	1	1	1	1	61
Свердловская обл.	5	18	4	4	1	0	56
Тюменская обл.	2	8	0	1	0	0	0
Челябинская обл.	3	18	3	3	2	0	62
Ханты-Мансийский АО— Югра	7	8	6	7	0	0	55
Ямало-Ненецкий АО	1	1	0	0	0	0	0
Всего по округу	**19**	**58**	**14**	**16**	**4**	**1**	**51**
Приволжский федеральный округ							
Республика Башкортостан	5	20	1	5	1	0	45
Республика Марий Эл	-	-	-	-	-	-	-
Республика Мордовия	1	4	1	1	0	0	64
Республика Татарстан	3	18	3	3	0	0	68
Удмуртская Республика	1	7	1	1	0	0	65
Чувашская Республика	2	5	2	2	0	0	81
Пермский край	4	14	4	4	0	0	66
Кировская обл.	2	6	0	1	0	0	0
Нижегородская обл.	5	17	1	5	0	0	9
Оренбургская обл.	5	13	4	5	0	0	30
Пензенская обл.	1	4	1	1	0	0	58
Самарская обл.	9	34	3	9	1	0	77
Саратовская обл.	2	9	2	2	0	0	56
Ульяновская обл.	8	15	8	8	0	0	86
Всего по округу	**48**	**166**	**31**	**47**	**2**	**0**	**52**
Сибирский федеральный округ							
Республика Алтай	-	-	-	-	-	-	-
Республика Тыва	1	3	1	1	1	0	67
Республика Хакасия	3	4	2	3	2	0	71
Алтайский край	2	8	2	2	0	0	63
Красноярский край	6	18	6	6	4	1	66
Таймырский АО (в сост. Красноярского края)	1	3	1	1	1	0	99
Иркутская обл.	18	39	10	14	8	0	72
Кемеровская обл.	3	18	2	3	2	0	48
Новосибирская обл.	3	13	0	3	0	0	0
Омская обл.	1	9	1	1	0	0	82
Томская обл.	1	7	1	1	0	1	74
Всего по округу	**39**	**122**	**26**	**35**	**18**	**2**	**54**
Дальневосточный федеральный округ							
Республика Бурятия	3	6	3	3	2	0	81
Республика Саха (Якутия)	4	7	1	4	0	0	51
Забайкальский край	3	8	1	2	1	0	49
Камчатский край	2	6	0	2	0	0	0
Приморский край	5	12	1	2	0	0	41
Хабаровский край	4	10	3	4	1	0	81
Амурская обл.	3	3	3	3	0	0	53
Магаданская обл.	1	3	1	1	0	0	69

Субъект РФ	Количество						Население (%) в городах с В и ОВ уровнем ЗВ
	городов	пунктов	городов, в которых				
	с регулярными наблюдениями за загрязнением воздуха		ИЗА>7	Q > ПДК	СИ >10	НП ≥20	
Сахалинская обл.	6	9	2	5	3	1	53
Еврейская авт. обл.	1	1	1	1	0	0	66
Чукотский АО	2	2	0	1	0	0	0
Всего по округу	**34**	**67**	**16**	**28**	**7**	**1**	**55**
Всего по РФ	**251**	**692**	**122**	**211**	**35**	**8**	**46**

Прочерк в таблице обозначает отсутствие в городах субъекта РФ государственной наблюдательной сети за загрязнением атмосферного воздуха.
Выделены регионы, в которых более 75% городского населения испытывало воздействие высокого и очень высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха.

3.1.5. Загрязнение атмосферного воздуха в городах-участниках Федерального проекта «Чистый воздух» Национального проекта «Экология»

Разработанный по исполнение 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» (рис. 3.22).

Согласно утвержденной приказом Росгидромета № 86 от 02.03.2022 Методике расчета показателя «Количество городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха в городах - участниках проекта» для мониторинга целевого показателя Проекта оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха проводится с учетом санитарно-гигиенических нормативов, действующих на базовый год (2017 г.) Проекта.

Показатель устанавливается на основе определения категории качества воздуха города с учетом величин «Комплексного индекса загрязнения атмосферы» (ИЗА), «Стандартного индекса» (СИ), «Наибольшей повторяемости» (НП), которые рассчитываются по данным государственной наблюдательной сети за загрязнением атмосферного воздуха в соответствии с действующими нормативными документами Росгидромета и Минздрава России и с учетом величин ПДК, установленных ГН 2.1.6.3492-17. С 2021 г. ГН 2.1.6.3492-17 перестали быть нормативным документом, но содержащиеся в нем критерии качества воздуха стали фактически индикативными показателями, которые полезны для определения и оценки долговременных трендов качества воздуха по результатам мониторинга в сопоставимых условиях.

В 12 городах-участниках Проекта программы наблюдений включают перечень из 40 загрязняющих веществ (в разбивке по классам опасности, по ГН 2.1.6.3492-17), приведенный в табл. 3.7.

Таблица 3.7. Перечень загрязняющих веществ в разбивке по классам опасности, включенных в программы наблюдений в городах-участниках Проекта

Класс опасности веществ			
1	2	3	4
Бенз(а)пирен*	Бензол	Взвешенные вещества (пыль)	Аммиак
Кадмий	Водород цианистый	Взвешенные частицы PM10***	Оксид углерода
Озон	Сероводород	Взвешенные частицы PM2.5***	Кумол
Свинец	Сероуглерод	Диоксид серы	Метилмеркаптан
Хром (VI)**	Серная кислота	Диоксид азота	
	Стирол	Оксид азота	
	Фенол	Ксилол	
	Фториды твердые	Толуол	
	Фторид водорода	Углерод (сажа)	
	Формальдегид	Хлорбензол	
	Хлорид водорода	Этилбензол	
	Никель	Ортоксилол	
	Медь	Метаксилол	
	Марганец	Параксилол	
		Железо	
		Цинк	
		Магний	

** индикатор содержания в атмосферном воздухе группы канцерогенных полициклических углеводородов;*
*** измеряется хром (металлический);*
**** условно принят 3 класс опасности по взвешенным веществам (пыли), т.к. в ГН 2.1.6.3492-17 класс опасности не установлен*

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.

В 2021 г. количество городов с «высоким» и «очень высоким» уровнем загрязнения атмосферного воздуха составило 7 городов (табл. 3.8).

По сравнению с базовым 2017 г. уровень загрязнения атмосферного воздуха в 3 городах снизился, в 9 — не изменился (табл. 3.8, рис. 3.22).

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

В 2021 г. в 11 городах-участниках Проекта наибольший вклад в уровень загрязнения атмосферного воздуха внесли среднегодовые концентрации бенз(а)пирена, в 9 — формальдегида и диоксида азота, в 8 — взвешенных веществ (пыли), в 3 — аммиака, этилбензола и взвешенных частиц PM10, в 2 — диоксида серы, сероуглерода, фенола, оксида азота, фторида водорода и взвешенных частиц фракции PM10, в 1 городе — приземного озона и свинца.

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

В 5 городах-участниках Проекта были зарегистрированы высокие концентрации (СИ$\geq$10) бенз(а)пирена, в трех — сероводорода, в одном — диоксида серы и свинца.

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

В Красноярске наибольшая повторяемость превышения ПДК (более 20%) формальдегида составила 24,0%.

По сравнению с 2020 г. в 2021 г. уровень загрязнения атмосферного воздуха изменился в 4 городах:

в **Братске** — с «высокого» до «очень высокого» уровня загрязнения из-за увеличения содержания в воздухе бенз(а)пирена, особенно в Центральном районе города, в зоне влияния основных источников выбросов, а также аэрозольных загрязняющих веществ (взвешенные вещества, взвешенные частицы PM10 и PM2.5) в теплый период года с максимумом в августе в связи с переносом продуктов горения с дымом из очагов лесных пожаров, охвативших Якутию;

в **Красноярске** — с «высокого» до «очень высокого» уровня загрязнения из-за увеличения концентраций бенз(а)пирена, формальдегида, диоксида азота и хлорида водорода в связи с жаркой и сухой погодой летом, другими метеорологическими условиями, способствовавшими накоплению загрязняющих веществ в приземном слое воздуха, в связи с переносом продуктов горения с дымом из очагов лесных пожаров, охвативших Якутию;

в **Новокузнецке** — с «высокого» до «очень высокого» уровня загрязнения из-за увеличения концентраций бенз(а)пирена и взвешенных веществ, всего был зафиксирован рост концентраций 7 загрязняющих веществ.

в **Челябинске** — с «повышенного» до «высокого» уровня загрязнения. Увеличились концентрации оксидов азота и этилбензола и, как следствие, концентрации формальдегида в условиях аномально жаркого лета при аномально низком количестве осадков. Также увеличились концентрации бенз(а)пирена из-за влияния летних лесных пожаров на территории Челябинской области, и горения торфяников на территории Свердловской области в районе г. Екатеринбург.

В Норильске и Чите, Нижнем Тагиле, Магнитогорске и Череповце, Липецке, Медногорске и Омске качество воздуха по сравнению с предыдущим годом не изменилось. На формирование уровня загрязнения воздуха в Нижнем Тагиле в 2021 г. также сказал влияние перенос продуктов горения с дымом от горения торфяников на территории Свердловской области и летних лесных пожаров на территории Челябинской области.

Таблица 3.8. Динамика уровня загрязнения атмосферного воздуха в 2017–2021 гг. и вещества, его определяющие в 2021 г., в городах, включенных в Федеральный проект «Чистый воздух» Национального проекта «Экология»

Город	Субъект РФ	Уровень загрязнения атмосферного воздуха (УЗВ)*					Загрязняющие вещества в 2021 г.			
		год					определяющие УЗВ**			измеряемые на стационарных пунктах наблюдений ***
		2017	2018	2019	2020	2021	Комплексный ИЗА$_5$	СИ$\geq$10	НП$\geq$20	
Братск	Иркутская обл.	ОВ	ОВ	ОВ	В	ОВ	**БП**, Ф, CS_2, PM2.5, PM10	БП	-	**ВВ, PM10, PM2.5, CO, NO_2, NO, O_3, H_2S, CS_2, тв. фториды, HF, Ф, БП,** SO_2, NH_3, метилмеркаптан, ТМ (железо, марганец, медь, никель, хром, цинк, свинец)
Красноярск	Красноярский край	ОВ	ОВ	В	В	ОВ	**БП, Ф, NO_2, PM10, PM2.5**	БП	Ф	**ВВ, PM10, PM2.5, CO, NO_2, NO, O_3, фенол, H_2S, HCl, NH_3, Ф, БП, ксилол, этилбензол**, SO_2, HF, кумол, бензол,

Город	Субъект РФ	Уровень загрязнения атмосферного воздуха (УЗВ)*					Загрязняющие вещества в 2021 г.			
		год					определяющие УЗВ**			измеряемые на стационарных пунктах наблюдений ***
		2017	2018	2019	2020	2021	Комплексный ИЗА$_5$	СИ≥10	НП≥20	
										толуол, хлорбензол, ТМ (железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк)
Новокузнецк	Кемеровская обл.	ОВ	ОВ	ОВ	В	ОВ	**БП**, **HF**, NO_2, NH_3, ВВ	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****	Таймырский АО (в сост. Краснояр-ского края)	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ	**SO_2**, NO_2, ВВ, БП, NO	SO_2, H_2S	-	**SO_2, CO, ВВ, БП, H_2S, NO_2,** NO
Чита	Забайкаль-ский край	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ	**БП**, **O_3**, **PM10**, фенол, ВВ	БП	-	**ВВ, PM10, БП, O_3, фенол, CO, H_2S, NO_2, Ф,** NO, углерод (сажа), SO_2, ТМ (железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк)
Магнитогорск	Челябинская обл.	ОВ	В	В	П	П	**Ф**, **БП**, **ВВ**, NO_2, ЭБ	свинец	-	**ВВ, БП, Ф, фенол, CO, H_2S, этилбензол, SO_2, NO_2,** NO, NH_3, бензол, ксилол, толуол, ТМ (**свинец,** железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, хром, цинк)
Челябинск	Челябинская обл.	В	П	П	П	В	**Ф**, **БП**, HF, ЭБ, NO_2	H_2S	-	**ВВ, БП, Ф, NO_2, фенол, CO, H_2S, HF, аммиак, 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	Н	Ф, NO_2, ВВ, БП, фенол	-	-	**ВВ, БП, фенол, H_2S, Ф,** NO_2, NO, SO_2, CO, ТМ (железо, марганец, медь, никель, хром, цинк, свинец)
Медногорск	Оренбургская обл.	П	Н	Н	Н	Н	SO_2, Ф, свинец, ВВ, NO_2	-	-	**ВВ, SO_2, БП, NO_2, H_2S, CO, Ф,** NO, фенол, кислота серная, HF, NH_3, бензол, толуол, этилбензол, ортоксилол, сумма м- и п-ксилолы, ТМ (**свинец,** железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, хром, цинк)
Нижний Тагил	Свердловская обл.	В	Н	П	В	В	**БП**, **Ф**, NO_2, ВВ, ЭБ	H_2S, БП	-	**ВВ, БП, Ф, SO_2, фенол, H_2S, этилбензол,** CO, NO_2, NO, цианид водорода, NH_3, бензол, ксилол, толуол, ТМ (железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк)
Омск	Омская обл.	Н	Н	Н	Н	Н	БП, Ф, NO_2, ВВ, NH_3	-	-	**ВВ, БП, NO_2, NO, CO, Ф, фенол, HCl, хлорбензол, этилбензол, H_2S, ортоксилол,** метаксилол, параксилол, NH_3, бензол, ксилол, стирол, толуол, изопропилбензол, углерод (сажа), SO_2, ТМ (железо, кадмий, магний, марганец, медь, никель, хром, цинк, свинец)
Череповец	Вологодская обл.	П	Н	Н	П	П	**CS_2**, **NO**, Ф, БП, NH_3	-	-	**ВВ, SO_2, БП, Ф, CO, NO_2, NO, CS_2, NH_3, фенол, H_2S,** 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, O_3 — приземный озон, SO_2 — диоксид серы, HCl - хлорид водорода, ТМ - тяжелые металлы.

3.2. Загрязнение почвенного покрова

3.2.1. Загрязнение почв токсикантами промышленного происхождения

В 2012-2021 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, Московской, Нижегородской, Новосибирской, Омской, Оренбургской, Самарской, Свердловской и Томской областей. Для каждой территории обследования определён свой перечень ТПП, измеряемых в почве. В 2021 г. наблюдения за загрязнением почв ТПП проводились в районе 43 населённых пунктов. Для определения в почвах содержания массовых долей ТМ, мышьяка, НП, фтора, сульфатов, БП, полихлорбифенилов (ПХБ) и нитратов было обследовано 37, 5, 28, 19, 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 2021 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, предприятия 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 населенных пунктов, расположенных вблизи предприятий черной и цветной металлургии.

Представленные на рис. 3.24 усредненные за определенные периоды наблюдений концентрации никеля и цинка в почвах вокруг предприятий различных отраслей промышленности показывают, что доминирующий вклад в загрязнение почв никелем и цинком вносят предприятия цветной и черной металлургии.

Перечень населённых пунктов с опасной и умеренно опасной категорией загрязнения почв ТМ представлен в таблице 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 массовых долей никеля и цинка, усредненных за разные периоды наблюдений, 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 2012 по 2021 гг. показали, что к опасной категории загрязнения почв металлами, согласно Zф (32 ≤ Zф <128), относятся почвы участка многолетних наблюдений (УМН) 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, почвы спецназначения ул. Науки г.о.г. Дзержинск Нижегородской области (Zф=63), почвы Кировского района г. Новосибирска (Zф=65).

Таблица 3.9. Перечень населённых пунктов РФ с умеренно опасной и опасной категорией загрязнения почв металлами (2012-2021 гг.)

Республика, край, область, населённый пункт	Год наблю-дений	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
Республика Северная Осетия-Алания г. Владикавказ	2015	От 0,2 до 2	Кадмий, свинец, медь, цинк, ртуть
Красноярский край г. Норильск	2018	Территория города	Медь, никель, кобальт
Нижегородская область г.о.г. Дзержинск	2021	Земли спецназначения ул. Науки	Ртуть, свинец, медь
г. Новосибирск	2021	Кировский район	Олово, цинк, кадмий
Умеренно опасная категория загрязнения, 16≤ Zф<32			
Иркутская область г. Свирск	2014	Территория города	Свинец, медь, кобальт, кадмий
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	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	2016	Территория города	Медь, свинец, кадмий

Республика, край, область, населённый пункт	Год наблю-дений	Зона обследования радиусом, км, вокруг источника	Приоритетные техногенные металлы
г. Орск			
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	2020	От 0 до 4	Медь, цинк, свинец, кадмий
г. Давлеканово	2014	Территория города	Кадмий, свинец
г. Кумертау	2018	От 0 до 5	Медь, кадмий, цинк, свинец, никель
г. Учалы	2021	От 0 до 1	Цинк, медь, кадмий
Свердловская область г. Асбест	2014	Территория города	Никель, хром, кадмий
	2019	0 до 10	Никель, хром, кобальт
г. Верхняя Пышма	2017	От 0 до 1	Медь, никель, свинец
г. Ревда	2014	0 до 5	Медь, свинец, кадмий, цинк
	2016	УМН	
	2019	0 до 10	
г. Первоуральск	2014	Территория города	Свинец, медь, цинк, кадмий
г. Полевской	2013	От 0 до 1	Никель, хром, кобальт, цинк
Томская область г. Томск	2019	Территория города	Медь, свинец, кадмий, цинк
Кемеровская область г. Новокузнецк	2021	Территория города	Цинк, медь
Удмуртская Республика г. Ижевск	2019	Территория города	Свинец, никель, кадмий, медь

За период наблюдений 2012-2021 гг. к опасной категории загрязнения почв отнесено 4,3%, к умеренно опасной – 9,2% населенных пунктов. Почвы 86,5% населённых пунктов (в среднем) по показателю загрязнения Zф относятся к допустимой категории загрязнения ТМ. Отдельные участки почв обследованных территорий могут иметь более высокую категорию загрязнения ТМ, чем в целом по городу.

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.

В 2021 г. были продолжены наблюдения за содержанием ТМ в почве в районе расположения предприятия АО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» (АО «УГОК»), которое производит более 65% цинкового концентрата России. Содержание некоторых ТМ в почвах г. Учалы в разные годы обследований представлено на рис. 3.25. Данные наблюдений 2005-2021 гг. показывают, что концентрации в почве меди, цинка, никеля и свинца в районе АО «УГОК» снижаются. По данным обследования 2021 г. среднее содержание цинка в почве соответствовало 7 Ф, кадмия – 6 Ф, меди – 5 Ф.

Рис. 3.25. Содержание некоторых тяжелых металлов в почвах г. Учалы Республики Башкортостан (0-5 км от АО «УГОК»)

Динамика средних значений массовых долей ТМ в почвах территорий отдельных городов или пунктов многолетних наблюдений (ПМН), обследованных в 2021 г., приведена в табл. 3.10.

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										
Артем, Приморский край	1979	в	36	1420	41	49	18	–	24	–
	1985	в	33	900	24	76	31	–	17	–
	2001	в	46,7	880	15	92	15	–	20	0,1
	2008	в	25,7	875	12	85	15	–	19	0,3
	2021	в	25	849	11	99	15	–	–	0,2
	2001	п	7,6	63	–	16	0,2	–	–	–
	2008	п	5,5	125	–	11	0,3	–	–	–
	2021	п	2,3	211	0,1	7	0,4	–	–	0,2
	2001	вод	–	0,3	–	0,3	–	–	–	–
	2008	вод	–	0,3	–	0,1	–	–	–	–
	2021	вод	0,6	0,2	0,1	0,02	0,1	–	–	–
Приволжский федеральный округ										
Белорецк, Республика Башкортостан	2005	к	116	–	53	255	47	–	–	0,6
	2011	к	47	–	32	121	30	–	–	0,2
	2021	к	26	–	37	205	35	–	–	0,3
Учалы, Республика Башкортостан	2005	к	122	–	95	416	384	–	–	1,8
	2011	к	44	–	30	249	131	–	–	1,0
	2021	к	32	–	20	72	106	–	–	0,6
Глазов, Удмуртская Республика	1996	к	39	370	32	94	72	460	4,9	0,4
	2003	к	89	1200	41	420	64	340	11	–
	2006	к	140	730	34	700	75	48	9,5	–
	2021	к	14	89	18	92	27	18	8	<0,5
	2021	п	<3	–	<1,1	13,3	1,5	–	<0,2	<0,1
Сибирский федеральный округ										
Свирск, Иркутская область	2001*	к	320	980	55	230	49	170	15	–
	2007*	к	190	560	60	160	74	83	12	–
	2014	к	273	1309	39	98	102	–	35	2,5
	2021	к	71	153	29	122	60	–	66	5,0
Черемхово, Иркутская область	2001	к	450	550	47	380	48	94	14	–
	2007	к	34	560	54	280	120	77	14	–
	2014	к	40	765	39	166	71	–	34	1,0
	2021	к	52	84	16	118	36	–	132	3,3
Уральский федеральный округ										
Нижний Тагил, Свердловская обл.	1996	к	63	1171	77	73	108	47	25	2,4
	2001	к	40	1185	82	194	113	57	25	2,0
	2006	к	47	1467	77	216	172	72	24	1,1
	2011	к	44	1618	57	353	152	59	26	1,2
	2016	к	46	1521	53	266	148	46	24	1,4
	2021	к	49	1594	63	254	175	69	23	1,1
	1996	п	4,3	196	4,2	34	4,2	1,2	0,6	0,1
	2001	п	8,4	157	6,1	32	3,6	2,9	2,2	0,2
	2006	п	9,1	291	6,6	39	6,0	2,4	1,3	0,2
	2011	п	12	261	4,0	51	9,2	3,5	2,1	0,6
	2016	п	8,6	251	4,5	49	5,2	1,6	1,5	0,7
	2021	п	11	363	4,3	70	12	1,5	1,2	0,4

*Примечание: * – пробы почв отбирались на расстоянии 0-12 км от завода «ВостСибАккумулятор»*

Данные, представленные в табл. 3.10 показывают, что в городах Свирск и Черемхово в 2021 г. по сравнению с данными предыдущего обследования увеличилась концентрация кислоторастворимых форм кобальта и кадмия в почве, в г. Артем – подвижных форм марганца, в г. Белорецке – кислоторастворимых форм цинка. В основном, с 2012 г. явного увеличения общего содержания ТМ в обследованных в 2021 г. почвах городов и их окрестностей не наблюдается.

Отметим значительное загрязнение почв ТМ (среднее значение превышает 3 ПДК или 3 ОДК), установленное за последние пять лет наблюдений. 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 в почвах обследованной территории, вторая цифра – максимальную массовую долю.

С 2017 по 2021 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 2,5 и 5,5 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 (пятикилометровая зона вокруг ОАО «СТЗ» п 3 и 11 ПДК), Ревда (к 3 и 15 ОДК, п 18 и 80 ПДК), Ревда (ПМН к 14 и 28 ОДК, п 105 и 245 ПДК), Нижний Тагил (п 4 и 41 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),

Каменск-Уральский (п 4 и 10 ПДК), Кировград (п 18 и 65 ПДК), Медногорск (к 3 и 12 ПДК), Ревда (к 5 и 66 ОДК, п 4 и 18 ПДК), Ревда (ПМН к 5 и 25 ПДК, п 9 и 28 ПДК), Свирск (УМН №1 к 9 и 11 ПДК); цинком – в городах Верхняя Пышма (однокилометровая зона вокруг источника п 3 и 7 ПДК), , Кировград (к 6 и 20 ОДК, п 19 и 88 ПДК), Ревда (ПМН к 3 и 7 ОДК, п 12 и 14 ПДК).

В 2021 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 2,7 и 21 ОДК соответственно. В г.о. Самара содержание мышьяка в почве не превышало допустимых гигиенических нормативов, максимальная концентрация соответствовала 1,7 ОДК. В г. Томске, селах Прокудское и Ярское содержание мышьяка в почвах не превышало установленных нормативов.

Загрязнение почв фтором

Наблюдения за загрязнением почв водорастворимыми соединениями фтора в 2021 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 1,7 ПДК, максимальное – 4,1 ПДК. В почвах г. Свирска максимальная концентрация соответствовала 1,9 ПДК, среднее содержание не превышало допустимых нормативами значений.

На территории г. Братска и его окрестностей в 2021 г. были продолжены наблюдения за валовым содержанием фтора в почве. Основным источником загрязнения Братского района фтористыми соединениями является Братский алюминиевый завод (ПАО «РУСАЛ Братск»). Оценка загрязнения почв валовыми соединениями фтора осуществлялась в сравнении с фоновым значением, составляющим для Иркутской области 24 мг/кг. На пробных площадках, расположенных на расстоянии от 3,5 до 25,2 км от ПАО «РУСАЛ Братск» были отобраны пробы почвы в горизонтах 0-5 см и 5-10 см. Средние концентрации фторидов на территории города Братска и его окрестностей в почвенных горизонтах 0-5 и 5-10 см составляли 50 Ф и 33,3 Ф соответственно. Максимальное содержание фтора (79,2Ф) было зарегистрировано в суглинистых почвах в горизонте 0-5 см в окрестностях микрорайона Чекановский г. Братска, расположенного в 3,5 км на северо-восток от ПАО «РУСАЛ Братск». Динамика массовой доли валовых форм фтора в почвах г. Братска представлена на рис. 3.26.

Рис. 3.26. Динамика изменений содержания валовых форм фтора в почвах г. Братска и его окрестностей

Данные, представленные на рис. 3.26 показывают, что содержание валовых форм фтора в почвах г. Братска и его окрестностей увеличивается.

За последние пять лет (с 2017 по 2021 гг.) было зафиксировано загрязнение почв водорастворимыми соединениями фтора (выше 1 ПДК) отдельных участков в районе и/или на территории городов Братск, Новокузнецк, Свирск и Шелехов.

В 2021 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. Среднегодовое значение плотностей выпадений фторидов (0,94 кг/км^2·месяц), зарегистрированное в районе п. Листвянка, принято за фоновое. Средняя плотность выпадений фторидов в городах Братск, Иркутск и Шелехов составила соответственно 64,1 Ф, 10,3 Ф и 36 Ф. Максимальные среднемесячные значения плотностей выпадения фторидов были зафиксированы на расстоянии 8 км от ПАО «РУСАЛ Братск» в районе агрофирмы Пурсей в ноябре (123,5 Ф), в г. Иркутске в июле (29 Ф), в г. Шелехове в мае (189,4 Ф). Максимальная среднегодовая плотность выпадений водорастворимых фтористых соединений была отмечена в 3,5 км от ПАО «РУСАЛ Братск» в мкр. Чекановский (среднее значение 97 Ф).

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

В 2021 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 3-5 раз, в г. Нижнекамске – в 4 раза. Высокое содержание НП было выявлено в почвах г. о. Самары, среднее содержание составило 940,7 мг/кг (18,8 Ф), максимальное – 2353 мг/кг (47 Ф) и г. Бор Нижегородской области, среднее значение 459 мг/кг (6 Ф), максимальное – 2317 мг/кг (30 Ф). Среднее содержание НП в почвах г. Глазов Удмуртской Республики составило 48 Ф (1351 мг/кг), максимальное – 345 Ф (9727 мг/кг). Концентрация НП в почвах Автозаводского и части Ленинского районов г. Нижнего Новгорода составила 452 мг/кг (4,5 Ф), максимальное содержание соответствовало 2202 мг/кг (22 Ф). Средние массовые доли НП в почве района спецназначения на ул. Науки г.о.г. Дзержинск составили 7 Ф (681 мг/кг), максимальная концентрация – 19 Ф (1730 мг/кг). Среднее содержание НП в почвах г. Чебоксары в целом по обследуемой территории составило 275 мг/кг (8 Ф), максимальное содержание – 846 мг/кг (24 Ф).

В 2021 г. проводилось обследование территории, загрязненной в результате слива нефтесодержащих отходов в с. Завьяловка Бугурусланского района Оренбургской области. Средняя концентрация НП в почве исследуемого района составила 1,3 Ф, максимальная – 2 Ф (Ф 52,6 мг/кг).

В 2021 г. продолжились наблюдения за загрязнением почв НП в районе Жилкинской нефтебазы г. Иркутска (АО «Иркутскнефтепродукт»), которая расположена в 4 км севернее центра города на левом берегу р. Ангары в мкр. Жилкино. Предыдущие обследования проводились в 1990, 1997, 2002, 2009, 2012, 2015, 2018 гг. За весь период наблюдений 1990-2021 гг. в почвах береговой зоны р. Ангары наблюдается снижение концентрации НП. Следует отметить, что в 2018 г. в результате проведенных мероприятий по очистке грунта в связи с аварийным загрязнением нефтепродуктами береговой линии р. Ангары, отмечалось значительное снижение общей концентрации НП в почвах в районе обследования. Динамика изменения содержания НП в почвах в районе Жилкинской нефтебазы г. Иркутска приведена на рис. 3.27.

Рис. 3.27. Динамика изменения содержания нефтепродуктов в почвах за пределами Жилкинской нефтебазы г. Иркутска и береговой зоны р. Ангары

На протяжении всего периода наблюдений почвы береговой зоны реки Ангары загрязнены НП сильнее, чем почвы территории, прилегающей к нефтебазе. По данным обследования 2021 г. среднее содержание нефтепродуктов в почвах зоны, прилегающей к территории нефтебазы, составило 476 мг/кг (7,8 Ф), в почвах береговой зоны реки Ангары – 1291 мг/кг (21,2 Ф).

Наблюдения за загрязнением почв бенз(а)пиреном (БП) в 2021 г. проводились в районе г. Артем и г. Большой Камень Приморского края, а также на территории г.о. Самара. Среднее и максимальное содержание БП в почве г.о. Самара составило 0,3 ПДК и 0,9 ПДК соответственно. Почвы г. Артем и г. Большой Камень не загрязнены бенз(а)пиреном. Среднее содержание БП в почвах г. Артем составило 0,004 мг/кг, максимальное – 0,012 мг/кг. Средняя концентрация БП в почвах г. Большой камень составила 0,007 мг/кг, максимальная – 0,011 мг/кг.

На территории г.о. Самара определялось содержание в почвах полихлорированных бифенилов (ПХБ). Среднее и максимальное содержание суммы изомеров ПХБ в почве г.о. Самара составило 0,1 ОДК и 0,9 ОДК 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 превышение содержания нитратов в почвах одной точки пробоотбора на территории г. Нижний Тагил Свердловской области на уровне 1,2 ПДК. В почвах г. Невьянска Свердловской области среднее содержание нитратов соответствовало 8 Ф (24 мг/кг), максимальное – 28 Ф (91 мг/кг). 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 г. Артем и г. Большой Камень Приморского края средние по зонам обследования городов концентрации сульфатов не превышали ПДК, максимальное содержание сульфатов в почвах г. Артем соответствовало 1,5 ПДК, в г. Большой Камень – 1,4 ПДК. В почвах г.о. Самара среднее и максимальное содержание сульфатов в почве составило 1,3 и 2,8 ПДК соответственно. На территориях парка «Дубки», парка «60 лет Октября», а также в почвах фоновых участков АГМС АГЛОС и «Самарская Лука» содержание сульфатов не превышало гигиенических нормативов. Почвы обследованных городов Иркутской области загрязнены сульфатами. Среднее содержание сульфатов в почвах г. Черемхово составило 4,2 ПДК, максимальное – 6,4 ПДК. Средняя концентрация сульфатов в почвах г. Свирска составила 3,5 ПДК, максимальная – 5,9 ПДК. Следует отметить, что фоновые массовые доли сульфатов в обследованных городах Иркутской области превышали значения ПДК в г. Черемхово в 3,9 раза, в г. Свирск – 2,3 раза.

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 (РФ) 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 стойких органических загрязняющих веществ (СОЗ) Стокгольмской конвенции.

В 2021 г. были выборочно обследованы почвы различного типа на территории 39 субъектов Российской Федерации, общая обследованная площадь составила 29,8 тыс. га (рис. 3.28). Обследовались сельскохозяйственные угодья, отдельные лесные массивы, зоны отдыха на территории 119 районов, в 154 хозяйствах. На территории 9 субъектов Российской Федерации были обследованы почвы вокруг 10 складов и мест захоронения пестицидов, непригодных или запрещенных к применению.

Рис. 3.28. Площади обследования почв РФ на содержание в них пестицидов в период 2011-2021 гг. в тыс.га

Постановлением Главного санитарного врача РФ №2 от 28 января 2021 г. был утвержден СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормы и требования к обеспечению безопасности (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Этим же постановлением было отменено действие ГН 1.2.3539-18 «Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень)». В новом документе отсутствуют нормативы содержания ДДТ в почве и других объектах. Стоит отметить, что данный пестицид в соответствии с ГОСТ 17.4.1.02-83 относится к первому классу (вещества высокоопасные) по степени опасности для контроля загрязнения и прогноза состояния почв, а также является стойким органическим загрязнителем (СОЗ). Тенденции распространения ДДТ и качества почвы в 2021 г. оценивались с учетом значения отмененной допустимой концентрации. При отсутствии утвержденной ПДК использование действовавшего ранее норматива для принятия мер государственного регулирования неправомочно. Поэтому данные о случаях высокого содержания суммарного ДДТ не были учтены при подсчете загрязненных территорий.

В 2021 г. участки, почва которых не соответствовала установленным гигиеническим нормативам, были выявлены на территории 5 субъектов Российской Федерации (с учетом ДДТ 10 субъектов).

В 2021 г. загрязненные площади составили:

- 2,4-Д - 0,1% от обследованной площади 10676 га (в 2020 г. – 0,2% от площади 10041 га, в 2019 г. – 4,2% от площади 9830 га, в 2018 г. – 0,5% от площади 13100 га);
- гексахлорбензолом (ГХБ) - 0,14% от обследованной площади 14673 га (в 2020 г. – 0,13% от площади 12444 га, в 2019 г. загрязнений не было выявлено, в 2018 г – 0,1% от площади 14200 га);
- метафосом - 0,9% от обследованной площади 4740 га (в последний раз загрязненные территории наблюдались в 2016 г. - 0,42% от площади 4,3 тыс. га);
- далапоном - 11,5% от обследованной площади 532 га (в 2020 г. - 3,86% от площади 726 га, в 2019 г. – 43,5% от площади 600 га);
- ПХБ - 3% от обследованной площади 874 га (в 2020 г. - 1,1% от площади 897 га (в последний раз загрязненные территории наблюдались в 2016 г. – 4,6% от площади 578 га).

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.

По данным наблюдений предыдущих лет суммарный ДДТ являлся основным загрязнителем сельскохозяйственных угодий. В 2021 г. высокие концентрации этого пестицида наблюдались в Белгородской, Курской, Тамбовской, Новосибирской областях, а также в Приморском крае. Остаточное количество суммарного ДДТ в почвах достигало весной

величины 0,427 мг/кг (Новосибирская область), а осенью 0,601 мг/кг (Тамбовская область). В соответствии с действовавшими ранее нормативами (0,1 мг/кг) площадь загрязнения составила 356,4 га (в 2020 г. – 390 га).

Центральный федеральный округ. В 2021 г. на территории ЦФО были обследованы почвы Белгородской, Брянской, Владимирской, Воронежской, Костромской, Курской, Липецкой, Московской, Рязанской, Тамбовской, Тульской и Ярославской областей общей площадью 3989 га. В почвах определялось содержание хлорорганических инсектицидов, 2,4-Д, триазиновых гербицидов и трифлуралина.

В 2021 г. на территории ЦФО площадь загрязнения суммарным ДДТ и суммарным ГХЦГ составила 1951 га. Содержание суммарного ДДТ превышало 0,1 мг/кг на площади 153,7 га (в 2020 г – 124 га). Почвы с высоким содержанием суммарного ДДТ были выявлены в Белгородской, Тамбовской, Курской областях. На территории садов Тамбовской области наблюдалось наибольшее среднее содержание данного пестицида весной - 0,200 мг/кг и осенью – 0,440 мг/кг с максимумами – 0,288 мг/кг и 0,601 мг/кг весной и осенью соответственно. В 2021 г. на территории 69 га бывших яблоневых садов плодосовхоза «Обоянский» Курской области провели культивацию, дискование и засеяли подсолнечником. После обработки почв возросло, как среднее (с 0,122 до 0,170 мг/кг), так и максимальное (с 1,60 до 2,53 мг/кг) содержание ДДТ, что объясняется перемешиванием слоев почвы. Меньшее среднее содержание ДДТ в обследованных почвах ЦФО наблюдалось в Тульской, Владимирской, Ярославской областях, где ОК не превышали 0,006 мг/кг.

Содержание суммарного ГХЦГ в отобранных образцах не превышало 0,13 ПДК, что соответствует уровню последних лет. Исключение составила Белгородская область, где на 31 га яблоневого сада, ОК суммарного ГХЦГ составило 0,45 ПДК.

Гербициды трифлуралин и 2,4-Д активно применяются на сельхозугодьях, их остаточное количество выявлялось в почвах практически всех исследованных областей. Однако загрязненных территорий не было выявлено, а годовые максимумы составили 0,30 ОДК и 0,56 ПДК соответственно.

На содержание прометрина и симазина обследовались 722 га земли в Белгородской, Брянской, Курской областях. Весной ОК прометрина было зафиксировано только в Курской области, среднее содержание составило 0,003 мг/кг, а максимальное - 0,01 ПДК. Осенью данный пестицид наблюдался в минимальных количествах в почвах всех трех областей, среднее содержание не превышало 0,001 мг/кг.

Южный федеральный округ. В 2021 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 3975 га, что на 13% больше прошлогодних значений. 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 0,003 мг/кг, максимальное содержание соответствовало 0,07 ПДК (Ростовская область). 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. Содержание метафоса на территории 1725 га не превышало 0,04 ПДК. Содержание гербицидов трифлуралин и 2,4-Д было низким и не превышало 0,002 мг/кг, а годовые максимумы соответствовали для трифлуралина 0,04 ОДК, а для 2,4-Д – 0,06 ПДК.

Северо-Кавказский федеральный округ. В 2021 г. на территории СКФО были обследованы почвы Ставропольского края и Карачаево-Черкесской Республики. На обследованной территории общей площадью в 280 га загрязненные пестицидами почвы не были выявлены. Средняя концентрация суммарного ДДТ находилась в диапазоне от 0,003 до 0,004 мг/кг, а максимум не превышал 0,006 мг/кг. Среднее ОК суммарного ГХЦГ для обоих субъектов было одинаковым и соответствовало прошлогодним показателям – 0,001 мг/кг, а максимальная концентрация составила 0,02 ПДК. Остальные определяемые в почве пестициды находились на низком уровне с максимальным значением ОК трифлуралина – 0,04 ОДК, метафоса – 0,02 ПДК, 2,4-Д – 0,06 ПДК.

Приволжский федеральный округ. В 2021 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 6980 га на содержание 14 действующих веществ пестицидов, а также полихлорированных бифенилов (ПХБ). Также в 2021 г. было продолжено обследование почв в местах складирования и захоронения пестицидов.

Среднее содержание суммарного ДДТ на территории ПФО было незначительным и находилось весной в пределах от 0,001 до 0,007 мг/кг, а осенью снизилось практически до нулевых значений. Годовой максимум составил 0,74 ПДК. Результаты наблюдений за содержанием суммарного ДДТ сильно отличаются от прошлогодних, тогда среднее ОК на некоторых территориях достигало весной значений 0,044 мг/кг, а осенью 0,065 мг/кг. Данное разногласие можно объяснить сменой районов обследования. На территории Республики Башкортостан и Кировской области ОК суммарного ДДТ не было выявлено.

В 2021 г. на обследованной территории ПФО загрязнение почв суммарным ГХЦГ не было выявлено. Среднее содержание суммы изомеров ГХЦГ в почвах округа весной не превышало значений 0,005 мг/кг, осенью – 0,001 мг/кг, а годовой максимум - 0,29 ПДК был зафиксирован в Саратовской области под сафлором. ГХБ фиксировался в почвах преимущественно весной в следовом количестве, за исключением участка в 20 га на территории Новокузнецкого района Саратовской области, где концентрация ГХБ составила 1,6 ОДК. Осенний максимум 0,20 ОДК был зафиксирован на территории Большечерниговского района Самарской области.

В 2021 г. на территории ПФО на площади в 531 га выборочно проводились наблюдения за содержанием в почвах метафоса. Загрязнение было выявлено в Оренбургской и Ульяновской областях на участке в 43,6 га. Стоит отметить, что превышение ПДК метафоса было зафиксировано только осенью. Концентрация паратион-метила на загрязненных участках находилась в диапазоне от 0,114 до 0,284 мг/кг. В Самарской области на обследованной территории осенью возросло, как среднее содержание метафоса в почве (с 0,001 до 0,010 мг/кг), так и максимальное (от 0,05 до 0,92 ПДК). В остальных областях, где проводилось наблюдение, метафос был выявлен в незначительном количестве, его концентрация не превышала 0,03 ПДК.

Гербицид 2,4-Д является одним из наиболее широко применяемых средств защиты растений. В 2021 г. превышение содержания 2,4-Д отмечалось весной на участке площадью 3,6 га в Ульяновской области (содержание 1,24 ПДК) и осенью на участке 9 га в Нижегородской области (содержание 1,4 ПДК). В целом среднее содержание 2,4-Д весной находилось в диапазоне от 0,007 до 0,065 мг/кг и осенью от 0,001 до 0,016 мг/кг.

Гербицид далапон, который в настоящее время не входит в перечень разрешенных к применению в России пестицидов, был выявлен на территории трех областей – Ульяновской (максимум 1,04 ПДК), Самарской (1,16 ПДК) и Саратовской (1,07 ПДК). Общая площадь загрязнения составила 61,2 га, что соответствует 11,5% от всей площади обследования. В других областях далапон был обнаружен повсеместно, его среднее содержание весной не превышало значений 0,352 мг/кг, а осенью - 0,388 мг/кг.

На содержание трифлуралина в почвах ПФО было обследовано 1407 га. ОК трифлуралина фиксировались на территории Нижегородской области. Среднее содержание в течение года в большинстве областей (кроме Самарской) от весны к осени снизилось, а максимальное фиксировалось весной в Саратовской области (0,042 мг/кг), а осенью в Оренбургской области (0,014 мг/кг), годовой максимум составил 0,8 ОДК.

В 2021 г. на обследованной территории ПФО загрязнение почв ТХАН не было выявлено. В весенний период среднее содержание ТХАН находилось в диапазоне 0,023-0,052 мг/кг, а к осени увеличилось и варьировало от 0,036 до 0,132 мг/кг. Максимальные значения были зафиксированы в Оренбургской области и соответствовали 0,31 ОДК весной и 0,74 ОДК осенью.

Триазиновые гербициды: прометрин, симазин и атразин определялись в ПФО на площади 530 га (в 2020 г. – 1,5 тыс. га). Несмотря на отсутствие разрешения симазина, в 2021 г. это действующее вещество было идентифицировано более чем в 60% проб, отобранных весной. Наибольшее среднее содержание симазина - 0,019 мг/кг фиксировалось в Самарской области (при максимуме 0,083 мг/кг), в остальных областях - не превышало 0,008 мг/кг. ОК прометрина, разрешенного к применению, фиксировалось не более чем в 1/5 проб на территории всех областей, где проводились наблюдения. По результатам наблюдений, почвы ПФО не были загрязнены ОК прометрина, среднее содержание не превышало 0,010 мг/кг весной (Ульяновская область) и 0,038 мг/кг осенью (Саратовская область), а годовой максимум составил 0,15 ПДК. Атразин не рекомендован к применению в РФ с 2007 г и редко выявляется при анализе, однако в 2021 г. ОК атразина было зафиксировано в пробах почвы Самарской области в оба периода отбора (весной – на низком уровне, осенью – концентрация составила 0,055 мг/кг).

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 2021 г. спустя пять лет вновь зарегистрирован случай загрязнения ПХБ почв сельскохозяйственного назначения. Из обследованных за оба сезона 673 га Нижегородской области два участка площадью 62 га, расположенные в Городецком районе и засеянные многолетними травами, осенью не соответствовали установленным нормативам. Согласно новому СанПиН, норматив допустимого содержания ПХБ в почве снизился в три раза и составил 0,02 мг/кг, учитывая это, концентрации ПХБ в почве на двух загрязненных участках соответствовали 3 и 5 ОДК. В Кировской области, на площади пробоотбора 60 га, среднее содержание ПХБ составило 0,007 мг/кг, что ниже прошлогоднего значения в два раза, а максимум - 0,5 ОДК. На территории г.о. Самара среднее и максимальное содержание суммы изомеров ПХБ в почве составило 0,1 ОДК и 0,9 ОДК соответственно.

Уральский федеральный округ

В 2021 г. на территории УФО наблюдения за содержанием пестицидов в почве проводились в Курганской области в Белозерском, Лебяжьевском, Макушинском, Каргапольском районах. Для расширения охвата территории наблюдениями обследованные районы были изменены по сравнению с предыдущим годом. Весной и осенью было обследовано 3300 га территории, что составляет 0,25% от общей посевной площади Курганской области. Помимо сельхозугодий обследовалась зона рекреационного назначения - лагерь им. Коли Мяготина (пункт многолетних наблюдений) в Белозерском районе. Были продолжены работы по обследованию состояния почв вблизи захоронения пестицидов в Лебяжьевском районе. В пробах определялось содержание ДДТ и его метаболита ДДЕ, изомеров ГХЦГ и гербицида 2,4-Д. ГХЦГ не был обнаружен ни в одной пробе, как и в предыдущие годы. На сельхозугодиях не было выявлено ДДТ и его метаболитов.

ДДТ ранее активно применялся для обработки территорий от энцефалитного клеща, поэтому часто наблюдался в пробах почвы лесов Курганской области. Результаты многолетних наблюдений показывают, что содержание ДДТ в почвах лагеря сохраняется на высоком уровне – 0,377 мг/кг весной и 0,745 мг/кг осенью. Среднее значение для всей территории обследования составило 0,050 мг/кг и 0,091 мг/кг весной и осенью соответственно (в 2020 г – 0,068 и 0,048 мг/кг весной и осенью соответственно). Как и в прошлом году, максимальные значения и весной, и осенью наблюдались в одном и том же месте на территории центральной площадки лагеря. На рис. 3.29 представлена динамика изменения содержания ДДТ и ДДЭ в почве лагеря. Содержание метаболита ДДЭ превышает содержание исходного ДДТ, что свидетельствует о «старом» загрязнении.

Рис. 3.29. Динамика изменения среднего содержания ДДТ и ДДЭ в почве лагеря им. Коли Мяготина

Для оценки глубины проникновения ДДТ в почву загрязненного участка был заложен разрез глубиной 1,5 м. Максимальное содержание суммы ДДТ и ДДЭ, как и в прошлом году, наблюдалось в поверхностном слое (0-0,1 м) и составило 38% от общего содержания в почвенном профиле по весне и 55,6% по осени (за счет сокращения содержания во втором слое (0,1-0, 5м), что может быть связано с жарким и засушливым летом.

Так же, как и в предыдущие годы в обследуемых почвах определялось содержание гербицида 2,4-Д. Если в 2020 г. гербицида 2,4-Д не был выявлен, то в 2021 г. встречался повсеместно (преимущественно весной), концентрация варьировала от 0,001 до 0,015 мг/кг, среднее содержание составило весной 0,003 мг/кг, а к осени снизилось до нулевых значений.

Сибирский федеральный округ. В 2021 г. на территории СФО были обследованы почвы Алтайского края, Иркутской, Кемеровской, Новосибирской, Омской и Томской областей общей площадью 9969 га на содержание 9 действующих веществ пестицидов, а также pH и содержание нитратов. Также были обследованы территории, прилегающие к 4 складам устаревших пестицидов, и территория оздоровительного лагеря в Новосибирской области (пункт многолетних наблюдений), а также водные объекты на участках комплексных наблюдений.

На обследованной территории СФО в 2021 г. не наблюдалось превышений установленных гигиенических нормативов. Следует отметить, что в отличие от 2020 г. выявлено высокое содержание в почвах суммарного ДДТ – на 123 га Новосибирской области, засеянных пшеницей, весной оно составляло от 0,183 до 0,427 мг/кг, что превышает действовавшую до 2021 г. ПДК, и эти земли можно было бы отнести к загрязненным. Среднее содержание суммарного ДДТ в сельскохозяйственных почвах Новосибирской области составляло весной 0,050 мг/кг, осенью – 0,014 мг/кг. Также высокие ОК суммарного ДДТ наблюдались на территории оздоровительного лагеря в Новосибирской области – максимум весной составил 0,69 ПДК и 1,11 ПДК осенью. На обследованной территории Томской и Омской областей ДДТ не был выявлен. Для остальных субъектов СФО среднее содержание суммарного ДДТ не превышало значений 0,001 мг/кг, а максимумы весной достигали значений 0,19 ПДК, осенью – 0,14 ПДК.

В 2021 г. почв загрязненных ОК суммарного ГХЦГ с превышением нормативов на территории СФО не было выявлено. Среднее содержание суммарного ГХЦГ было незначительным и не превышало значений 0,001 мг/кг, а его максимумы были зафиксированы в Иркутской области и составили 0,23 и 0,06 ПДК весной и осенью соответственно.

В 2021 г. проводилось наблюдение на содержание ГХБ в почвах в Иркутской и Омской областях на площади 7,5 тыс. га. ОК ГХБ было выявлено в незначительном количестве в почвах Черемховского и Балаганского районов Иркутской области, максимальная концентрация составила 0,10 ОДК.

Трифлуралин редко наблюдался в почвенных образцах, отобранных в СФО, его остаточное количество было выявлено только в Новосибирской области весной в 20% проб, среднее содержание составило 0,001 мг/кг, а максимум не превышал 0,15 ОДК.

Обследование почв на загрязнение 2,4-Д проводилось выборочно на территории Алтайского края и Иркутской области. Гербицид был выявлен в Алтайском крае практически в каждой пробе, отобранной с площади 284,7 га в следовом количестве, не превышающем 0,02 ПДК.

В 2021 г. ОК метафоса в почвах Иркутской области наблюдалось в единичных пробах, а годовой максимум составил 0,02 ПДК. На пиклорам анализировались почвы, отобранные в д. Куда ОАО «Хомутовское» (пункт многолетних наблюдений), площадь обследования составила 107,5 га и весной и осенью. ОК метафоса, как и в прошлом году, не было выявлено.

Дальневосточный федеральный округ. В 2021 г. на территории ДФО обследование почвы проводилось на территории Приморского края в 6 районах (Уссурийский, Октябрьский, Ханкайский, Черниговский, Кировский, Чугуевский) на землях сельхозназначения осенью общей площадью 739 га, что составило примерно 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, картофель) было чуть ниже уровня 2020 г. и составило 0,044 мг/кг. Максимальное значение содержания ДДТ в почве было зафиксировано в Ханкайском районе и составило 0,360 мг/кг (в 2020 г. – 0,318 мг/кг). Также относительно высокие значения отмечались в пробах Чугуевского района (максимум 0,114 мг/кг). Если принимать во внимание прежние нормативы по содержанию ДДТ в почве, то 80 га, а это 10% от площади обследования (в 2020 г. – 5,4%), можно причислить к загрязненным.

Из ХОП в почвах определялось ОК ГХБ, который не был выявлен только в Кировском и Черниговском районах, при этом содержание не превышало 0,07 ОДК, а среднее содержание составило 0,001 мг/кг.

Трифлуралин активно используется в сельском хозяйстве, в 2021 г. он был выявлен в более чем 60% проб, хотя концентрация в почвах была незначительной – среднее содержание составило 0,002 мг/кг (максимум 0,12 ОДК).

При обследовании пункта многолетних наблюдений в объединении личных подсобных хозяйств в с. Халкидон Черниговского района было выявлено, что среднее ОК суммарного ДДТ составило 0,074 мг/кг (максимум 0,077 мг/кг), трифлуралина – 0,002 мг/кг (максимум 0,002 мг/кг (максимум 0,003 мг/кг). Суммарного ГХЦГ и ГХБ в почвах выявлено не было. Динамика среднего содержания контролируемых пестицидов за период 2017-2021 гг. в почвах с. Халкидон Черниговского района Приморского края представлена на рис. 3.30.

Рис. 3.30. Среднее содержание ХОП и трифлуралина в почвах с. Халкидон Черниговского района Приморского края

Состояние участков, прилегающих к местам хранения пестицидов. В 2021 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 2021 г. было проведено обследование вокруг 10 складов неликвидных пестицидов в 9 субъектах Российской Федерации.

Как и в предыдущие годы, в 2021 г. продолжилось обследование состояния почвы ОПХ «Минское» Костромской области, прилегающей к заброшенным местам складирования пестицидов. Пробы отбирались весной и осенью на расстоянии до 1,5 км по четырем направлениям от склада. Проб с превышением нормативов не было выявлено. Содержание суммарного ДДТ колебалось в пределах от нуля до максимального значения 0,014 мг/кг осенью, что незначительно выше прошлогоднего содержания. Наибольшая зафиксированная концентрация в почве трифлуралина и весной, и осенью была одинаковой – 0,030 мг/кг .

В Удмуртской Республике продолжилось обследование почв в местах складирования и захоронения пестицидов в с. Дебессы Дебесского района. В результате исследований в почвах был выявлен только гербицид 2,4-Д, в единственной пробе, отобранной осенью, в количестве 0,2 ПДК.

В Нижегородской области на территории г. Дзержинск для оценки возможного распространения загрязнения от несанкционированной свалки отходов ЧХЗ/ПО «Корунд» были зафиксированы превышения допустимого содержания ГХЦГ в 100% проб (максимум 30,1 ПДК), среднее содержание составило 1,51 мг/кг. На Чернореченском химическом заводе (прежнее название ООО «Корунд») в 50-х гг. впервые в стране была разработана и внедрена технология производства гексахлорана (ГХЦГ), отходы производства могли послужить источником поступления этого пестицида в почву прилегающей территории. Стоит отметить, что во всех проанализированных образцах преобладал более устойчивый альфа-изомер ГХЦГ, что свидетельствует о давности загрязнения. ГХБ был выделен в количестве, превышающем ОДК (максимум 25,7 ОДК), среднее содержание составило 0,163 мг/кг (5,4 ОДК). Суммарный ДДТ наблюдался во всех образцах, максимальное содержание – 0,210 мг/кг. Гербицид 2,4-Д зафиксирован в 5 пробах из 6, максимум соответствовал 0,6 ПДК. Трифлуралин в почве не был выявлен. По результатам исследований в сентябре

2021 г. администрацией города Дзержинска Нижегородской области был направлен запрос в МПР РФ о включении этого объекта в государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде (ГРОНВОС).

В Романовском районе Саратовской области на расстоянии от 50 до 500 м от склада пестицидов весной определялось в почве четырнадцать действующих веществ и метаболитов пестицидов. Превышение нормативов было выявлено только по содержанию суммарного ГХЦГ – две пробы на расстоянии 200 м и 500 м к югу от склада содержали ГХЦГ в количестве, равном 3,7 и 2,46 ПДК соответственно, среднее содержание суммарного ГХЦГ составило 0,036 мг/кг. Средне содержание суммарного ДДТ составило 0,010 мг/кг, а его максимум 0,024 мг/кг был выявлен в 500 м к востоку от склада. Также в отобранных пробах был выявлен метафос (максимум 0,08 ПДК), 2,4-Д (максимум 0,61 ПДК), далапон (максимум 0,74 ПДК), ТХАН (максимум 0,12 ОДК), а также симазин и прометрин в следовом количестве.

В с. Новотулка Хворостянского района Самарской области осенью проводилось обследование почвы вокруг склада пестицидов по четырем румбам на расстоянии от 10 до 500 м. На территории в непосредственной близости от склада (10 м) во всех направлениях, кроме западного был выявлен суммарный ДДТ. Наибольшие значения ДДТ в почве были выявлены к востоку от склада, где концентрация пестицида достигала 0,520 мг/кг. Также в почвах были зафиксированы далапон, 2,4-Д, ТХАН, средние концентрации которых составили 0,411 мг/кг, 0,013 мг/кг и 0,115 мг/кг соответственно. Единично выявлены метафос (максимум 0,03 ПДК) и трифлуралин (максимум 0,34 ОДК). Триазиновые гербициды не были выявлены.

В Томском районе Томской области вокруг бывшего склада хранения пестицидов осенью обследовались почвы на участке в 3 га. Хлорсодержащих пестицидов и трифлуралина в почах не было выявлено.

Продолжились наблюдения за состоянием почв вблизи склада пестицидов в пос. Новостройка Кемеровской области. Осенью в почве был зарегистрирован ДДТ в количестве от 0,007 до 0,050 мг/кг. Среднее содержание возросло по сравнению с 2020 г с 0,012 до 0,021 мг/кг. ГХЦГ и трифлуралин не были выявлены.

В Иркутской области были обследованы участки, прилегающие к складам пестицидов в Аларском и Черемховском районах. В Аларском районе в д. Могоенок содержание суммарного ДДТ варьировало от 0,001 до 0,016 мг/кг. Содержание суммарного ГХЦГ и ГХБ было незначительным – 0,001 мг/кг. Превышений гигиенических нормативов, аналогично с предыдущим обследованием в 2014 г., не было зафиксировано.

На территории вблизи склада в Черемховском районе в с. Новогромово содержание суммарного ДДТ варьировало от 0,001 до 0,019 мг/кг. Максимальные значения в почве наблюдались в южном и восточном направлениях в непосредственной близости от склада. Остальные пестициды в пробах не были выявлены. Гербицид 2,4-Д вблизи складов в Иркутской области так же 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 в почвах был выявлен только 2,4-Д весной количестве, не превышающем 0,007 мг/кг. Результаты обследования показывают, что захоронение ядохимикатов не оказывает негативного воздействия на окружающую среду.

В 2021 г., также как и в предыдущие годы, результаты обследований свидетельствуют, что в большинстве случаев распространения загрязнения от складов пестицидов не происходит. Однако есть объекты, требующие повышенного внимания (такие как свалка отходов в Нижегородской области, склад пестицидов в Саратовской области) в связи с их негативным влиянием на окружающую среду.

3.3. Загрязнение поверхностных вод

3.3.1. Качество поверхностных вод по гидрохимическим показателям на территориях субъектов и федеральных округов Российской Федерации

Анализ динамики качества поверхностных вод на территории Российской Федерации представлен на основе статистической обработки данных государственной наблюдательной сети Росгидромета за загрязнением поверхностных вод суши (по гидрохимическим показателям) в 2021 г. по наиболее характерному для каждого водному объекту показателям.

Качество поверхностных вод оценено с использованием комплексных оценок (по гидрохимическим показателям). Проведена классификация степени загрязненности воды, т.е. условное разделение всего диапазона состава и свойств поверхностных вод в условиях антропогенного воздействия на различные интервалы с постепенным переходом от «условно чистой» к «экстремально грязной». При этом были использованы следующие классы качества воды: 1 класс - «условно чистая»; 2 класс - «слабо загрязненная»; 3 класс - «загрязненная»; 4 класс - «грязная»; 5 класс - «экстремально грязная».

Поверхностные воды Северо-Запада

Загрязнение 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 «загрязненной» (3 класс) водой. Подверженный сильному антропогенному влиянию участок, находящийся в промышленной зоне г. Калининград, оценивается «грязной» (4 класс) водой. Характерными загрязняющими веществами в 2021 г. сохраняются органические вещества (по ХПК и

БПК$_5$) – до 52,8 и 5,20 мг/л соответственно, нитритный азот, соединения железа, не более 6 ПДК. В летний период, вследствие нагонных явлений со стороны Калининградского залива, загрязненность воды реки возрастает, особенно в устьевой части, отмечалось увеличение в 2018-2021 гг. минерализации до 3149-4135 мг/л, сульфатов – 192-259 мг/л, хлоридов – 1390-2694 мг/л.

В целом вода р. Неман оценивается как «загрязненная» (3 класс). К загрязняющим веществам многие годы относятся органические вещества (по БПК$_5$ и ХПК), нитритный азот, соединения железа, содержания которых в воде реки не превышают 4,40 и 45,0 мг/л, 4, 2 ПДК соответственно.

Загрязненность воды трансграничных водотоков на территории Калининградской области р. Шешупе и рукава Мамоновка сохраняется на уровне «загрязненная» (3 класс). В 2021 г. концентрации характерных загрязняющих веществ (органические вещества (по БПК$_5$ и ХПК), аммонийный и нитритный азот, соединения железа) воды этих рек варьировали от величин ниже предельно допустимых до максимальных в интервале 1,4-4 ПДК при среднегодовых значениях 1,2-3 ПДК.

Качество воды бассейна Невы сохраняется стабильным, вода большинства створов относится к 3 классу «загрязненных». Загрязненность воды р. Нева и ее притоков в целом определяется содержанием соединений меди, цинка, железа, марганца, реже аммонийного и нитритного азота в концентрациях в среднем на уровне ниже 1 ПДК-9 ПДК, органических веществ (по БПК$_5$ и ХПК) 0,30-3,80 и 18,8-49,4 мг/л соответственно. В 2021 г. критический уровень загрязненности достигался в воде р. Охта, п. Мурино – соединениями железа (16 ПДК), р. Нева, д. Новосаратовка, рукава Б. Невка, в черте г. Санкт-Петербург, р. Тосна, р. Охта – нитритным азотом (7-8 ПДК), р. Мга р. Ижора, р Славянка – органическими веществами (по БПК$_5$) (7,13-7,87 мг/л); высокий уровень – р. Нева, в черте г. Санкт-Петербург, 0,5 км ниже впадения р. Охта и 0,5 км ниже впадения р. Славянка (32-33 ПДК), р. Охта (31-49 ПДК) – соединениями марганца, р. Ижора (28 ПДК), р. Охта (16 ПДК) – нитритным азотом.

Самым загрязненным притоком р. Нева на протяжении десятилетий, оцениваемым как «грязный» (4 класс), сохраняется **р. Охта** в створе г. Санкт-Петербург (рис. 3.31), где в 2021 г. были зарегистрированы 13 случаев высокого загрязнения воды соединениями марганца.

Рис. 3.31. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и показателей 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» (3 класс) до «грязной» (4 класс). В целом в 2021 г. в бассейне превалировали «загрязненные» (3 класс) воды. Неудовлетворительное качество воды р. Волхов отмечается на всем протяжении от истока до устья и оценивается как «загрязненная» (3 класс). Среди притоков в 2021 г. наиболее загрязнены р. Тигода и р. Черная, которые характеризовались «грязной» (4 класс) водой. Среднегодовые концентрации характерных в целом для бассейна р. Волхов загрязняющих веществ: соединений железа, меди, марганца не превышали 7 ПДК, органических веществ (по ХПК) – 75,0 мг/л.

Поверхностные воды на территории Новгородской области отличаются повышенным содержанием органических веществ (по ХПК), концентрации которых на протяжении многих лет в районе г. Кириши достигали критического уровня: 100-167 мг/л в 2013-2020 гг., 144 мг/л в 2021 г.

Малые реки Кольского полуострова (Мурманская область). Характерными загрязняющими веществами воды малых рек Кольского полуострова на протяжении длительного ряда лет сохраняются соединения никеля, железа, меди, марганца, молибдена, ртути, алюминия, дитиофосфат крезиловый (в отдельных водных объектах нитритный азот, сульфаты, фосфор фосфатов и фториды).

Сточные воды предприятий горнодобывающей, горноперерабатывающей и металлургической промышленности оказывают наиболее негативное влияние на качество воды следующих водных объектов: 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», вода которых в многолетнем плане сохраняется на уровне «грязная» (4 класс).

Наихудшим качеством – «экстремально грязная» (5 класс), на протяжении последних двух десятилетий стабильно оценивается вода руч. Варничный, обусловленным высоким средним содержанием в воде аммонийного азота в диапазоне 22-42 ПДК, органических веществ (по $БПК_5$) 16-30 ПДК, соединений марганца и меди 13-17 и 9-16 ПДК, нефтепродуктов 4-14 ПДК, фосфора фосфатов 7-11 ПДК, органических веществ (по ХПК) 5-8 ПДК, соединений железа 4,5-8 ПДК, АСПАВ 3-6,5 ПДК, нитритного азота 1-4 ПДК, соединений цинка 2-3 ПДК, а также дефицитом растворенного в воде кислорода.

В бассейне р. Печенга наиболее загрязненной сохраняется р. Хауки-лампи-йоки, вода которой стабильно оценивается «грязной» (4 класс) за счет высокого среднегодового содержания соединений никеля и марганца в пределах 20-28 и 7-13 ПДК; отмечена тенденция снижения содержания дитиофосфата крезилового в среднем от 26-27 ПДК (2011-2013 гг.) до 3-5 ПДК в последние годы наблюдений; при этом концентрации соединений меди, ртути, цинка и сульфатов стабилизировались на уровне 6-9 ПДК, 2-4 и 2-3 ПДК соответственно (рис. 3.32).

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

Река Нюдуай в 2017-2021 г. оцениваемая «грязной» (4 класс) водой, наиболее загрязнена соединениями никеля и меди, средние за год концентрации которых варьировали в пределах 62-96 и 27-54 ПДК (максимальные 168-299 и 47-124 ПДК) соответственно; содержание соединений железа, ртути, марганца и сульфатов в многолетнем плане изменялось незначительно и составляло в среднем 1-2 ПДК, 3-5 ПДК, 3,5-6 и 6-10 ПДК соответственно.

Загрязнение воды малых рек Кольского полуострова, 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. Состояние воды малых рек Кольского полуострова продолжает находиться в критическом состоянии.

Бассейн р. Северная Двина. Верхнее течение р. Северная Двина загрязнено сточными водами предприятий гг. Великий Устюг, Красавино, Котлас, льяльными водами судов речного флота и водой наиболее загрязненных притоков рр. Сухона и Вычегда. По качеству вода реки у городов Великий Устюг, Красавино, Котлас на протяжении 2010-2021 г. стабильно оценивалась «грязной» (4 класс) (рис. 3.33).

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

Среднее и нижнее течения, а также устье Северной Двины (Архангельская область) продолжают в многолетнем плане характеризоваться – «загрязненными» (3 класс) водами (в пункте наблюдений д. Абрамково, относящегося к среднему течению реки, в 2018-2019 гг. и 2021 гг. вода ухудшилась до уровня «грязная» (4 класс).

Существенно не изменилась по сравнению с предыдущими годами загрязненность воды дельты Северной Двины (рук. Никольский, Мурманский, Корабельный, прот. Маймакса и Кузнечиха). Вода во всех пунктах наблюдений сохранилась «загрязненной» (3 класс), за исключением прот. Маймакса (2017-2018 гг.) и Кузнечиха (2017-2018 и 2021 гг.), где наблюдалось некоторое ухудшение качества воды до уровня «грязная» (4 класс).

Загрязненность воды реки органическими веществами (по $БПК_5$) была невысокой, возрастая до 2,03-2,94 мг/л только у д. Абрамково; органическими веществами (по ХПК) изменялась в пределах 22,4-62,6 мг/л; нефтепродуктами в целом по реке не превышала уровня норматива, за исключением д. Абрамково, где наблюдалась тенденция снижения концентраций в среднем от 7-11 ПДК в 2017-2018 гг. до 2-2,5 ПДК в 2019-2021 гг.

Концентрации соединений железа сохранялись стабильными, варьируя в диапазоне от 2 до 7 ПДК в среднем; соединений меди не превышали 2-5,5 ПДК в водах верхнего и среднего течений, снижаясь до 1-3 ПДК в нижнем течении, устье и дельте реки.

Отмечена тенденция снижения за период 2017-2021 гг. содержания в воде р. Северная Двина основных загрязняющих воду веществ: соединений цинка от 2-3 ПДК до значений, не превышающих норматив (за исключением г. Котлас, где их содержание стабилизировалось на уровне 2-4 ПДК); соединений марганца в воде нижнего течения, устья и дельты реки от 3-8 ПДК до уровня норматива в последние годы наблюдений (стабильно повышенными концентрации соединений марганца были в воде верхнего течения реки, варьируя в среднем от 2 до 13 ПДК); соединений алюминия от 2-4 ПДК до уровня норматива, у г. Котлас от 4-6 ПДК (2017-2018 гг.) до 2 ПДК (2020-2021 гг.).

Практически ежегодно, на фоне низкой водности в марте, августе и октябре в прот. Кузнечиха (4 км выше устья) и в прот. Маймакса, наблюдались случаи нагонных явлений, сопровождающиеся проникновением морских вод в дельту реки. В этот период минерализация воды достигала 1,3-3,4 г/л, концентрации хлоридов – 0,5-1,9 г/л, ионов натрия – 0,1-1,0 г/л и сульфатов – 170-427 мг/л.

Крупнейший левобережный приток р. Северная Двина – р. Сухона (Вологодская область) загрязнен льяльными водами судов речного флота, предприятий деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, жилищно-коммунального и сельского хозяйства. В многолетнем плане качество воды реки в большинстве рассматриваемых лет характеризовалось на уровне «грязная» (4 класс).

Загрязненность воды реки органическими веществами (по ХПК) стабилизировалось по всему течению реки на уровне 45,7-70,2 мг/л, органическими веществами (по $БПК_5$) превышала норматив в створах г. Сокол и районе впадения р. Пельшма (2,34-3,86 мг/л).

Наблюдается тенденция снижения среднегодового содержания характерных загрязняющих воду р. Сухона веществ: соединений железа от 4-6 до 2-3 ПДК (у г. Тотьма от 10-12 до 5-7 ПДК); соединений меди от 3-4 до 1,5-2,5 ПДК у г. Сокол, от 2 - 2,5 ПДК до значений, не превышающих норматив, в створах г. Тотьма (стабилизация на уровне 2-5 ПДК выше г. Великий Устюг); соединений цинка от 1-3 ПДК по всему течению реки до значений не превышающих норматив; соединений марганца от 7-11 до 4-5 ПДК у г. Сокол и от 3-7 ПДК до значений, не превышающих норматив, в районе впадения р. Пельшма (стабилизация на уровне 3-7 ПДК выше г. Великий Устюг).

Концентрации метанола в реке снизились в среднем от 1-4 ПДК до уровня норматива в створах г. Сокол и стабилизировались в пределах 1-2 ПДК в районе впадения р. Пельшма.

Негативное влияние на формирование химического состава воды р. Пельшма оказывают недостаточно очищенные сточные воды МУП «Коммунальные системы» (г. Сокол). Вода р. Пельшма десятилетиями

характеризуется как «экстремально грязная» (5 класс), за исключением 2020 г., когда качество воды изменилось до уровня «грязная» (рис. 3.34).

Снижение уровня загрязненности воды соединениями железа регистрировалось от 10-14 ПДК (2017-2019 гг.) до 4-5 ПДК (2020-2021 гг.); при этом был отмечен резкий рост содержания фенолов летучих от 2-6 ПДК в 2019-2020 гг. до 29 ПДК в 2021 г.

Критическими показателями загрязненности воды являлись органические вещества (по ХПК) содержание которых в последние годы наблюдений стабилизировалось на уровне 70,4-86,3 мг/л и дефицит растворенного в воде кислорода, концентрация которого снижалась до 1,37-3,45 мг/л, а также легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$) для которых была отмечена тенденция снижения содержания от 13,6 мг/л (2017 г.) до 4,83 мг/л (2020 г.), с последующим возрастанием их средних концентраций в 2021 г. до 22,4 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 «загрязненной» (3 класс), ухудшаясь до уровня «грязная» (4 класс) выше (2021 г.) и 4,9 км ниже г. Коряжма (2017-2019 гг.).

Загрязненность воды органическими веществами (по ХПК) была невысокой и составляла 19,4-45,9 мг/л; соединениями железа варьировала от значений, не превышающих норматив, до 1-3 ПДК; соединениями марганца была повышенной и изменялась в пределах 2-9 ПДК, в отдельные годы возрастая у с. Межог до 15 ПДК; среднее содержание соединений железа составило 2-7 ПДК, возрастая до 4-8 ПДК в створах г. Коряжма. Для соединений алюминия отмечена тенденция снижения среднегодовых концентраций от 2-4 ПДК до значений, не превышающих норматив, в отдельных створах до уровня ПДК, стабилизация содержания в диапазоне 2-4 ПДК отмечена в створе 4,9 км ниже г. Коряжма.

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

Бассейн р. Онега (Архангельская область). Вода рек бассейна р. Онега, в основном, оценивалась как «загрязненная» (3 класс), в отельные годы, ухудшаясь до уровня «грязная» (4 класс). Концентрации в воде органических веществ (по ХПК) достигали 16,0-54,9 мг/л, соединений железа 2-6 ПДК, цинка и меди варьировали от значений, не превышающих норматив до 2-4 ПДК (возрастая в отдельные годы по соединениям меди до 6-9,5 ПДК).

Бассейн р. Мезень (Архангельская область). Вода р. Мезень и рек её бассейна в многолетнем плане оценивалась в основном «загрязненной» (3 класс), изредка ухудшаясь до уровня «грязная» (4 класс). Загрязненность воды органическими веществами (по $БПК_5$ и ХПК) варьировала от значений, не превышающих норматив до 3,38-3,52 мг/л и 44,3-48,3 мг/л соответственно; соединениями меди не превышала 1-4 ПДК, алюминия 1-3 ПДК в р. Мезень и 1,5-6 ПДК в реках ее бассейна. Содержание соединений марганца непосредственно в р. Мезень возрастало от 1-2 ПДК в верхнем до 3-9 ПДК в среднем течении реки; сохранялось повышенным в воде её притоков на уровне 4-19 ПДК.

Концентрации соединений железа возрастали от 2-3 ПДК в верхнем, до 4-6 в среднем и 8-14 ПДК в нижнем течениях р. Мезень; в воде рек бассейна были повышенными и составляли 5-18 ПДК.

Бассейн р. Печора (Республика Коми, Ненецкий АО). Вода р. Печора в большинстве рассматриваемых лет оценивалась «загрязненной» (3 класс), ухудшаясь до уровня «грязная» (4 класс) в устье у г. Нарьян-Мар. Качество

воды рек бассейна р. Печора, в основном, не претерпело существенных изменений и продолжало оцениваться широким диапазоном от уровня «загрязненная» (3 класс) до уровня «грязная» (4 класс).

Концентрации соединений железа, в среднем, изменялись от 2-5 ПДК в верхнем и среднем течениях реки до 4-12 ПДК в нижнем; соединений меди варьировали от значений, не превышающих норматив, до 3-5 ПДК (возрастая в отдельные годы в устье до 8 ПДК). Среднегодовое содержание соединений цинка изменялось в среднем от 2-3 ПДК в верхнем течениях до значений, не превышающих норматив, в среднем и нижнем течениях, возрастая до 1,5-3 ПДК в устье реки.

Наибольшая загрязненность воды реки нефтепродуктами фиксировалась в устье р. Печора, где содержание нефтепродуктами выше г. Нарьян-Мар возросло в среднем от 2 ПДК (в 2017-2018 гг.) до 10-20 ПДК (в 2019-2021 гг.) при максимальных значениях концентраций, соответствующих уровню ЭВЗ – 75-108 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. Значительное количество загрязняющих веществ поступает в р. Волгу с водой р. Ока и р. Кама.

В 2011-2021 гг. вода Верхне-Волжских водохранилищ в преобладающем числе створов оценивалась как «загрязненная» (3 класс). На участке Рыбинского водохранилища ниже г. Череповец (Вологодская область), находящегося под влиянием сточных вод предприятий г. Череповец (ПАО «Северсталь», АО «Апатит», МУП «Водоканал»), вода в большую часть многолетнего периода, включая 2021 г., характеризовалась как «грязная» (4 класс). В отдельных створах водохранилищ (Угличское в черте г. Кимры и г. Углич, Рыбинское ниже п. Мышкино, Горьковское ниже г. Ярославль) качество воды в 2021 г. относительно предыдущих лет ухудшилось от «загрязненной» (3 класс) до «грязной» (4 класс); в створах Чебоксарского водохранилища ниже г. Нижний Новгород относительно 2019-2020 гг. сохранилось без изменения, относительно 2015-2018 гг. улучшилось от «грязной» (4 класс) до «загрязненной» (3 класс) (рис. 3.35).

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

Характерными загрязняющими веществами воды Верхне-Волжских водохранилищ были органические вещества (по ХПК), соединения железа, меди, цинка, реже – фенолы, на отдельных участках органические вещества (по $БПК_5$), среднегодовые концентрации которых в 2017-2021 гг., как правило, не превышали 1-3 ПДК. На участке Рыбинского водохранилища ниже г. Череповец к вышеперечисленным характерным загрязняющим веществам воды в отдельные годы добавлялись соединения алюминия (среднегодовые концентрации в 2020 и 2021 гг. снизились до значений ниже ПДК); Чебоксарского водохранилища у г. Нижний Новгород – нитритный азот, реже аммонийный азот. Сточные воды Нижегородской станции аэрации ОАО «Нижегородский Водоканал» повышают содержание аммонийного и нитритного азота у правого берега водохранилища, их максимальные значения в 2021 г. приближались к 10 и 6 ПДК соответственно. На этом участке водоема наблюдались значительные вариации изменения среднегодового содержания в воде аммонийного азота от значений ниже ПДК в 2009-2015 гг. до 1-2 ПДК в последующие годы, нитритного азота от 1-2 ПДК в большую часть рассматриваемого периода до 4 ПДК в 2016 г. и 3 ПДК в 2021 г. Единичные случаи загрязненности воды водоема метанолом в концентрациях незначительно превышающих ПДК, были зафиксированы выше и ниже г. Кстово.

В 2021 г. вода во всех створах наблюдений Куйбышевского и Саратовского водохранилищ оценивалась как «загрязненная» (3 класс). В течение последнего десятилетнего периода качество воды снижалось до уровня «грязная» (4 класс) на участках водохранилищ: Куйбышевского в районе г. Зеленодольск в 2011-2016 гг., 2019-2020 гг.; Саратовского выше и ниже г. Самара в 2018 г. Характерными загрязняющими веществами Куйбышевского и Саратовского водохранилищ были органические вещества (по ХПК) и соединения меди, содержание которых в 2021 г. распределялось относительно равномерно по акваториям водохранилищ и в среднем находилось в пределах 1-2 ПДК. К характерным загрязняющим веществам Куйбышевского водохранилища на территории на территории Республики Татарстан добавлялись соединения марганца и алюминия, среднегодовые концентрации которых, как правило, не превышали 1-2 ПДК.

Вода Волгоградского водохранилища в пунктах наблюдений на территории Волгоградской области (г. Камышин и г. Волжский) в течение 2011-2021 гг. оценивалась как «загрязненная» (3 класс), Саратовской области в 2020-2021 гг. – как «загрязненная» (3 класс) и «слабо загрязненная» (2 класс); р. Волга в районе г. Волгоград – как «загрязненная» (3 класс). Характерными загрязняющими веществами были органические вещества (по ХПК) и соединения меди, среднегодовые концентрации которых в 2021 г. сохранились практически на уровне предыдущих лет и соответственно составляли 23,1-30,7 мг/л и 1-3 ПДК. Для водохранилища на территории Волгоградской области к вышеперечисленным загрязняющим веществам воды добавлялись нефтепродукты, среднегодовые концентрации которых находились в пределах 2-3 ПДК; р. Волга у г. Волгоград – нефтепродукты и соединения цинка, в среднем 2-3 ПДК и 1-2 ПДК соответственно.

В 2019-2021 гг. по сравнению с 2008-2018 гг. качество воды р. Волга ниже г. Астрахань улучшилось от «грязной» (4 класс) до «загрязненной» (3 класс); выше города в 2021 г. качество воды снизилось до уровня «грязной» (4 класс) в результате возрастания максимальных концентраций соединений цинка до уровня ВЗ (12 ПДК). Характерными загрязняющими веществами воды реки были органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), нефтепродукты, соединения меди, цинка, железа, молибдена. В 2021 г., как и в 2020 г., были зарегистрированы единичные случаи высокого загрязнения воды реки соединениями молибдена (3 ПДК). В течение многолетнего периода среднегодовые концентрации нефтепродуктов возрастали от 1 ПДК в 2007-2010 гг. до 2-4 ПДК в 2015-2019 гг. с последующим снижением до 1 ПДК в 2020-2021 гг. Начиная с 2019 г. уровень загрязненности воды нитритным азотом последовательно снижался до значений ниже ПДК, соединений цинка возрастал до 4-5 ПДК (рис. 3.36).

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

В 2019-2021 гг. качество воды дельты р. Волга улучшилось от «грязной» (4 класс) до «загрязненной» (3 класс). Среднегодовые концентрации характерных загрязняющих веществ воды устьевого участка Волги составляли: нефтепродукты – 1 ПДК, соединения меди, железа и молибдена – 2 ПДК, цинка 5-6 ПДК, легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$) 1,65-2,27 мг/л, органических веществ (по ХПК) 23,3-26,9 мг/л.

В течение многолетнего периода в р. Волга и ее водохранилищах преобладали створы с «загрязненной» (3 класс) водой, число которых в течение пятилетнего периода колебалось от 78,1% в 2017 г. до 91,4% в 2020 г. и 85,8% в 2021 г. в результате изменения числа створов неудовлетворительного качества - «грязная» вода (4 класс) соответственно от 15,6% до 1,90 и 3,80%.

Вода притоков Волжских водохранилищ в 66,7% створов оценивалась как «загрязненная» (3 класс), 30,1% – как «грязная» (4 класс). В бассейне Верхне-Волжских водохранилищ как «грязная» (4 класс) характеризовалась вода рек на территориях следующих областей: Вологодской области – Кошта, Ягорба, Молога; Ивановской – Шача, Сунжа Московской области – Дубна, Сестра и Кунья; Смоленской – р. Гжать, Тверской – Остречина, Ярославской – Юхоть,

Сить. В 2021 г. случаи высокого загрязнения воды отдельными загрязняющими веществами отмечались: в р. Кунья ниже г. Краснозаводск нитритным азотом (10 ПДК); р. Дубна легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$ 28 мг/л); р. Кошта нитритным азотом (10-20 ПДК), соединениями цинка (14 ПДК), легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$ 12,2 мг/л); р. Ягорба органическими веществами (по ХПК 218 мг/л); р. Шача аммонийным и нитритным азотом (соответственно 10-18 ПДК и 12 ПДК). Случаи дефицита растворенного в воде кислорода (2,07-2,56 мг/л) были зафиксированы в реках Шача, Сунжа в летний период, р. Молога – в зимний.

В бассейне Чебоксарского водохранилища на уровне «грязных» (4 класс) стабилизировалась вода отдельных рек: Нижегородской области – Пыра, Кудьма, Сундовик; Республики Мордовия – Инсар и Нуя. Низкое качество воды р. Пыра с высоким содержанием (уровнь ВЗ) в воде соединений железа и марганца (до 31 ПДК и 48 ПДК соответственно) обусловлено природными факторами формирования химического состава воды. Загрязненность воды р. Кудьма аммонийным азотом сохранилась на уровне критической, максимальные концентрации в воде приближались к уровню ВЗ.

В бассейнах Куйбышевского и Саратовского водохранилищ наиболее распространенной была «загрязненная вода» (3 класс). В 2021 г. как «грязная» (4 класс) оценивалась вода отдельных водотоков на территории Республики Татарстан – реки Казанка и Карла; Республики Марий Эл – реки Малая Кокшага и Илеть; Ульяновской области – реки Свияга и Сельд; Самарской области – реки Сургут, Съезжая, Большой Кинель и Чапаевка, р. Самара в черте г. Самара. В 2020-2021 гг. снизилось качество воды р. Падовая от «грязной» (4 класс) до «экстремально грязной» (5 класс); к критическим показателям загрязненности воды относились аммонийный и нитритный азот, органические вещества (по ХПК), фосфор фосфатов. В летне-осенний период в р. Падовая было зарегистрировано 2 случая ВЗ воды аммонийным азотом (13-19 ПДК) и 4 нитритным (15-44 ПДК), 3 случая дефицита растворенного в воде кислорода (2,16-2,75 мг/л), 1 случай острого дефицита кислорода (1,00 мг/л) и 2 случая ЭВЗ аммонийным азотом (54 ПДК и 67 ПДК).

Бассейн р. Ока. В течение многолетнего периода качество воды р. Ока варьировало от «загрязненной» (3 класс) до «грязной» (4 класс). В целом по реке процент створов, характеризуемых «грязной» (4 класс) водой, в 2018-2019 гг. по сравнению с 2015-2017 гг. уменьшился от 48,8-53,6% до 21,4% с последующим возрастанием до 35,7% в 2020-2021 гг. В 2021 г. к таким створам относились: на территории Московской области – выше и ниже городов Серпухов, Кашира и Коломна; Рязанской – выше и ниже г. Рязань; Владимирской – выше и ниже г. Муром. Характерными загрязняющими веществами воды реки были: органические вещества (по ХПК) и соединения меди по всему течению реки; легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$) – в преобладающем числе створов за исключением нижнего течения в Нижегородской области; нитритный азот – в отдельных створах верхнего течения (ниже городов Орел и Калуга) и во всех створах далее по течению; аммонийный азот – ниже г. Калуга, во всех створах на территории Московской области, далее по течению выше г. Рязань, выше и ниже г. Муром и ниже г. Павлово; соединения цинка – на территории Московской области во всех створах, Владимирской области выше и ниже г. Муром. В 2021 г. критическими загрязняющими веществами воды реки были: легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$) на участках реки выше и ниже г. Белев, выше и ниже г. Алексин; нитритный азот – ниже г. Коломна, выше и ниже г. Рязань, в черте г. Горбатов, где в летне-осенний период были зафиксированы случаи ВЗ (нитритным азотом до 11-14 ПДК, органическими веществами до 11,0-18,0 мг/л). 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. На этом участке реки в 2019-2021 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 4-10 ПДК до 2 ПДК; сохранилась тенденция возрастания уровня загрязненности воды соединениями цинка в до 3-4 ПДК (рис. 3.37).

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

В 2021 г. в притоках р. Ока преобладали створы с «загрязненной» (3 класс) и «грязной» (4 класс) водой, число которых практически не изменилось по сравнению с предыдущим годом и соответственно составляло 43,1% и 48,8%. Как «экстремально грязная» (5 класс) вода характеризовалась в 3,20%, «слабо загрязненная» (2 класс) – в 4,90% створов от общего числа створов, расположенных на притоках.

В верхнем течении бассейна Оки к «грязным» (4 класс) относятся водные объекты Тульской области: рр. Упа, Воронка, Мышега и Шатское водохранилище. Критическими показателями загрязненности воды являются: легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$) и нитритный азот, случаи высокого загрязнения воды которыми в концентрациях 11,0-39,0 мг/л и 10-14 ПДК соответственно отмечались во всех створах наблюдений; кроме того, в водных объектах также было зарегистрировано по 1-2 случая ВЗ воды формальдегидом (3-5 ПДК), р. Мышега – органическими веществами (по ХПК 153-287 мг/л).

Вода большинства левых притоков Оки на территории Московской области – рек Нара и Лопасня, бассейна р. Москва – оценивалась как «грязная» (4 класс), отдельных притоков р. Москва (рек Закза и Рожая) – как «экстремально грязная» (5 класс). Критическими показателями загрязненности воды рек были аммонийный и нитритный азот, легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$), концентрации которых в течение года неоднократно превышали критерии ВЗ. На участке реки р. Москва от Бесединского моста МКАД в черте г. Москва до устья во всех створах наблюдений регистрировалось от 5 до 15 случаев ВЗ воды аммонийным и нитритным азотом, от 1 до 4 случаев легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$). В 2019-2021 гг. по сравнению с 2011-2017 гг. средний уровень загрязненности воды реки в черте г. Москва в районе Бесединского моста аммонийным азотом снизился от 10-24 ПДК до 7-8 ПДК, нитритным азотом – сохранился высоким 12-19 ПДК, соединениями цинка возрос от 1-3 ПДК до 5 ПДК, нефтепродуктами в разные периоды варьировал от 2-4 ПДК в 2007-2008 гг. до 8 ПДК в 2017 г. и 4-5 ПДК в 2020-2021 гг. (рис. 3.38).

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

Низкое качество воды рек - «грязная» вода (4 класс) и высокая на уровне критической загрязненность рек Пра и Бужа соединениями железа (до 49 ПДК), органическими веществами (по ХПК до 121-176 мг/л) обусловлены формированием химического состава воды в условиях болотного питания. Как «грязная» (4 класс) оценивалась вода р. Верда ниже г. Скопин и р. Гусь ниже г. Гусь-Хрустальный, критическими показателями загрязненности воды был аммонийный азот, для р. Верда добавлялись легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$). В 2018-2021 гг. по сравнению с предыдущим десятилетним периодом снизилось качество воды р. Цна ниже г. Тамбов от «загрязненной» (3 класс) до «грязной» (4 класс) в результате роста до критического уровня загрязненности воды аммонийным и нитритным азотом.

В 2021 г. качество воды р. Клязьма ниже сброса сточных вод очистных сооружений «Экоаэросталкер» г. Щелково изменилось относительно 2019 г. от «экстремально грязной» (5 класс) до «грязной» (4 класс). Ниже по течению реки вплоть до устья вода реки оценивалась как «грязная» (4 класс). Критическими загрязняющими веществами воды реки на территории Московской области были легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$), нитритный азот и соединения цинка; Владимирской области – соединения железа. Случаи ВЗ воды нитритным азотом и легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$) были зарегистрированы в воде всех створов наблюдений на территории Московской области, причем наибольшее число случаев - ниже сбросов сточных вод ЗАО «Экоаэросталкер, из которых 5 нитритным азотом (12-20 ПДК), 1 аммонийным азотом (11 ПДК), 3 легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$ 13,0 мг/л) и 1 соединениями цинка (18 ПДК). Вода большинства притоков р. Клязьма характеризовалась низким качеством – «грязная» (4 класс). Вода р. Воймега выше и ниже г. Рошаль в течение 2019-2021 гг. оценивалась как «экстремально грязная» (5 класс). В 2021 г. как выше, так

и ниже г. Рошаль были зафиксированы случаи ВЗ воды, наибольшее число – 24 было зарегистрировано в замыкающем створе, из которых: 10 случаев аммонийным азотом (11-49 ПДК), 2 случая нитритным (18-26 ПДК), 6 случаев легкоокисляемыми органическими веществами (по $БПК_5$ 25,0-47,0 мг/л) и 1 случай дефицита растворенного в воде кислорода в июне месяце (2,06 мг/л). На уровне критической сохранилась загрязненность воды р. Постна аммонийным и нитритным азотом; р. Пекша – аммонийным азотом, р. Ундолка – аммонийным азотом и соединениями железа.

Бассейн р. Кама. Качество воды по уровню загрязненности в бассейне р. Кама определяется влиянием сточных вод 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.

Общий уровень загрязненности воды р. Кама в течение ряда лет не претерпел существенных изменений и определяется содержанием в воде соединений марганца, меди, железа, органических веществ (по ХПК), иногда фенолов.

По всему течению вода р. Кама и каскада ее водохранилищ в многолетнем плане характеризуется как «загрязненная» (3 класс), лишь в створе п. Гайны в 2016-2018 гг., 2020-2021 гг. – как «грязная» (4 класс).

Низким качеством, как «грязная» (4 класс), продолжает характеризоваться вода притоков р. Кама - рек Косьва, Чусовая, Северушка, Иж.

Для воды р. Косьва на участке ниже г. Губаха, формирующейся под влиянием самоизлива шахтных вод закрытых шахт Кизеловского угольного бассейна, характерно повышенное содержание фенолов, соединений железа, меди, марганца, аммонийного азота, органических веществ (по ХПК). В воде стабильно фиксируются случаи высокого и экстремально высокого загрязнения соединениями железа, в 2021 г. - по два случая ЭВЗ (53, 59 ПДК) и ВЗ (36, 47 ПДК).

К характерным загрязняющим веществам р. Чусовая многие годы относятся соединения железа, меди, цинка, марганца, реже соединения шестивалентного хрома, нефтепродукты, сульфаты, фосфор фосфатов, органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), нитритный азот, фенолы и др., среднегодовые концентрации которых варьировали в течение 2021 г. от величин ниже 1 ПДК до 16 ПДК.

В течение ряда лет сохраняется «грязной» (4 класс) вода р. Чусовая на территории Свердловской области в районе г. Первоуральск (рис. 3.39). В течение 2021 г. было зафиксировано 3 случая высокого уровня загрязнения воды соединениями марганца (34-40 ПДК), один случай соединениями железа (40 ПДК); один случай экстремально высокого загрязнения соединениями марганца (53 ПДК).

Рис 3.39. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ 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, цинка, фенолами, нефтепродуктами, фторидами, среднегодовые концентрации которых не превышают 8 ПДК. Сохраняется высокой загрязненность воды реки соединениями марганца, в 2021 г. было зафиксировано по одному случаю высокого и экстремально высокого загрязнения воды.

Река Иж загрязняется сточными водами Ижевского промузла, среди которых преобладают сбросы машиностроительной, оборонной, электротехнической промышленности и коммунального хозяйства. В воде р. Иж, 10 км ниже г. Ижевск наблюдается повышенное содержание органических веществ (по ХПК и $БПК_5$), аммонийного и

нитритного азота, соединений меди, железа, цинка, фосфора фосфатов, среднегодовое содержание которых не превышало 7 ПДК, максимальное варьировало в пределах 2-18 ПДК. В апреле 2021 г. был зафиксирован случай высокого загрязнения воды реки нитритным азотом (18 ПДК).

Бассейн р. Белая. В 2018-2021 гг. в большинстве створов вода р. Белая по качеству характеризовалась как «загрязненная» (3 класс). Хронически «грязной» (4 класс) 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. 3.40).

Как и в предыдущие годы, в 2021 г. по всей длине реки в воде р. Белая наблюдалось повышенное содержание соединений марганца до 17-30 ПДК, на отдельных участках соединений меди до 12 ПДК, соединений железа до 3-9 ПДК, в отдельных пунктах органических веществ (по ХПК) до 30,8-44,9 мг/л, среднегодовое содержание которых для р. Белая в целом в 2021 г. составляло 11, 2, 2 ПДК соответственно, органических веществ (по ХПК) – 18,8 мг/л.

На участках реки в районе гг. Салават, Стерлитамак, Уфа, Бирск, р.п. Дюртюли было зарегистрировано нарушение нормативных требований по содержанию в воде соединений никеля в 1,1-3 раза.

Среди притоков р. Белая превалируют створы, вода которых оценивается как «загрязненная» (3 класс). Стабильно «грязной» (4 класс) 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 до 2-4 ПДК загрязненность воды р. Уфалейка соединениями никеля. Практически ежегодно фиксируются критические уровни загрязненности этих рек соединениями марганца (до 19-48 ПДК), р. Ай - нитритным азотом в 2018-2019 гг. до 16-14 ПДК, в 2021 г. до 13 ПДК.

Рис 3.40. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и показателей качества воды р. Белая, 10,5 км ниже г. Стерлитамак

Бассейн р. Дон. Качество воды р. Дон в многолетнем плане колеблется в основном от «слабо загрязненной» (2 класс) до «грязной» (4 класс). В 2021 г. качество воды реки не изменилось в большинстве створов (60,5%), незначительно ухудшилось в 23,2% створов реки в пределах «загрязненных» (3 класс) вод, за исключением контрольного створа г. Воронеж, вода в котором из «загрязненной» (3 класс) ухудшилась до «грязной» (4 класс). Сохранилось на уровне «грязная» (4 класс) качество воды Цимлянского водохранилища на территории Волгоградской области у с. Ложки и х. Красноярский.

Наиболее загрязненной в многолетнем плане, оцениваемой как «грязная» (4 класс), 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).

Как и в предыдущем году, были зафиксированы случаи высокого загрязнения (ВЗ) нитритным азотом 12 ПДК – выше г. Донской и органическими веществами (по $БПК_5$) 11,0 – 21,0 мг/л и 11,0 – 24,0 мг/л выше и ниже г. Донской, причиной которых предположительно являлся сброс сточных вод ООО «Новомосковский городской водоканал».

В 2021 г. «слабо загрязненной» (2 класс) оценивалась вода р. Дон в большинстве створов на участке г. Данков – г. Задонск (Липецкая область). Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ были ниже, либо незначительно превышали ПДК. Вода реки ниже по течению на участке г. Воронеж – с. Новая Калитва характеризовалась как «загрязненная» (3 класс), за исключением контрольного створа г. Воронеж – «грязная» (4 класс). Для большинства створов на этом участке характерна загрязненность органическими веществами (по $БПК_5$ и ХПК) нитритным азотом, соединениями меди, в отдельных створах к ним добавлялись соединения железа.

Среднегодовые концентрации в основном колебались в пределах 1-3 ПДК, органических веществ (по $БПК_5$ и ХПК) 2,02- 2,95 мг/л и 19,0 – 29,0 мг/л.

Вода среднего течения р. Дон (станица Казанская – г. Калач-на-Дону) в многолетнем плане характеризуется как «загрязненная» (3 класс). Характерной для реки на этом участке сохранилась загрязненность воды соединениями железа, меди, сульфатами и органическими веществами (по $БПК_5$ и ХПК), среднегодовые концентрации которых в 2021 г. практически не изменились и колебались в основном в пределах 1-2 ПДК, соединений меди 3-4 ПДК, органических веществ (по $БПК_5$ и ХПК) 3,54-3,67 мг/л и 18,8-19,8 мг/л.

По-прежнему стабильно «грязной» (4 класс) оценивалась вода нижнего течения р. Дон на участке г. Ростов-на-Дону – г. Азов. В 2021 г. в отдельных створах наблюдался некоторый рост содержания в воде соединений меди. Как и в предыдущие годы, количество загрязняющих веществ составляло 8-11 из 13, учитываемых в комплексной оценке качества воды, из них к характерным относились нефтепродукты, сульфаты, органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), к ним добавлялись соединения меди – в большинстве створов, нитритный азот на участке ниже г. Ростов – на – Дону – ниже г. Азов. Среднегодовые концентрации колебались в пределах 1-4 ПДК, органических веществ (по ХПК) 29,6 – 33,0 мг/л, органических веществ (по $БПК_5$) 2,63 – 3,29 мг/л. В створе ниже г. Ростов-на-Дону было зарегистрировано 3 случая ВЗ соединениями ртути (3,2 – 4,4 ПДК).

В течение 2017-2021 гг. вода р. Дон ниже г. Ростов-на-Дону характеризовалась стабильно как «грязная» (4 класс) (рис. 3.41). В течение 2007-2021 гг. периодически наблюдался рост содержания в воде соединений меди и железа.

Рис. 3.41. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и показателей качества воды р. Дон, ниже г. Ростов-на-Дону за многолетний период

В 2021 г. вода большинства притоков верхнего и среднего течений р. Дон характеризовалась как «загрязненная» (3 класс); Воронежского водохранилища (контрольные створы г. Воронеж), р. Хопер, ниже г. Балашов и р. Аткара – как «грязная» (4 класс). Хорошим качеством, как «условно чистая» (1 класс) либо «слабо загрязненная» (2 класс) оценивалась вода рек Лесной Воронеж и Становая Ряса, Матыра и Матырского водохранилища.

Наиболее крупным притоком в нижнем течении р. Дон является река Северский Донец, берущая начало в Белгородской области (ЦФО), протекающая по территории Украины и впадающая в р. Дон в Ростовской области (ЮФО). В многолетнем плане р. Северский Донец практически на всем протяжении характеризуется как «грязная» (4 класс), за исключением верхнего течения у с. Беломестное («загрязненная» (3 класс)). Стабильно «грязной» (4 класс) сохраняется вода Белгородского водохранилища в обоих створах г. Белгород. В 2021 г. в створе 6 км ниже г. Белгород по-прежнему были зарегистрированы случаи ВЗ нитритным азотом (17-43 ПДК). Причиной высокого уровня загрязненности воды водохранилища нитритным азотом предположительно являлся сброс сточных вод ГУП «Белоблводоканал» г. Белгород.

В 2021 г., как и в предыдущие годы, вода р. Северский Донец на территории Ростовской области оценивалась как «грязная» (4 класс).

Для воды реки в 2021 г. характерна загрязненность: в верхнем течении у с. Беломестное – соединениями меди и органическими веществами (по ХПК); Белгородского водохранилища – аммонийным и нитритным азотом, соединениями меди, марганца, фосфором фосфатов, сульфатами, органическими веществами (по БПК5 и ХПК); в нижнем течении (х. Поповка – устье) – нефтепродуктами, соединениями железа, магния, сульфатами,

органическими веществами (по $БПК_5$ и ХПК), в отдельных створах к ним добавлялись фенолы и аммонийный азот. Среднегодовые концентрации колебались в пределах 1-5 ПДК, органических веществ (по $БПК_5$ и ХПК) – это 2,16-6,06 мг/л 26,6-34,8 мг/л соответственно. Критическими показателями загрязненности воды являлись: нитритный азот и органические вещества (по $БПК_5$) – 6 км ниже г. Белгород (Белгородское вдхр.), сульфаты в створах г. Белая Калитва и в устье р. Северский Донец.

Вода в большинстве створов притоков р. Северский Донец (рр. Болховец, Оскол, Осколец, Большая Каменка, Глубокая, Калитва, Быстрая, Кундрючья) по-прежнему характеризовалась как «грязная» (4 класс).

В 2021 г. были зарегистрированы случаи ВЗ: аммонийным (10 – 14 ПДК) и нитритным азотом (11 ПДК) – р. Оскол, ниже г. Старый Оскол, причиной которых предположительно являлся сброс сточных вод МУП «Старооскольский водоканал»; нитритным азотом (14 ПДК) – р. Глубокая, ниже г. Миллерово, (13 – 14 ПДК) – р. Кундрючья, устье, причина которых не была установлена.

Критического уровня достигала загрязненность воды аммонийным азотом – р. Оскол, ниже г. Старый Оскол; сульфатами - р. Глубокая, в черте г. Каменск-Шахтинский, р. Калитва, г. Белая Калитва; р. Кундрючья, х. Павловка и г. Красный Сулин; нитритным азотом, соединениями магния и сульфатами – р. Глубокая, ниже г. Миллерово; нитритным азотом и сульфатами – р. Кундрючья, устье. Среднегодовые концентрации основных загрязняющих веществ были на уровне 4-8 ПДК, максимальные – 5-14 ПДК.

Бассейн р. Кубань. В многолетнем плане вода большинства створов р. Кубань характеризуется как «загрязненная» (3 класс). В 2021 г. улучшилось качество воды р. Кубань в створе 24,5 км ниже г. Краснодар от «грязной» (4 класс) до «загрязненной» (3 класс), сохранилось на уровне «грязная» (4 класс) - 30,0 км ниже г. Краснодар. В 43% створов реки наблюдается тенденция ухудшения качества воды. В 2021 г. возросла загрязненность воды р. Кубань соединениями железа на участках ниже г. Невинномысск – ниже г. Армавир и х. Тиховский – г. Темрюк от 2-3 до 5-7 ПДК и от значений ниже ПДК до 3-5 ПДК, фенолов – выше г. Краснодар от значений ниже ПДК до 3 ПДК в среднем. Уменьшилось от 11 до 7 количество загрязняющих веществ в воде р. Кубань (24,5 км ниже г. Краснодар) из 13, используемых в комплексной оценке качества воды. По сравнению с предыдущим годом снизились до уровня 1-3 ПДК среднегодовые концентрации соединений железа и меди, органических веществ (по $БПК_5$) (рис. 3.42).

Рис. 3.42. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и показателей качества воды р. Кубань, 24,5 км ниже г. Краснодар за многолетний период

Для р. Кубань характерна загрязненность воды соединениями железа и меди, к которым в большинстве створов добавлялись фенолы и сульфаты, в контрольных створах г. Краснодар – нитритный азот, в устьевой части – органические вещества (по ХПК), среднегодовые концентрации которых варьировали в пределах 3-7 и 2-4 ПДК, 1-4 и 1-2 ПДК, 2 ПДК и 22,3-23,0 мг/л соответственно.

В 2021 г. вода притоков р. Кубань по качеству характеризовалась как «загрязненная» (3 класс), за исключением р. Лаба, г. Лабинск – как «слабо загрязненная» (2 класс). Характерной для воды всех притоков является загрязнённость воды соединениями железа и меди, реже фенолами.

Реки Крыма, впадающие в Черное море. В 2021 г. вода большинства рек Крыма, впадающих в Черное море, характеризовалась по качеству как «условно чистая» (1 класс) (рр. Кача, Биюк-Узенбаш, Кучук-Узенбаш, Черная)

либо «слабо загрязненная» (2 класс) (рр. Альма, Бельбек, Дерекойка выше г. Ялта, Ускут, Улу-Узень). Сохранилась на уровне «загрязненная» (3 класс) вода р. Дерекойка в черте г. Ялта и р. Демерджи в черте г. Алушта.

В течение последних 2-х лет вода р. Таракташ была низкого качества («грязная» (4 класс). В 2021 г. по сравнению с 2020 г. наблюдался рост загрязненности воды соединениями цинка и железа до 2 и 3 ПДК, и снижение нитритным азотом и соединениями меди до значений ниже ПДК в среднем. Возросло количество загрязняющих веществ от 7 до 10 из 14, используемых в комплексной оценке качества воды и число случаев нарушения норматива органическими веществами (по $БПК_5$) от 33 до 71%, соединениями цинка и железа от 0 % до 43 и 71%. Характерной для реки в 2021 г. являлась загрязненность воды органическими веществами (по $БПК_5$ и ХПК), соединениями железа, аммонийным азотом, среднегодовые концентрации которых составили: 2,73 мг/л и 38,4 мг/л, 3 и 2 ПДК соответственно.

Для большинства рек Крыма, впадающих в Черное море, характерна загрязненность воды соединениями меди, к которым в отдельных створах добавлялись органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), - нитритный (р. Бельбек), аммонийный азот (р. Таракташ). Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ были в пределах 1-3 ПДК.

В 2021 г. улучшилось качество воды Чернореченского водохранилища до «условно чистой» (1 класс), не изменилось Счастливого («условно чистая» (1 класс) и Партизанского («слабо загрязненная» (2 класс) водохранилищ.

Реки Крыма, впадающие в Азовское море. Вода рек Крыма, впадающих в Азовское море, в большинстве створов оценивалась как «загрязненная» (3 класс).

Стабилизировалось качество воды р. Салгир у с. Пионерское в 2016-2021 гг. и р. Биюк-Карасу выше г. Белогорск в 2020-2021 г. на уровне «слабо загрязненная» (2 класс). Качество воды в остальных створах рр. Салгир, Малый Салгир и Биюк-Карасу сохранилась на уровне 2020 г. и характеризовалась как «загрязненная» (3 класс).

Для рек Крыма, впадающих в Азовское море, характерна загрязненность воды соединениями меди, к которым в большинстве створов добавлялись органические вещества (по ХПК), сульфаты, нитритный азот, в отдельных створах - это фосфор фосфатов и органические вещества (по $БПК_5$). Среднегодовые концентрации варьировали в пределах 1-4 ПДК; органических веществ (по ХПК и $БПК_5$) – 14,9-25,2 мг/л и 2,22-3,08 мг/л соответственно.

В 2021 г. вода водохранилищ оценивалась: Аянского – как «условно чистая» (1 класс), Симферопольского и Феодосийского – как «слабо загрязненная» (2 класс).

Бассейн р. Обь. Вода **р. Обь** в 2021 г. в 21% створов оценивалась как «загрязненная» (3 класс), в 76% створов – «грязная» (4 класс), в 3% створов – «экстремально грязная» (5 класс). В 2021 г. вода, оцениваемая как «загрязненная» (3 класс), сохранялась в верхнем и частично среднем течениях **р. Обь**, на участке от с. Фоминское до г. Камень-на-Оби (Алтайский край) и от с. Дубровино до г. Колпашево (Новосибирская, Томская область). Характерными загрязняющими веществами воды этих участков реки являлись фенолы, нефтепродукты и соединения меди, реже соединения железа.

В среднем течении р. Обь: в районе г. Новосибирска и в Новосибирском водохранилище (Новосибирская область), а также в пределах с. Александровское (Томская область) вода, как и в предыдущие годы, оценивалась более низким качеством, как «грязная» (4 класс). Критического уровня загрязненности воды достигали соединения марганца, меди и цинка, нитритный азот, реже соединения железа. В пределах г. Новосибирск и Новосибирского водохранилища к ним добавлялись соединения алюминия.

В воде Новосибирского водохранилища в 2021 г. было зарегистрировано 2 случая высокого загрязнения соединениями алюминия (пгт. Ордынское, с. Береговое) – 12 и 25 ПДК; и 2 случая экстремально высокого загрязнения (в черте г. Новосибирск) – 90 и 2753 ПДК. Кроме того, в воде водохранилища в черте г. Новосибирск было зафиксировано: по 1 случаю высокого загрязнения соединениями цинка (19 ПДК) и марганца (35 ПДК); 1 случай экстремально высокого загрязнения соединениями меди (147 ПДК). Источники загрязнения не были выявлены.

Вода р. Обь в пределах Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов на участке от г. Нижневартовск до г. Салехард на протяжении ряда лет стабильно оценивается как «грязная» (4 класс) (рис. 3.43). Критического уровня загрязненности воды достигали соединения железа, марганца, меди, цинка, в районе с. Мужи к ним добавлялись нефтепродукты.

Рис. 3.43. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и показателей качества воды р. Обь ниже г. Салехард за многолетний период

В створе ниже пгт. Октябрьское в 2021 г. произошло ухудшение качества воды до уровня «экстремально грязная» (5 класс); в обоих створах наблюдался дефицит растворенного в воде кислорода, минимальное содержание которого снижалось до 0,72 мг/л.

В 2021 г. в р. Обь были зарегистрированы случаи высокого загрязнения: 4 – соединениями цинка (12-13 ПДК), 1 - соединениями железа (31 ПДК), 3 - соединениями алюминия (37-40 ПДК). Кроме того, было зафиксировано 7 случаев высокого (39-46 ПДК) и 15 случаев экстремально высокого загрязнения (51-159 ПДК) соединениями марганца, предположительно обусловленных повышенными фоновыми концентрациями марганца в воде р. Обь.

Вода р. Полуй, одного из наиболее загрязненных притоков нижнего течения р. Обь на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, в 2021 г. по-прежнему оценивалась как «грязная» (4 класс). Среднегодовые концентрации характерных загрязняющих веществ в 2021 г. возросли и составили: соединений железа – 26 ПДК, марганца – 35 ПДК, меди – 6 ПДК, цинка – 2 ПДК, аммонийного азота – 2 ПДК, фенолов – 2 ПДК. В воде р. Полуй в 2021 г. были зарегистрированы случаи высокого загрязнения: 5 случаев - соединениями железа (33-46 ПДК), 3 случая - соединениями марганца (41-44 ПДК), 1 случай - соединениями цинка (15 ПДК); а также 5 случаев экстремально высокого загрязнения: 4 случая - соединениями марганца (53-156 ПДК) и 1 случай - соединениями железа (61 ПДК). В обоих створах наблюдался дефицит растворенного в воде кислорода, минимальное содержание которого снижалось до 2,3 мг/л.

Качество воды малых рек, протекающих в районе г. Новосибирск (рр. Каменка, Камышенка, Плющиха, Тула, и Ельцовка II), в многолетнем плане оценивается как «грязная» (4 класс). Незначительно до уровня «загрязненной» (3 класс) улучшилась в 2021 г. вода р. Нижняя Ельцовка. Качество воды р. Ельцовка I в 2021 г. ухудшилось и характеризовалось как «экстремально грязная» (5 класс). Критического уровня загрязненности воды здесь достигали соединения марганца, алюминия, железа, меди, нитритный азот и нефтепродукты. Одной из наиболее загрязненных малых рек г. Новосибирска является р. Каменка (рис. 3.44).

Рис. 3.44. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и показателей качества воды р. Каменка за многолетний период

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в воде р. Каменка в 2021 г. составили: соединений меди – 8 ПДК, марганца – 103 ПДК, нитритного азота – 4 ПДК, аммонийного азота – 3 ПДК, алюминия – 1 ПДК, фенолов, нефтепродуктов, соединений железа и цинка – 2 ПДК. Критического уровня загрязненности воды достигали соединения марганца и нитритный азот. В 2021 г. в р. Каменка был зарегистрирован случай высокого загрязнения нитритным азотом (13 ПДК). Кроме того, было зафиксировано по 3 случая высокого и экстремально высокого загрязнения соединениями марганца (36-37 ПДК и 52-96 ПДК соответственно).

Суммарно в малых реках г. Новосибирска в 2021 г. было зарегистрировано 26 случаев высокого и 15 случаев экстремально высокого загрязнения соединениями марганца (31-49 ПДК и 52-963 ПДК соответственно); 1 случай экстремального высокого загрязнения нефтепродуктами (52 ПДК). Кроме того, в воде рек были зафиксированы случаи высокого загрязнения: 4 случая – соединениями алюминия (12-25 ПДК), 1 случай – железа (31 ПДК), 2 случая - нитритным азотом (11-13 ПДК).

Бассейн р. Иртыш. Вода р. Иртыш в 2021 г. в пределах Омской и Тюменской областей, на участке с. Татарка – с. Уват оценивалась как «загрязненная» (3 класс). Среднегодовые концентрации характерных загрязняющих веществ в створах с. Татарка – с. Усть-Ишим составили: фенолов 2-3 ПДК, меди 3-6 ПДК. Ниже по течению (г. Тобольск- с. Уват) к ним добавлялись соединения марганца (среднегодовые концентрации 4-6 ПДК), железа 1-2 ПДК и органические вещества (по ХПК) – 19,1-31,0 мг/л. В 2021 г. в. воде р. Иртыш в районе г. Тобольск было зарегистрировано 3 случая высокого загрязнения соединениями марганца (31-35 ПДК); в районе г. Омск – 2 случая соединениями ртути. Источник загрязнения не был установлен.

В 2021 г. незначительно ухудшилось от «слабо загрязненной» (2 класс) до «загрязненной» (3 класс) качество воды р. Иртыш в створах г. Омск (выше города и в черте города, ниже выпуска очистных сооружений) и в районе с. Карташево. По сравнению с 2020 г. возросли среднегодовые концентрации характерных загрязняющих веществ: соединений меди (от 3-4 до 5-6 ПДК) и фенолов (от 1 до 2 ПДК).

В нижнем течении, на участке п. Горноправдинск – г. Ханты-Мансийск (на территории Ханты-Мансийского АО), вода р. Иртыш на протяжении многих лет сохраняется на уровне «грязная» (4 класс). Критического уровня загрязненности достигали соединения железа, среднегодовые концентрации которых сохранялись на уровне 16-17 ПДК, меди (9-11 ПДК), цинка (5 ПДК) и марганца (15 ПДК).

В 2021 г. в р. Иртыш были зарегистрированы случаи высокого загрязнения воды: 3 случая - соединениями марганца (30-35 ПДК), 2 случая - соединениями ртути (3,2-4,1 ПДК).

На территории Свердловской, Курганской, Тюменской и Челябинской областей на протяжении многолетнего периода сохраняется низким качество воды рек Исеть, Миасс и Пышма.

Вода р. Исеть (Свердловская, Курганская, частично Тюменская области) на протяжении длительного времени в большинстве створов оценивается как «грязная» (4 класс). В верхнем течении, в районе г. Екатеринбург (створ 7 км ниже города) на протяжении последних лет вода стабильно характеризуется как «экстремально грязная» (5 класс) (рис. 3.45, а). Ниже по течению, в створе в 19,1 км ниже г. Екатеринбург, качество воды в 2020-2021 гг. незначительно изменилось до уровня «грязная» (4 класс) (рис. 3.45, б).

Рис. 3.45. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и показателей качества воды р. Исеть а) 7 км ниже г. Екатеринбург, б) 19,1 км ниже г. Екатеринбург за многолетний период

На участке г. Екатеринбург – г. Каменск-Уральский критического уровня загрязненности воды достигали: нитритный азот, среднегодовые концентрации которого были на уровне 4 ПДК; соединения марганца (9-10 ПДК), фосфор фосфатов (7 ПДК). В районе с. Исетское и в 7 км ниже г. Екатеринбург к ним добавлялись органические вещества (по $БПК_5$) – среднегодовые концентрации 5,78-5,89 мг/л, реже соединения цинка (на уровне 3 ПДК).

В 2021 г. в р. Исеть было зарегистрировано 3 случая высокого загрязнения воды соединениями марганца (32-35 ПДК) и 1 случай соединениями цинка (12 ПДК). Зафиксировано 22 случая высокого и 5 случаев экстремально высокого загрязнения воды нитритным азотом: 10-80 ПДК и 85-151 ПДК соответственно.

Одной из наиболее загрязненных рек, протекающих на территории Челябинской области, является река Миасс. На участке д. Байрамгулова (Аргазинское водохранилище) – г. Челябинск (3,8 км выше города) и в створе в 5 км выше г. Миасс вода в 2021 г. оценивалась как «загрязненная» (3 класс). Характерными загрязняющими веществами являлись: соединения марганца (среднегодовые концентрации – 4-7 ПДК), меди и цинка (3-4 ПДК), реже органические вещества (по ХПК и $БПК_5$) – 18,9-29,9 и 1,63-2,88 мг/л соответственно.

В среднем течении реки в ряде створов (в черте и в 29 км ниже г. Миасс, в пределах Аргазинского водохранилища г. Карабаш) вода характеризовалась как «грязная» (4 класс). Критического уровня загрязненности воды в створе, расположенном 29 км ниже г. Миасс достигал нитритный азот, среднегодовые концентрации которого были на уровне 6 ПДК; в воде Аргазинского водохранилища (в 5,2 км от г. Карабаш) – соединения меди и цинка (16 ПДК), марганца (27 ПДК).

На протяжении последних лет вода р. Миасс в нижнем течении оценивается как «грязная» (4 класс): в обоих створах ниже г. Челябинск (6,6 и 23 км ниже города) и р.п Каргаполье (Курганская область), где критическими показателями качества воды являлись фосфор фосфатов, соединения цинка, нитритный азот, среднегодовые концентрации которых сохранились на уровне 4-6 ПДК. В створе, расположенном в 6,6 км ниже г. Челябинск критического уровня загрязненности воды достигали органические вещества (по $БПК_5$), в течение года варьируя от 2,0 до 8,6 мг/л.

В 2021 г. в р. Миасс было зарегистрировано 7 случаев высокого загрязнения нитритным азотом (11-14 ПДК).

Река Пышма, протекающая преимущественно по территории Свердловской области, в створе в 15 км выше г. Березовский на протяжении многолетнего периода характеризуется «экстремально грязной» (5 класс) водой. В 2021 г. ухудшилось качество воды в створе в 2,6 км ниже г. Березовский от «грязной» (4 класс) до «экстремально грязной» (5 класс). Критическими загрязняющими веществами в обоих створах являлись соединения марганца (среднегодовые концентрации варьировали от 14 до 22 ПДК), меди (10-14 ПДК), фосфора фосфатов (4-5 ПДК), в створе выше г. Березовский к ним добавлялись соединения никеля (16 ПДК) и цинка (5 ПДК); ниже – нитритный и аммонийный азот (14 и 3 ПДК).

Для всех створов характерными загрязняющими веществами воды р. Пышма являлись органические вещества (по ХПК и $БПК_5$), среднегодовые концентрации которых составили 26,9 и 3,4 мг/л соответственно, соединения меди (2-3 ПДК) и марганца (2-4 ПДК).

На участке р.п. Белоярский – г. Сухой Лог вода оценивалась как «загрязненная» (3 класс). В районе р.п. Белоярский в 2021 г. наблюдался дефицит растворенного в воде кислорода, минимальное содержание которого снижалось до 2,99 мг/л.

На участке от г. Камышлов до с. Богандинское вода р. Пышма характеризовалась как «грязная» (4 класс). Критическими показателями являлись соединения марганца, среднегодовые концентрации которых были в пределах 11-17 ПДК.

В 2021 г. в р. Пышма было зарегистрировано 7 случаев высокого и 4 случая экстремально высокого загрязнения соединениями марганца (30-49 ПДК и 64-76 ПДК) Кроме того, были зарегистрированы случаи высокого загрязнения: 6 случаев – соединениями мышьяка (3,8-4,3 ПДК), 5 случаев – нитритным азотом (10-21 ПДК), 4 случая- соединениями никеля (24-40 ПДК), 1 случай – соединениями цинка (42 ПДК) и 1 случай – аммонийным азотом (16 ПДК).

Бассейн р. Енисей. В 2021 г. вода реки Енисей, протекающей преимущественно на территории Красноярского края, в 8% створов оценивалась как «слабо загрязненная» (2 класс), 92% створов - «загрязненная» (3 класс). В 2021 г. улучшилось качество воды в нижнем течении р. Енисей (в районе с. Подтесово и в 1 км выше г. Дудинка) от «грязной» (4 класс) до «загрязненной» (3 класс).

Характерными загрязняющими веществами воды р. Енисей, на всем ее протяжении, являлись соединения железа (среднегодовые концентрации от 1 до 4 ПДК) и фенолы (1-2 ПДК). На участке г. Кызыл – г. Абакан характерного уровня загрязненности воды также достигали соединения алюминия (1-3 ПДК).

Основными загрязняющими веществами воды Красноярского водохранилища в 2021 г. были соединения алюминия и железа, в обоих створах р.п. Усть-Абакан к ним добавлялись соединения кадмия, среднегодовые концентрации которых составили 1,5-1,8 ПДК; в районе р.п. Приморский и п. Хмельники – органические вещества (по ХПК) – 22,0-23,6 мг/л.

На участке от г. Дивногорск до г. Дудинка к характерным загрязняющим веществам воды р. Енисей относились органические вещества по ХПК – 21,0-27,5 мг/л, реже нефтепродукты, среднегодовые концентрации которых были на уровне 1-2 ПДК.

Среди наиболее загрязненных притоков р. Енисей, характеризуемых в 2021 г. водой низкого качества - «грязная» (4 класс), являются: р. Кача (г. Красноярск, п. Памяти 13 борцов), р. Кан (г. Канск, г. Зеленодольск). Критического уровня загрязненности воды в обеих реках достигали соединения меди (среднегодовые концентрации были на уровне 5-14 ПДК), в воде р. Кача к ним добавлялись соединения марганца (8-12 ПДК), реже цинка (3 ПДК).

Бассейн р. Ангара. В многолетнем плане сохраняется хорошее качество воды Братского и Усть-Илимского водохранилищ, расположенных на р. Ангара. Вода Братского водохранилища в 2021 г. оценивалась как «условно чистая» (1 класс) в 62% створов, «слабо загрязненная» (2 класс) в 31% створов. В створе г. Братск, выше плотины ГЭС качество воды в 2021 г. ухудшилось до уровня «загрязненная» (3 класс). Качество воды Усть-Илимского водохранилища в 2021 г. оценивалось: «условно чистая» (1 класс) вода – 46% створов, «слабо загрязненная» (2 класс) - 38% створов, «загрязненная» (3 класс) - 16% створов.

Самым грязным притоком р. Ангара в течение многих лет сохраняется р. Вихорева, вода которой в районе г. Вихоревка и с. Кобляково оценивается как «грязная» (4 класс). Критического уровня загрязненности воды достигал водорастворимый сульфатный лигнин, среднегодовые концентрации в 2021 г. составили 9-10 ПДК. Характерными загрязняющими веществами являлись органические вещества (по ХПК), среднегодовые концентрации которых изменялись по течению реки от 20,8 до 57,6 мг/л, фенолы (2 ПДК), в районе с. Кобляково – аммонийный азот (3 ПДК).

В 2021 г. в воде р. Вихорева было зарегистрировано 12 случаев высокого загрязнения: 8 случаев – сульфатным лигнином (11-23 ПДК), 2 случая - формальдегидом (3-10 ПДК), 2 случая - органическими веществами (по $БПК_5$), с концентрациями 10,9 и 12,4 мг/ л.

Бассейн р. Пясина. Качество воды на территории Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района в 2021 г. сохранилось низким и оценивалось в ряде рек как «грязная» (4 класс) (р. Щучья, р. Талнах, р. Далдыкан).

Наиболее загрязненной сохранилась р. Щучья (г. Норильск), где критического уровня загрязненности воды достигали соединения никеля, среднегодовые концентрации которых в обоих створах составили 4-15 ПДК. В створе, в черте моста через ул. Вокзальная, к ним добавлялись соединения марганца (12 ПДК) и нефтепродукты (7 ПДК).

В 2021 г. незначительное улучшение качества воды от «грязной» (4 класс) до «загрязненной» (3 класс) отмечено в реках Амбарная, Норильская и Хараелах. Характерными загрязняющими веществами, несмотря на снижение их максимальных и среднегодовых концентраций, сохраняются соединения меди, марганца, фенолы, реже нефтепродукты.

В 2021 г. в бассейне р. Пясина был зарегистрирован 1 случай высокого загрязнения воды р. Щучья соединениями никеля (46 ПДК) и 1 случай экстремально высокого загрязнения воды р. Далдыкан соединениями кадмия (6,1 ПДК).

Бассейн р. Лена. В 2021 г. вода реки Лена в 63% створов оценивалась как «загрязненная» (3 класс), в 8% - «грязная» (4 класс), в 29% - «слабо загрязненная» (2 класс). Ухудшилось качество воды р. Лена в створе в черте г. Усть-Кут от уровня «слабо загрязненная» (2 класс) до «загрязненная» (3 класс); 1 км выше г. Олекминск и в черте с. Кюсюр от «загрязненная» (3 класс) до «грязная» (4 класс); в створах выше и ниже г. Киренск от «условно чистой» (1 класс) до «слабо загрязненной» (2 класс) и «загрязненной» (3 класс) соответственно. Вода реки в створе ниже г. Якутск характеризовалась как «загрязненная» (3 класс) (рис. 3.46).

Рис. 3.46. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и показателей качества воды р. Лена, г. Якутск в многолетнем плане

В многолетнем плане характерными загрязняющими веществами воды р. Лена и ее бассейна сохраняются органические вещества (по ХПК и $БПК_5$), фенолы, в отдельных створах к ним добавляются соединения железа, меди, цинка, марганца, аммонийный и нитритный азот.

В водных объектах наблюдались следующие максимальные концентрации загрязняющих веществ: фенолов (21 ПДК) – р. Амга, с. Буяга; соединений железа (9 ПДК) - р. Кэнкэмэ з.с. Второй Станок; соединений цинка (10 ПДК) – р. Лена, 1,5 ниже г. Олекминск; соединений меди (9 ПДК) – р. Улахан-Ботуобуйа, г.п. Захар; соединений марганца (19 ПДК) – р. Чара, с. Чара; органических веществ (по ХПК) (131,0 мг/л) – р. Лена, с. Солянка; азота нитритного (9 ПДК) – р. Лена, п.ст Хабарова. При этом среднегодовые концентрации варьировали в пределах ниже ПДК – 6 ПДК. В 2021 г. в бассейне р. Лена не было зафиксировано ни одного случая высокого и экстремально высокого загрязнения.

Река Колыма. В 2021 г. вода р. Колыма в 67% створов оценивалась как «загрязненная» (3 класс), в 33% - как «слабо загрязненная» (2 класс) вода. Качество воды водных объектов по бассейну р. Колыма в целом оценивалось в диапазоне от «слабо загрязненной» (2 класс) до «грязной» (4 класс).

По-прежнему к наиболее распространенным загрязняющим веществам воды р. Колыма и рек ее бассейна относились соединения железа, меди и нефтепродукты, повторяемость превышения ПДК которыми в 2021 г. составила 62%, 74%, 42%. В отдельных створах к ним добавлялись соединения марганца и аммонийный азот, в среднем 89% и 42%. По сравнению с предыдущим годом качество воды р. Колыма в районе п. Усть-Среднекан улучшилось от«грязной» (4 класс) до «слабо загрязненной» (2 класс) (рис. 3.47).

Рис. 3.47. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и показателей качества воды р. Колыма, п. Усть-Среднекан за многолетний период

В 2021 г. в бассейне р. Колыма было зафиксировано 12 случаев ВЗ воды: соединениями свинца выше 3 ПДК – вдхр. Колымское; соединениями марганца выше 30 ПДК – р. Колыма, р. Оротукан, Омчак 2,5 км ниже п. Омчак; соединениями меди выше 30 ПДК - р. Колыма. Кроме того, в р. Оротукан было зарегистрировано 2 случая ЭВЗ воды соединениями марганца выше 50 ПДК.

Высокое содержание соединений марганца, свинца и меди обусловлено, как антропогенными (деятельность предприятий, ведущих добычу рассыпного золота; поверхностный сток с территорий, нарушенных работами предприятий золотодобычи и населенных пунктов), так и природными факторами (гидрохимический фон, обусловленный составом пород, слагающих русло рек).

Бассейн р. Амур. Качество поверхностных вод бассейна р. Амур формируется в существенно различающихся по территории своеобразных природных условиях, характерных для Дальневосточного региона. Антропогенная нагрузка, включающая влияние рудоносных и коллекторно-дренажных вод, сточных вод золото- и угледобывающих предприятий, промышленных центров и др., распределена по бассейну неравномерно.

За период 2011-2020 гг. в поверхностных водах бассейна р. Амур преобладали воды, оцениваемые как «загрязненные» (3 класс), которые наблюдались в 53,4-71,0% створов. В 2021 г. количество створов, вода в которых характеризовалась как «грязная» (4 класс) не превышало 21% от общего числа.

К характерным загрязняющим веществам воды водных объектов бассейна р. Амур в 2021 г., как и ранее, относились соединения железа, органические вещества (по ХПК), соединения меди, марганца и алюминия, повторяемость случаев превышения ПДК которыми в 2021 г. достигала 78, 73, 62, 55 и 54%%. Результаты наблюдений за качеством поверхностных вод бассейна свидетельствуют о том, что после продолжительного периода снижения степени загрязненности поверхностных вод бассейна р. Амур отмечается некоторая стабилизация степени и характера загрязненности воды большинства водных объектов бассейна, сопровождающаяся специфическими особенностями формирования состава загрязняющих поверхностные воды веществ, их режима и уровней наблюдаемых в воде концентраций. Это обуславливает наличие более или менее значимых различий загрязненности поверхностных вод в бассейне, как во времени, так и в пространстве, как по различным частям бассейна, так и по административным субъектным образованиям.

В Забайкальском крае последние годы прослеживается тенденция существенного снижения ранее экстремально высокой загрязненности воды р. Аргунь и протоки Прорва аммонийным и нитритным азотом, органическими веществами (по $БПК_5$), соединениями марганца и пр. Начиная с 2010 г. отмечалась стабилизация и с 2014 г. снижение количества загрязняющих веществ. Уменьшилась загрязненность воды р. Аргунь в пункте п. Молоканка соединениями меди, свинца, в 2013 г. цинка и нитритного азота. За период 2019-2021 гг. наметилась стабилизация загрязненности воды р. Аргунь на уровне «загрязненная» (3 класс). В 2021 г. наиболее распространёнными в р. Аргунь в пунктах в черте с. Кути, в черте п. Молоканка и с. Олочи были соединения марганца, меди и железа, превышения ПДК которыми были зафиксированы в 59-100% проб воды в среднем в 2-4 раза и максимальными концентрациями не более 4-11 ПДК.

В 2021 г. был отмечен рост загрязненности воды р. Аргунь органическими веществами (по ХПК), максимальные значения которых возросли до 87-140 мг/л при повторяемости случаев загрязнения 71 – 100%.

В целом для поверхностных вод бассейна Верхнего Амура в 2021 г. был характерен некоторый рост загрязненности. Увеличилось до 15,4% количество створов, вода в которых оценивалась как «грязная» (4 класс), уменьшилось до одного (р. Ингода, выше с. Дешулан) число створов, где вода характеризовалась как «слабо загрязненная» (2 класс).

В 2021 г. несколько нарушилась многолетняя тенденция снижения загрязненности воды р. Чита в приустьевой части в черте г. Чита. В течение 2021 г. в р. Чита в створе 0,2 км выше устья были зафиксированы случаи экстремально высокого загрязнения азотом нитритным 62 ПДК и 2 случая высокого загрязнения воды р. Чита фосфатами 2,54 мг/л и 2,30 мг/л. В период открытого русла в р. Чита на этом участке наблюдались единичные случаи загрязнения воды α-ГХЦГ и ванадием. Вода р. Чита характеризовалась как «грязная» (4 класс).

На качество реки Амур, образованной слиянием рек Шилка и Аргунь, оказывают значительное влияние постоянно меняющиеся соотношения водности и химического состава воды каждого из четырех притоков – р. Сунгари (КНР), реки Зея, Бурея, Уссури, сбросы Зейского и Бурейского водохранилищ и пр. Резких изменений качества воды р. Амур в 2021 г. по сравнению с предыдущими годами не наблюдалось. На химический состав воды р. Амур и его притоков влияли недостаточно очищенные сточные воды жилищно-коммунальных хозяйств, принимающих в свои канализационные системы производственные сточные воды, железнодорожного и речного транспорта, золото- и рудодобывающих предприятий.

В 2021 г., как и в ряде предыдущих лет, вода р. Амур на всем протяжении более чем в 20% створов оценивалась как «загрязненная» (3 класс). Химический состав воды р. Амур на современном уровне весьма однороден по течению и характеризуется, как и большинство его крупных притоков, пв 2021 г. повышенным содержанием в воде в 2021 г. органических веществ (по ХПК), соединений железа и меди, марганца, повторяемость превышения ПДК которыми составила 82%, 74%, 57% и 47% соответственно. В многолетнем плане наблюдается устойчивая тенденция к снижению повторяемости случаев загрязненности воды водных объектов соединениями марганца и меди.

Несколько ухудшилось в 2021 г. качество воды протоки Амурская в створе в черте г. Хабаровск, где до 12 возросло количество загрязняющих веществ. Зафиксирована загрязненность воды на этом участке протоки соединениями молибдена, случаи отклонения от нормативных требований которыми были зарегистрированы в 25-36% проб с максимальной концентрацией 3,3 ПДК в створе 16 км выше г. Хабаровск. В течение года на этом участке было зарегистрировано по 4 случая высокого загрязнения воды соединениями молибдена (3,2-3,5 ПДК) и алюминия (14-36 ПДК), обусловленных аварийной ситуацией на МУП «Горводоканал г. Хабаровск». Как «загрязненная» (3 класс) характеризовалась вода протоки Амурская в створе 14 км ниже г. Хабаровск и р. Амур у г. Амурск (рис. 3.48). Наиболее характерными загрязняющими веществами воды р. Амур у г. Амурск являлись соединения железа, марганца, меди, алюминия, нефтепродукты, органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК).

Рис. 3.48. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и качества воды в воде р. Амур в пункте г. Амурск за многолетний период

Результаты анализа данных о загрязненности воды р. Амур по всему течению реки за многолетний период свидетельствуют о наличии четко выраженной тенденции стабилизации и снижения загрязненности воды р. Амур в пункте г. Амурск в многолетнем плане.

Для водных объектов в бассейнах р. Зея и р. Бурея в 2021 г. сохранилась, как и в 2020 г., характерной очень высокая повторяемость случаев загрязненности соединениями железа, алюминия, марганца и меди, которая достигала в целом по бассейну 97 и 85%, 80 и 61%, 67 и 72%, 59% соответственно. В бассейне р. Бурея отклонение от нормативных требований было зафиксировано соединениями железа в 85% проб, марганца в 72% проб, алюминия в 61% проб.

В 2021 г. по сравнению с 2020 г. существенно не изменилась загрязненность воды р. Березовая в створе 0,5 км ниже с. Федоровка. В каждой пробе воды была зафиксирована повышенная загрязненность органическими веществами (по $БПК_5$), максимальное значение которого достигало 9,53 мг/л. В качестве критических показателей загрязненности воды р. Березовая выделялись соединения марганца, нитритный азот, $БПК_5$. В 86% проб концентрации в воде нитритного азота превысили ПДК в среднем в 4 раза, максимальные концентрации достигали 9 ПДК.

Вода р. Дачная в бассейне р. Уссури в зоне влияния г. Арсеньев на протяжении многих лет оценивается как «экстремально грязная» (5 класс) (рис. 3.49).

Рис. 3.49. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и качества воды в воде р. Дачная, в черте г. Арсеньев за многолетний период

В 2021 г. в каждой пробе были зафиксированы значения $БПК_5$ воды в среднем 40 мг/л, с максимальной величиной 70,0 мг/л. Среднегодовая концентрация в воде аммонийного азота достигла уровня высокого загрязнения 10 ПДК, при максимальном значении 30 ПДК. В 97% проб воды содержание растворенного в воде кислорода не соответствовало нормативным требованиям при минимальном содержании 0,60 мг/л. В 60% проб концентрации в воде фосфатов превысили норматив в среднем в 10 раз, максимальные находились на уровне 30 ПДК. Значения ХПК достигали: максимальные – 740 мг/л, среднегодовые – 102 мг/л и др.

В **бассейне Японского моря** в 2021 г., как и на протяжении многих лет, к наиболее загрязненным относились р. Комаровка и р. Раковка в зоне влияния г. Уссурийск, для которых из года в год сохраняется характерной загрязненность воды большим количеством веществ, не менее 11 из 15 учитываемых в оценке. Значения ХПК в створах в черте г. Уссурийск в каждой пробе воды превысили норматив, достигая 75,0-76,0 мг/л. Максимальные концентрации соединений цинка в воде этих рек достигали 32 и 30 ПДК. Максимальная концентрация в воде соединений марганца в р. Комаровка соответствовала уровню экстремально высокого загрязнения – 50 ПДК. По степени загрязненности вода рек Комаровка и Раковка оценивалась как «грязная» (4 класс).

В **Сахалинской области** в 2021 г. как наиболее загрязненная выделялась р. Охинка в пункте г. Оха, в которой, несмотря на весьма существенное по сравнению с предыдущим десятилетием снижение экстремально высокого загрязнения нефтепродуктами, в каждой пробе воде были зафиксированы концентрации нефтепродуктов в среднем 17 ПДК, максимальные на уровне высокого загрязнения - 42 ПДК. В этом же пункте в январе были зарегистрированы случаи экстремально высокого загрязнения соединениями меди (100 ПДК). По степени загрязненности вода р. Охинка в 2021 г. характеризовалась как «грязная» (4 класс).

Реки полуострова Камчатка. В 2021 г. в воде р. Камчатка и ее притоков, а также в фоновом створе 0,3 км выше п. Паужетка р. Паужетка по сравнению с предыдущим годом снизилось содержание нефтепродуктов. Наибольшие концентрации в воде нефтепродуктов в среднем 36 и 39 ПДК наблюдались в бассейнах рек Удова и Большая Воровская, а также в бассейнах р. Озерная, п. Шумный и р. Камчатка в районе п. Козыревск в среднем 11-15 ПДК. В р. Удова и р. Большая Воровская на подъеме половодья и в летнюю межень было зарегистрировано 4 случая экстремально высокого загрязнения нефтепродуктами в диапазоне 55-82 ПДК; в зимнюю межень и на спаде

половодья в воде р. Удова, р. Большая Воровская и р. Камчатка в пункте п. Козыревск были зафиксированы концентрации нефтепродуктов на уровне высокого загрязнения в диапазоне 35-47 ПДК.

В 2021 г. была зафиксирована загрязненность соединениями кадмия поверхностных вод в бассейне р. Камчатка, р. Удова, р. Большая Воровская, р. Авача, р. Корякская, а также р. Ключевка и Паужетка в створе выше п. Паужетка. В первой декаде мая на пике половодья в воде р. Большая Воровская были зарегистрированы концентрации соединений кадмия на уровне экстремально высокого загрязнения (10 ПДК). Вода р. Большая Воровская в 2021 г. оценивалась как «грязная» (4 класс).

Уровень загрязнённости поверхностных вод на территории Федеральных округов и входящих в них субъектов федерации (скорректированные данные за 2020 г.)

Центральный федеральный округ (ЦФО)

На территории ЦФО существенных изменений в качестве поверхностных вод в 2020 г. не произошло.

Число створов на водных объектах, вода в которых оценивалась как «загрязненная» (3 класс) увеличилось в областях: Белгородской от 61,1% до 72,2%; Воронежской от 91,6% до 95,8%; Ивановской от 57,1% до 78,6%; Костромской от 86,7% до 93,3%; Рязанской от 26,7% до 53,3%; Тульской от 28,6% до 33,3%; сохранилось на уровне 2019 г. в Брянской (59,1%), Калужской (100%), Орловской (69,2%), Ярославской (88,9%).

Сохранилась напряженной экологическая обстановка на водных объектах Владимирской и Московской областей, где увеличилось число створов, характеризуемых низким качеством: «грязная» (4 класс) от 53% до 88,2% и от 61,7% до 68,3% соответственно. На территории Владимирской и Московской областей, как и в предыдущие годы, отмечались водные объекты, характеризуемые крайне низким качеством воды: «экстремально грязная» (5 класс), составившие соответственно 5,90% и 10,0%.

Северо-Западный федеральный округ (СЗФО)

Вода большинство водных объектов на территории Северо-Западного федерального округа оценивались как «загрязненная» (3 класс). При этом следует отметить, что число створов, характеризуемых водой 3-го класса, в 2020 г. увеличилось в Республике Коми от 83,3% до 89,6%; в областях Архангельской от 75,0% до 88,0%, Вологодской от 44,4% до 75%; Калининградской от 83,3% до 94,4%; Ленинградской от 66,7% до 67,5%; Новгородской от 77,4% до 90,3%; Псковской от 79,3% до 81,5%. Одновременно уменьшилось число створов, оцениваемых водой низкого качества: «грязная» (4 класс), наибольшее число которых в 2020 г. не превышало 25,0% в Вологодской; 19,0% – в Мурманской области, на территории которой в единичных случаях на малых реках вода достигала экстремально высокого уровня загрязненности.

Хорошим качеством воды: «слабо загрязненная» (2 класс) оценивалось большинство створов в Республике Карелия (65,1%), Мурманской области (50,0%) на объектах, не подверженных влиянию антропогенных факторов.

Южный федеральный округ (ЮФО)

В Южном федеральном округе в многолетнем плане наиболее высоким уровнем загрязненности воды характеризуются водные объекты Ростовской области, на которых в 2020 г. число створов, оцениваемых «грязной» водой (4 класс), увеличилось от 84,7% до 86,4%, соответственно уменьшилось от 15,3% до 13,6% число створов 3-го класса качества воды. Вода большинства водных объектов Краснодарского края (69,2%), Волгоградской (89,5%) и Астраханской (90,0%) областей, всех водных объектов Республики Адыгея (100%) оценивается как «загрязненная» (3 класс). Вода водных объектов Крыма оценивается: в 26,9% створов – как «условно чистая» (1 класс), в 30,8% створов – как «слабо загрязненная» (2 класс); в 38,5% створов - как «загрязненная» (3 класс).

Северо-Кавказский федеральный округ (СКФО)

Водные объекты Республик Дагестан и Кабардино-Балкарской, Ставропольского края в большинстве створов на протяжении ряда лет характеризуются «загрязненными» водами (3 класс), составляя в 2020 г. соответственно 80,0%, 71,4%, 55,6% створов.

Вода ряда водных объектов характеризуется хорошим качеством: «слабо загрязненная» (2 класс) вода на территории Республик Кабардино-Балкарская – в 28,6%, Северная Осетия-Алания – в 41,2%; Ставропольского края – в 27,8% створов; 29,4% створов на водных объектах Республики Северная Осетия-Алания оцениваются «условно чистой» (1 класс) водой.

Приволжский федеральный округ (ПФО)

На территории Приволжского федерального округа в 2020 г. наметилась тенденция ухудшения качества поверхностных вод в ряде субъектов федерации, входящих в округ, за счет уменьшения числа водных объектов, оцениваемых «загрязненной» (3 класс) водой и соответствующего увеличения числа створов с «грязной» (4 класс) водой.

Уменьшилось число створов, оцениваемых «загрязненной» (3 класс) водой, в Республиках: Башкортостан – от 85,7% до 71,2%; Чувашской – от 100% до 75%; областях: Оренбургской – от 92% до 72%; Пензенской – от 100% до 63,6%, Самарской от 84,8% до 81,8%; Саратовской от 69,2% до 65,4%; Ульяновской – от 100% до 71,4%.

Значительное увеличение числа водных объектов, оцениваемых «грязной» (4 класс) водой, отмечалось в Республиках: Башкортостан – от 6,10% до 21,1%; Марий Эл – от 33,3% до 66,7%; Оренбургской области – от отсутствия до 12,0%.

Уровень загрязненности воды р. Падовая, г. Самара в Самарской области в 2020 г. соответствовал «экстремально грязным» (5 класс).

Вместе с тем следует отметить, что в Республиках Башкортостан и Татарстан, областях Кировской и Нижегородской некоторые водные объекты в пределах 2,30-7,70% створов оцениваются водой хорошего качества: «слабо загрязненная» (2 класс). В 2020 г. по сравнению с 2019 г. в водных объектах Оренбургской области возросло число створов со «слабо загрязненной» (2 класс) водой от 4,00 до 16,0%.

Уральский федеральный округ (УФО)

Поверхностные воды Уральского федерального округа в многолетнем плане оцениваются высоким уровнем загрязненности, обусловленным наличием на территории округа большого количества предприятий разной

хозяйственной направленности, в том числе не имеющих в достаточной степени эффективных очистных сооружений.

Большинство водных объектов в 2020 г., как и в предыдущие годы, оценивались «грязной» (4 класс) водой, составив в областях: Курганской 93% створов, Свердловской 50% створов, Тюменской 81% створов, Челябинской 37,7% створов; в Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком АО 100% створов. Крайне низким качеством воды: «экстремально грязная» (5 класс) характеризовались водные объекты: в Свердловской области р. Исеть, 7 км ниже г. Екатеринбург и р. Пышма, 13 км выше г. Березовский; в Челябинской области р. Увелька, 1 км ниже г. Южноуральск.

На территории Уральского федерального округа в 2020 г. отсутствовали водные объекты с «условно чистой» (1 класс) и «слабо загрязненной» (2 класс) водой.

Сибирский федеральный округ (СФО)

Существенных изменений в качестве поверхностных вод Сибирского федерального округа в 2020 г. не произошло. Как–«загрязненная» (3 класс) оценивалась вода Республик Алтай (22,3%), Тыва (50,0%), Хакасия (33,0%); краев Алтайского и Красноярского соответственно 89,6% и 66,0%; областей Кемеровской – 59,0%, Омской – 67,0% створов.

Наиболее низким качеством воды по-прежнему оценивались водные объекты Новосибирской и Томской областей, где число створов, оцениваемых «грязной» водой (4 класс), составило соответственно 75,0% и 70,0%. В Новосибирской области вода р. Каргат, с. Здвинск характеризовалась как «экстремально грязная» (5 класс).

Хорошим качеством воды: «условно чистая» (1 класс) и «слабо загрязненная» (2 класс) оценивалось большинство водных объектов на территории Республик Алтай, Тыва, Хакасия; Иркутской области; 36% створов в Кемеровской области, из них 8% - «условно чистая» (1 класс); в Омской области возросло количество створов со «слабо загрязненной» (2 класс) водой от 7% до 11%.

Дальневосточный федеральный округ (ДФО)

Качество воды большинства водных объектов Дальневосточного федерального округа стабилизировалось. Как «загрязненная» (3 класс) характеризовалась вода в Республиках Бурятия в 64%, Саха (Якутия) в 91,4%; краях Камчатском в 82,7%, Приморском в 60,0%, Хабаровском в 61,2%; областях Амурской в 52,8%, Магаданской в 64,3%, Сахалинской в 72,5% створов. Вода р. Охинка, г. Оха ежегодно оценивается как «экстремально грязная» (5 класс). В Приморском крае вода 33,3% створов по качеству относилась к «грязной» (4 класс).

Число створов, оцениваемых «грязной» (4 класс) водой, сохранилось на уровне 2019 г. и составило: в Республике Саха (Якутия) – 4,90%; Забайкальском, Приморском и Хабаровском краях – 14,0%, 33,3% и 36,7% соответственно; областях: Амурской – 47,2%, Магаданской – 35,7%, Сахалинской – 15,0%; в Еврейской автономной области – 46,1%.

Ряд водных объектов характеризовался хорошим качеством воды: «слабо загрязненная» (2 класс) в Республиках: Бурятия – 31,0%, Саха (Якутия) – 3,70%; краях: Забайкальском – 8,8%, Камчатском – 17,3%, Приморском – 6,70%, Хабаровском – 2,10%; в Сахалинской области – 10%; в Еврейской автономной области – 7,80% створов.

3.3.2. Гидробиологическая оценка состояния пресноводных объектов

Гидробиологические наблюдения за состоянием пресноводных экосистем проводятся по основным экологическим показателям состояния сообществ 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 2021 г. проводилась на ***133*** водных объектах, в ***214*** гидробиологических пунктах и ***318*** створах. Наблюдения осуществлялись в 21 субъекте Российской Федерации, в том числе в 10 областях (Амурская, Астраханская, Иркутская, Ленинградская, Псковская, Мурманская, Нижегородская, Самарская, Вологодская, Архангельская), в Еврейской АО, в Ненецком АО, 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 и р. Паз.

В 2021 г. прослеживаются следующие изменения в состоянии и загрязнении водных объектов по гидрографическим регионам.

Баренцевский гидрографический район. Качество вод большинства водных объектов региона в 2021 г. сохранилось неизменным и варьировало от «условно чистых» до «слабо загрязненных» с межгодовыми колебаниями в пределах класса качества.

В 2021 г. **74%** экосистем гидрографического района – реки: Патсо-йоки, Нама-йоки, Печенга, Луоттн-йоки, Акким, Нота, Вува, Кола, Нива, Сальмиярви, Верхнетуломское водохранилище, озера: Умбозеро, Имандра, Колозеро, Большое, Семеновское, Ледовое находились в состоянии антропогенного экологического напряжения. По показателям планктонных сообществ эти поверхностные водные объекты соответствовали «слабо загрязненным» водам. Доминировали устойчивые виды-индикаторы (о-β и β) мезасапробных зон. **17%** водных объектов – реки: Кица, Лотта, Вите и оз. Чунозеро характеризовались «условно чистыми» – «слабо загрязненными» водами. Большинство водных экосистем относятся к экологически благополучным, хотя имеются и проявление элементов антропогенного экологического напряжения. На **9%** водных объектов - устьевые участки рек Роста и Колос-йоки, по гидробиологическим показателям качество воды соответствовало «загрязненным» – «грязным», отмечалось самое низкое биоразнообразие и формирование моновидовых поселений. Количественные характеристики отличались высокой вариативностью значений.

По показателям планктонных сообществ воды рек Архангельской области (Северная Двина, Онега, Пинега, Кена, Кулой, Мезень), Вологодской области (Сухона, Вологда), республики Коми (Вычегда, Сысола), Ненецкого автономного округа (Печора) относятся к «условно чистым» – «слабо загрязненным». 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 2018–2021 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. Петрозаводск), сохранилось на уровне «слабо загрязненных» вод.

Каспийский гидрографический район. Наблюдения проводились на каскаде водохранилищ р. Волга и ее крупных притоках. По показателям фито- и зоопланктона воды Горьковского и Чебоксарского водохранилищ, рек Ока, Теша и Кудьма в 2019–2021 гг. характеризовались как «слабо загрязненные».

Воды Саратовского и Куйбышевского водохранилищ по показателям фитопланктона, зоопланктона и перифитона в 2019–2021 гг. оценивались как «слабо загрязненные». По показателям зообентоса в 2021 г. отмечено изменение качества вод в отдельных створах. Так, улучшение качества вод по показателям зообентоса наблюдалось в оз. Средний Кабан, створе Куйбышевского водохранилища в районе г. Тенишево и створе Саратовского водохранилища в районе г. Самара (с «загрязненных» в 2020 г. до «слабо загрязненных» в 2021 г.), а также на р. Зай в районе г. Заинск. Ухудшение качества вод по показателям зообентоса отмечалось в створе Куйбышевского водохранилища в районе г. Тетюши - от «условно чистых» в 2020 г. до «слабо загрязненных» в 2021 г.), и на реках Казанка (в районе г. Казань), Зай (в районе г. Лениногорск) – от «слабо загрязненных» в 2020 г. до «загрязненных» в 2021 г., на реках Падовка (в районе г. Самара), Кривуша (в районе г. Новокуйбышевск) от «загрязненных» в 2020 г. до «грязных» в 2021 г.), на реке Вятка от «слабо загрязненных» в 2020 г. до «грязных» в 2021 г.

Качество вод в районе г. Астрахань в 2019–2021 гг. по показателям фитопланктона не изменилось. Воды рукавов Камызяк, Бузан, Кривая Болда, Кигач, Ахтуба характеризовались как «слабозагрязненные». По показателям зообентоса в 2021 г. произошло ухудшение качества вод р. Волга (с. Ильинка и г. Астрахань район ПОС), рукавов Камызяк (в районе г. Камызяк) и Ахтуба (в районе п. Аксарайский) от «слабо загрязненных» в 2020 г. до «загрязненных» в 2021 г.

В целом значительных изменений состояния рассмотренных водных экосистем не произошло.

Карский гидрографический район. В 2021 г. по состоянию зоопланктона, зообентоса и перифитона воды р. Енисей (в районе г. Красноярска и Дивногорска) и р. Есауловка характеризовались как «слабо загрязненные».

Воды устьевых участков рек Мана и Базаиха в 2021 г. по показателям зообентоса характеризовались как «условно чистые», а по показателям зоопланктона и перифитона – как «слабо загрязненные». В фоновом створе р. Базаиха воды по показателям зоопланктона и перифитона – «слабо загрязненные», а по показателям зообентоса – «условно чистые». В р. Березовка качество воды по всем наблюдаемым показателям сохранилось на прежнем уровне и соответствовало «слабо загрязненным».

По показателям зообентоса наиболее загрязненным водным объектом данного гидрографического района является р. Кача (г. Красноярск, приток р. Енисей), однако в 2021 г. наблюдалось улучшение качества ее воды в придонном слое от «грязных» до «загрязненных». По показателям перифитона и зоопланктона качество вод сохранилось неизменным и характеризовалось как «слабо загрязненные». Экосистема реки, по-прежнему, находилась в состоянии антропогенного экологического регресса.

В 2021 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, воды поверхностного слоя по показателям зоопланктона оценивались как «условно чистые», по состоянию фитопланктона и в придонном слое - «слабо загрязненные».

Экосистемы Иркутского и Братского водохранилищ, а также р. Ангары в 2021 г. находились по-прежнему в состоянии экологического благополучия с элементами антропогенного напряжения.

В 2021 г. состояние биоценозов большинства водотоков питающих оз. Байкал сохранилось без существенных изменений и варьировало в пределах определенного ранее класса качества воды. По показателям зообентоса

отмечено ухудшение качества вод по всем наблюдаемым водотокам от «условно чистых» до «слабо загрязнённых». Положительная тенденция в динамике состояния водных объектов от «слабо загрязнённых» до «условно чистых» наметилась на реках Турка и Хилок по показателям зоопланктона. Воды рек Уда и Джида по показателям фитопланктона и зоопланктона характеризовались как «условно чистые». Экосистема водотоков находилась в пределах сложившегося состояния экологического благополучия с элементами антропогенного экологического напряжения.

Восточно-Сибирский гидрографический район. В 2021 г. наиболее загрязненным водным объектом района, помимо залива Неелова, являлась р. Лена в пункте Кюсюр. Качество ее вод к устьевому створу улучшилось от «загрязненных» до «слабо загрязненных», поверхностный горизонт по показателям фитопланктона на всем протяжении был однородным и характеризовался «слабо загрязненными» водами. Аналогичная ситуация была характерна для вод залива Неелова; его воды в поверхностном горизонте по показателям фитопланктона характеризовались как «слабо загрязненные», а придонный горизонт вод по показателям зообентоса – как «загрязненные».

На р. Копчик-Юрэгэ также, как и в оз. Мелкое, качество воды по показателям фитопланктона и зообентоса не изменилось по сравнению с 2019-2020 гг. 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 2021 г. экосистемы рек-притоков Амура в Забайкалье по показателям фитопланктона и зоопланктона, находились в состоянии экологического благополучия с элементами антропогенного экологического напряжения. На р. Ингода в районе г. Чита наблюдалась разнонаправленная динамика качества вод; так по показателям фитопланктона и зообентоса воды соответствовали «слабо загрязнённым», а по показателям зоопланктона – «условно чистым». Качество вод оз. Кенон по показателям фитопланктона и зоопланктона характеризовалось как «слабо загрязнённые» – «условно чистые», биоценозы придонного слоя - «загрязнённые».

В 2021 г. качество вод р. Амур от г. Благовещенск до г. Николаевск-на-Амуре по состоянию зоопланктона не изменилось; воды были 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 оценивались 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 характеризовались как «слабо загрязненные», по показателям зообентоса произошло улучшение от «загрязненных» до «слабо загрязненных».

В 2021 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 2021 г. экстремально высокие уровни загрязнения (ЭВЗ[6]) поверхностных пресных вод на территории Российской Федерации отмечались на 137 водных объектах в 582* случаях (в 2020 г. – на 116 водных объектах в 518* случаях), высокие уровни загрязнения (ВЗ[7]) – на 281 водном объекте в 1684* случаях (в 2020 г. – на 247 водных объектах в 1229* случаях). Всего в 2021 г. было зарегистрировано 2266* случаев ЭВЗ и ВЗ по 29 загрязняющим веществам и 6 показателям качества воды (pH, АСПАВ, $БПК_5$, растворенному в воде кислороду, ХПК, запаху). Суммарное количество* случаев ВЗ и ЭВЗ достигло максимума за период 2012–2021 гг.: отклонение годового значения показателя от среднего за 10 лет составило 14%.

Анализ внутригодового распределения количества случаев ВЗ и ЭВЗ за 10-летний период показал, что в основном их максимум приходится на март, минимум в течение последних 3 лет – на декабрь.

Как и в предыдущие годы, в 2021 г. максимальную нагрузку от загрязнения испытывали водные объекты бассейнов рек Волга и Обь, на долю которых приходилось 60% всех случаев ВЗ и ЭВЗ (рис. 3.50). В табл. 3.11 приведено количество случаев ВЗ и ЭВЗ, зарегистрированных в 2021 г. в бассейнах рек Российской Федерации.

---

[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.*

** Без учета взвешенных веществ в связи с отсутствием критериев ВЗ и ЭВЗ.*

Рис. 3.50. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по бассейнам рек (в % от общего количества случаев за год на территории Российской Федерации) за период 2012–2021 гг.

Таблица 3.11. Экстремально высокое и высокое загрязнение поверхностных пресных вод Российской Федерации в 2021 г.

Бассейны крупнейших водных объектов	Число случаев			Субъекты Российской Федерации*
	ВЗ	ЭВЗ	Сумма	
Обь	508	254	762	Курганская, Новосибирская, Омская, Свердловская, Тюменская, Челябинская области, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий авт. округа
Волга	540	46	586	г. Москва, Астраханская, Владимирская, Ивановская, Кировская, Московская, Нижегородская, Рязанская, Самарская, Свердловская, Тверская, Тульская области, Республика Татарстан
Амур	100	20	120	Забайкальский, Приморский и Хабаровский края
Днепр	5	82	87	Смоленская область
Нева	54	9	63	г. Санкт-Петербург, Ленинградская, Новгородская области
Печора	21	21	42	Республика Коми
Терек	33		33	Республика Северная Осетия - Алания
Дон	31		31	Тульская область
Сев. Двина	22	8	30	Вологодская область
Енисей	26	3	29	Иркутская область, Красноярский край
Урал	12	15	27	Оренбургская область
оз. Байкал	12	2	14	Республика Бурятия
Колыма	12	2	14	Магаданская область
Прочие	308	120	428	Мурманская, Новосибирская, Псковская и Сахалинская области и Приморский край
Итого	1684	582	2266	

** Приведены субъекты Российской Федерации, для которых суммарное количество случаев ВЗ и ЭВЗ за год превысило 10*

В 2021 г. ВЗ и ЭВЗ поверхностных пресных вод было зафиксировано в 58 субъектах Российской Федерации. Наибольшее суммарное количество случаев ВЗ и ЭВЗ (свыше 200) было отмечено на водных объектах в 3 регионах: Свердловской, Мурманской и Московской областях, что в совокупности составило почти 40% случаев ВЗ и ЭВЗ в стране (рис. 3.51, 3.52). В 8 регионах было зарегистрировано от 50 до 100 случаев ВЗ и ЭВЗ, в 28 – от 10 до 50, в 19 – менее 10.

Рис. 3.51. Динамика количества случаев ВЗ и ЭВЗ по субъектам Российской Федерации, в которых регистрировалось наибольшее количество случаев ВЗ и ЭВЗ в 2021 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 2021 г. по 29 загрязняющим веществам и 6 показателям качества воды. Суммарный вклад соединений марганца и цинка, нитритного и аммонийного 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 67% всех случаев (рис. 3.52), при этом доля загрязнения тяжелыми металлами (Mn, Zn, Cu, Ni, Fe, Hg, Mo) выросла на 4,5% по сравнению с 2020 г. и составила 46% от общего числа случаев ВЗ и ЭВЗ.

Рис. 3.52. 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)

В 202 случаях наблюдалось снижение концентрации растворённого в воде кислорода до 3 мг/л и ниже, в 93 случаях из них его содержание было менее 1 мг/л. Острый дефицит растворённого в воде кислорода – ниже предела обнаружения – был зафиксирован в сентябре 2021 г. в р. Падовка (бассейн р. Волга) в районе выпуска сточных вод ООО «Самарский Стройфарфор» (п. Стройкерамика, г/о Самара). Увеличение биохимического потребления кислорода ($БПК_5$) до 10 мг/л и выше было зарегистрировано 212 раз, из них – 23 случая на уровне ЭВЗ. Максимальное содержание легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$), 228 мг/л, наблюдалось в июле 2021 г. в р. Стремутка (д. Стремутка, Псковская область) в районе впадения мелиоративного канала.

В 2021 г. случаи ЭВЗ были зафиксированы на 167 пунктах наблюдения, ВЗ – на 357 пунктах. Как и в предыдущем году, максимальное число повторений случаев ВЗ и ЭВЗ – 85 раз – наблюдалось на пункте р. Вязьма, г. Вязьма (Смоленская область), 84 из них было связано с дефицитом растворенного в воде кислорода, который регистрировался с июля по сентябрь 2021 г. и был обусловлен неэффективной работой очистных сооружений г. Вязьмы. В течение года (с января по декабрь) было зафиксировано 72 случая ВЗ и ЭВЗ соединениями алюминия и железа (22 и 5 соответственно), бенз(а)пиреном (28) и фторидами (17) в ручье без названия (бассейн Белого моря) в районе выпуска №1 Кандалакшского алюминиевого завода РУСАЛа (г. Кандалакша, Мурманская область). В 20 пунктах наблюдения было отмечено от 20 до 40 случаев ВЗ или ЭВЗ: в Мурманской области – на р. Нюдуай (г. Мончегорск), руч. Варничный (г. Мурманск); в Ямало-Ненецком автономном округе – р. Полуй (г. Салехард),

р. Правая Хетта (пгт. Пангоды); в Оренбургской области – р. Блява (г. Медногорск), в Приморском крае – р. Дачная (г. Арсеньев); в Сахалинской области – р. Поронай (г. Поронайск); в Республике Северная Осетия-Алания – р. Терек (г. Беслан); в Свердловской области – р. Исеть (г. Екатеринбург), р. Нейва (г. Невьянск), р. Пышма (г. Березовский), р. Черная (г. Ивдель); в Челябинской области – р. Увелька (г. Южноуральск); в Московской области – р. Воймега (г. Рошаль), р. Москва (г. Воскресенск и д. Н. Мячково), р. Рожая (д. Домодедово), в Тульской области – р. Мышега (г. Алексин); г. Москва – р. Москва. В остальных пунктах наблюдения было зарегистрировано менее 20 случаев ВЗ и ЭВЗ.

В 2021 г. было зарегистрировано 23 аварии техногенного происхождения на поверхностных пресноводных объектах Российской Федерации, из них в бассейнах рек: Амур – 4, Волга – 5, Днепр – 1, Енисей – 5, Нарва – 1, Нева – 1, Обь – 1, Печора – 2, Урал – 3. В 4 случаях источник загрязнения не был установлен; 8 случаев были связаны с несанкционированным сбросом сточных вод. В 12 случаях аварии привели к разливу нефтепродуктов; в 4 из них наблюдалось образование обширного нефтяного пятна на водной поверхности, в 6 – отдельные масляные и нефтяные пятна. Последствием 11 аварийных ситуаций стало ЭВЗ и/или ВЗ водных объектов.

В течение 2021 г. массовый замор рыбы в результате острого дефицита растворенного в воде кислорода, обусловленного природным фактором, был зафиксирован 3 раза в Самарской области и 2 раза в Оренбургской области; в Псковской области причиной гибели рыбы стало поступление в реку загрязняющих веществ из мелиоративного канала, с полей сельскохозяйственного назначения.

3.3.4. Загрязнение поверхностных водных объектов в результате трансграничного 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 2021 г. на 54 водных объектах (49 рек, 2 протоки, 2 озера, 1 водохранилище) в 69 пунктах, 69 створах, на 74 вертикалях.

Наиболее распространенными загрязняющими веществами в воде водных объектов на границе России с сопредельными государствами являлись: с Норвегией – соединения никеля, меди, марганца, ртути; с Финляндией – трудноокисляемые органические вещества по ХПК (далее ОВ), соединения меди, железа; с Эстонией – ОВ, соединения меди; с Литвой и Польшей – ОВ, легкоокисляемые органические вещества по $БПК_5$ воды (далее ЛОВ), соединения железа, нитритный азот; с Республикой Беларусь – ОВ, ЛОВ, соединения железа, меди, марганца, цинка; с Украиной – ОВ, ЛОВ, соединения железа, марганца, сульфаты; с Азербайджаном – соединения меди, нефтепродукты; с Казахстаном – ОВ, ЛОВ, соединения меди, марганца, сульфаты; с Монголией – ОВ, соединения железа, марганца; с Китаем – ОВ, ЛОВ, соединения железа, меди, алюминия, ванадия.

Критические показатели загрязнённости трансграничных водных объектов были установлены для 13 пунктов наблюдений, расположенных на 11 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 Финляндией - соединения ртути (1 пункт), с Республикой Беларусь - соединения меди (1 пункт), с Украиной - сульфаты (2 пункта), с Казахстаном - соединения цинка (1 пункт), марганца и цинка (1 пункт), растворённый в воде кислород, соединения марганца и цинка (1 пункт), растворённый в воде кислород и соединения марганца (1 пункт), с Монголией - соединения марганца (1 пункт), с Китаем - соединения алюминия и железа (1 пункт), железа (1 пункт).

Нарушение норм качества воды в пограничных районах России чаще всего находилось в пределах от 1 до 10 ПДК; 30 ПДК и выше отмечались на границах с 4-мя государствами. На границе с Норвегией 50 ПДК достигали соединения никеля и 30 ПДК – соединения меди (р. Колос-йоки пгт. Никель); на границе с Казахстаном 50 и 30 ПДК – соединения марганца (р. Уй с. Усть-Уйское и г. Троицк соответственно); на границе с Китаем 30 ПДК - соединения алюминия (оз. Ханка с. Новосельское). Дефицит растворённого в воде кислорода в пунктах не наблюдался.

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 и Лендерка), с Эстонией (р. Нарва в районе с. Степановщина, 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) и с Азербайджаном (р. Самур в районе с. Усухчай). Качество воды в пункте на р. Терек оценивалось как «условно чистая»(1 класс), во всех остальных пунктах – как «слабо загрязнённая» (2 класс).

Наиболее загрязненные участки рек, вода которых характеризовалась как «грязная» (4 класс), были отмечены на границе с Норвегией (рр. Колос-йоки, Протока без названия), с Республикой Беларусь (рр. Днепр и Сож), с Украиной (рр. Северский Донец, Кундрючья, Большая Каменка, Миус и вдхр. Белгородское), с Казахстаном (рр. Уй, Тобол), с Китаем (протока Прорва на р. Аргунь). В остальных пунктах наблюдений качество воды оценивалось как «загрязнённая» (3 класс).

В течение 2017-2021 гг. вода в пунктах наблюдений на реках Патсо-йоки (ГЭС Хеваскоски) на границе с Норвегией, Лендерка, Патсо-йоки (ГЭС Кайтакоски, Янискоски и Раякоски) на границе с Финляндией, Ипуть на границе с Республикой Беларусь, Псёл и Сейм на границе с Украиной, Терек на границе с Грузией характеризовалась как «условно чистая» (1 класс) или «слабо загрязнённая» (2 класс).

Наиболее загрязнённой в этот период была вода Протоки без названия и р. Колос-йоки (граница с Норвегией), рек Северский Донец, Большая Каменка, Кундрючья, Миус и вдхр. Белгородское (граница с Украиной), рек Уй г. Троицк и с. Усть-Уйское, Тобол (граница с Казахстаном). Вода этих водных объектов характеризовалась как «грязная» (4 класс).

В остальных пунктах наблюдений качество воды варьировало от «слабо загрязнённой» (2 класс) до «грязной» (4 класс), в большинстве случаев характеризовалось «загрязнённой» (3 класс) водой.

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 2020 г., что обусловлено регламентом поступления необходимой гидрологической информации.

Наибольшее количество водной массы было внесено на территорию Российской Федерации через границу с Казахстаном и Финляндией (соответственно 37 и 32%), вынесено с территории Российской Федерации в Республику Беларусь и Украину (соответственно 40 и 26%).

Максимальное количество главных ионов (по сумме), минерального азота, общего фосфора, соединений меди, цинка, никеля, хрома общего, фенолов, Σ ДДТ и Σ ГХЦГ поступило в 2020 г. с речным стоком на территорию Российской Федерации из Казахстана; органических веществ (по ХПК) – из Финляндии, фосфора неорганического и нефтепродуктов – с территории Украины, кремния и соединений железа общего – из Монголии.

В 2020 г. максимальное количество главных ионов (по сумме), азота минерального, фосфора неорганического и соединений никеля были перенесены речным стоком с территории Российской Федерации на территорию Украины; органических веществ (по ХПК), кремния, соединений железа общего, цинка и меди, нефтепродуктов и фенолов – на территорию Республики Беларусь; Σ ГХЦГ и Σ ДДТ – на территорию Казахстана.

В 2021 г. максимальные количества переносимых отдельными реками химических веществ уменьшались в следующей последовательности: сумма главных ионов – 5 913 тыс. т; органические вещества (по ХПК) – 392 тыс. т; биогенные элементы (кремний – 115 тыс. т, минеральный азот – 14,8 тыс. т, соединения железа общего – 5,02 тыс. т., общий фосфор – 1,08 тыс. т); нефтепродукты – 813 т; соединения меди – 147 т; цинка – 101 т; фенолы – 48,0 т; соединения никеля – 65,1 т; соединения хрома общего – 0,724 т; хлорорганические пестициды (Σ ДДТ – 45,7 кг; Σ ГХЦГ – 6,34 кг) (табл. 3.12).

Таблица 3.12. Количество химических веществ, перенесенных на территорию Российской Федерации отдельными реками через границу с сопредельными государствами в 2021 г. (тыс. т; фенолов, соединений меди, цинка – т)

Река, пункт	Водный сток, км^3	Органические вещества	Сумма ионов	Сумма азота минерального	Фосфор общий	Кремний	Железо общее	Медь	Цинк	Нефтепродукты	Фенолы
Финляндия											
Патсо-йоки, пгт. Кайтакоски	5,05	30,9	82,8	0,234	0	19,4	0,144	6,05	21,7	0,066	Нд
Вуокса, пгт. Лесогорский	21,2	392	912	4,21	0,095	19,1	1,59	90,3	Нд	0	Нд
Польша											
Лава, г. Знаменск	1,09	29,0	460	1,60	0,153	5,34	0,257	Нд	Нд	Нд	Нд
Мамоновка, г. Мамоново	0,049	1,17	17,9	0,088	0,015	0,324	0,012	Нд	Нд	Нд	Нд
Украина											
Миус, с. Куйбышево	0,084	2,15	125	0,101	0,015	0,295	0,030	0,040	0,105	0,009	0,140
Северский Донец, х. Поповка*	3,17	80,3	3865	1,74	0,642	15,1	0,919	3,10	4,40	0,364	3,87
Грузия											
Терек, г. Владикав-каз	1,04	6,18	304	1,00	0,030	5,11	0,033	0,607	3,90	0,007	0
Казахстан											
Ишим, с. Ильинка	1,62	28,4	1124	0,359	0,06	3,63	0,088	5,62	3,12	0,065	4,46
Иртыш, с. Татарка	26,0	251	5913	14,8	0,874	68,4	0,927	147	101	0,429	48,0
Тобол, с. Зверино-головское	1,17	23,1	616	3,36	0,261	7,55	0,389	4,96	18,0	0,099	1,67
Монголия											
Селенга, п. Наушки	20,9	296	4381	2,69	1,08	115	5,02	22,5	93,4	0,813	23,2
Онон, с. Верхний Ульхун	8,33	99,1	876	0,650	0,265	44,1	0,653	4,08	16,3	0,264	2,78
Китай											
Раздольная, с. Новогеоргиевка	1,51	44,2	180	0,529	0,149	8,75	0,728	6,25	36,3	0,027	0,640

Примечание: нд – нет данных.
**Перенос веществ рассчитан по среднемноголетнему водному стоку*

В целом за период с 2017-2021 гг. с водой р. Вуокса было перенесено через границу повышенное количество органических веществ (по ХПК, 1,74 млн. т); р. Иртыш – главных ионов (по сумме, 28,9 млн. т), кремния

(320 тыс. т), минерального азота (75,0 тыс. т), нефтепродуктов (1,69 тыс. тонн), соединений меди (653 т), цинка (522 т), фенолов (133 т), соединений хрома общего (9,06 т), ∑ ДДТ (485 кг), ∑ ГХЦГ (86,2 кг); р. Северский Донец – общего фосфора (5,81 тыс. т); р. Ишим – соединения никеля (29,2 т); р. Раздольная – соединений железа общего (8,62 тыс. т).

Изучение динамики поступления в Российскую Федерацию определяемых химических веществ в 2017–2021 гг. свидетельствует о следующем: со стоком р. Патсо-Йоки из Финляндии в Российскую Федерацию наблюдается тенденция снижения водного стока, а вместе с ним – переноса главных ионов (по сумме), кремния, соединений железа общего. Динамика поступления на территорию Российской Федерации других определяемых веществ с водой этой реки в разные годы была неоднозначна: в 2021 г. по сравнению с 2020 г. отмечено существенное уменьшение переноса органических веществ и соединений меди; с 2020 г. - увеличение переноса минеральных форм азота, а с 2019 г. – соединений цинка и нефтепродуктов. Перенос общего фосфора за период 2017-2021 гг. не был зафиксирован. Концентрации хлорорганических пестицидов в воде р. Патсо-Йоки у пгт. Кайта-коски за весь период наблюдений были ниже предела определения. За период 2017-2021 гг. перенос химических веществ на территорию Российской Федерации со стоком р. Вуокса характеризовался тем, что с 2019 г. наблюдалось увеличение водного стока и вместе с ним – переноса органических веществ (по ХПК), кремния, соединений железа общего и меди. С 2018 по 2020 гг. отмечалась тенденция сокращения переноса с водой р. Вуокса нефтепродуктов, минерального азота, общего фосфора, а в 2021 г. для биогенных соединений она завершилась, в то время как концентрации нефтепродуктов в воде были ниже пределов определения. Концентрации хлорорганических пестицидов в воде р. Вуокса у пгт Лесогорский за весь период были ниже предела определения.

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 (по ХПК), главных ионов (по сумме), минерального азота, общего фосфора, кремния, с 2019 г. – увеличение переноса соединений железа общего с водой р. Лава. На фоне снижения водного стока р. Мамоновка с 2017 г. наблюдается уменьшение переноса органических веществ (по ХПК), главных ионов (по сумме), общего фосфора, кремния и соединений железа общего. Концентрации хлорорганических пестицидов в воде р. Лава у г. Знаменск и р. Мамоновка у г. Мамоновка за весь период были ниже предела определения.

Водный сток р. Миус в 2017–2021 гг. определял характер поступления на территорию Российской Федерации органических веществ (по ХПК), главных ионов (по сумме), кремния, соединений железа общего и нефтепродуктов: с 2018 по 2020 гг. на фоне сокращения водного стока наблюдалась тенденция уменьшения переноса перечисленных загрязняющих веществ с территории Украины, хотя в 2021 г. перенос этих веществ снова увеличился, аналогичная тенденция отмечалась для фенолов с 2019 по 2021 гг. В 2021 г. заметно увеличился приток минеральных форм азота, соединений меди и цинка, а также зафиксирован перенос изомеров ГХЦГ и метаболитов ДДТ.

Со стоком р. Северский Донец за последние пять лет наблюдается неоднозначная динамика переноса многих растворенных химических веществ. Стабилизация характерна для органических веществ (по ХПК), кремния, а с 2018 г. - для соединений железа общего. Количество переносимых за год главных ионов (по сумме) за пятилетие преимущественно снижается, как и фосфора общего (за исключением 2020 г.), а также фенолов (за исключением 2020 г.). Количество перенесённых через границу с Украиной соединений меди и цинка в 2020–2021 гг. существенно выше, чем в период с 2017 по 2019 гг. Повышенный сток нефтепродуктов и минеральных форм азота отмечался в 2020 г. В 2021 г. зафиксирован перенос не только изомеров ГХЦГ, но и впервые за 5 лет – метаболитов ДДТ.

На границе с Грузией отмечена стабилизация переноса с водой р. Терек на территорию Российской Федерации органических веществ (по ХПК) в 2019–2021 гг., главных ионов (по сумме) и кремния в 2017–2021 гг., минерального азота в 2020-2021 гг. Перенос общего фосфора и нефтепродуктов в пятилетии имеет тенденцию к сокращению, за исключением 2020 г, а перенос соединений цинка уменьшается с 2018 г. Перенос соединений железа общего характеризовался выраженной тенденцией к росту в 2017-2020 гг., после чего в 2021 г. существенно снизился. Межгодовая динамика переноса соединений меди неоднозначна: рост в период с 2017 по 2020 гг. сменился снижением в 2021 г. В 2021 г. зафиксирован перенос изомеров ГХЦГ и метаболитов ДДТ.

Пятилетняя динамика переноса органических веществ (по ХПК), главных ионов (по сумме), минеральных форм азота, общего фосфора, кремния, соединений железа общего, цинка, никеля и хрома общего, нефтепродуктов с водой р. Ишим формируется под влиянием изменчивости его водного стока и в целом повторяет характер этой изменчивости. Максимальный перенос большинства определяемых веществ на территорию России был зафиксирован в самом многоводном 2017 г., минимальное количество – в самом маловодном 2021 г. (за исключением общего фосфора, кремния, соединений меди и фенолов). Перенос ДДТ и его производных с водностью не коррелировал и был отмечен только в 2017 гг., ∑ ГХЦГ – в 2019 и 2021 гг.

В связи с общей тенденцией снижения водного стока р. Иртыш в период с 2018 по 2021 г. наблюдается сокращение переноса на территорию Российской Федерации органических веществ (по ХПК), минерального азота (за исключением 2021 г.) и ∑ ДДТ. Стабилизировался перенос главных ионов (по сумме), общего фосфора, кремния, соединений цинка. С 2020 г. увеличился перенос фенолов. Отмечена неоднозначная динамика переноса соединений железа общего: после снижения поступления в 2019–2020 гг. наблюдалось его увеличение в 2021 г. С 2019 г. после предшествующего резкого роста величин переноса соединений меди межгодовая динамика стала убывающей. Перенос нефтепродуктов в 2021 г. приблизился к максимальным значениям, наблюдавшимся в это пятилетие в 2017 г. Перенос соединений хрома общего и никеля с водой р. Иртыш не был зафиксирован. Изменения переноса изомеров ГХЦГ крайне неоднозначны и характеризуются разнонаправленной динамикой из года в год: так в 2021 г. наблюдалось снижение переноса ∑ ГХЦГ после предшествующего роста.

Водный сток р. Тобол с 2017 по 2019 гг. сокращался, в связи с этим наблюдалось снижение переноса из Казахстана органических веществ (по ХПК), главных ионов (по сумме), минерального азота, общего фосфора, кремния, соединений железа общего, цинка, нефтепродуктов и фенолов. С 2019 по 2021 г. водный сток, напротив, увеличился и вместе с ним возрос перенос органических веществ (по ХПК), минерального азота, кремния,

соединений железа общего и цинка, фенолов. Неоднозначная динамика в этом пятилетии характерна для переноса главных ионов (по сумме) и нефтепродуктов (снижаются с 2019 г.), общего фосфора (повышенный перенос отмечался в 2020 г.), соединений меди (перенос стабилизировался после повышения в 2019 г.). Концентрации хлорорганических пестицидов в воде р. Тобол у с. Звериноголовское за весь период были ниже предела определения.

Расход воды р. Селенга в 2021 г. составил 222% от среднемноголетнего значения, в связи с превысившими климатическую норму осадками, что привело к существенному росту величин переноса растворенных химических веществ с водой этой реки. Максимальные количества главных ионов (по сумме), органических веществ (по ХПК), минерального азота, общего фосфора, кремния, соединений железа общего, меди и никеля, а также нефтепродуктов и фенолов были перенесены на территорию Российской Федерации в наиболее многоводном 2021 г., соединений цинка – в 2019 г. Динамика переноса главных ионов (по сумме), минерального азота, общего фосфора, кремния, соединений железа общего, фенолов и нефтепродуктов в целом повторяет динамику водности р. Селенги. Перенос органических веществ (по ХПК) снижался в период с 2018 по 2020 гг. Перенос соединений меди вырос с 2019 г., а цинка, напротив, уменьшился. Концентрации хлорорганических пестицидов за период с 2017 по 2020 гг. были ниже предела определения.

Рост водности р. Онон в рассматриваемом пятилетии стал причиной увеличения переноса большинства определяемых химических веществ с территории Монголии в Россию с водой этой реки: органических веществ (по ХПК), главных ионов (по сумме), минерального азота (за исключением 2020 г.), общего фосфора, кремния, соединений железа общего, меди (за исключением 2021 г.) и цинка. Однако межгодовая динамика переноса показателей не столь однозначна. Наибольшее количество органического вещества (по ХПК) было перенесено в среднем по водности 2019 г., в самом многоводном 2020 г. отмечался наименьший перенос минерального азота. Перенос соединений меди и цинка в 2021 г. снизился. Наибольший перенос нефтепродуктов отмечался в 2018 г., а фенолов – в 2019 г. В период с 2017 по 2021 гг. перенос соединений никеля отмечался только в 2019 г., соединений хрома общего – в 2017 г., максимальный перенос ∑ ГХЦГ – в 2020 г., а ∑ ДДТ – в 2018 г. В 2021 г. перенос соединений никеля, хрома общего и ХОП не был зафиксирован.

Водный сток р. Раздольная с 2018 г. характеризуется убывающей динамикой, перенос химических веществ с водой этой реки с территории Китая имеет неоднозначный характер. В целом повторяет динамику водного стока перенос главных ионов (по сумме), соединений железа общего, кремния, нефтепродуктов и минерального азота. Перенос органических веществ (по ХПК) и фосфора общего с 2019 г. возрастает после предшествующего значительного снижения. Максимальное количество кремния было перенесено в самом многоводном 2018 г. (17,9 тыс. т), после чего наблюдался спад до минимальных значений в пятилетии (14,2 тыс. т в 2019 г., 12,8 тыс. т – в 2020 г. и 8,75 тыс. т – в 2021 г.). Межгодовая динамика переноса соединений меди характеризуется чередованием пиков и спадов независимо от уровня водности: максимальные величины переноса отмечены в 2018 и 2020 гг., а минимальные – в 2017, 2019 и 2021 гг. Перенос соединений цинка в многолетии в целом возрастает, исключая 2020 г. Максимальный перенос фенолов отмечался в 2018 г., после чего наблюдался резкий спад и плавное увеличение переноса с 2019 по 2021 гг. Перенос соединений никеля стабилизировался с 2019 г. Перенос соединений хрома общего отмечался только в 2017 г. Концентрации ХОП в воде р. Раздольная у с. Новогеоргиевка за весь период были ниже предела определения.

Определяющим фактором в существенном изменении величин переноса большинства химических веществ для рек Патсо-йоки, Вуокса, Миус, Северский Донец, Терек, Иртыш, Онон и Раздольная был уровень загрязненности воды этими веществами; для рек Лава, Мамоновка, Ишим, Тобол, Селенга - как водный сток, так и уровень загрязненности.

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 с нормативом 6 мгO_2/дм^3. Полученное значение сравнивается с установленной шкалой качества вод (табл. 3.13).

Таблица 3.13. Классы качества вод и соответствующие им значения индекса загрязненности вод ИЗВ.

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. Наибольший вклад в загрязнение вод на южной границе мелководного Северного Каспия (разрез IV) вносили фенолы (среднее значение 2,18 ПДК, максимальное 3,0 ПДК). Другими приоритетными загрязняющими веществами являлись нефтяные углеводороды и аммонийный азот, концентрация которых в среднем не превышала 0,80 ПДК, а максимальные значения – 1,0 ПДК. В водах IV разреза состояние вод по сравнению с предыдущими годами существенно не изменилось. Значение расчетного индекса ИЗВ составило 0,78, что соответствует «умеренно загрязненным» водам (III класс). Многолетняя динамика ИЗВ (рис. 3.54) в текущем столетии свидетельствует об отсутствии четко выраженной тенденции изменения качества вод в рассматриваемом районе. После повышения в первые годы столетия индекс находился в диапазоне значений III класса качества, «умеренно загрязненные» воды.

Рис. 3.54. Многолетняя динамика индекса загрязненности вод ИЗВ на южной границе Северного Каспия в водах IV разреза в период 2000-2021 гг.

Многолетняя динамика приоритетных загрязняющих веществ характеризуется уменьшением концентрации фенолов с 2,6-3,6 ПДК до 2,0-2,5 ПДК в 2009-2010 гг. и сохранением ее примерно на этом уровне в дальнейшем. Одновременно в период с 2000 г. по 2010 г. отмечался рост концентрации нефтяных углеводородов (НУ) от 0,3 ПДК до 0,9 ПДК с дальнейшей стабилизацией в диапазоне 0,8-1,0 ПДК (рис. 3.55).

Рис. 3.55. Многолетняя динамика концентрации (в ПДК) приоритетных загрязняющих веществ (фенолов, нефтяных углеводородов и аммонийного азота) на южной границе Северного Каспия в водах IV разреза в период 2000-2021 гг.

Средняя и максимальная концентрации фосфатов составили в 2021 г. менее 0,1 ПДК. Загрязнение биогенными веществами вод на южной границе Северного Каспия и угроза их эвтрофикации по-прежнему отсутствовали.

Содержание растворенного кислорода сохранялось на уровне существенно выше норматива. Поскольку в 2021 г. наблюдения проводились только один раз в год в декабре, полученные значения не могут анализироваться для выявления среднегодовой многолетней динамики. Ориентировочно можно говорить о понижении концентрации растворенного кислорода с 10,3-10,7 мгO_2/дм^3 в 2001-2004 гг. до 7,23 мгO_2/дм^3 в 2014 г. и последующем восстановлении режима до 9,3-10,7 мгO_2/дм^3.

Дагестанское взморье. Наиболее приоритетными загрязняющими веществами сохранились фенолы: средние значения концентрации изменялись от 2,40 ПДК у г. Каспийск до 3,29 ПДК у г. Махачкала (таблица 3.14), а максимальные значения составили 3-4 ПДК. Нефтяные углеводороды вносили заметно меньший вклад в общий уровень загрязнения. Их среднее содержание составило от 0,70 ПДК в водах взморья реки Сулак до 0,99 ПДК у п. Лопатин. В районе взморья реки Сулак концентрация меди составила 0,72 ПДК, что соответствует уровню 2019-2020 гг. Третьим приоритетным загрязняющим веществом являлся аммиачный азот, концентрация которого составила 0,59-0,80 ПДК. Как и в предыдущие годы, наблюдалось выраженное увеличение концентрации

аммиачного азота в направлении с севера на юг от п. Лопатин к г. Каспийск. Кислородный режим в водах Дагестанского взморья нарушен не был: средняя и минимальная концентрации растворенного кислорода заметно превышали норматив.

В районах п. Лопатин и г. Махачкала морские воды характеризовались по комплексному показателю как «загрязненные» (ИЗВ 1,32-1,42), а на взморьях рек Терек и Сулак и в районе Каспийска - как «умеренно загрязненные» (ИЗВ 1,11-1,19). Тенденция изменения ИЗВ за последние пять лет в четырех из пяти районах наблюдений отсутствует и лишь на взморье реки Терек в 2017-2021 гг. отмечается статистически значимое уменьшение ИЗВ с темпом 0,07/год (рис. 3.56). При этом межгодовые, как и пространственные, изменения ИЗВ были вызваны преимущественно изменчивостью концентрации фенолов.

Таблица 3.14. Пространственная изменчивость концентрации приоритетных загрязняющих веществ (в ПДК) и ИЗВ в прибрежных водах Дагестанского взморья в декабре 2021 г.

Район	НУ	Фенолы	Медь	Азот аммонийный	Фосфор фосфатный	ИЗВ (класс загрязнения)
п. Лопатин	0,99	3,17	-	0,59	0,22	1,32 (IV)
Взморье р. Терек	0,84	2,70	-	0,76	0.26	1,11 (III)
Взморье р. Сулак	0,70	2,60	0,72	0,71	0,26	1,16 (III)
г. Махачкала	0,96	3,29	-	0,78	0,25	1,42 (IV)
г. Каспийск	0,92	2,40	-	0,80	0,23	1,19 (III)

Рис. 3.56. Динамика ИЗВ в водах отдельных районов Дагестанского взморья в 2008-2021 гг.

Азовское море

Дельта р. Дон. В 2021 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 0,31‰ до 1,29‰. За последние 3 десятилетия наблюдается небольшое увеличение солености в устьевых водах Дона (рис. 3.57). Значения водородного показателя (pH) находилось в диапазоне 8,01-8,82. Загрязнение вод устьевых протоков Дона НУ является хроническим. Концентрация нефтяных углеводородов изменялась от 0,2 ПДК до 5,8 ПДК (в рукаве Мертвый Донец); среднегодовая составила 1,4 ПДК. Детергенты были выявлены в нескольких пробах с максимальной концентрацией 0,2 ПДК. Во всех устьях рукавов дельты р. Дон была выявлена растворенная ртуть, концентрация которой достигала 2,8 ПДК, в среднем 1,7 ПДК. Хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ в отобранных пробах воды не были отмечены. Содержание соединений азота было меньше, чем среднее за последние 20 лет: нитратов в 3,5 раза, нитритов на 24% и аммонийного азота на 29%. Кислородный режим вод в течение всего года был удовлетворительный, содержание растворенного кислорода было ниже норматива только в одной пробе из придонного слоя (4,31 мгO_2/дм^3, 53% насыщения, 31 мая, Мертвый Донец).

Рис. 3.57. Многолетняя динамика среднегодовой солености в устьевых протоках р. Дон в период 1993-2021 гг.

Соленость мелководного **Таганрогского залива** в значительной степени зависит от речного стока. В 2021 г. соленость изменялась в диапазоне 0,49-11,23‰, составив в среднем 5,36‰, что на 12% меньше предыдущего года. Концентрация НУ изменялась от значений ниже предела обнаружения применяемого метода до 4,8 ПДК, что на 14% меньше, чем в предыдущем году. Среднегодовая концентрация составила 0,064 мг/дм^3 (1,2 ПДК). Как и в предыдущие годы, максимальная величина во много раз превышала среднюю, значения которой в последние три десятилетия не показывают значимого линейного тренда (рис. 3.58). Концентрация растворенной ртути изменялась в пределах 1,0–2,9 ПДК. Максимальная зафиксированная концентрация аммонийного азота на акватории залива составила 428 мкгN/дм^3, что в 1,8 раза больше предыдущего года. Среднее содержание фосфора фосфатов составило 11,7 мкгР/дм^3 и сохраняется достаточно стабильным в последние четыре года. Содержание общего фосфора изменялось в интервале 8,9 –316,4 мкгР/дм^3, составив в среднем 44 мкгР/дм^3. Концентрация растворенного кислорода в водах залива изменялась в очень широком диапазоне от 0,55 мгO_2/дм^3 до 13,53 мгO_2/дм^3, составив в среднем 8,31 мгO_2/дм^3. В 11 из отобранных 144 проб, концентрация растворенного кислорода была ниже нормы (6,0 мгO_2/дм^3), а в пяти из них была меньше 50%. В целом уровень содержания растворенного в воде кислорода был ниже своих многолетних значений. Расчет значения индекса загрязненности вод (ИЗВ) производился по параметрам, внесшим наибольший вклад в загрязнение вод: нефтяным углеводородам, ртути и нитритам, а также растворенному в воде кислороду. По ИЗВ (1,10) воды Таганрогского залива в 2021 г. классифицировались как «умеренно загрязненные». Качество вод залива не изменилось по сравнению с предыдущим годом (ИЗВ=1,08).

Рис. 3.58. Многолетняя динамика максимальной и средней концентраций нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах устьевых протоков р. Дон и восточной части Таганрогского залива в период 1993-2021 гг.

В донных отложениях концентрация НУ в рукавах р. Дон изменялась от 110 до 180 мкг/г. Максимум был отмечен в июле в устье рукава Переволока. Среднегодовое содержание НУ составило 141 мкг/г (2,82 ДК). В Таганрогском заливе концентрация НУ изменялась в диапазоне 8-170 мкг/г (3,40 ДК), а средняя концентрация составила 119 мкг/г (2,38 ДК), что больше значений предыдущего года (1,94 ДК).

Устьевое взморье и дельта р. Кубань

Низовья дельты реки Кубань. В 2021 г. соленость в Петрушином рукаве р. Кубань изменялась в пределах 0,25-0,55‰, в рукаве Протока от 0,28‰ до 0,42‰, т.е. вода во всех отобранных пробах оказалась пресной. Среднегодовая концентрация НУ на обеих станциях оказалась немного ниже значений предыдущего года (0,048 мг/дм^3) и составила 0,042 мг/дм^3 (0,84ПДК); максимальная - 0,079 мг/дм^3 (1,58 ПДК). Хлорорганические пестициды α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, а также ДДТ и его метаболиты не были выявлены.

Порт Темрюк. Соленость воды в канале порта в 2021 г. изменялась в диапазоне от 8,41‰ до 14,31‰. Среднегодовая величина солености составила 13,02‰, что близко к значениям предыдущего года (13,45‰). За последние 30 лет очевидно проявляется закономерное изменение среднегодовой солености практически синхронно в различных районах Темрюкского залива (рис. 3.59). В дельтовых пунктах реки Кубань воды закономерно сохранялись практически пресными. Концентрации НУ изменялась от предела определения применяемого метода до 4,60 ПДК (0,23 мг/дм^3), что выше прошлогоднего максимума 3,62 ПДК (0,18 мг/дм^3). Среднегодовое значение НУ составило 0,055 мг/дм^3 (1,10 ПДК), что на 28% больше прошлогоднего значения. Концентрации хлорорганических пестицидов (α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) и фосфорорганических соединений (метафос, карбофос, фозалон и рогор) в водах канала порта Темрюк были ниже предела обнаружения. В поверхностном и придонном слоях сероводород не был выявлен. Концентрация растворенной ртути изменялась от предела обнаружения до 0,029 мкг/дм^3 (0,29 ПДК); среднегодовая составила 0,011 мкг/дм^3 (0,11 ПДК). Среднегодовые концентрации биогенных веществ, включая соединения азота и фосфора, в водах канала порта Темрюк в течение всего года не превышали ПДК. В течение года насыщение вод растворенным кислородом было удовлетворительным. Минимальное содержание составило 78%. Воды канала порта Темрюк по ИЗВ (0,65), рассчитанному по средним концентрациям НУ, PO_4, NO_2 и растворенного кислорода относились к II классу качества, «чистые». По сравнению с предыдущим годом (ИЗВ=0,47) качество вод незначительно ухудшилось.

Рис. 3.59. Динамика среднегодовой солености (‰) в различных районах устьевой области р. Кубань и Темрюкском заливе в 1990-2021 гг.

Взморье реки Кубань. Соленость вод взморья Кубани изменялась в очень широком диапазоне 2,34-13,97‰, при средней солености 11,99‰. Концентрация нефтяных углеводородов изменялась от аналитического нуля до 0,063 мг/дм^3 (1,26 ПДК). Максимальная концентрация НУ была меньше прошлогодней (0,122 мг/дм^3), а среднегодовая составила 0,026 мг/дм^3 (0,52 ПДК) и практически не изменилась. Концентрации соединений азота и фосфора были близки к прошлогодним значениям. Среднегодовая концентрация нитритов составила 8,2 мкг/дм^3 (в 2020 г. - 6,0 мкг/дм^3), нитратов – 149 мкг/дм^3 (131 мкг/дм^3), аммонийного азота – 163 мкг/дм^3 (126 мкг/дм^3), фосфора фосфатов – 3,07 мкг/дм^3 (18,0 мкг/дм^3) и общего фосфора – 17,1 мкг/дм^3 (4,0 мкг/дм^3). Среднегодовая концентрация растворенной ртути составила 0,006 мкг/дм^3, с максимумом 0,016 мкг/дм^3 (0,16 ПДК для морских вод). Насыщение вод растворенным кислородом было удовлетворительным: среднегодовая концентрация составила 9,08 мгO_2/дм^3, а минимальное насыщение 81%. Расчет индекса загрязненности выполнен по среднегодовым концентрациям НУ, аммонийного азота, растворенной ртути и кислорода. По индексу загрязненности ИЗВ (0,45) воды взморья р. Кубань в 2021 г. относились ко II классу - «чистые».

Взморье рукава Протока. В 2021 г. соленость воды изменялась от 6,82‰ до 13,38‰, среднегодовая составила 12,08‰, что несколько выше средней многолетней за последние 5 лет - 11,98‰. Средняя концентрация НУ составила 0,021 мг/м^3 (0,42 ПДК), а максимум достигал 0,053 мг/м^3 (1,06 ПДК). Хлорорганические (γ-ГХЦГ, α-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) и фосфорорганические (метафос, карбофос, фозалон и рогор) пестициды, а также растворенная ртуть и сероводород в водах взморья Протоки не были выявлены. Концентрации биогенных элементов не превышали нормативов. По ИЗВ (0,31), определенному по среднегодовым значениям НУ, NH_4, и Hg, воды взморья рукава Протока в Темрюкском заливе относились ко II классу качества вод, «чистые». Качество воды сохранилось на прошлогоднем уровне.

Устьевая область р. Кубань (гирла лиманов). Соленость вод устьевой области изменялась в очень широком диапазоне 0,42-12,97‰. Средняя за год соленость составила 6,62‰, что выше показателя предыдущего года (4,92‰). Максимальная зафиксированная концентрация НУ составила 0,085 мг/дм^3 (1,70 ПДК), что значительно

меньше прошлогоднего значения (4,22 ПДК). Среднегодовая составила 0,022 мкг/дм^3 (0,44 ПДК), что почти в два раза меньше прошлогоднего значения 0,040 мкг/дм^3 (0,80 ПДК). Хлорорганические пестициды в водах взморья не были выявлены. Концентрация биогенных элементов (аммонийного азота, нитритов, нитратов и фосфатов) не превышала ПДК. Кислородный режим вод в течение всего года был удовлетворительный. Среднегодовая концентрация составила 8,62 мгO_2/дм^3 Минимальное содержание растворенного кислорода в прилегающих к устьям лиманов участкам устьевой области р. Кубань в 2021 г. составило 77% насыщения, а среднее насыщение составило 92%. Наличия сероводорода не было выявлено. Расчет ИЗВ был выполнен по среднегодовым концентрациям НУ, NH_4, NO_2 и растворенного кислорода. По ИЗВ (0,39) воды гирл лиманов относились ко II классу качества вод - «чистые». Состояние вод по сравнению с предыдущим годом не изменилось.

Крым. Керченский пролив. Значения основных гидрохимических параметров и концентрации биогенных веществ в водах пролива соответствовали диапазону: температура 7,0-29,8^{O}C; соленость 12,09-17,29‰, составив в среднем 14,85‰, что всего на 0,08‰ выше прошлогоднего значения. В среднем происходит осолонение вод в проливе, однако скорость процесса, очевидно, замедлилась в последнюю пятилетку (рис. 3.60); pH 7,91-8,33/8,09; щелочность 1,375-3,198/2,822 мг-экв/дм^3; фосфаты P-PO_4 4,9-12,8/7,8 мкг/дм^3, что на уровне предыдущего года; общий фосфор P_{total} 10-44/19,6 мкг/дм^3, что близко к прошлогодним величинам; силикаты SiO_3 90-720/404 мкг/дм^3, что в два раза выше значений предыдущего года; аммонийный азот N-NH_4 17-49/251,9 мкг/дм^3; нитритный азот N-NO_2 5,0-16,0/8,9 мкг/дм^3; нитратный азот N-NO_3 6-48/18,4 мкг/дм^3; среднее содержание всех форм азота было близким к прошлогодним значениям. В целом содержание биогенных элементов в водах пролива было в пределах естественных межгодовых изменений. По сравнению с предыдущим годом существенно повысилось содержание НУ, которые остаются наиболее важным загрязнителем вод пролива: средняя концентрация 0,091 мг/дм^3 (1,8 ПДК), максимальная 0,22 мг/дм^3 (4,4 ПДК). Высокие значения выше 1 ПДК были зафиксированы в 112 пробах из 176 во все месяцы наблюдений. Содержание НУ было одинаковым у поверхности и в придонном слое – 0,089 и 0,093 мг/дм^3. Концентрация СПАВ варьировала в диапазоне 13-23 мкг/дм^3, составив в среднем 18,0 мкг/дм^3 (0,2 ПДК). Фенолы не были выявлены. Из хлорорганических пестицидов ДДТ и его метаболиты ДДЕ и ДДД были выявлены в нескольких пробах, средние концентрации составили 0,07; 0,11 и 1,78 нг/дм^3, максимальные - 0,75; 2,37 и 10,9 нг/дм^3 соответственно. Линдан (γ-ГХЦГ) и его изомер α-ГХЦГ, а также пестициды альдрин, гептахлор и полициклические хлорированные бифенилы (ПХБ) не были выявлены. Концентрация растворённого в воде кислорода была выше установленного норматива во всех пробах и варьировала в пределах 6,00-11,72 мгO_2/дм^3, составив в среднем 8,61 мгO_2/дм^3. Кислородный режим вод пролива даже в теплый период года был в пределах нормы; различий в уровне аэрации в поверхностном и придонном слоях не было отмечено – 8,66 и 8,55 мгO_2/дм^3.

Рис. 3.60. Динамика среднегодовой солености (‰) на станциях разреза между портами Крым и Кавказ в северной части Керченского пролива в 2000-2021 гг.

Черное море

Крым. Порт Ялта. Значения основных гидрохимических параметров морских вод порта составили: температура 9,3-26,2^{O}C; соленость 4,587-18,945‰, в среднем 16,401‰; хлорность 2,49-10,53/9,11‰; pH 7,82-8,78/8,34; щелочность 2,424-3,368/3,097 мг-экв/дм^3; фосфаты P-PO_4 4-48/16,29 мкг/дм^3; общий фосфор 30-168/77,1 мкг/дм^3; силикаты 33-1218/196 мкг/дм^3; аммонийный азот N-NH_4 1-16/9,0 мкг/дм^3 (менее 0,01 ПДК); нитритный азот N-NO_2 1,1-11,9/4,7 мкг/дм^3 (0,2 ПДК); нитратный азот N-NO_3 8-694/132,1 мкг/дм^3. Диапазон значений гидрологических параметров и концентрации биогенных элементов примерно соответствовали предыдущим значениям. В отличие от предыдущего года, в течение 2021 г. было отмечено 13 случаев значительного распреснения вод до значений менее 14‰ из-за повышенного стока рек Дерекойка и Учан-Су, а в конце июня и начале июля соленость снизилась до 6,376‰ и 4,587‰.

Содержание НУ в водах акватории морского пассажирского порта изменялось от аналитического нуля до 0,35 мг/дм^3. Как и в предыдущем году, значимые концентрации наблюдались в январе-феврале, а максимум был зафиксирован 6 марта на поверхности (7 ПДК). Средняя за год концентрация НУ составила 0,009 мг/дм^3, что больше прошлогоднего значения в 3,6 раза (рис. 3.61).

Рис. 3.61. Многолетняя динамика средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в прибрежных водах Крыма

Содержание СПАВ варьировало от аналитического нуля до 94 мкг/дм^3; среднее годовое составило 9,83 мкг/дм^3 (0,09 ПДК). Фенолы не были выявлены. Из хлорорганических пестицидов ДДТ был выявлен в концентрациях 0,71-0,92 нг/дм^3, метаболит ДДЕ - 3,37 нг/дм^3, при среднем значении - 2,44 нг/дм^3; ДДД с концентрацией 12,61 нг/дм^3 (1,3 ПДК), в среднем – 2,44 нг/дм^3 (0,24 ПДК), что вдвое выше прошлогодних значений. Из пестицидов группы ГХЦГ был зафиксирован «свежий» линдан (γ-ГХЦГ), в очень высокой концентрации 20,74 нг/дм^3 (2,1 ПДК); среднегодовая величина составила 0,86 нг/дм^3, что на порядок выше прошлогодних значений. Содержание изомера α-ГХЦГ находилось в интервале 0,50-1,75 нг/дм^3. Альдрин в воде порта не был выявлен. Пестицид гептахлор был зафиксирован в концентрациях 0,59-4,02 нг/дм^3, при среднем значении 2,14 нг/дм^3 (0,21 ПДК), что в три раза меньше прошлогоднего уровня. 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 в этом районе виноградников. Полихлорированные бифенилы (ПХБ), которые являются индикаторами промышленной деятельности и широко используются как термоустойчивые диэлектрики в конденсаторах и других электроизделиях, были зарегистрированы в двух пробах: 15,35 нг/дм^3 - на поверхности и 19,20 нг/дм^3 (1,9 ПДК) у дна. Значения растворённого в воде кислорода были близкими к среднемноголетним и варьировали в пределах 5,29-10,76 мгO_2/дм^3, составив в среднем 8,39 мгO_2/дм^3. Концентрация ниже нормы была отмечена 15 сентября на поверхности при температуре 22,5^{o}С. Процент насыщения вод кислородом был примерно на уровне предыдущего года и варьировал в диапазоне 66-109%, в среднем 91,9% насыщения. Комплексный индекс загрязненности вод ИЗВ (0,34), рассчитанный по средним концентрациям нитритов (0,20), ДДД (0,24), гептахлора (0,21) и кислорода (0,72), позволяет оценить воды морского пассажирского порта Ялта II классом, «чистые».

Район Анапа-Туапсе. Значения основных гидрохимических параметров вод в районе Анапы, Новороссийска, Геленджика и Туапсе в 2021 г. соответствовали диапазону: температура 8,0-26,0°С; соленость 16,19-19,51‰, в среднем 17,74‰; pH 8,13-8,64/8,41; щелочность 2,905-3,546/3,195 мг-экв/дм^3; фосфаты P-PO_4 0-12,4/2,0 мкг/дм^3; силикаты 30-1040/150 мкг/дм^3; аммонийный азот N-NH_4 79,0-157,0/112,2 мкг/дм^3; нитритный азот N-NO_2 0,40-13,80/4,80 мкг/дм^3. В водах Кавказского прибрежья НУ (среднее содержание 0,032 мг/дм^3, максимальное 0,102 мг/дм^3, 2,04 ПДК) в основном присутствовали в незначительном количестве. Наибольшее содержание НУ было характерно для района Новороссийска. Однако по сравнению с 2020 г. величина среднего значения НУ в прибрежных водах Новороссийска стала немного меньше - 0,038 мг/дм^3 (0,76 ПДК) (рис. 3.62). 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 не было зафиксировано ни в одной пробе из 96 обработанных (DL=0,10 мг/дм^3). Концентрация растворенной в воде ртути превышала предел обнаружения DL=0,01 мкг/дм^3 в 12 пробах из 16 отобранных и достигала 0,025 мкг/дм^3 (0,25 ПДК); в среднем 0,010 мкг/дм^3. Хлорорганические пестициды групп ДДТ и ГХЦГ не были выявлены. Значения растворённого в воде кислорода варьировали в пределах 7,10-11,66 мгO_2/дм^3, в среднем 9,20 мгO_2/дм^3. Расчет ИЗВ (0,50-0,61), выполненный в разных районах по среднегодовым концентрациям НУ, NO_2, ртути, железу и растворенного кислорода, показал узкий диапазон изменчивости значений в пределах II класса качества вод - «чистые». В целом состояние вод Кавказского прибрежья сохранилось на прежнем уровне.

Рис. 3.62. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в прибрежных водах Кавказа в 1996-2021 гг.
Сокращения: Average North - средняя величина в северной части Кавказского прибрежья; МАС - предельно допустимая концентрация (ПДК); Trend Average North - тренд концентрации НУ в северной части прибрежья.

Район Сочи-Адлер. В 2021 г. значения основных гидрохимических параметров в прибрежных водах между устьями рек Мзымта и Сочи соответствовали диапазону: температура - 10,2-29,2°С; соленость - 6,69-19,67‰, в среднем 17,72‰; pH 8,13-9,33/8,33; щелочность - 2,308-3,560/3,178 мг-экв/дм^3; фосфаты P-PO_4 - 0-15,6/3,8 мкг/дм^3; силикаты - 13-1812/208 мкг/дм^3; аммонийный азот N-NH_4 - 0-106,3/10,9 мкг/дм^3; нитритный азот N-NO_2 - 0-4,03/0,96 мкг/дм^3; нитратный азот N-NO_3 - 0-423,2/30,3 мкг/дм^3. С 1996 по 2015 гг. отмечалось постепенное увеличение среднегодового содержания фосфатов в прибрежных водах Кавказского прибрежья, которое сменяется уменьшением, особенно заметно выраженным в водах порта Туапсе (рис. 3.63).

Рис. 3.63. Динамика средней концентрации фосфатов P-PO_4 (мг/дм^3) в прибрежных водах Кавказа в 1996-2021 гг.

Содержание СПАВ в водах района было высоким. Ниже аналитического нуля их концентрация была только в 7 пробах из 64 обработанных (DL=0,050 мг/дм^3), средняя концентрация 0,13 мкг/дм^3, а максимум составил 0,48 мкг/дм^3 (4,8 ПДК). Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ варьировало от 0,0 до 4,6 мгO_2/дм^3 (2,2 ПДК); в среднем 1,9 мгO_2/дм^3. Содержание взвешенных веществ было в пределах 0,0-35,0 мг/дм^3, в среднем 1,9 мг/дм^3. Хлорорганические пестициды групп ДДТ и ГХЦГ не были выявлены. Содержание растворенной в воде ртути было ниже предела обнаружения (DL=0,01 мкг/дм^3) во всех пробах. Концентрация свинца была ниже предела обнаружения (DL=0,01 мкг/дм^3) в 53 пробах из 64, а в остальных достигала 21,2 мкг/дм^3 (2,1 ПДК), в среднем 0,91 мкг/дм^3. До 2016 г. средние и максимальные значения свинца увеличивались, однако в последние годы отмечается резкое снижение (рис. 3.64). Железо было отмечено во всех пробах: 6-40/17,5 мкг/дм^3. Значения растворённого в воде кислорода варьировали в пределах 6,1-9,6 мгO_2/дм^3, в среднем 7,92 мгO_2/дм^3.

Уровень загрязнения прибрежных вод района Большого Сочи между эстуариями рек Мзымта и Сочи увеличился по сравнению с предыдущим годом: ИЗВ составил 0,81 (в 2020 г. - 0,43), что соответствует классу «умеренно загрязненные» воды. Средние годовые концентрации всех нормируемых загрязняющих веществ, кроме СПАВ (1,3 ПДК), были ниже установленных для морских вод нормативов. В 2021 г. в отдельных пробах максимальные концентрации превышали ПДК свинца (2,1 ПДК), СПАВ (4,8 ПДК), НУ (4,2 ПДК), взвешенных веществ (3,5 ПДК) и легкоокисляемых органических веществ, определяемых по БПК$_5$ (2,2 ПДК).

Рис. 3.64. Средняя и максимальная концентрации железа и свинца (мкг/дм^3) в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2003-2021 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 2021 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. Соленость вод Невской губы изменялась в пределах от 0,06‰ до 3,7‰ при среднем 0,14‰, что соответствует среднему многолетнему значению. Значения водородного показателя (pH) находились в диапазоне 6,75-8,69. В целом, кислородный режим был в норме. Среднее насыщение кислорода составило 93,34%. Дефицит кислорода (<70%) наблюдался в придонном слое в акватории Морского торгового порта, Северной станции аэрации и Центральной части Невской губы в конце лета — начале осени. Соленость вод Финского залива варьировала в очень широком диапазоне 0,09-6,74‰ при среднем 2,72‰. Значения водородного показателя изменялись в пределах от 6,68 до 8,7, что соответствует среднему многолетнему значению. Среднее насыщение кислородом на поверхности составило 104,3%, в придонном слое — 75,9%. Минимальное значение 28,3% было зафиксировано в придонном слое в Глубоководной части Финского залива, максимальное — 138,9% в Курортном районе Мелководной части.

Биогенные элементы. Сравнительный анализ содержания биогенных элементов показывает, что воды Невской губы более подвержены загрязнению биогенными элементами, чем Финского залива. Это связано как с антропогенным воздействием, так и спецификой гидрологического режима в Невской губе, связанной с КЗС. Положительный эффект на качество вод Финского залива оказывает приток свежих вод Балтийского моря. В 2021 г. среднее содержание аммонийного азота по всей Невской губе составило 0,18 ПДК, при максимальном 3,0 ПДК, азота нитритов 0,54/3,9 ПДК, азота нитратов 0,03/0,1 ПДК, фосфатного фосфора 0,11/2,5 ПДК, легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ 0,97/4,67 ПДК (2,02-9,8 мкгO_2/дм^3). В акватории районов Финского залива среднее содержание биогенных элементов было соответственно 0,04/1,39 ПДК, 0,18/0,6 ПДК, 0,01/0,05 ПДК, 0,46/2,83 ПДК. Абсолютным «лидером» по загрязнению биогенными элементами стали воды Центральной части Невской губы, второе место традиционно принадлежит водам Северной станции аэрации. Акватория Морского торгового порта и Южного курортного района минимально подвержены загрязнению биогенными элементами. Самым загрязненным биогенными веществами районом Финского залива стал Курортный район мелководной части Финского залива — 1,82 ПДК легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$. Самыми чистыми — воды Копорской и Лужской губы.

Органические загрязняющие вещества. Содержание НУ в Невской губе было практически минимальным. Значения выше предела обнаружения были зафиксированы в Центральной части Невской губы 0,06/0,4 ПДК (среднее/максимальное). В Финском заливе содержание НУ было выявлено в акватории Глубоководной зоны (0,01/0,26 ПДК) и в водах Лужской губы (0,024/0,24). Содержание фенола, СПАВ и хлорорганических пестицидов было ниже предела обнаружения использованных методов, как в Невской губе, так и в водах Финского залива (табл. 3.15). Таким образом, воды Российского сегмента Балтийского моря в очень незначительной степени загрязнены органическими загрязняющими веществами.

Таблица 3.15. Средние и максимальные значения гидрохимических показателей в водах Невской губы и восточной части Финского залива в долях ПДК

	Биогенные элементы					Органические ЗВ			Металлы				
Район	P-PO4	N-N02	N-NO3	N-NH4	BOD5	TPHs	Det	Phen	Cu	Mn	Zn	Fe	Al
Центральная часть	0,11/ **2,49**	0,49/ **3,62**	0,025/ 0,076	**0,17/ 2,99**	0,87/ **3,62**	0,06/ 0,4	0	0	**5,17/ 17,8**	0,85/ **12,0**	**1,62/ 8,3**	0,77/ **2,4**	0,23/ **2,2**
Северный курортный р-н	0,15/ 0,31	0,54/ **1,03**	0,017/ 0,035	0,14/ 0,59	**2,70/ 4,67**	0	0	0	**4,75/ 7,0**	0,35/ 0,85	**1,17/ 2,14**	**1,21/ 3,10**	0,49/ 0,83
Южный курортный р-н	0,10/ 0,74	0,34/ 0,87	0,015/ 0,047	0,16/ 0,50	**1,46/ 2,67**	0	0	0	**5,49/ 8,9**	**2,32/ 21,6**	0,75/ **1,83**	0,66/ **2,3**	0,51/ **1,15**
Морской торговый порт	0,05/ 0,17	0,44/ 0,94	0,029/ 0,046	0,14/ 0,22	0,77/ **1,62**	0	0	0	**4,53/ 8,1**	0,60/ **2,32**	**1,59/ 3,05**	0,71/ **1,40**	0,64/ **1,18**
Северная станция аэрации	0,23/ **1,27**	**1,58/ 3,93**	0,041/ 0,097	0,60/ **2,13**	**1,29/ 2,86**	0	0	0	**5,59/ 7,7**	0,58/ **2,07**	**1,87/ 7,7**	0,73/ **1,10**	0,61/ 0,95
Невская губа	0,11/ **2,49**	0,53/ **3,93**	0,025/ 0,097	0,18/ **2,99**	0,97/ **4,67**	0,01/ 0,4	0	0	**5,16/ 17,8**	0,91/ **21,6**	**1,57/ 8,3**	0,76/ **3,10**	0,63/ **2,2**
Глубоководная зона	0,5/ **1,4**	0,14/ 0,39	0,01/ 0,02	0,008/ 0,11	Н/Д	0,01/ 0,26	0/ 0	0/ 0	**1,8/ 5,8**	0,42/ **1,1**	0,23/ 0,48	0,07/ **1,18**	0,28/ 0,45
Копорская губа	0,35/ 0,83	0,21/ 0,49	0,009/ 0,02	0,01/ 0,16	Н/Д	0/ 0	0/ 0	0/ 0	**1,59/ 4,56**	0,71/ **2,2**	0,23/ 0,34	0/ 0	0,04/ 0,29
Курортный район	0,06/ 0,27	0,28/ 0,6	0,01/ 0,05	0,22/ **1,39**	**1,82/ 4,24**	0/ 0	0/ 0	0/ 0	**1,43/ 5,0**	0,09/ 0,51	0,17/ 0,35	**2,43/ 11,4**	0,62/ **1,98**
Лужская губа	0,36/ 0,77	0,19/ 0,3	0,008/ 0,02	0,02/ 0,12	Н/Д	0,024/ 0,24	0/ 0	0/ 0	**1,19/ 2,26**	0,62/ **1,18**	0,44/ **2,18**	0/ 0	0,07/ 0,31
Мелководная зона	0,67/ **2,83**	0,19/ 0,35	0,02/ 0,03	0,06/ 0,2	Н/Д	0/ 0	0/ 0	0/ 0	**1,77/ 5,6**	0,47/ **1,24**	0,24/ 0,58	0,44/ **1,7**	0,30/ **1,13**
Финский залив	0,46/ **2,83**	0,18/ 0,6	0,01/ 0,05	0,04/ **1,39**	**1,82/ 4,24**	0,005/ 0,26	0/ 0	0/ 0	**1,59/ 5,8**	0,45/ **2,2**	0,24/ **2,18**	0,57/ **11,4**	0,22/ **1,98**

Металлы. Воды Невской губы и Финского залива традиционно загрязнены металлами. Среднее содержание меди в водах Невской губы в 2021 г. составило 5,16 ПДК. Наиболее высокие значения были отмечены в акватории Северной станции аэрации (5,59 ПДК) и в Центральной части Невской губы (5,17 ПДК), где в мае был зафиксирован абсолютный максимум — 17,8 ПДК. Содержание меди в водах Финского залива изменялось в диапазоне от 1,19 ПДК в Лужской губе до 1,80 ПДК в Глубоководной зоне. Среднее содержание меди в Финском заливе составило 1,58 ПДК по нормативу морских вод, в отличие от Невской губы, где среднее содержание меди составило 5,16 ПДК по пресноводному нормативу. Хотя общая тенденция содержания меди в водах губы в последние два с половиной десятилетия показывает весьма резкое снижение, в последние семь лет наблюдается небольшой противоположный тренд с увеличением среднего значения в два раза (рис. 3.65). Средняя концентрация марганца в Невской губе — 0,91 ПДК. Минимальная концентрация ингредиента была зафиксирована в Северном курортном районе — 0,35/0,85 ПДК, максимальная концентрация в Южном курортном районе — 2,32/21,6 ПДК. В Финском заливе минимальная концентрация марганца была зафиксирована в Курортном районе мелководной зоны - 0,09/0,51 ПДК, а максимальная — в Копорской губе (0,71/2,2 ПДК). В целом, средняя концентрация ингредиента по всем районам Финского залива ниже, чем в Невской губе (0,45 ПДК). Воды Финского залива (0,24 ПДК) менее загрязнены цинком, чем воды Невской губы (1,57 ПДК). Минимальная концентрация в Финском заливе была зафиксирована в Курортном районе Мелководной зоны (0,17 ПДК), а максимальная — 0,44 ПДК — в Лужской губе. В Невской губе максимальная концентрация была зарегистрирована в акватории Северной станции аэрации — 1,87 ПДК, минимальная — 0,75 ПДК в Южном курортном районе.

Рис. 3.65. Многолетняя динамика средней концентрации тяжелых металлов (в ПДК) в водах Невской губы в 1998-2021 гг.

Белое море

Двинский залив. Температура варьировала от 0,2°С до 16°С, при среднем значении 8,1°С. Минимум наблюдался в августе в слое на глубине 80 м. Соленость акватории увеличилась по сравнению с предыдущим годом и в среднем составила 25,2‰ (на 3‰ выше). Наибольшие значения, как и в предыдущие годы, были отмечены в придонном слое, при диапазоне значений 17,6–32,1‰. Содержание НУ изменялось от аналитического нуля (предел обнаружения 0,005 мг/дм^3) до 0,052 мг/дм^3 (1,04 ПДК), при среднем значении 0,014 мг/дм^3. Значения НУ в водах Двинского залива немного снизились, при этом незначительное превышение ПДК было зафиксировано только в 1 пробе. Хлорорганические пестициды и СПАВ в водах Двинского залива не были выявлены.

Содержание аммонийного азота находилось в диапазоне от 0 до 28 мкг/дм^3,в среднем - 3 мкг/дм^3. Концентрация нитратного азота находилась в диапазоне 0–115/37,6 мкг/дм^3; нитритного азота - 0,85–4,7/2,0 мкг/дм^3; общего фосфора - 5,96–38,6/19,7 мкг/дм^3, фосфатов - 3,3–47,4/14,3 мкг/дм^3. На протяжении многих лет максимальные значения нитратов (рис. 3.66) на дне, как правило, выше, чем на поверхности или в среднем слое. Среднегодовая концентрация силикатов составила 498 мкг/дм^3, диапазон 237–1044 мкг/дм^3.

Рис. 3.66. Многолетняя динамика среднего значения содержания аммонийного азота (мкг/дм^3) в водах Двинского залива Белого моря в 1983-2021 гг.

Содержание кислорода увеличилось по сравнению с 2020 г.: среднее содержание растворенного кислорода составило 8,75 (2020 г. - 7,4 мгO_2/дм^3), диапазон изменений 7,9–10,5 мгO_2/дм^3. Процент насыщения изменялся в диапазоне 70,2–106,6%, в среднем 86,5%.

Кандалакшский залив. В 2021 г. на водпосту акватории Кандалакшского морского торгового порта значения температуры находились в диапазоне от-0,2°С (в марте) до +13°С (в августе). Соленость воды изменялась от 5,7‰ до 23,9,4‰ при среднегодовом значении 13,6‰, что выше прошлогодних значений. Водородный показатель варьировал в пределах 7,16–8,01 ед.pH, среднее значение 7,57 ед.pH. Содержание кислорода изменялось в диапазоне 9,35–13,7 мгO_2/дм^3, составив в среднем 11,5 мг O_2/дм^3. По сравнению с предыдущим годом снизилось

содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$: один раз было зафиксировано значение 1,1 мгО$_2$/дм^3. Содержание НУ в водах порта было незначительным и изменялось в диапазоне 0,006–0,019 мг/дм^3, в среднем составило 0,012 мг/дм^3, что немного ниже прошлогоднего уровня. Концентрации хлорорганических пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ в водах водпоста были ниже предела обнаружения. Концентрации растворенных форм тяжелых металлов изменялись в следующих пределах: медь – 0–8,1 мкг/дм^3, при среднем значении 3,4 мкг/дм^3 (0,68 ПДК, что ниже значений предыдущего года); никель – 0–4/1,2; марганец – 0–13,8/7,6; кадмий – 0–0,7/0,2; железо – 11–140/43 мкг/дм^3, максимум был зафиксирован в мае - 2,8 ПДК. Содержание ртути было выше предела обнаружения только в одной пробе в марте – 0,015 мкг/дм^3. Содержание свинца было ниже предела обнаружения, а концентрация хрома возросла и составила 0–3,2 мкг/дм^3.

Значения аммонийного азота превысили ПДК (при солености <13‰) в 1 пробе в мае - 493 мкг/дм^3 (1,3 ПДК), в среднем составив 156 мкг/дм^3. В этой же пробе фосфаты превысили ПДК 61,2 мкг/дм (1,2 ПДК) в среднем ниже ПДК - 29 мкг/дм^3. Нитриты находились в диапазоне 0–3,9 мкг/дм^3, при среднем значении 1,9 мкг/дм^3; нитраты – 0–47,8/20,2 мкг/дм^3; силикаты – 92,2–1297/862,1 мкг/дм^3. Для расчета ИЗВ (0,66) использовались средние концентрации железа, меди, фосфатов и растворенного в воде кислорода, воды характеризовались как «чистые» (II класс).

Баренцево море

Кольский залив. В 2021 г. на водпосту торгового порта г. Мурманска температура варьировала в пределах от 1,6^{o}С до 11,4^{o}С, что немного выше значений 2020 г., соленость находилась в диапазоне 10,9-25,4‰, значения pH 7,6-8,3, общая щелочность – от нулевых значений до 1,46 мг-экв/дм^3. Содержание НУ изменялось в диапазоне 0,015–0,064 мг/дм^3; среднее за год – 0,034 мг/дм^3 (0,7 ПДК); по сравнению с 2020 г. значения уменьшились, и сохранилась тенденция снижения содержания НУ за последние десять лет (рис. 3.67).

Рис. 3.67. Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в торговом порту Мурманска в 2011–2021 гг. *Красная линия - ПДК (МАС).*

Содержание легкоокисляемых органических веществ (по БПК$_5$) находилось на уровне аналитического нуля, значение 1,3 мгО$_2$/дм^3 наблюдалось в марте. Содержание пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ, взвешенных частиц и АПАВ в водах порта, как и в предыдущие годы, было ниже предела обнаружения. Загрязнение тяжелыми металлами было существенным для меди – среднее 5,2 мкг/дм^3 (1,04 ПДК), максимальное – 10,3 мкг/дм^3 (2,06 ПДК), что немного ниже значений предыдущего года; для железа – среднее 22,8/37 мкг/дм^3 (0,7 ПДК). В 2021 г. по сравнению с предыдущим годом концентрация никеля снизилась, значения были зафиксированы только в мае и ноябре (0,3 ПДК). Содержание марганца также было существенно ниже прошлогоднего уровня. Растворенная ртуть была зафиксирована только в мае (0,012 мкг/дм^3). Содержание различных форм биогенных элементов в водах порта было в пределах естественных межгодовых изменений. Среднегодовая концентрация кислорода составляла 9,32 мгО$_2$/дм^3 и была немного выше прошлогоднего значения; насыщение вод кислородом варьировало в диапазоне 79,1–88,6%.

Приоритетными загрязнителями в водах порта сохранились нефтяные углеводороды (0,034/0,68 ПДК), медь (5,2/1,04 ПДК) и железо (22,8/0,46 ПДК). Однако по индексу загрязненности вод ИЗВ (0,71) качество вод в районе водпоста в торговом порту г. Мурманск заметно улучшилось по сравнению с прошлогодним уровнем (1,2) и оценивалось II классом, «чистые».

Тихий океан

Шельф полуострова Камчатка. Авачинская губа. В 2021 г. приоритетными загрязняющими веществами в водах Авачинской губы были НУ и СПАВ. Среднегодовое содержание НУ в водах Авачинской губы в 2021 г. по сравнению с 2020 г. уменьшилось вдвое (0,026 мг/дм^3, 0,5 ПДК), максимальное значение составило 0,41 мг/дм^3 (8,2 ПДК),

(рис. 3.68). Значения выше или равные ПДК были отмечены в 19% отобранных проб. Среднегодовое содержание СПАВ в водах Авачинской губы было невысоким (6,2 мкг/дм^3), однако максимальное значение достигало 130 мкг/дм^3 (1,3 ПДК). Значения концентраций детергентов равные или выше ПДК были отмечены в восьми пробах из 138 отобранных. Все значения выше аналитического нуля были зафиксированы в водах Авачинской губы в августе.

Рис. 3.68. Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах Авачинской губы в 1985–2021 гг.

В среднем за 2021 г. в водах Авачинской губы содержание фенолов составило 0,7 ПДК, максимальное – 2,0 ПДК; начиная с 2018 г. наблюдается снижение среднегодовой концентрации фенолов от 2,0 ПДК до 0,6-0,8 ПДК. Среднегодовая концентрация растворенного кислорода в водной толще составила 10,39 мгO_2/дм^3 при среднем значении уровня насыщения 101,5%. В течение года было зафиксировано три случая содержания кислорода менее норматива, а минимум в августе в центральной части Авачинской губы (2,58 мгO_2/дм^3) соответствовал уровню высокого загрязнения (В3). По результатам расчета ИЗВ (0,52) воды Авачинской губы классифицировались как «чистые», (II класс).

Охотское море

Гидрохимические наблюдения проводятся в трех прибрежных акваториях острова Сахалин, расположенных на побережье в окрестностях с. Стародубское, у порта Пригородное в заливе Анива и в районе порта Корсаков.

В районе с. Стародубское значения большинства гидрохимических показателей, а также концентрации загрязняющих веществ находились в пределах среднемноголетних значений. По сравнению с 2018-2020 гг. повысились значения средней и максимальной концентраций меди: средняя составила 4,4 мкг/дм^3; максимальная - 5,8 мкг/дм^3 (1,2 ПДК), (рис. 3.69). Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ составило:: среднее значение - 2,4 мгO_2/дм^3 (1,1 ПДК), максимальное - 3,4 мгO_2/дм^3 (1,6 ПДК). Средняя концентрация нефтяных углеводородов не превысила нормативных показателей (0,03 мг/дм^3, 0,6ПДК), однако максимальная концентрация достигала 1,8 ПДК (0,09 мг/дм^3). Концентрации СПАВ (среднегодовая 0,01 мг/дм^3, максимальная 0,05 мг/дм^3), цинка (7/8,4 мкг/дм^3), свинца (0,9/1,0 мкг/дм^3) и кадмия (0,1/0,6 мкг/дм^3) не превысили нормативных показателей. Значительно снизилось содержание фенолов (<2,0 мкг/дм^3), что ниже предела обнаружения при фотометрическом методе измерений. Кислородный режим в период наблюдений был в пределах нормы: среднее содержание растворенного кислорода составило 6,83 мгO_2/дм^3, однако отмечалось минимальное содержание ниже нормы - 5,35 мгO_2/дм^3. В 2021 г. класс качества вод акватории у с. Стародубское соответствовал «умеренно загрязненным» водам (ИЗВ=0,87). В 2021 г. в донных отложениях в районе с. Стародубское повысилась концентрация НУ (среднее значение 49,5 мкг/г, 1 ДК; максимальное - 103,9 мкг/г, 2,1 ДК), что свидетельствует о возможном росте уровня техногенного воздействия на акваторию. Содержание фенолов, кадмия, меди, свинца и цинка было незначительным, а максимальные значения не превысили 0,3 ДК, как и в 2019-2020 гг.

Рис. 3.69. Динамика средней и максимальной концентраций меди (мкг/дм^3) в прибрежных водах Сахалина в 2010–2021 гг.

В заливе Анива на акватории порта Пригородное в 2021 г., по сравнению с 2019-2020 гг., было отмечено значительное повышение уровня загрязнения морских вод легкоокисляемыми органическими веществами по БПК$_5$ (среднее значение 4,7 мгО$_2$/дм^3, 2,2 ПДК максимальное 38,6 мгО$_2$/дм^3, 18,4 ПДК). Отмечено незначительное повышение средней концентрации меди (средняя 4,6 мкг/дм^3, 0,9 ПДК; максимальная 7,2 мкг/дм^3,1,5 ПДК) и НУ (средняя 0,06 мг/дм^3, 1,2 ПДК; максимальная 0,09 мг/дм^3,1,8 ПДК). Средняя и максимальная концентрация других ингредиентов – кадмия, цинка, свинца и СПАВ, не превышали 0,2 ПДК. Кислородный режим был в пределах нормы. Среднее содержание растворенного кислорода составило 6,6 мгО$_2$/дм^3, вместе с этим отмечено минимальное содержание ниже нормы – 4,45 мгО$_2$/дм^3. В 2021 г. класс качества вод акватории порта Пригородное соответствовал «загрязненным» водам (ИЗВ 1,3). За период 2016-2021 гг. класс качества вод снизился от «чистых» до «загрязненных». В донных отложениях содержание НУ практически в два раза повысилось по сравнению с прошлым годом – среднее значение 10 мкг/г, 0,2 ДК; максимальное – 43,7 мкг/г, 0,9 ДК. Средние и максимальные значения содержания кадмия, фенолов, меди, цинка и свинца не превышали норматива для донных отложений – максимальное значение составило 0,5 ДК для цинка.

В водах залива Анива в районе города и порта Корсаков в 2021 г. было отмечено незначительное снижение средней концентрации НУ и значительное снижение максимальной: 0,05 мг/дм^3 (1 ПДК) и 0,15 мг/дм^3 (3 ПДК), соответственно. Незначительно снизилось содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$: 2,4 мг/дм^3 (1,1 ПДК) и 4,2 мг/дм^3 (2,0 ПДК). Содержание меди уже несколько лет сохраняется на высоком уровне: 4,4 мкг/дм^3 (0,9 ПДК) и 7,4 мкг/дм^3 (1,5 ПДК). Содержание фенолов ниже пределов обнаружения при фотометрическом методе измерений. Средняя и максимальная концентрации кадмия, цинка, СПАВ, свинца и аммонийного азота не превышали 0,3 ПДК. Среднегодовое содержание кислорода составило 7,05 мгО$_2$/дм^3, минимальное значение ниже уровня норматива ~~и~~ составило 5,35 мгО$_2$/дм^3. В 2021 г. класс качества вод залива Анива в районе города и порта Корсаков соответствовал «умеренно загрязненным» водам (ИЗВ 0,96). В донных отложениях было зафиксировано снижение содержания НУ (среднее значение 182 мкг/г, 3,6 ДК; максимальное 298 мкг/г, 6,0 ДК). Следует отметить, что концентрация НУ в донных отложениях здесь значительно превышает величины в других точках наблюдения на юго-восточном побережье о. Сахалин. Концентрация кадмия понизилась по сравнению с прошлогодним уровнем (среднее значение 0,09 мкг/г, 0,1 ДК; максимальное 0,14 мкг/г, 0,2 ДК). Концентрация меди также снизилась: 7,7 мкг/г (0,2 ДК) и 9,7 мкг/г (0,3 ДК). Незначительно повысилось содержание цинка (среднее значение 87 мкг/г, 0,6 ДК; максимальное 104 мкг/г, 0,7 ДК), а фенолов и свинца не превышало 0,1 ДК.

Японское море

Залив Петра Великого. В 2021 г. во всех прибрежных районах залива Петра Великого среднегодовая концентрация НУ повысилась: в бухте Золотой Рог в 1,5 раза с 0,04 до 0,06 мг/дм^3; в бухте Диомид – в 2,3 раза с 0,03 до 0,07 мг/дм^3; в Амурском и Уссурийском заливах в 2 раза с 0,02 до 0,04 мг/дм^3; в заливе Находка в 1,3 раза с 0,03 до 0,04 мг/дм^3 (рис. 3.70). Максимальная концентрация НУ в морской воде в бухте Золотой Рог была отмечена на выходе из бухты (7,0 ПДК в октябре); в бухте Диомид (5 ПДК в октябре); в Амурском заливе в прибрежной зоне Владивостока (2,40 ПДК в апреле); в Уссурийском заливе в прибрежной зоне пос. Большой Камень (2,60 ПДК в июле) и в заливе Находка в бухте Врангеля (4,60 ПДК в июле). В проливе Босфор Восточный среднегодовое содержание НУ в морских водах не изменилось и составило 0,020 мг/дм^3; максимум был отмечен в бухте Улисс в июне и составил 1,20 ПДК.

Рис. 3.70. Межгодовые изменения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах залива Петра Великого Японского моря: 1.ЗРОГ — бухта Золотой Рог, 2.ДИОМ — бухта Диомид, 3.БОСФ — пролив Босфор Восточный, 4.АМУР — Амурский залив, 5.УСС — Уссурийский залив, 6.НХД — залив Находка.

По сравнению с 2020 г. уровень загрязненности прибрежных районов залива Петра Великого фенолами снизился во всех районах: среднегодовое содержание в бухте Золотой Рог составило 1,72 ПДК, в бухте Диомид – 1,16 ПДК, в проливе Босфор Восточный – 1,32 ПДК, в Амурском заливе – 1,54 ПДК, в Уссурийском заливе – 1,12 ПДК, в заливе Находка – 1,37 ПДК, в бухте Находка – 1,60 ПДК. Максимальные значения были отмечены в центральном районе залива Находка в мае (5,30 ПДК) и в Амурском заливе в районе пос. Славянка в апреле (4,20 ПДК). Загрязненность морских вод АПАВ повысилась в проливе Босфор Восточный с 0,87 до 0,97 ПДК, в Уссурийском заливе с 0,82 до 1,01 ПДК. В Амурском заливе уровень загрязненности морских вод детергентами практически не изменился и составил 0,98 ПДК. В бухте Золотой Рог, в бухте Диомид и в заливе Находка среднегодовое содержание АПАВ в морских водах снизилось и составило: в бухте Золотой Рог 0,86 ПДК, в бухте Диомид – 0,61 ПДК, в заливе Находка – 0,96 ПДК.

В прибрежных водах залива Петра Великого в 2021 г. среднегодовое содержание определяемых металлов (медь, железо, цинк, свинец, марганец и кадмий) было менее 1 ПДК. В Уссурийском заливе максимум меди составил 1,44 ПДК. Среднегодовое содержание ртути в морской воде в прибрежных районах изменялось в пределах 0,10–0,50 ПДК и по сравнению с предыдущим годом сохранилось примерно на том же уровне. Значения выше норматива были отмечены в четырёх районах: в проливе Босфор Восточный – 2,9 ПДК, в Амурском заливе – 1,7 ПДК, в Уссурийском заливе – 1,6 ПДК и в заливе Находка – 1,0 ПДК.

Среднее значение легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ изменялось в диапазоне 0,6–1,29 ПДК, максимальное значение (2,86 ПДК) было зарегистрировано в бухте Золотой Рог в июне. Среднее содержание взвешенных веществ в морских водах во всех прибрежных районах не превысило норматива и изменялось в диапазоне 0,45–0,84 ПДК. В бухте Золотой Рог и в проливе Босфор Восточный снизилось в 1,4 и в 2 раза соответственно. В Амурском и Уссурийском заливах и в заливе Находка произошло повышение среднегодового содержания взвешенных веществ в 1,3-1,4 раза. Максимальные показатели, превышающие норматив, были зафиксированы в Амурском заливе в центральной части (1,98 ПДК в апреле), в вершине Уссурийского залива (1,17 ПДК в июле) и в заливе Находка в наиболее загрязненной бухте Находка – 2,98 ПДК в июле.

Кислородный режим в 2021 г. ухудшился во всех прибрежных районах: среднегодовое содержание растворенного кислорода в толще вод разных районов акватории залива находилось в диапазоне 7,37–8,70 мгO$_2$/дм^3, в 26 пробах оно было ниже норматива (6,0 мгO$_2$/дм^3). Абсолютный минимум наблюдался в центральной глубоководной части залива Находка на горизонте 10 м в мае (3,63 мгO$_2$/дм^3, 38,2% насыщения). По результатам комплексной оценки (ИЗВ) в 2021 г. большая часть прибрежных районов залива Петра Великого относилась к III классу, «умеренно загрязненные» воды (рис. 3.71). Исключением стала бухта Золотой Рог, качество вод которой по-прежнему соответствовало IV классу, «загрязненные» воды. По сравнению с 2020 г. незначительно, в пределах одного класса – III улучшилось качество вод бухты Диомид, пролива Босфор Восточный, Уссурийского залива и залива Находка.

Рис. 3.71. Многолетняя динамика индекса загрязненности вод (ИЗВ) в различных районах залива Петра Великого Японского моря.

Донные отложения. В 2021 г. среднегодовое содержание НУ в донных отложениях прибрежных районов залива Петра Великого изменялось в диапазоне 0,06–9,75 мг/г сухого вещества. По-прежнему в наибольшей степени загрязнены донные отложения бухты Золотой Рог, среднегодовое содержание НУ в которой составило 195 ДК, максимальная концентрация - 533 ДК (26,67 мг/г). По сравнению с 2020 г. в трех прибрежных районах было отмечено снижение среднегодовой концентрации НУ в донных отложениях: в бухте Золотой Рог в 1,3 раза, в бухте Диомид – в 2,2 раза и в Уссурийском заливе – в 1,2 раза. В проливе Босфор Восточный и в заливе Находка среднегодовое содержание НУ в донных отложениях повысилось в 1,7 и 1,8 раза соответственно. В Амурском заливе этот показатель не изменился и составил 4,2 ДК.

Среднегодовое содержание фенолов в донных отложениях залива Петра Великого варьировало в диапазоне 3,6–6,74 мкг/г. В бухте Золотой Рог и бухте Диомид средняя концентрация фенолов снизилась по сравнению с предыдущим годом в 1,1 и 1,7 раза соответственно. В Уссурийском заливе и в заливе Находка уровень загрязненности донных отложений фенолами практически не изменился: 3,46 и 4,75 мкг/г, а в Амурском заливе произошло незначительное повышение среднегодового содержания фенолов в 1,1 раза. В 2021 г. в наибольшей степени были загрязнены фенолами отложения бухты Золотой Рог (средняя 6,74 мкг/г; максимальная 12,0 мкг/г) и Амурского залива (средняя 5,28 мкг/г; макс. 15,0 мкг/г).

В Амурском и Уссурийском заливах и в заливе Находка среднегодовые концентрации практически всех определяемых тяжелых металлов в донных отложениях не превышали допустимого уровня. В Амурском и Уссурийском заливах было отмечено повышение уровня загрязненности донных отложений марганцем (1,2 и 1,4 раза соответственно) и кобальтом (в 1,4 раза); в Уссурийском заливе было отмечено также повышение среднего содержания ртути в 1,4 раза. В заливе Находка в 2021 г. в пределах 1 ДК повысилось среднее содержание всех определяемых металлов: марганца – в 1,9 раза; кобальта – в 1,7 раза; кадмия – в 3,3 раза; свинца – в 2 раза; цинка – в 2,1 раза; железа – в 2 раза; хрома – в 2,2 раза и ртути – в 2,5 раза. В бухтах Золотой Рог и Диомид средние показатели большинства определяемых металлов превысили норматив. В бухте Золотой Рог среднее содержание меди составило 3,09 ДК, кадмия – 2,39 ДК, свинца – 1,53 ДК, цинка – 1,95 ДК и ртути – 3,47 ДК. В бухте Диомид среднее содержание практически всех ингредиентов превысило норматив; традиционно самые высокие концентрации были меди (12,75 ДК) и ртути (6,97 ДК). В 2021 г. во всех прибрежных районах, за исключением бухты Золотой Рог и Амурского залива, было зафиксировано повышение уровня загрязненности донных отложений ртутью; в проливе Босфор Восточный в 3 раза. В донных отложениях всех прибрежных районов залива Петра Великого по-прежнему отмечается высокая концентрация железа: среднегодовые показатели в 2021 г. находились в диапазоне 12062–31460 мкг/г. Наиболее высокие значения наблюдались в бухте Диомид, заливе Находка и в бухте Золотой Рог (32818, 31460 и 20850 мкг/г). Абсолютный максимум был зафиксирован в заливе Находка в бухте Новицкого – 79945 мкг/г.

Среднегодовая суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ превысила ДК в трех из шести исследуемых районах: в Бухте Золотой рог – 9,31 ДК, Диомид – 4,92 ДК, Амурский залив – 2,76 ДК. В остальных трех районах ДК не был превышен: в проливе Босфор восточный – 0,75 ДК, в Уссурийском заливе – 0,80 ДК, заливе Находка – 0,54 ДК (рис. 3.72). По сравнению с 2020 г. средняя суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ снизилась почти во всех районах залива Петра Великого, только в Амурском заливе произошло повышение этого показателя в 1,5 раза. Максимальное суммарное содержание пестицидов группы ДДТ было отмечено в июне в бухте Золотой Рог и в Амурском заливе – 17,08 и 12,96 ДК соответственно.

Рис. 3.72. Содержание суммы ДДТ в донных отложениях различных районов Японского моря

В 2021 г. произошло повышение уровня загрязненности донных отложений линданом (γ-ГХЦГ) в четырех прибрежных районах в 1,7-2,3 раза. Средние значения составили: в бухтах Золотой Рог и Диомид 4 ДК, в проливе Босфор Восточный 4,6 ДК, в заливе Находка 3,4 ДК. В Амурском заливе было отмечено снижение в пять раз среднего содержания линдана с 6 до 1,2 ДК; в Уссурийском заливе оно практически не изменилось – 2 ДК. Максимальное значение (6 ДК) было зарегистрировано в трех районах: в бухте Золотой Рог, проливе Босфор Восточный и в заливе Находка.

Среднее содержание полициклических хлорированных бифенилов (ПХБ) повысилось по сравнению с 2020 г. во всех прибрежных районах залива Петра Великого, за исключением пролива Босфор Восточный. В бухте Золотой Рог среднее содержание ПХБ повысилось с 11,11 до 26,26 ДК, в бухте Диомид - с 9,55 до 18,44 ДК, в Амурском заливе – с 0,93 до 1,04 ДК, в Уссурийском заливе – с 0,49 до 1,10 ДК и в заливе Находка – с 0,5 до 0,7 ДК. В проливе Босфор Восточный уровень загрязненности донных отложений ПХБ не изменился и составил 2,67 ДК. Наиболее высокие концентрации ПХБ в 2021 г. были зафиксированы в бухте Золотой Рог – максимум превысил 84 ДК.

Татарский пролив. В 2021 г. в районе порта г. Александровск-Сахалинский среднегодовое содержание НУ практически не изменилось и составило 1,1 ПДК, максимальное значение (3,04 ПДК) было отмечено в октябре. Содержание СПАВ и аммонийного азота было значительно ниже норматива – максимум составил 0,26 и 0,01 ПДК соответственно. Среднегодовое содержание меди практически не изменилось по сравнению с 2020 г. и составило 0,66 ПДК. Максимальная концентрация была зафиксирована в июне и составила 1,44 ПДК. Среднегодовые значения кадмия и свинца в период проведения наблюдений не превысили 0,1 ПДК, а цинка составило 0,14 ПДК, максимальное – 0,26 ПДК. Кислородный режим в 2021 г. был в пределах нормы: среднее содержание растворенного кислорода составило 8,35 мгO_2/дм^3. Качество морских вод по ИЗВ в Татарском проливе в районе г. Александровск по-прежнему относилось к III классу - «умеренно загрязненные» воды.

Уровень загрязненности донных отложений прибрежной зоны района г. Александровск НУ повысился по сравнению с предыдущим годом. Содержание НУ в донных отложениях было в диапазоне 0,0-1015 мкг/г абсолютно сухого грунта, в среднем 23,15 мкг/г (0,46 ДК); в 2020 г. – 13,06 мкг/г (0,26 ДК). Среднегодовое содержание фенолов снизилось в пять раз с 0,89 до 0,17 мкг/г. Содержание тяжелых металлов находилось в пределах: меди 0,0-108,3 мкг/г (среднее 3,93 мкг/г); цинка 0,0-220,6/22,54 мкг/г; кадмия 0,0-1,90/0,05 мкг/г; свинца 0,0-130,0/2,87 мкг/г. 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 2021 г. проводились по основным экологическим группировкам пелагиали и бентали: бактериопланктон, фитопланктон и фотосинтетические пигменты, мезозоопланктон и макрозообентос в Балтийском, Белом, Каспийском, 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 2021 г. наблюдения проводились в Невской губе Восточной части Финского залива. В Невской губе содержание хлорофилла «А» в планктоне в 2021 г. варьировало от 1,09 до 24,12 мкг/л (в 2020 г. – 1,82–35,80 мкг/л, в 2019 г. – 1,21-21,93 мкг/л). Воды Невской губы характеризовались как мезотрофные с чертами – эвтрофных вод – «слабозагрязненные» (2 класс).

В составе фитопланктона Невской губы было отмечено 107 видов водорослей, относящихся к 8 отделам. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало Chlorophyta – 42 и Bacillariophyta – 36, Cyanophyta – 14, остальные отделы были представлены единичными видами: Cryptophyta – 5, Euglenophyta и Dinophyta – 4, Chrysophyta и Xanthophyta – 1. Наибольшее число видов было выявлено в августе - 80, наименьшее в мае – 54.

Биомассы фитопланктона в северной, транзитной и южной зонах Невской губы имели незначительные отличия, так в транзитной зоне она составила 3,98 (в 2020 г. – 1,82 г/м^3), в северной – 3,07 (в 2020 г. – 3,03 г/м^3) и в южной – 2,97 (в 2020 г. – 1,13 г/м^3), а средняя биомасса в целом по Невской губе не превысила 3,35 (в 2020 г. – 1,99 г/м^3), что соответствует средним многолетним показателям.

В 2021 г., как и в предыдущие годы, по доле в биомассе фитопланктона Невской губы доминировали диатомовые водоросли, достигая 98%, что характерно для данного региона и срока отбора проб. Доля зеленых водорослей увеличилась по сравнению с 2020 г. В тоже время, количественные показатели синезеленых в планктоне сохранились незначительными. Основной вклад в вегетацию фитопланктона вносили диатомовые водоросли (до 98% от общей биомассы). Наряду с диатомовыми в прибрежной зоне наблюдалась активная вегетация зеленых водорослей (до 69%), в планктоне доминировали *Cladophora spp.*, *Mougetia spp.*, *Pediastrum boryanum*. Как и на большей части акватории, на всех станциях доминировали *Aulacoseira islandica*, *Asterionella formosa*, *Diatoma tenuis* и *Tabellaria fenestrata*.

В сезонной динамике 2021 г. выделялся один четко выраженный весенний пик, связанный с вегетацией диатомовых водорослей. Качество воды в период наблюдений соответствовало «слабозагрязненным» водам (2 класс). Экосистема поверхностного слоя находилась в состоянии антропогенного экологического напряжения.

В составе мезозоопланктона губы было отмечено 47 видов и вариетета. Наибольшим числом видов обладали коловратки – 22 вида и ветвистоусые – 17 видов, видовое разнообразие веслоногих сохранилось на прежнем уровне и не превысило 8 видов. Существенных изменений в качественном составе мезозоопланктона по сравнению с предшествующими периодами наблюдений не было отмечено.

Как и в предыдущие годы, в 2021 г. пространственное распределение зоопланктона по акватории Невской губы крайне было неравномерно. Его численность в губе варьировала от 0,7 тыс.экз/м^3 до 355,3 тыс.экз/м^3, биомасса – от 3,64 мг/м^3 до 622,61 мг/м^3. В 2021 г. в среднем биомасса зоопланктона в Невской губе составила 110,04 мг/м^3, численность – 34,4 тыс.экз/м^3. При этом среднее значение биомассы зоопланктона в 2021 г. соответствовало показателям 2020 г. В целом уровень развития зоопланктона и мезозоопланктона в Невской губе в 2021 г., также как и в 2020 г., на фоне межгодовой динамики можно оценить как сравнительно невысокий. Качество воды ~~в~~ соответствовало «слабозагрязненным» водам (2 класс). Экосистема поверхностного слоя находилась в состоянии антропогенного экологического напряжения.

В 2021 г. в составе макрозообентоса Невской губы, как и в 2017–2020 гг., было отмечено 53 вида донных беспозвоночных, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало малощетинковым червям – 25 и комарам-звонцам – 13, а также моллюскам – 10, 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. Видовой состав бентофауны губы был сформирован 4 сообществами донных беспозвоночных, четко регламентированных наличием органического вещества и формой его седиментации. Так, в транзитной зоне (фарватер) и приплотинной части Невской губы распространены сообщества пеллофильных бентосных беспозвоночных, способных выживать на жидких илах профундали, в прибрежных частях фауна зообентоса значительно разнообразней и представлена поясом сестонофагов мягких грунтов, активно перемещающихся в зоне высокой гидродинамики эстуариев, впадающих в губу рек. Максимальные количественные показатели макрозообентоса были отмечены в октябре. Так, средние значения количественных показателей 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, как и в 2020 г., доминировали олигохеты, составляя до 100% и формируя основу биоценоза Невской губы.

Как и в предыдущие годы, не выявлено существенных различий между восточным и западным районами, средние величины численности зообентоса в указанных районах были одного порядка. Средняя величина биомассы была выше в западном районе за счет более крупных моллюсков.

Значительные межгодовые колебания численности донных беспозвоночных связаны с многолетними изменениями речного стока и являются характерной особенностью Невской губы, неоднократно наблюдавшейся ранее. В 2014–2021 гг. заметно увеличение видового разнообразия бентосных сообществ. Количественные показатели макрозообентоса в Невской губе в целом незначительно снизились по сравнению с предыдущим годом. Различия в темпах роста численности и биомассы происходят из-за значительного количества молоди, а также развития мелких форм олигохет.

В целом развитие макрозообентоса Невской губы в 2021 г. аналогично периоду 2017–2020 гг. Качество воды в 2021 г. варьировало от «слабо загрязненных» до «грязных» вод. Большая часть акватории Невской губы – 66% наблюдаемых станций в её центральной части были отнесены к «загрязненным» (3 класс), устье рукава Большая Невка – к «слабозагрязненным» (2 класс), акватория Морского порта и северное побережья о. Кранштадт – к «грязным» (4 класс). Воды придонного слоя находились в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Таким образом, результаты наблюдений в 2021 г. позволили сделать вывод, что по всем наблюдаемым гидробиологическим показателям экосистема Невской губы находилась в состоянии антропогенного экологического напряжения, между тем качество вод поверхностного (фито- и зоопланктон, концентрация хлорофилла «А») и придонного слоев имели значительные расхождения в пределах 1–2 классов. Тем не менее, качество воды и состояние экосистемы Невской губы сохраняются неизменными на протяжении последних 10 лет.

Белое Море. В 2021 г. наблюдения проводились в Двинском заливе. В составе фитопланктона залива было отмечено 45 видов (в 2021 г. – 59 видов) водорослей, представленных пресноводными эвригалинными видами, среди которых в качественном и количественном отношениях доминировали холодноводные диатомовые водоросли – 26 видов (Bacillariophyta) и динофитовые (Dinophyta) – 9 видов, меньшее видовое разнообразие принадлежало зеленым (Chlorophyta) – 5 видов, золотистым (Chrysophyta) и синезеленым (Cyanophyta) – по 2 вида и криптофитовым (Cryptophyta) – 1 вид. Видовое разнообразие фитопланктона в пробах варьировало от 11 до 20. Количественные характеристики варьировали в пределах 15,49–130,88 млн.кл./м^3 (ОЧ) и 0,000076,20-0,000522,36 г/м^3 (ОБ). Качество воды соответствовало «слабозагрязненным» - (2 класс).

Основу качественного и количественного составов формировали диатомовые: *Skeletonema costatum, Thalassionema nitzschioides, Thalassiosira sp. Chaetoceros sp.*, наряду с диатомовыми доминировали золотистые *Ebria tripartita* – динофитовые *Protoperidinium sp.* Наибольший вклад в общую численность и биомассу вносили также представители диатомовых – 83 и 72% соответственно.

В составе зоопланктона было отмечено 28 видов, из них наибольшего видового разнообразия достигали веслоногие раки (Copepoda) – 13 видов, меньшее видовое разнообразие принадлежало следующим группам: ветвистоусые раки (Cladocera), эуфаузивые ракообразные (Euphausiacea) и гидромедузы (Hydromedusae) – по 2 вида, оболочники (Appendicularia), двустворчатые моллюски (Bivalvia), мшанки (Bryozoa), щетинкочелюстные (Chaetognatha), усоногие раки (Cirripedia), фораминиферы (Foraminifera), брюхоногие молюски (Gastropoda), многощетинковые черви (Polychaeta) и радиолярии (Radiozoa) – по 1 виду. По сравнению с 2020 г. сократилось число видов в основных группах Cladocera и Copepoda группах (в 2020 г. 4 – Cladocera, 15 – Copepoda) Rotatoria. Количественные показатели варьировали в диапазоне 2,25-9,55 тыс.экз./м^3 (ОЧ) и 0,034–0,89 г/м^3 (ОБ).

По численности на всех станциях доминировали виды Copepoda – *Oithona similis, Temora longicornis,* наряду с *O.similis* доминировала - *Acartia longiremis*. Наибольший вклад в общую численность и биомассу вносили также представители Copepoda – до 80%.

Экосистема поверхностного слоя находилась в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Море Лаптевых. В 2021 г. наблюдения проводились в заливе Неёлова и в дельте реки Лена в районе острова «столб Хабарова».

В составе фитопланктона залива было отмечено 13 видов водорослей (в 2020 г. – 16), представленных пресноводными эвригалинными видами. В качественном и количественном отношениях доминировали холодноводные диатомовые водоросли – 9 видов, на втором месте по числу видов находились зеленые водоросли – 3 вида, а также был зарегистрирован единственный представитель золотистых водорослей. Видовое разнообразие фитопланктона соответствовало среднемноголетним значениям, существенных изменений качественного состава не было выявлено.

Качество воды в дельте р. Лена соответствовало «условно чистым», «слабозагрязненным» (1, 2 класс), в заливе Неёлова соответствовало «слабо загрязненным» (2 класс).

Экосистемы поверхностных слоев наблюдаемых водных объектов находились в состоянии антропогенного экологического напряжения.

В составе макрозообентоса залива в 2021 г., также, как и в 2020 г., было отмечено 29 видов беспозвоночных, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало Chironomidae – 7 видов Oligochaeta – 6 видов, Mollusca и Amphipoda были представлены по 4 вида. Также 1–3 видами были представлены таксоны Trichoptera, Ephemeropterta, Plecoptera и Tipulidae.

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* G.O. Sars, 1863 и морской эвригалинный вид *Onisimus birulai* (Gurjanova, 1929), создававшие основу биомассы и численности макрозообентоса. Из представителей вагильной фауны, основу биомассы формировали двустворчатые моллюски *Sphaerium corneum* (Linnaeus, 1758) и *Pisidium amnicum* (O. F. Müller, 1774). В 2016–2021 гг. фауна макрозообентоса не претерпела значительных изменений и была представлена теми же группами. Качественный и количественный составы зообентоса в дельте р. Лена и прилежащем заливе Неёлова зависят от градиента солености (преобладающих течений) и формируются из фаун зообентоса водных объектов, составляющих основу водного баланса.

В 2021 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 соответствовало «слабозагрязненным» (2 класс).

Результаты наблюдений в дельте р. Лена и Заливе Неёлова в 2021 г. позволили сделать вывод, что по всем наблюдаемым гидробиологическим показателям экосистема водных объектов находилась в состоянии антропогенного экологического напряжения, между тем качество вод поверхностного (фитопланктон) и придонного слоев (зообентос) имели значительные расхождения в пределах 1-го и 2-го классов. Тем не менее, качество воды и состояние экосистем р. Лена и Залива Неёлова сохраняются неизменными на протяжении последних 11 лет в пределах сложившегося состояния экологической системы, соответствующего экологическому антропогенному напряжению и экологическому регрессу.

Японское море. В 2021 г. гидробиологические наблюдения проводились по микробиологическим показателям. Оценивалась общая численность и биомасса микроорганизмов, доля 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 2199 мг/м^3. По сравнению с 2020 г. наблюдалось незначительное увеличение общей численности и биомассы. Максимальные значения общей численности микроорганизмов и их биомассы наблюдались в придонном горизонте осенью – 8,22 млн.кл/мл и 5,68 г/м^3. Минимальные — на фоновой станции весной в придонных горизонтах и составили 0,37 млн.кл/мл и 256 мг/м^3 соответственно.

В 2021 г. по сравнению с 2020 г. было отмечено увеличение среднегодового значения численности гетеротрофных сапротрофных бактерий до 2,17 млн.кл/мл, численность варьировала в диапазоне 0,0025–6,0 млн.кл/мл. В апреле в придонном горизонте была отмечена минимальная численность микрофлоры (0,0025 млн.кл/мл), а максимальное значение 6 млн.кл/мл – осенью в поверхностном горизонте.

Концентрация нефтеокисляющих бактерий увеличилась в 12 раз по сравнению с 2020 г. При среднем значении 245 тыс.кл/мл их численность варьировала в пределах от 25 кл/мл до 2,5 млн.кл/мл. Максимальная численность нефтеокисляющих бактерий была зафиксирована в поверхностных горизонтах осенью – 2,5 млн.кл/мл.

Концентрация фенолокисляющих бактерий в 2021 г. варьировала от 1 до 25 кл/мл, составив в среднем 4 кл/мл. Минимальные значения фенолокисляющих бактерий наблюдались на всех станциях весной. В осенний период их средняя численность увеличилась, по сравнению с весенним, до 5 кл/мл.

По микробиологическим показателям воды Амурского залива – «загрязненные» (3 класс).

Уссурийский залив. Общая численность микроорганизмов в Уссурийском заливе незначительно возросла по сравнению с 2019 г. и в среднем составила 2,03 млн.кл/мл при увеличении их среднегодовой биомассы до 1,4 г/м^3. Максимальная общая численность бактериопланктона и его биомасса были зафиксированы в поверхностном горизонте летом – 3,7 млн.кл/мл и 2,54 г/м^3 соответственно, минимальные – в придонном горизонте в апреле – 0,18 млн.кл/мл и 124 мг/м^3. Летом наблюдалось увеличение количественных показателей по сравнению с 2019 г. до 2,96 млн.кл/мл и 2,05 тыс.мг/м^3 соответственно. Осенью эти показатели увеличились по сравнению с 2019 г. до 2,57 млн.кл/мг, и 1,79 г/м^3 соответственно.

Численность сапротрофных бактерий увеличилась по сравнению с 2019 г. в 2,5 раза при среднем значении 1,04 млн.кл/мл. Численность бактериопланктона варьировала в пределах 0,006–2,5 млн.кл/мл. Максимальное значение численности сапротрофных микроорганизмов наблюдалось летом и осенью в поверхностном и придонном горизонтах – 2,5 млн.кл/мл. Весной в придонных горизонтах были отмечены минимальные значения – 0,006 млн. кл/мл. В летний период наблюдений численность гетеротрофных сапрофитных бактерий варьировала в пределах 0,025–2,5 млн.кл/ мл. В осенний период при среднем значении 1,61 млн.кл/мл число микроорганизмов варьировало от 60,00 тыс.кл/мл до 2,50 млн.кл/ мл.

Численность нефтеокисляющих бактерий сократилась по сравнению с 2019 г. в 20 раз и в среднем составила 2,9 тыс.кл/мл. Она варьировала от 1 кл/мл до 25,00 тыс.кл/мл. Максимальные значения 25,00 тыс.кл/мл были зарегистрированы летом в поверхностном и придонном горизонтах, минимальные — в апреле в придонном горизонте. Летом их средняя численность возросла до 7,26 тыс.кл/мл, а осенью снова снизилась до 1,30 тыс.кл/мл.

Численность фенолокисляющих бактерий увеличилась по сравнению с 2019 г. в 3 раза, составив в среднем 2 кл/мл. Среднегодовые значения численности микроорганизмов варьировали от 1 до 25 кл/мл. Максимальные значения были зафиксированы в поверхностном и придонном горизонтах летом – 25 кл/мл. Средние значения численности фенолокисляющих бактерий по периодам наблюдений: весна – 4 кл/мл, лето – 2 кл/мл, осень – 1 кл/мл.

Приведенные данные о состоянии микроорганизмов в водах Уссурийского залива позволяют охарактеризовать их как «загрязненные» (3 класс).

Бухта Золотой Рог. Средняя общая численность микроорганизмов в акватории бухты Золотой Рог составила 4,93 млн.кл/мл при средней биомассе – 3,4 г/м^3. Общая численность бактериопланктона варьировала от 1,90 млн.кл/мл до 8,00 млн.кл/мл, а биомасса находилась в пределах от 1,31 г/м^3 до 5,53 г/м^3. Максимальные значения общей численности и их биомассы были зарегистрированы летом в придонном горизонте - 8,00 млн.кл/мл и 5,53 г/м^3 соответственно, минимальные — в придонном горизонте – 1,90 млн.кл/мл и 1,31 г/м^3 соответственно. Осенью средние численность и биомасса составили 5,16 млн.кл/мл и 3,57 г/м^3 соответственно.

Численность сапротрофных микроорганизмов по сравнению с 2019 г. возросла в 4 раза, находилась в диапазоне 0,06–6,0 млн.кл/мл, в среднем составив 3,12 млн.кл/мл. Максимальные значения были отмечены в августе и октябре в поверхностных и придонных горизонтах. Минимальные значения наблюдались в июне в придонном горизонте. Весной численность саприфитов в среднем достигала 0,13 млн.кл/мл. Летом их численность увеличилась до 4,25 млн.кл/мл, к осени сократилась до 0,35 млн.кл/мл.

В 2021 г. численность нефтеокисляющих микроорганизмов по сравнению с 2019 г. возросла в 5 раз, варьировала от 0,006 до 6,00 млн.кл/мл, в среднем составив 1,22 млн.кл/мл. Максимальные значения – 6,00 млн.кл/мл наблюдались в поверхностных и придонных горизонтах в августе, осенью – 6,00 тыс.кл/мл. Численность нефтеокисляющих бактерий в бухте Золотой Рог в среднем составила в июне – 115,2 тыс.кл/мл, августе – 2,59 млн.кл /мл, а осенью – 982,00 тыс.кл/мл.

В 2021 г. по сравнению с 2019 г. численность фенолокисляющих бактерий сократилась в 4 раза, варьировала от 1 кл/мл до 25 кл/мл, в среднем составив 7 кл/мл. Максимальные средние значения были отмечены в августе – 11 кл/мл, июне – 6 кл/мл и октябре – 5 кл/мл. Весной в придонном горизонте фенолокисляющие микроорганизмы составили 25 кл/мл.

Бактериологические показатели, полученные при исследовании акватории бухты Золотой Рог, позволяют отнести морские воды к «загрязненным» (3 класс).

Бухта Диомид. Среднегодовая общая численность бактерий в 2021 г. незначительно увеличилась по сравнению с 2019 г. и варьировала от 2,64 до 7,81 млн.кл/мл. Максимальные средние значения общей численности и биомассы бактерий были зарегистрированы летом в поверхностном горизонте – 7,81 млн.кл/мл и 5,39 г/м^3 соответственно. Минимальные значения этих показателей были зарегистрированы весной – 2,64 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 7,81 млн.кл/мл и 5,39 г/м^3 соответственно. Осенью по сравнению с летним периодом наблюдалось снижение общей численности бактерий и их биомассы – 3,51 млн. кл/мл и 2,43 г/м^3.

Численность сапротрофных бактерий варьировала от 0,250 до 6 млн.кл/мл, в среднем составив 3,67 млн.кл/мл. В 2021 г. по сравнению с 2020 г. наблюдалось сокращение численности микроорганизмов в 7 раз. Максимальные значения численности наблюдались в августе в поверхностном и придонном горизонтах. В июне были зарегистрированы минимальные показатели численности – 250 тыс.кл/мл в придонном горизонте.

В 2021 г. по сравнению с 2020 г. было отмечено увеличение численности нефтеокисляющих бактерий, которая варьировала в пределах 0,006–6,0 млн.кл/мл, составив в среднем 0,155 млн.кл/мл. Максимальные значения были зарегистрированы в придонном и поверхностном горизонтах осенью 0,6 млн.кл/мл, минимальные — 0,006 млн.кл/мл летом.

Численность фенолокисляющих бактерий в бухте Диомид варьировала от 1 кл/мл до 6 кл/мл, при среднем значении численности – 3 кл/мл. Минимальные значения численности 1 кл/мл наблюдались осенью в поверхностных и придонных горизонтах.

Микробиологические показатели позволяют охарактеризовать воды бухты Диомид как «загрязненные» (3 класс).

Пролив Босфор Восточный. Общая численность бактерий в акватории пролива в 2021 г. варьировала от 1,81 до 7,76 млн.кл/мл, биомасса находилась в пределах 1,25–5,36 г/м^3, средние значения численности и биомассы составили 3,46 млн.кл/мл и 1,3 г/м^3. Средние значения общей численности и биомассы микрофлоры по сезонам распределились следующим образом: весна – 2,39 млн.кл/мл, 1,65 г/м^3; лето – 4,80 млн.кл/мл, 2,74 г/м^3; осень – 3,20 млн.кл/мл, 2,21 г/м^3. Максимальные значения общей численности микроорганизмов и их биомассы были отмечены летом в поверхностном горизонте и составили 7,76 млн.кл/мл, 5,36 г/м^3 соответственно, минимальные — 1,81 млн.кл/мл и 1,25 г/м^3 в июне в придонном горизонте.

Численность сапротрофных бактерий варьировала от 0,06 до 6,00 млн.кл/мл, в среднем составив 2,36 млн.кл/мл. Максимальные значения численности наблюдались летом и варьировали от 0,6 до 2,5 млн.кл/мл, минимальные – весной.

Численность нефтеокисляющих бактерий в 2021 г. по сравнению с 2020 г. увеличилась в 24 раза, при среднегодовом значении 418,00 тыс.кл/мл. Максимальная численность нефтеокисляющих бактерий была отмечена в летний период – 2,5 млн.кл/мл в поверхностном горизонте. Минимальная численность 60 кл/мл — в мае в придонном горизонте.

Фенолокисляющие бактерии в 2021 г. не были выявлены.

Микробиологические показатели позволяют охарактеризовать морские воды акватории пролива Босфор Восточный как «загрязненные» (3 класс).

Залив Находка. Средняя общая численность и биомасса бактерий в 2021 г. составили 2,21 млн.кл/мл и 1,53 г/м^3 соответственно. Общая численность микрофлоры варьировала от 0,60 до 6,72 млн.кл/мл, а биомасса - от 0,42 до 4,67 г/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 2021 г. — 2,5 млн.кл/мл была отмечена в летний период в приповерхностном и придонном горизонтах. Минимальная – 0,025 млн.кл/мл была зарегистрирована в придонном горизонте в мае.

В 2021 г. по сравнению с 2020 г. численность нефтеокисляющих бактерий снизилась в 2 раза и варьировала в диапазоне от 0,006 до 25 тыс.кл/мл, составив в среднем 0,833 тыс.кл/мл. Максимальная численность 25 тыс.кл/мл была отмечена весной на горизонтах 0 и дно, минимальная была зафиксирована в поверхностном и придонном горизонтах осенью. Средние значения численности и биомасс нефтеокисляющих бактерий по сезонам распределились следующим образом: весна – 0,006, лето – 1,987; осень – 0,423 тыс.кл/мл.

Численность фенолокисляющих бактерий в 2021 г. по сравнению с предыдущим годом увеличилась в 2 раза и составила 11 кл/мл. Максимальные показатели фенолокисляющих микроорганизмов – 250 кл/мл были зарегистрированы осенью в придонном горизонте.

Микробиологические показатели позволяют охарактеризовать воды залива Находка как «загрязненные» (3 класс).

Бухта Находка. Средняя общая численность бактерий в бухте составила 3,14 млн.кл/мл, при среднем значении биомассы 2,04 г/м^3. Общая численность микроорганизмов варьировала от 0,81 до 4,51 млн.кл/мл, биомасса – в пределах 0,57–3,12 г/м^3. Максимальные значения общей численности бактериопланктона и его биомассы наблюдались в осенний период в поверхностном горизонте, а минимальные – весной в придонном горизонте ~~0,81 млн.кл/мл~~. Весной средняя численность бактерий составила 0,81 млн.кл/мл, летом – 3,65 млн.кл/мл, осенью – 4,51 млн.кл/мл. Биомасса микроорганизмов изменялась в среднем по сезонам: весна – 0,59 г/м^3, лето – 2,52 г/м^3, осень – 3,01 г/м^3.

Численность сапротрофных бактерий варьировала от 0,25 до 2,5 млн.кл/мл, составив в среднем 1,78 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 0,06 млн.кл/мл, летом – 0,3 млн.кл/мл, осенью – 2,5 млн.кл/мл.

В 2021 г. по сравнению с 2020 г. численность нефтеокисляющих бактерий снизилась в 5 раз и варьировала от 250 до 2500 кл/мл, при среднем значении 813 кл/мл. В весенний и осенний периоды в поверхностном и придонном горизонтах были зафиксированы минимальные значения – 250 кл/мл на всех горизонтах. В летний период в поверхностном и придонном горизонтах были зафиксированы наибольшие показатели численности нефтеокисляющих микроорганизмов – 2500 кл/мл.

В 2021 г. по сравнению с 2020 г. численность фенолокисляющих бактерий незначительно возросла и варьировала от 6 до 60 кл/мл при среднем значении 24 кл/мл. Максимальные показатели были отмечены осенью на горизонтах 0 и дно – 60 кл/мл и летом в поверхностном горизонте – 25 кл/мл.

Средняя численность микроорганизмов по сезонам: весной – 16 кл/мл и варьировала от 6 кл/мл до 25 кл/мл; летом – 6 кл/мл; осенью – 52 кл/мл.

Микробиологические показатели позволяют охарактеризовать воды бухты Находка как «загрязненные» (3 класс).

Бухта Врангель. Общая численность бактерий в акватории бухты Врангель в среднем составила 2,66 млн.кл/мл и варьировала от 0,82 до 4,30 млн.кл/мл. Средняя биомасса микрофлоры составила 1,84 г/м^3 и варьировала от 0,57 до 2,97 г/м^3. Максимальные показатели общей численности микроорганизмов и их биомассы наблюдались в поверхностном горизонте в летний период, а минимальные значения - весной в придонном горизонте. Весной

средние значения общей численности бактерий и их биомассы составили 0,84 млн.кл/мл и 0,58 г/м^3, летом – 3,99 млн.кл/мл и 2,76 г/м^3, осенью – 3,14 млн.кл/мл и 2,17 г/м^3.

В 2021 г. по сравнению с 2020 г. средняя численность сапротрофных бактерий увеличилась в 2 раза до 1,55 млн.кл/мл, варьируя от 0,06 до 2,5 млн.кл/мл. Весной численность сапротрофных микроорганизмов в поверхностном и придонном слоях акватории бухты составила 0,06 млн.кл/мл, летом в поверхностном и придонном горизонтах – 2,50 млн.кл/мл, осенью в поверхностном – 2,5 млн.кл/мл, в придонном – 0,06 млн.кл/мл.

Численность нефтеокисляющих бактерий по сравнению с 2020 г. снизилась в 11 раз, варьируя от 25 до 250 кл/мл, составив в среднем 149 кл/мл. Максимальные показатели наблюдались осенью в поверхностном и придонном горизонтах – 250 кл/мл, а минимальные — летом в придонном горизонте – 25 кл/мл.

В 2021 г. численность фенолокисляющих бактерий в акватории бухты Врангель варьировала от 1 до 6 кл/мл, составив в среднем 4 кл/мл. Весной в поверхностном и придонном горизонтах численность бактерий составила 6 кл/мл, а летом и осенью - не выявлялась.

Микробиологические показатели позволяют отнести воды бухты Врангель к «загрязненным» (3 класс).

Бухта Козьмино. Средняя общая численность бактерий в водах бухты Козьмино составила 2,09 млн.кл/мл, средняя биомасса – 1,44 г/м^3. Их численность в акватории варьировала от 0,84 до 2,99 млн.кл/мл, биомасса – от 0,58 г/м^3 до 2,07 г/м^3. Максимальные значения общей численности и биомассы наблюдались летом в поверхностном горизонте – 2,99 млн.кл/мл и 2,07 г/м^3 соответственно. Минимальные показатели наблюдались в придонном горизонте весной и составили 0,84 млн.кл/мл и 0,58 г/м^3.

В 2021 г. по сравнению с 2020 г. численность сапротрофных бактерий увеличилась в 8 раз и варьировала в диапазоне 0,025–2,5 млн.кл/мл. Среднегодовая численность сапротрофной микрофлоры составила 1,43 млн.кл/мл, весной – 0,250 млн.кл/мл, летом и осенью – по 2,5 млн.кл/мл. Максимальная численность сапротрофных бактерий в поверхностном и придонном горизонтах наблюдалась осенью – 2,5 млн.кл/мл.

В 2021 г. по сравнению с 2020 г. средняя численность нефтеокисляющих бактерий существенно не изменилась и составила 59 кл/мл, варьируя от 6 кл/мл до 250 кл/мл. Минимальная численность наблюдалась весной в поверхностном горизонте – 6 кл/мл, а максимальная – 250 кл/мл летом в поверхностном горизонте.

Фенолокисляющие бактерии в 2021 г. не были выявлены.

Микробиологические показатели позволяют охарактеризовать морские воды бухты Козьмино как «загрязненные» (3 класс).

Воды наблюдаемой части залива Петра Великого в 2021 г. характеризовались как «загрязненные» (3 класс).

В 2021 г. наблюдалось увеличение общей численности бактериопланктона и его биомассы в Уссурийском, Амурском заливах, бухтах Золотой Рог, Диомид, Козьмино, Находка, Врангель и проливе Босфор Восточный. В то же время было отмечено увеличение численности сапрофитного бактериопланктона в акваториях заливов Амурского, Уссурийского, бухт Золотой Рог, Диомид, Находка, Врангель, Козьмино и проливе Босфор Восточный, в заливе Находка этот показатель незначительно снизился. Постоянное антропогенное воздействие городов, прилегающих к их акваториям, приводит к загрязнению. Численность нефтеокисляющих бактерий увеличилась в Амурском заливе, проливе Босфор Восточный, бухтах Золотой Рог, Диомид и Врангель. В заливах Уссурийском и Находка, в бухтах Находка, Козьмино численность нефтеокисляющих микроорганизмов снизилась. Наблюдалось снижение численности фенолокисляющих микроорганизмов в акваториях заливов Амурского, Уссурийского, Находка, бухты Золотой Рог, Врангель, Козмино. На остальных наблюдаемых акваториях численность фенолокисляющих бактерий возросла, за исключением бухты Козьмино и пролива Босфор Восточный, где эти микроорганизмы не были выявлены.

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 (75 городов и 71 поселок городского типа), при этом более 80% населения Московской области относится к городскому населению. В регионе развита 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 за 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

Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха в Московском регионе в 2021 г. осуществлялся в городе Москве, девяти городах Московской области и Приокско-Террасном биосферном заповеднике на пунктах государственной наблюдательной сети Росгидромета.

Анализ и оценка результатов наблюдений свидетельствует, что во многих городах изменился уровень загрязнения атмосферного воздуха в сторону повышения:

- очень высокий уровень загрязнения воздуха в Серпухове,
- высокий – в Москве и Подольске,
- повышенный – в Клину, Коломне и Мытищах,
- низкий - в Воскресенске, Дзержинском, Щелково и Электростали.

В большинстве городов уровень загрязнения воздуха повысился за счет ужесточения нормативов для формальдегида - предельно допустимая средняя годовая концентрация по СанПиН 1.2.3685-21 составила 0,003 мг/м^3, что в 3,3 раза ниже по сравнению с ГН 2.1.6.3492-17 (0,010 мг/м^3). Во многих городах, где проводятся наблюдения за формальдегидом, его средние за год концентрации заняли первое место в списке приоритетности загрязняющих веществ, определяющих комплексный индекс загрязнения (ИЗА 5).

Во всех городах Московского региона, кроме Воскресенска, средние за год концентрации загрязняющих веществ превысили 1,0 ПДК. Средние за год концентрации диоксида азота превысили ПДК в 5 городах из 10, взвешенных веществ – в 1 из 10, формальдегида – в 6 из 7, хлорида водорода – в 2 из 3, аммиака – в 1 из 2, фенола – в 1 из 3 городов.

За пятилетний период 2017-2021 гг. отмечается рост концентраций:

- взвешенных веществ – в Серпухове;
- оксида углерода – в Москве, Дзержинском, Клину и Коломне;
- диоксида азота – в Подольске, Серпухове и Электростали;
- фенола – в Мытищах;
- формальдегида – в Клину.

За десятилетний период 2012-2021 гг. в большинстве городов Московского региона отмечается тенденция снижения содержания бенз(а)пирена в атмосферном воздухе.

В городах основной вклад в загрязнение воздуха вносят выбросы автотранспорта, предприятий теплоэнергетики и нефтехимической промышленности.

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 земную 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 девятью тяжелыми металлами (ТМ). В период с 2009 по 2021 гг. включительно ежегодно обследовалась одна из 13 трасс, приведенных в таблице 4.1, 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, в 2021 г. - от 7 до 70% всех ТМ, превышали концентрации, определенные в пробах фоновых точек.

Таблица 4.1. 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 Р110 (Фря́новское шоссе́) от 12 км Щелковского шоссе (А103, д.Б.Жеребцы) через гг. Щелково, Фрязино до п. Фряново с возвратом в п. Монино по территории городского округа Щёлково, 80, 2021	9,0	38,0	1,0	11,6	2,13	10,8	14,2	139,6	16720
2	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
3	Трасса М-4 от г. Ступино в сторону г. Москва, 100, 2019	8,3	25	1	6	2	11	14,4	385	9124
4	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
5	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
6	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
7	Горьковское, на В от МКАД; 65; 2015	9,5	21	0,6	8	3	7	20	200	6000
8	Ленинградское, на СЗ от г. Москва; 90; 2014	6,5	30	0,5	11	5	9	25	400	7000
9	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
10	Симферопольское, от пос. Стрелково; 36; 2012	14	26	0,3	14	10	10	40	600	8000
11	Горьковское, на В от д. Новая Купавна; 80; 2011	10	20	0,7	10	10	14	40	300	5000
12	шоссе Р-106, от г. Куровское; 40; 2010	7	20	0,3	10	9	13	25	300	5000
13	Киевское, от г. Москва; 60; 2009	8	40	0,5	11	8	16	30	400	10000

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, что, в свою очередь, может привести к росту загрязнения почвенного покрова Московского региона.

При оценке уровня загрязнения почвы тяжелыми металлами необходимо учитывать, что экологические последствия этого антропогенного воздействия обычно проявляются позже, чем при загрязнении атмосферы и поверхностных вод, но они гораздо более устойчивы и сохраняются в течение длительного времени.

4.1.3. Загрязнение поверхностных вод

Основными источниками загрязнения крупных водотоков Московского региона сохраняются недостаточно очищенные хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды городов Одинцово, Клина, Серпухова, Каширы, Коломны, Москвы, Воскресенска, Подольска, Наро-Фоминска, Щелково, Ногинска, 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 2021 г. колебалась от минимального значения 0,1°С в декабре (р. Осетр – д. Городня) до максимального 27,3°С в июне (р. Москва – г. Москва, Бесединский мост МКАД). Средняя величина температуры воды по региону составила 9,1°С, что на 0,3°С ниже, чем в 2020 г.

Реакция среды (pH) была близка к нейтральной (7,65 ед. pH). Более кислая среда (6,0 ед. pH) была отмечена в воде р. Нерская ниже г. Куровское в мае; более щелочная (9,34 ед. pH) – в воде Иваньковского водохранилища – г. Дубна в августе.

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 соответствует уровню 2019–2020 гг.

Содержание легкоокисляемых органических веществ по $БПК_5$ в водотоках и водоемах Московской области было невысоким и составило 2,2 ПДК, что соответствует уровню 2011–2020 гг. Наименьшие значения (0,5 ПДК) были отмечены в воде р. Москва выше г. Звенигород и Иваньковском водохранилище – г. Дубна в январе и феврале. Максимальные величины (18,5 ПДК) были зафиксированы в воде р. Воймега ниже г. Рошаль в феврале, марте и декабре.

Количество органических веществ по ХПК изменялось значительно от 0,3 ПДК в воде р. Воря выше г. Красноармейск в сентябре до 15,5 ПДК в воде р. Воймега ниже г. Рошаль в феврале.

Степень загрязненности рек Московского региона различными формами азота была весьма разнообразной. В воде р. Нерская выше г. Куровское, р. Ока выше г. Кашира, р. Воймега выше г. Рошаль и Москворецких водохранилищ содержание различных форм азота не превышало десятые доли ПДК, а нитратного азота – сотые доли ПДК. Наибольшая загрязненность нитритным азотом в 2021 г. была зафиксирована в воде р. Рожая - д. Домодедово (45,8 ПДК) в марте; аммонийным азотом – в воде р. Воймега ниже г. Рошаль (49,4 ПДК) в январе; нитратным азотом – в воде р. Москва ниже г. Коломна (1,5 ПДК) в ноябре. В среднем по Московскому региону содержание нитритного азота составило 5,6 ПДК; аммонийного азота – 3,4 ПДК; нитратного азота – 0,3 ПДК. Содержание фосфатов в среднем по региону было на уровне 2,0 ПДК, однако в воде р. Клязьма ниже г. Лосино-Петровский достигало 9,6 ПДК (сентябрь).

Изменение среднегодовых концентраций загрязняющих веществ представлено на рис. 4.1 - 4.4:

- аммонийного азота и нитритного азота увеличились по сравнению с 2020 г.;
- фосфаов – на уровне 2020 г.

Рис. 4.1. Динамика среднегодовых концентраций аммонийного азота в воде водных объектов Московского региона

Рис. 4.2. Динамика среднегодовых концентраций нитритного азота в воде водных объектов Московского региона

Рис. 4.3. Динамика среднегодовых концентраций фосфатов в воде водных объектах Московского региона

Минерализация воды водотоков и водоемов Московской области в среднем составила 478,0 мг/л, что на 14,7 мг/л меньше, чем в предыдущем году. Наибольшая величина (1153,0 мг/л) была отмечена в воде р. Пахра - г. Подольск, ниже впадения р. Битца (март). Наименьшая минерализация (68,0 мг/л) наблюдалась в воде р. Москва - г. Москва (п. Ильинское, июль). Характер воды во всех водных объектах гидрокарбонатно-кальциевый, жесткость воды была умеренная (4,86 мг-экв/л), что ниже, чем в 2020 г. на 0,32 мг-экв/л. Выщелачивающей агрессией вода не обладает. Содержание хлоридов и сульфатов в среднем составило 0,2 ПДК и 0,4 ПДК соответственно. Наибольшая концентрация сульфатов (2,7 ПДК) была зафиксирована в воде р. Ока ниже г. Кашира (май). Максимальное содержание хлоридов (1,1 ПДК) было отмечено в воде р. Пахра - г. Подольск, ниже впадения ручья Черный (март). Минимальное содержание хлоридов и сульфатов (0,1 ПДК) было в воде р. Воймега выше г. Рошаль (июль).

Загрязнение водных объектов тяжелыми металлами было несущественным. Осредненные концентрации составили: хрома шестивалентного – 0,1 ПДК; никеля и свинца – 0,3 ПДК; меди – 2,8 ПДК; цинка – 4,2 ПДК. Наибольшие концентрации меди (26,6 ПДК) наблюдались в июне в воде р. Яуза - г. Москва, цинка (11,6 ПДК) – в декабре в воде р. Клязьма ниже г. Щелково. Концентрации растворенного в воде железа составили 2,4 ПДК, что на 0,5 ПДК ниже, чем в 2020 г. Кроме того, в воде р. Воймега ниже г. Рошаль концентрации железа достигали 49,5 ПДК (февраль).

Среднее содержание фенолов составило 2,2 ПДК; нефтепродуктов – 1,4 ПДК; АПАВ – 0,6 ПДК. Максимальная величина нефтепродуктов (28,2 ПДК) была зафиксирована в воде р. Москва - г. Москва в марте, фенолов (11,3 ПДК) и АПАВ (4,9 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. Нерская - д. Маришкино достигало 2,2 ПДК (март).

Таблица 4.2. Характеристики качества воды водных объектов Московского региона

Классы качества воды	Водные объекты Московского региона
1,2	нет
3	Водохранилища: Иваньковское, Озернинское, Можайское, Истринское и Рузское; Реки: Лама, Протва, Москва (д. Барсуки, в районе г. Звенигород, и п. Ильинское), Истра
4	Реки: Медвенка, Осетр, Яуза, Лопасня, Нерская, Сестра, Воря, Клязьма, Дубна, Кунья, Ока, Нара, Москва (г. Москва - Бесединский мост МКАД и на участке от д. Нижнее Мячково до г. Коломна), Пахра, Воймега (выше г. Рошаль
5	Реки: Закза, Рожая, Воймега - ниже г. Рошаль

Оценка качества воды водотоков и водоемов по удельному комбинаторному индексу загрязненности воды (УКИЗВ) показала, что качественный состав поверхностных вод Московского региона в 2021 г. представлен классами качества: от третьего - загрязненные воды, до пятого – экстремально грязные воды.

В 2021 г. на водных объектах Московского региона было зафиксировано 264 случая высокого загрязнения (ВЗ) различными веществами, что на 22 случая больше, чем в 2020 г. (рис. 4.4).

Рис. 4.4. Количество случаев высокого загрязнения воды водотоков Московского региона

Из общего количества случаев ВЗ было отмечено:

- 1 случай свинцом (р. Клязьма);
- 2 случая дефицита кислорода (р. Воймега);
- 3 случая органическими веществами по ХПК (р. Воймега);
- 7 случаев цинком (рр. Клязьма, Москва, Пахра);
- 11 случаев железом (рр. Воймега, Нерская);
- 54 случая легкоокисляемыми органическими веществами по $БПК_5$ (рр. Москва, Нара, Рожая, Закза, Воймега, Клязьма, Дубна, Лопасня);
- 67 случаев аммонийным азотом (рр. Москва, Рожая, Нара, Закза, Воймега, Клязьма, Лопасня, Пахра);
- 119 случаев нитритным азотом (рр. Пахра, Закза, Рожая, Нара, Воймега, Клязьма, Москва, Ока, Лопасня, Кунья).

На рис. 4.5. представлена диаграмма распределения количества случаев высокого загрязнения воды по водотокам Московской области, которая отражает ежегодное лидерство р. Москвы (113 случаев в 2021 г.), после которой следуют реки Воймега (36), Рожая (30), Клязьма (27), Пахра (22), Лопасня (12) и Нара (8).

Рис. 4.5. Реки Московского региона с максимальным количеством случаев высокого загрязнения

4.1.4. Характеристика радиационной обстановки

Наблюдения за содержанием техногенных и природных радионуклидов в приземном слое атмосферы проводились непрерывно на Воднобалансовой станции Подмосковная путем отбора проб аэрозолей с помощью воздухо-фильтрующей установки «Тайфун-3а» на фильтр ФПП-15-1,5 с экспозицией в одни сутки. Среднегодовое значение объемной суммарной бета-активности аэрозолей составило $15{,}3*10^{-5}$ Бк/м^3. Максимальное значение среднемесячной объемной суммарной бета-активности аэрозолей наблюдалось в декабре и составило $139{,}9*10^{-5}$ Бк/м^3, что не превысило расчетных уровней ВЗ (РД 52.18.826-2015). Данные об объемной суммарной бета-активности аэрозолей представлены на рис. 4.6.

Рис. 4.6. Среднемесячная и максимальная объемная суммарная бета-активность радионуклидов в приземном слое атмосферы в 2021 г.

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.

Среднегодовое значение суммарной бета-активности радиоактивных выпадений в 2021 г. составило 1,4 Бк/м^2 в сутки. Максимальные суточные выпадения были зарегистрированы в январе на Воднобалансовой станции Подмосковная в размере 11,5 Бк/м^2 в сутки, что не превысило расчетных уровней ВЗ (РД 52.18.826-2015). Данные о суммарной бета-активности выпадений представлены на рис. 4.7.

Рис. 4.7. Среднемесячные и максимальные суточные выпадения на станциях Московского региона в 2021 г.

Мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД) измерялась ежедневно на 17 станциях. Среднегодовая величина МАЭД на территории Московского региона изменялась от 0,10 мкЗв/ч до 0,15 мкЗв/ч, что соответствует пределам колебаний естественного гамма-фона. Максимальное значение составило 0,20 мкЗв/ч и наблюдалось в г. Москве в ноябре на метеорологической станции М-II Москва (Тушино) и в Московской области в марте на метеорологической станции М-II Клин, что не превысило расчетных уровней ВЗ (РД 52.18.826–2015). На станции фонового мониторинга среднее значение МАЭД составило 0,12 мкЗв/ч, максимальное значение было отмечено в июне и достигло 0,17 мкЗв/ч. В среднем радиационный фон по г. Москве не превысил 0,11 мкЗв/час, по Московской области – 0,12 мкЗв/час. Данные о мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения представлены на рис. 4.8.

Рис. 4.8. Мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД) на станциях Московского региона в 2021 г.

В 2021 г. в Московском регионе превышений допустимых значений объемной суммарной бета-активности аэрозолей, выпадений радионуклидов из атмосферы и мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения не было зарегистрировано.

4.2. Озеро Байкал

4.2.1. Поступление химических веществ из атмосферы

В 2021 г. наблюдения осуществлялись на пяти станциях: Хамар-Дабан, ст. Байкальск (южный берег), Исток Ангары, Большое Голоустное (западный берег), 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 47% до 64% от общей суммы веществ поступили из атмосферы в период с апреля по сентябрь 2021 г.

Данные химического анализа атмосферных осадков, выпавших в виде дождя и снега, а также динамика поступивших из атмосферы химических веществ, приведены в рис. 4.9 – 4.13.

	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Сульфаты	3,20	2,89	3,79	3,84	2,88	2,37	2,67	2,71	4,52
Органические вещества	3,5	5,0	23,3	3,6	8,1	3,5	21,1	9,1	8,0
Труднорастворимые вещества	5,9	15,6	51,5	5,1	7,3	4,2	11,8	14,1	6,4
Сумма минеральных веществ	24,6	23,7	28,8	27,0	22,4	27,6	30,0	24,2	36,2
Азот минеральный	1,08	0,96	0,95	0,69	0,76	1,21	0,92	1,08	1,90
Сумма мин.,орг. и ТРВ	34,0	44,3	103,6	35,7	37,8	35,3	62,8	47,3	50,6

Рис. 4.9. Поступление веществ из атмосферы на ст. Хамар-Дабан

В 2021 г. по сравнению с предыдущим годом на станции Хамар-Дабан наблюдалось незначительное увеличение поступления сульфатов, минерального азота и суммы минеральных веществ (рис. 4.9). Поступление органических и труднорастворимых веществ снизилось относительно 2020 г.

	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Сульфаты	2,0	1,5	1,9	1,5	2,1	1,3	1,9	3,07	3,3
Органические вещества	11,6	14,0	15,0	13,3	13,1	9,1	20,8	16,64	21,4
Труднорастворимые вещества	28,7	23,5	26,0	38,4	20,9	12,0	48,0	15,86	23,7
Сумма минеральных веществ	11,9	8,9	11,6	5,4	5,8	6,3	11,8	25,1	17,5
Азот минеральный	0,39	0,28	0,68	0,32	0,36	0,27	0,68	0,46	0,55
Сумма мин.,орг. и ТРВ	52,2	46,4	52,6	57,0	39,8	27,4	80,6	57,62	62,6

Рис. 4.10. Поступление веществ из атмосферы на ст. Байкальск

На станции Байкальск наблюдалось увеличение поступления веществ из атмосферы по сравнению с 2020 г. по всем наблюдаемым показателям, за исключением поступления суммы минеральных веществ (рис. 4.10). Высокие значения отмечались в поступлении органических и труднорастворимых веществ.

	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Сульфаты	2,9	3,8	3,0	3,4	2,7	2,7	2,6	3,4	4,1
Органические вещества	9,1	8,7	7,7	8,8	9,1	7,0	9,2	14,8	17,2
Труднорастворимые вещества	30,3	60,8	40,6	25,1	14,1	20,7	28,6	23,4	28,0
Сумма минеральных веществ	8,6	10,5	8,0	8,9	6,1	8,4	8,4	23,72	21,05
Азот минеральный	0,62	0,57	0,49	0,47	0,33	0,25	0,29	0,8	0,6
Сумма мин.,орг. и ТРВ	48,0	80,0	56,4	42,8	29,3	36,1	46,2	62,0	66,2

Рис. 4.11. Поступление веществ из атмосферы на ст. Исток Ангары

На станции Исток Ангары наблюдалось увеличение поступления веществ из атмосферы по сравнению с 2020 г. по всем наблюдаемым показателям, за исключением поступления минерального азота и суммы минеральных веществ (рис. 4.11).

	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Сульфаты	3,4	3,3	4,6	4,7	4,4	3,2	2,9	3,7	2,9
Органические вещества	8,6	8,2	7,9	8,1	6,5	6,1	6,7	7,6	7,1
Труднорастворимые вещества	30,0	34,2	31,4	38,0	25,2	30,8	14,4	12,3	14,2
Сумма минеральных веществ	12,4	10,9	14,6	14,5	15,8	11,4	8,9	11,6	11,2
Азот минеральный	0,79	0,34	0,47	0,56	0,75	0,45	0,49	0,42	0,82
Сумма мин.,орг. и ТРВ	51,0	61,0	53,9	60,6	47,5	48,3	30,0	31,5	32,5

Рис. 4.12. Поступление веществ из атмосферы на ст. Большое Голоустное

На станции Большое Голоустное было отмечено незначительное увеличение поступления из атмосферы труднорастворимых веществ и минерального азота (рис. 4.12).

	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Сульфаты	0,40	0,85	0,67	0,97	1,72	1,32	0,34	0,46	0,51
Органические вещества	2,6	3,5	3,4	6,4	3,2	2,9	4,5	4,4	6,0
Труднорастворимые вещества	14,2	16,9	19,9	17,8	24,0	22,0	26,1	16,7	15,7
Сумма минеральных веществ	3,5	3,7	3,9	5,0	8,0	8,4	2,3	1,7	2,5
Азот минеральный	0,10	0,11	0,14	0,18	0,12	0,13	0,07	0,90	0,15
Сумма мин.,орг. и ТРВ	20,2	24,2	27,2	29,1	35,2	33,3	33,0	22,8	24,1

Рис. 4.13. Поступление веществ из атмосферы на ст. Хужир

На станции Хужир в 2021 г. был отмечен рост поступления суммы минеральных и органических веществ (рис. 4.13).

4.2.2. Гидрохимические наблюдения за качеством поверхностных вод

Гидрохимические наблюдения поверхностных вод оз. Байкал включают 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).

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 контролируется район площадью 35 км^2 и контрольный створ, расположенный на расстоянии 100 м восточнее выпуска сточных вод.

В районе контрольного 100-метрового створа в 2021 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 2021 г. по сравнению с 2020 г. наблюдений приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3. 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	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
Водородный показатель, ед. pH	7,9 - 8,5	7,1 - 8,3	7 - 0	7 - 0	-	-
Сумма минеральных соединений, мг/л	91 - 116	90 - 105	7 - 0	7 - 0	-	-
Сульфаты, мг/л	4,2 - 8,3	4,1 - 7,8	7 - 0	7 - 0	-	-
Хлориды, мг/л	0,5 - 1,0	0,5 - 1,1	7 - 0	7 - 0	-	-
Взвешенные веществ, мг/л	0,0 - 1,1	0,0 - 1,8	7 - 1	7 - 1	1	1,6
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 десяти пробах воды в марте, апреле, июне, августе и сентябре 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 70-75% 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 (ранее район БЦБК) в 2021 г. наблюдалось увеличение максимальных и среднегодовых значений содержания взвешенных веществ до 1,8 мг/л и 0,38 мг/л соответственно. Также отмечалось повышенное, относительно предыдущего года и фонового района озера, содержание кремния в воде озера, с максимальным значением 1,5 мг/л (0,8 мг/л в 2020 г.). По остальным определяемым показателям превышений не наблюдалось.

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 2021 г. в сравнении с 2015-2020 гг. приведена на рис. 4.14 – 4.17.

	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)*	2021 г. (06, 09, 10)*
температура, ℃	8,1	7,0	5,8	7,7	7,1	8,3	6,5
pH, ед.	7,8	7,7	7,8	7,8	7,7	7,8	7,9
цветность, градусы	7,5	5,6	6,1	8,8	4,0	3,9	3,8
кислород, мг/л	11,1	11,0	11,7	11,0	10,9	10,8	11,1

**-месяц отбора проб*

Рис. 4.14. Общая гидрохимическая характеристика воды в районе продольного разреза оз. Байкал

Наблюдения в исследуемый период проводились с июня по октябрь. Значения водородного показателя сохранялись в пределах 7,6-7,9 единиц pH, а содержание растворенного кислорода в пределах 10,8 – 11,7 мг/л (рис. 4.14).

В 2021 г минерализация воды озера в северной, средней и южной частях снизилась относительно 2019 и 2020 гг. (рис. 4.15).

	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)*	2021 г. (06, 09, 10)*
сев. Байкал	95,1	97,7	97,3	95,5	98,0	98,4	95,7
сред. Байкал	96,4	98,0	97,4	95,8	98,0	98,9	96,1
юж. Байкал	95,7	96,3	96,5	97,1	98,0	97,0	96,1

**-месяц отбора проб*

Рис. 4.15. Минерализация воды озера по котловинам продольного разреза

В 2021 г. по сравнению с 2020 г. содержание в воде озера сульфатных ионов незначительно повысилось. Максимальные значения сульфатных ионов, как в целом по продольному разрезу, так и по котловинам озера Байкал фиксировались в 2016 и 2018 гг. (рис. 4.16).

**-месяц отбора проб*

Рис. 4.16. Динамика сульфатных ионов по котловинам продольного разреза

**-месяц отбора проб*

Рис. 4.17. Содержание форм фосфора в воде озера в районе продольного разреза

Значения содержания форм фосфора в воде продольного разреза в 2021 г. находились на уровне среднемноголетних значений (рис. 4.17).

В районе северной оконечности озера, прилегающей к трассе БАМ, было отмечено увеличение максимальных концентраций содержания в воде взвешенных веществ, кремния и сульфат ионов. Максимальные значения содержания в воде общего и органического азота были ниже значений 2019-2020 гг., но превышали фоновые значения в 1,8 раза. Средние концентрации остальных определяемых показателей в данном районе сохранились на прежнем уровне и соответствовали фоновым значениям.

В районе Селенгинского мелководья в 2021 г. наблюдались превышения максимальных концентраций взвешенных веществ (2,7 мг/л), минеральных веществ (111 мг/л), сульфатов (7,8 мг/л), кремния (2,4 мг/л) и органического углерода (3,3 мг/л). Снижение значений концентраций относительно предыдущего года были зафиксированы только по общему и органическому азоту.

4.2.3. Состояние донных отложений

Состояние донных отложений в районе выпуска канализационных очищенных стоков (КОС) г. Байкальска. Данный полигон, начиная с 1967 г., является основным объектом при осуществлении комплексного мониторинга оз. Байкал. В 2021 г. в районе выпуска КОС г. Байкальска были выполнены две запланированные геохимические

съемки в марте с отбором 28 проб донных отложений и грунтовой воды и в августе с отбором 31 пробы донных отложений и грунтовой воды.

Перечень определяемых показателей в грунтовой воде: растворенный кислород, минеральный азот (нитратный, нитритный, аммонийный), фосфатный фосфор, органические кислоты летучие, органические кислоты нелетучие, летучие фенолы и 7 геохимических показателей: органический азот, органический углерод, сульфидная сера, легкогидролизуемые углеводы - гемицеллюлоза (ЛГУ), трудногидролизуемые углеводы-целлюлоза (ТГУ), лигнино-гумусовый комплекс-лигнин (ЛГК), относительное содержание в сумме органических веществ (ТГУ+ЛГУ/Общая органика) непосредственно в донных отложениях. По вышеперечисленным показателям–ежегодно рассчитываются площади зоны загрязнения на полигоне, которые представляют собой суммарный показатель в виде превышения средних содержаний ингредиентов контроля грунтовой воды и донных отложений. Так, на глубинах до 380 м площадь зоны загрязнения составила 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, в 2021 г. - 5,8 км^2. Данные результаты могут свидетельствовать о некотором снижении в годовом (суммарном) расчете антропогенной нагрузки на качественный состав донных отложений полигона.

Состояние донных отложений в районе выпуска (КОС) г. Байкальска. 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 была разделена по глубинам отбора проб 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 должна превышать 2,0 нг/г сухого остатка (с.о.), для глинистых илов 5,0 нг/г с.о.; умеренная концентрация – соответственно 2,0-5,0 нг/г с.о. и 5,0-30,0 нг/г с.о.; на сильно загрязненных участках –более 5,0 нг/г и более 30 нг/г с.о. соответственно.

В августе 2021 г. в донных отложениях на глубинах менее 100 м, где относительно развиты разнозернистые (грубозернистые) песчаные отложения, средняя концентрация БП составила 6,7 нг/г с.о. при диапазоне значений 0,1 – 19,4 нг/г с.о., что в 1,2 раза меньше, чем в августе 2020 г.- 7,8 нг/г с.о. и 0,1-31,6 нг/г с.о. соответственно. Фоновое значение соответствовало 4,1 нг/г с.о. (1,8 нг/г с.о. - 2020 г.). По Шкале сравнительных оценок пески на полигоне относятся к сильно загрязненным донным отложениям.

Среднее содержание бенз(а)пирена в донных отложениях в августе 2021 г. на глубинах более 100 м (илистые отложения) составило 10,5 нг/г с.о. (диапазон значений 0,7-35,9 нг/г с.о.), фон на полигоне -11,7 нг/г с.о., что меньше в 1,3 раза содержания в 2020 г. Согласно Шкале сравнительных оценок донных отложений внутриконтинентальных водоемов, содержание БП в 2021 г., как и 2020 г., в илах полигона соответствует умеренному значению загрязнения (норматив Шкалы 5,0-30 нг/г с.о.).

В целом в августе 2021 г. среднее содержание БП в донных отложениях на полигоне составило 8,6 нг/г с.о. (10,6 нг/г.с. в 2020 г.), также было отмечено увеличение среднего содержания БП в фоновом районе полигона с 2,0 нг/г с.о. в 2020 г. до 7,9 нг/г с.о.

Состояние донных отложений в районе авандельты р. Селенга. В сентябре 2021 г. было продолжено изучение качественного состава донных отложений на авандельте р. Селенга.

В содержании БП в донных отложениях в 2021 г. в районе речных выносов основной протокой Усть-Харауз по сравнению с 2020 г. практически не изменилось содержание арена 2,8 нг/г с.о. и 2,5 нг/г с.о., соответственно. В 2021 г. было отмечено уменьшение содержания БП в донных отложениях на самом полигоне с 2,1 нг/г с.о. до 1,7 нг/г с.о. Таким образом, уровень загрязненности донных отложений БП на авандельте р. Селенга в 2021 г., как и в 2020 г., сохраняется на уровне фоновых значений (< 5,0 нг/г с.о.).

Состояние донных отложений полигона на севере озера в зоне влияния трассы БАМ. Многолетний комплексный мониторинг на севере озера показал, что зона наибольшего загрязнения стойкими органическими загрязнителями и биогенными соединениями донных отложений и грунтовой воды находится в северо-западной части полигона. Этот участок подвержен антропогенному воздействию вследствие прохождения в прибрежной полосе трассы БАМ, которая оказывает влияние, как на водосборную площадь рек Тыя, Кичера, Верхняя Ангара, так и непосредственно на прибрежную часть озера в районе гг. Северобайкальск, Нижнеангарск. Поэтому в данном обзоре этот район полигона, куда входят 6 станций отбора проб, определяется, как *Участок*, что необходимо для того, чтобы представить соотношение средних величин антропогенной нагрузки непосредственно на этот участок со средними значениями по всему полигону.

В сентябре 2021 г. по сравнению с 2020 г. отмечался незначительный рост содержания бенз(а)пирена на самом полигоне с 1,5 нг/г с.о. до 1,9 нг/с.о., в тоже время на Участке было отмечено некоторое снижение концентрации арена с 2,9 нг/г с.о. до 2,1 нг/ г с.о.

Загрязненность донных отложений бенз(а)пиреном на полигоне и на Участке в 2021 г. можно отнести к фоновым значениям.

Состояние донных отложений на Малом море. Максимальное содержание бенз(а)пирена в донных отложениях Малого моря в сентябре 2021 г. было отмечено на максимальной глубине полигона 240 м. Среднее содержание составило 1,1 нг/г с.о. при диапазоне 0,1-2,3 нг/г с.о. (в 2020 г. - 0,3 нг/г с.о. и 0,1-0,8 нг/г с.о. соответственно). Фоновая концентрация арена для глинистых илов - 5,0 нг/г с.о., что соответствует фоновым значениям.

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 высокие концентрации ПАУ были отмечены в песчаных отложениях полигона в районе выпуска КОС г. Байкальск (более 5,0 нг/г с.о.), что свидетельствует о сильном загрязнении донных отложений озера в данном районе.

4.2.4. Гидробиологические наблюдения на озере

В 2021 г. гидробиологические наблюдения за состоянием акватории озера, непосредственно примыкающей 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 424 кл/мл, в среднем составив 53 кл/мл. Площадь зоны загрязнения в районе выпуска КОС г. Байкальска увеличилась по сравнению с 2020 г. в 2,4 раза, составив 2,2 км^2 (0,9 км^2 – 2020 г.). Среднее значение численности гетеротрофов в зоне наибольшего влияния канализационных очищенных стоков составило 201 кл/мл, превышая в 9,5 раз фоновые характеристики на участках южного прибрежья (в сравнении с 2020 г. 36 против 4 кл/мл соответственно).

Весной численность гетеротрофных бактерий варьировала от 4 до 1387 кл/мл, в среднем составив 182 кл/мл. Площадь зоны загрязнения уменьшилась по сравнению с 2020 г. в 2,6 раза, составив 3,2 км^2.

Осенью численность гетеротрофов варьировала от 12 до 1728 кл/мл, в среднем составив 202 кл/мл. Площадь зоны наибольшего влияния КОС составила 9,1 км^2, что в 1,5 раза выше, чем в 2020 г.

Углеводородокисляющие бактерии были выявлены во все периоды наблюдений. Наибольшая их численность от 10 до 10 тыс. кл/мл была отмечена в осенний период.

По сравнению с 2020 г. площадь зоны загрязнения донных отложений по бактериобентосу в оба сезона наблюдений 2021 г. уменьшилась: до 0,7 км^2 в подледный и до 2,3 км^2 осенний сезоны. Численность гетеротрофной микрофлоры в зоне загрязнения в оба сезона наблюдений была выше фоновых характеристик в 4,4-7 раз.

По численности фитопланктона уменьшение площади зоны загрязнения в 2021 г. было отмечено в марте до 5,7 км^2 и в июне до 6,6 км^2. В августе напротив площадь зоны загрязнения возросла в 1,7 раза, составив 8,2 км^2. На фоновых станциях во все сезоны наблюдений численность фитопланктона была в 2-4,2 раза ниже, чем в зоне загрязнения.

Средняя численность фитопланктона в подледный и весенний сезоны наблюдений была ниже значений аналогичного периода 2020 г., составив 231 тыс. кл/л и 414 тыс. кл/л соответственно. Максимальное развитие фитопланктона наблюдалось в осенний сезон - 840 тыс. кл/л.

Нитчатые водоросли рода *Spirogira* Link. были отмечены в пробах зоопланктона во все периоды наблюдений, в основном в прибрежной полосе озера. Наибольшее развитие спирогиры было отмечено в августе в районе выпуска КОС г. Байкальска и северо-восточнее выпуска на расстоянии 2, 5 км от береговой линии.

В 34% проб зообентоса, отобранных в марте, спирогира была выявлена глубинах от 18 до 120 м. Впервые за весь период наблюдений на фоновом участке, расположенном в районе р. Безымянная, нити спирогиры были выявлены на глубине 50 м.

По зоопланктону в подледный период наблюдений зона загрязнения уменьшилась в 1,6 раза (14,8 км^2 в 2021 г., 24,1 км^2 в 2020 г.), биомасса эпишуры в районе выпуска КОС г. Байкальска была в 2,9 раза ниже, чем в фоновом участке южного прибрежья (52 мг/м^3 против 149 мг/м^3). Весной площадь загрязнения уменьшилась незначительно, составив 22,9 км^2 (весна 2020 г. - 24,2 км^2), биомасса зоопланктона составила 30 мг/м^3. На фоновых станциях биомасса была в 4,6 раза выше, чем в зоне загрязнения, составив 138 мг/м^3.

Осенью площадь зоны загрязнения увеличилась в 1,3 раза и составила 15,8 км^2, при биомассе эпишуры в ней 110 мг/м^3 (в 2020 г. 11,9 км^2 при биомассе 46 мг/м^3). На фоновых станциях биомасса эпишуры была в 8,6 раз выше, чем в зоне загрязнения – 945 мг/м^3.

Отбор проб зообентоса проводился с глубин 18-140 м на участке, подверженном воздействию КОС г. Байкальска площадью 0,5 га. Средняя численность зообентоса составила 15,6 тыс. экз/м^2, а биомасса - 9 г/м^2. По сравнению с 2020 г. произошло увеличение численности в 3,7 раза, а биомассы - в 2,3 раза.

В составе зообентоса по численности доминирующее положение, как и в 2020 г., занимали нематоды, составив 7,5 тыс. экз/м^2 (58% от общей численности), а по биомассе - малощетинковые черви 4,9 г/м^2 (53% от общей биомассы). Вторыми по численности были малощетинковые черви - 30%, а по биомассе амфиподы - 28%. Средняя величина олигохетного индекса сохранилась на уровне 2020 г., составив 32%, что характеризует исследованный участок озера как «слабо загрязненный».

Анализ гидробиологических характеристик за 2021 г. свидетельствует о сохранении антропогенной нагрузки на зоопланктон в весенний период и ее снижении в подледный период наблюдений. Площадь зон загрязнения по бактериопланктону увеличилась в подледный и осенний периоды наблюдений. По численности фитопланктона в подледный и весенний периоды произошло уменьшение, а в осенний период увеличение площади влияния КОС г. Байкальска. В донных отложениях в оба периода наблюдений отмечено снижение площади загрязнения. Величина олигохетного индекса (32%) характеризует исследованный участок озера как «слабо загрязненный».

Гидробиологические наблюдения, проведенные в районе выхода трассы БАМ, показали, что июне максимальные значения численности гетеротрофов 705 кл/мл, фитопланктона 2251 тыс. кл/л и зоопланктона 24 тыс. экз./м^3 наблюдались в западной прибрежной зоне. Наименьшие значения численности гетеротрофов 288 кл/мл и зоопланктона 14 тыс. экз./м^3 были отмечены в восточной прибрежной зоне, а численности фитопланктона 830 тыс. экз./м^3 и его биомассы 384 мг/м^3 - в центральной части озера.

В сентябре численность гетеротрофов составила 982 кл/мл, фитопланктона - 1000 тыс. кл/л, достигнув максимальных значений в западной прибрежной зоне озера, а зоопланктона - 31 тыс. экз./м^3 в центральной части озера.

По сравнению с 2020 г. во всем исследованном районе в июне наблюдалось уменьшение средней численности бактериопланктона в 2,4 раза и фитопланктона в 3,6 раза. Численность и биомасса зоопланктона не изменились.

В осенний сезон произошло увеличение численности бактериопланктона в 1,9 раза, численность фито- и зоопланктона сохранилась на уровне прошлогодних значений.

Водоросли рода *Spirogira* Link. были отмечены в пробах зоопланктона в оба сезона наблюдений в прибрежной полосе вдоль западного побережья и северной оконечности озера. Максимальное их скопление наблюдалось на участке от мыса Толстый до порта Северобайкальск и в предустьевом участке р. Томпа.

Наиболее загрязненными в весенний и осенний сезоны наблюдений были устьевые участки рек Тыя, Верхняя Ангара и Томпа, численность бактериопланктона здесь изменялась весной от 397 до 827 кл/мл, а осенью - от 513 до 800 кл/мл.

В донных отложениях в исследованном районе озера наблюдалось уменьшение численности бактериобентоса весной в 1,9 раза, а осенью она сохранилась на уровне прошлогодних значений. В отличие от 2020 г. численность бактериобентоса в оба сезона наблюдений была выше в западной прибрежной зоне, составив весной 10 тыс. кл/г и осенью 15 тыс. кл/г вл. ила соответственно.

Максимальное развитие бактериобентоса весной было отмечено в пробах, отобранных на участке дна в районе впадения р. Кичера, осенью - в районе впадения р. Тыя.

Анализ состояния донных сообществ в северной части озера свидетельствует о сохранении антропогенной нагрузки в этом районе. В оба сезона наблюдений численность всех изученных групп гидробионтов была выше в западной прибрежной зоне. Наиболее загрязненными являются воды рек Кичера, Верхняя Ангара, Томпа.

Развитие водорослей рода *Spirogira* Link. отмечалось в оба сезона наблюдений в прибрежной полосе вдоль западного побережья и северной оконечности озера, максимальное скопление наблюдалось на участке от мыса Толстый до порта Северобайкальск и в предустьевом участке р. Томпа.

Комплексные исследования состояния водной толщи и донных отложений Селенгинского мелководья по бактерио-, фито-, зоопланктону, бактерио- и зообентосу, проведенные в сентябре 2021 г., свидетельствуют о продолжающемся поступлении легкоокисляемого органического вещества с водами р. Селенга.

По сравнению с 2020 г. произошло увеличение численности гетеротрофов в 1,3 раза. Максимальное значение численности гетеротрофов в водной толщи 1608 кл/мл наблюдалось на участке, расположенном в северной части Селенгинского мелководья напротив выноса протоки Колпинская, здесь также было отмечено максимальное развитие фенолокисляющих 34 кл/мл и углеводородокисляющих бактерий 1 тыс.кл/мл. Минимальная численность гетеротрофов 266 кл/мл была в пробах, отобранных напротив пролива Прорва, а углеводородокисляющих бактерий 10 кл/мл южнее выноса протоки Кривая.

По сравнению с предыдущим годом наблюдений в донных отложениях в 2021 г. произошло небольшое увеличение численности гетеротрофов, их средняя численность составила 39 тыс. кл/г вл. ила (36 тыс.кл/г вл. ила в 2020 г.), достигнув максимального развития 73 тыс. кл/г вл. ила на участке дна, расположенном южнее выноса протоки Кривая. Минимальная численность гетеротрофов наблюдалась в южной части Селенгинского мелководья напротив залива Сор. Развитие углеводородокисляющих бактерий было отмечено в пробах, отобранных на всех станциях, 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 1,8 тыс. кл/г вл. ила было отмечено на участке дна стокового выноса протоки Кривая.

По сравнению с аналогичным сезоном 2020 г. произошло увеличение численности бактериопланктона, в том числе углеводород- и фенолокисляющих бактерий, при относительно невысоком увеличении численности микрофлоры в донных отложениях.

По фитопланктону среднее значение общей численности составило 1371 тыс. кл/л, а биомассы - 395 мг/м^3. По сравнению с 2020 г. численность фитопланктона увеличилась в 1,6 раза, при уменьшении биомассы в 1,4 раза.

В пробах зоопланктона, отобранных на станциях в южной части Селенгинского мелководья, было отмечено развитие водорослей рода *Spirogira* Link., их скопление наблюдалось напротив залива Сор. Развитие спирогиры, как правило, наблюдалось в местах повышенного содержания биогенных элементов в воде.

Максимальная численность фитопланктона была отмечена напротив выхода основного русла р. Селенга (1920 тыс. кл/л), а максимальная биомасса (676 мг/м^3) - на станции, расположенной напротив стокового выноса протоки Колпинная. Минимальные численность и биомасса фитопланктона были отмечены в юго-западной части Селенгинского мелководья в районе стокового выноса протоки Промой (численность 256 тыс. кл/л, биомасса 96 мг/м^3).

Средняя численность зоопланктона по сравнению с 2020 г., увеличилась в 3 раза, составив 101 тыс. экз./м^3, а биомасса - в 1,9 раза, составив 193 мг/м^3. Максимальная численность зоопланктона 230 тыс. экз./м^3 была отмечена на участке стокового выноса протоки Кривая, а биомасса 489 мг/м^3 - в центральной части Селенгинского мелководья напротив выхода основного русла р. Селенга.

Наблюдения за состоянием водной толщи и донных отложений Малого моря в июне 2021 г. показали, что по микробиологическим показателям наиболее загрязненной была вода в северной части на разрезе мыс Хобой р. Зундук. Численность гетеротрофной микрофлоры составила 339 кл/л, в донных отложениях – 23 тыс. кл/г вл. ила. Здесь же были отмечены максимальное значение фенолокисляющих бактерий 13 кл/мл и численности зоопланктона 2 тыс. экз./м^3. Численность фитопланктона была максимальной в средней части Малого моря на траверзе пос. Хужир, составив 4353 тыс. кл/л, при биомассе – 2834 мг/м^3.

В сентябре 2021 г., как и в июне, численность гетеротрофной микрофлоры в воде была наиболее высокой (588 кл/мл) в северной части разреза м. Хобой р. Зундук, донные отложения наиболее сильно были загрязнены (16 тыс. кл/г вл. ила) на станции в южной части разреза мыс Улан - мыс Кобылья Голова. Здесь же были отмечены наибольшие численности фитопланктона 1219 тыс.кл/л и зоопланктона 26 тыс.экз/м^3.

Водоросли рода *Spirogira* Link. в пробах фито- и зоопланктона в июне не были выявлены. В сентябре обрывки нитей спирогиры были отмечены в пробах зоопланктона, отобранных в северной части Малого Моря.

В сентябре в Малом море была проведена съемка по зообентосу. Средняя численность зообентоса составила 11,4 тыс. экз./м^2 при биомассе 27 г/м^2. Наибольшее значение численности зообентоса 19,7 тыс. экз./м^2 было отмечено в пробе, отобранной на траверзе п. Хужир на глубине 30 м, наименьшее - 8,4 тыс. экз./м^2 в северной части Малого Моря. В исследованном районе на всех станциях донное сообщество сформировано олигохетами и амфиподами. Олигохетный индекс изменялся от 72 до 76%, что свидетельствует о загрязнении всего исследованного района.

Наибольшее количество моллюсков 850 экз./м^2 наблюдалось в пробе, отобранной на траверзе п. Хужир. В пробе, отобранной в северной части, моллюски не были выявлены.

Во всех исследованных районах в зоопланктоне были зафиксированы нити спирогиры. В 2018, 2020 и 2021 гг. спирогира была выявлена в зообентосе в районе выпуска КОС г. Байкальска. Весной массовое скопление спирогиры наблюдалось в прибрежной полосе в 2,5 км восточнее места выпуска КОС г. Байкальска. В северной оконечности оз. Байкал спирогира была отмечена в пробах зоопланктона во все сезоны наблюдений. Ее развитие наблюдалось в прибрежной полосе от мыса Толстый до устья р. Кичера и в районе устьевого участка р. Томпа.

Развитие спирогиры на Байкале ранее отмечалось, в основном, в мелководных заливах, но процесс не носил массового характера, как в последнее десятилетие.

Развитие спирогиры 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 влияют на качество воды и делают ее непригодной для использования человеком.

4.2.5. Характеристика выноса загрязняющих веществ с водным стоком основных притоков оз. Байкал

Водный сток в замыкающих створах рек-притоков озера оценен по откорректированным среднемесячным расходам воды за 2020 г. и 2021 г. и предыдущие периоды наблюдений (2012-2016 гг. и 2017-2019 гг.). Поступления веществ с водным стоком рек-притоков: Селенга, Баргузин, Турка, Верхняя Ангара представлены в таблице 4.4 и р. Тыя в таблице 4.5

Таблица 4.4. Поступления веществ с водным стоком основных притоков оз. Байкал в 2020 г. (верхняя строка) и в 2021 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	246 1523	20,5 97,5	7,50 19,2	41,4 49,35
Органические вещества, тыс. т	269 736	61,8 61,0	12,4 26,7	77,3 77,2
Легко-окисляемые органические вещества, тыс. т	56,0 97,5	5,05 4,28	3,16 4,90	15,3 14,7
Нефтяные углеводороды, тыс. т	0,79 2,43	0,280 0,221	0,028 0,065	0,485 0,410
Смолы+асфальтены, тыс. т	0,030 0,081	0,005 0,005	0,002 0,004	0,020 0,012
АСПАВ, тыс. т	0,187 0,540	0,018 0,022	0,005 0,017	0,027 0,025
Летучие фенолы, т	35,0 64,7	5,5 5,5	2,1 3,0	10,8 8,9
Водный сток, км^3	31,0 53,9	5,01 4,28	1,72 2,77	11,2 9,87

Таблица 4.5. Поступления веществ через створ р. Тыя – г. Северобайкальск, 1 км ниже города в 2020 г. и 2021 г.

Показатели	Годы наблюдений	
	2020 г.	2021 г.
Взвешенные вещества, тыс. т	5,27	2,97
Органические вещества, тыс. т	11,6	10,3
Легко-окисляемые органические вещества, тыс. т	2,62	1,78
Нефтяные углеводороды, тыс. т	0,094	0,027
Смолы + асфальтены, тыс. т	0,003	0,002
АСПАВ, тыс. т	0,004	0,007
Летучие фенолы т	1,1	0,8
Водный сток, км^3	1,80	1,17

Общий водный сток (далее водный сток) притоков озера – рек Селенга, Баргузин, Турка, Верхняя Ангара, Тыя в 2021 г. повысился до 72,0 км^3 от – 50,8 км^3 (2020 г.), доля р. Селенга в водном стоке представленных пяти рек повысилась до 75,0% от 61,0% (2020 г.).

В 2021 г. в замыкающих створах рассмотренных рек сохранились на уровне 2020 г. средневзвешенные значения БПК$_5$ – 1,00-1,83 мг/дм^3 и средневзвешенные концентрации летучих фенолов – 1,0-1,3 мкг/дм^3. Суммарное поступление через замыкающие створы рек легкоокисляемых органических веществ повысилось до 124 тыс. т., летучих фенолов – до 82,3 т. пропорционально повышению их водного стока по сравнению с 2020 г.

В 2021 г. через замыкающий створ главного притока озера – р. Селенга поступление НУ возросло в 3 раза – до 2,43 тыс. т, поступление АСПАВ возросло в 2,8 раза – до 0,54 тыс. т по сравнению с 2020 г. Через замыкающие створы других изученных рек суммарное поступление НУ снизилось до 0,72 тыс. т от 0,89 тыс. т (2020 г.), поступление АСПАВ повысилось лишь в 1,3 раза – до 0,070 тыс. т в 2021 г. от 0,054 тыс. т (2020 г.).

В 2021 г. по сравнению с 2020 г. в замыкающем створе р. Селенга повысились значения средневзвешенных концентраций в 1,6 раза: нефтяных углеводородов - до 0,045 мг/дм^3, АСПАВ – до 0,010 мг/дм^3, показателя ХПК – до 18,2 мг/дм^3. Средневзвешенная концентрация взвешенных веществ возросла в 3,5 раза - до 28,2 мг/дм^3 от 7,9 мг/дм^3 в 2020 г.

Средние поступления химических веществ с общим водным стоком рек Селенга, Баргузин, Турка, Верхняя Ангара, Тыя за периоды 2012-2016 гг., 2017-2019 гг. и годовые значения за 2020 г. и 2021 г. представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6. Средние поступления химических веществ с общим водным стоком рек Селенга, Баргузин, Турка, Верхняя Ангара, Тыя

Показатели:	2012-2016 гг.	2017-2019 гг.	2020 г.	2021 г.
взвешенные вещества, тыс.т.	877	286	320	1692
органические вещества, тыс.т.	369	368	432	911
легко-окисляемые органические вещества, тыс.т.	52,3	61,8	82,0	123
нефтяные углеводороды, тыс.т.	0,73	1,35	1,68	3,15
смолистые компоненты, тыс.т.	0,32	0,10	0,06	0,10
АСПАВ, тыс.т.	0,21	0,24	0,24	0,61
летучие фенолы, т.	26,0	43,0	54,5	82,3
водный сток, км^3	35,0	39,3	50,8	72,0

В целом в 2021 г. по сравнению с периодами наблюдений 2012-2020 гг. отмечена тенденция повышения выноса взвешенных, органических и легкоокисляемых органических веществ, нефтяных углеводородов, анионных поверхностно-активных веществ, летучих фенолов с водным стоком представленных притоков оз. Байкал.

В 2021 г. в поступлении определяемых веществ с общим водным стоком пяти изученных рек доли р. Селенга составили: 90% - взвешенных веществ, 80,8% - органических веществ, 79,0% - легко-окисляемых органических веществ, 77,0% - нефтяных углеводородов, 88,3% - АСПАВ, 78,6% - летучих фенолов. Сохранился приоритетным вклад главного притока Байкала - р. Селенга в поступление через замыкающие створы изученных рек химических, в том числе загрязняющих веществ.

4.2.6. Комплексное обследование загрязнения окружающей среды в районе г. Байкальска

В 2021 г. проводилось комплексное обследование природной среды в районе промышленной площадки ОАО «БЦБК» и прилегающих территорий в рамках мероприятия «Комплексный мониторинг загрязнения поверхностных вод, донных отложений и почв в районе промышленной площадки ОАО «БЦБК» и прилегающих территориях в 2021-2024 гг.» Федерального проекта «Сохранение оз. Байкал» Национального проекта «Экология». Наблюдения проводились в воде Южной котловины Байкала, почвах, донных отложениях наблюдательного полигона озера, донных отложениях притоков, в образцах отходов из карт-накопителей подлежащих рекультивации Солзанского и Бабхинского полигонов. На рис. 4.18 представлена карта-схема расположения точек отбора проб. В отобранных пробах определялось содержание широкого спектра загрязняющих веществ (полихлорированные бифенилы (ПХБ), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), тяжелые металлы (ТМ), нефтяные углеводороды (НУ), токсафены и хлорорганические пестициды (ХОП).

Рис. 4.18. Карта-схема отбора проб почв, донных отложений и воды в 2021 г.
(донные отложения рек - Sed, почвы - S, донные отложения оз. Байкал - T)

Вода и донные отложения оз. Байкал

Пробы воды отбирались в точке постоянных наблюдений в Южной котловине озера с разных глубин (от 0,5 до 1114 м) в сентябре. Пробы донных отложений отбирались в зоне влияния сбросов Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК) (рис. 4.18). В отобранных пробах методом хроматомасс-спектрометрии измерялось содержание стойких органических загрязнителей (СОЗ): ПХБ (60 конгенеров), хлорорганические пестициды (23 соединения), токсафены (приоритетные). Результаты измерений представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7. Диапазон и средние значения концентраций СОЗ в пробах воды и донных отложений оз. Байкал

Вода оз. Байкал			ДО оз. Байкал		
Аналит	Диапазон, пг/дм^3	Среднее, пг/дм^3	Аналит	Диапазон, мкг/кг	Среднее, мкг/кг
Хлорорганические пестициды					
Гексахлорбензол	6,3-28,0	15,6	Гексахлорбензол	0,54-9,80	2,92
α-ГХЦГ	25,6-38,5	29,4	α-ГХЦГ	<0,05-0,07	0,018
β-ГХЦГ	129-152	142	β-ГХЦГ	0,01-0,03	0,015
γ-ГХЦГ	14,8-40,4	20,0	γ-ГХЦГ	<0,05	-
Δ-ГХЦГ	<5,0	-	Δ-ГХЦГ	<0,05	-
Гептахлор	<5,0	-	Гептахлор	<0,05	-
Гептахлор эпоксид	<10,0	-	Гептахлор эпоксид	<0,10	-
Оксихлордан	<10,0	-	Оксихлордан	<0,08	-
trans-Хлордан	<1,0	-	*trans*-Хлордан	<0,03	-
cis-Хлордан	<1,0	-	*cis*-Хлордан	0,01-0,04	0,015
trans-Нонахлор	<10,0	-	*trans*-Нонахлор	0,01-0,02	0,003
cis-Нонахлор	<10,0	-	*cis*-Нонахлор	<0,01	-
2,4`-ДДЕ	<1,0	-	2,4`-ДДЕ	0,01-0,04	0,012
4,4`-ДДЕ	7,0-34,2	15,2	4,4`-ДДЕ	0,02-1,63	0,53
2,4`-ДДД	<1,0	-	2,4`-ДДД	0,01-0,18	0,053
4,4`-ДДД	<1,0	-	4,4`-ДДД	0,02-1,09	0,29
2,4`-ДДТ	<1,0	-	2,4`-ДДТ	0,01-0,04	0,021
4,4`-ДДТ	12,9-48,4	25,0	4,4`-ДДТ	0,05-0,39	0,17
Мирекс	<2,0	-	Мирекс	<0,03	-
Альдрин	<10,0	-	Альдрин	<0,1	-
Эндрин	<10,0	-	Эндрин	<0,1	-
Эндосульфан I	<10,0	-	Эндосульфан I	<0,1	-
Октахлорстирол	<10,0	-	Октахлорстирол	<0,1	-
Полихлорированные бифенилы					
ΣПХБ	1163-2249	1567	ΣПХБ	0,19-15,0	6,01
ΣмоноХБ	<1,0	-	ΣмоноХБ	<0,01	-
ΣдиХБ	<1,0	-	ΣдиХБ	<0,01	-
ΣтриХБ	50,9-115	78,5	ΣтриХБ	<0,01-0,36	0,1
ΣтетраХБ	306-417	360	ΣтетраХБ	<0,01-3,73	1,24
ΣпентаХБ	423-1068	666	ΣпентаХБ	0,17-6,02	2,77
ΣгексаХБ	182-486	309	ΣгексаХБ	0,01-3,89	1,44
ΣгептаХБ	61,9-249	154	ΣгептаХБ	0,01-1,83	0,43
ΣоктаХБ	<1,0	-	ΣоктаХБ	<0,01-0,36	0,03
ΣнонаХБ	<1,0	-	ΣнонаХБ	<0,01	-
ΣдекаХБ	<1,0	-	ΣдекаХБ	<0,01	-
Токсафены					
Тох 26	<1,0	-	Тох 26	<0,01	-
Тох 50	4,2-7,3	5,4	Тох 50	<0,01	-
Тох 62	<1,0	-	Тох 62	<0,01	-
Сумма Тох	4,2-7,3	5,4	Сумма Тох	<0,01	-

Полихлорированные бифенилы – основной класс загрязняющих веществ в байкальских водах из перечня СОЗ. В районе Байкальска они попадали в воду со сточными водами производства беленой целлюлозы с хлорным отбеливанием. Также они могут поступать в окружающую среду от промышленных источников, использующих ограниченные к применению в настоящее время технологические жидкости на основе ПХБ (трансформаторные масла, теплоносители, конденсаторные жидкости), и в результате переноса воздушными массами и атмосферными осадками в фоновые районы.

Суммарное содержание конгенеров ПХБ по данным измерений проб, отобранных в 2021 г., находилось в диапазоне от 1163 до 2249 пг/дм^3, заметно различаясь в зависимости от глубины отбора. Ни в одной пробе превышения норматива, установленного приказом Минсельхоза №552 от 13.12.2016 г., не было зафиксировано.

ПХБ были обнаружены во всех отобранных пробах донных отложений Байкала, суммарная концентрация варьировала от 0,2 до 15 мкг/кг сухого веса. Максимальные уровни были зафиксированы в точках на глубинах от 100 до 200 м в 400 м от береговой линии напротив БЦБК.

В пробах воды также присутствовали ХОП, относящиеся к СОЗ. Как и по данным предыдущих исследований, преобладали изомеры ГХЦГ, максимальные уровни наблюдались для изомера β-ГХЦГ – до 152 пг/дм^3. Следует отметить, что по данным исследований 2021 г. уровни содержания изомеров ГХЦГ заметно снизились по сравнению с 2014 г., когда проводились предыдущие наблюдения.

Суммарная концентрация ДДТ и его метаболитов в водах юга Байкала варьировала от 19,9 до 82,6 пг/дм^3, наиболее высокое содержание наблюдалось на глубине 250 м (рис. 4.19). Гексахлорбензол (ГХБ) присутствовал во всех проанализированных пробах на уровне 6,3–28 пг/дм^3.

Рис. 4.19. Содержание ХОП в вертикальном профиле воды южной котловины оз. Байкал

ХОП (гексахлорбензол и метаболиты ДДТ) содержались во всех пробах донных отложений на уровне от 0,01 до 9,8 мкг/кг. Точки с максимальным содержанием пестицидов совпадали с точками, наиболее загрязненными ПХБ. Прочие пестициды, в том числе и изомеры ГХЦГ, содержались в донных осадках на следовом уровне – 0,01–0,07 мкг/кг или не были выявлены.

Включенный в перечень СОЗ токсафен – хлорорганический пестицид сложного состава, содержащий множество конгенеров и изомеров. Из трех наиболее биологически активных конгенеров токсафена (Tox26, Tox50, Tox62) в анализируемых пробах воды был выявлен только Tox50 в диапазоне концентраций 4,2–7,3 пг/дм^3. Проведенный химический анализ донных отложений не позволил идентифицировать токсафены выше уровня чувствительности анализа.

Результаты анализа образцов свидетельствуют о сильной изменчивости и разбросе содержания ПАУ в донных отложениях оз. Байкал. Концентрации ПАУ обусловлены сорбционными свойствами осадков, наиболее высокое содержание отмечалось в мелкодисперсных донных отложениях, обладающих большей активной площадью поверхности. Органическое вещество тоже играет значимую роль в накоплении ПАУ. Максимальные значения содержания бенз(а)пирена и суммы ПАУ составили 29,8 и 720,8 мкг/кг соответственно. Согласно международной классификации, значительная часть проб донных отложений, отобранных в обследуемом районе, относится к классу № 2 с «низкими» концентрациями ПАУ и классу № 3 с «умеренными» концентрациями ПАУ. Некоторые пробы входят в класс № 4 с «высокими концентрациями» фенантрена, флуорантена, пирена, хризена.

В отдельных пробах донных отложениях озера, отобранных в районе БЦБК, были отмечены повышенные значения содержания меди (22,6 мг/кг), никеля (33,6 мг/кг), цинка (46,1 и 41,2 мг/кг). Также, как и для ПАУ, повышенные значения наблюдались вблизи места сброса очищенных сточных вод БЦБК, а также шламонакопителей. Содержание других тяжелых металлов было сопоставимо с фоновыми значениями.

Результаты анализа проб донных отложений показали, что содержание общей ртути варьировало от 9,5 до 32,5 мкг/кг при среднем значении 21,7±7,7 мкг/кг. Вклад наиболее токсичных метилированных форм в общее содержание ртути не превышал 1,5%. В среднем в метилированной форме находилось 0,88% ртути. Содержание метилртути изменялось от < 0,15 до 0,33 мкг/кг, уровни метилртути ниже предела обнаружения были отмечены в 36% исследованных проб. Пространственное распределение общей ртути и метилртути по дну озера устойчиво связано с содержанием мелкодисперстной фракции, состоящей из мелкого алеврита и пелита (фракции с размером зерен <0,05 мм).

Почвы

Территория г. Байкальска расположена на территории Хабар-Дабанского низко- и среднегорного округа Восточно-Саянской котловинно-горной почвенной провинции. Характерной особенностью почвообразования в этом регионе является промывной водный режим, обусловленный песчаным характером подстилающих пород, слабое разложение органического вещества, которое выражается в грубогумусном верхнем горизонте и широким диапазоном кислотности почвы.

Карта-схема отбора проб почвы представлена на рис. 4.18. Обследуемую территорию г. Байкальска и его окрестности условно можно ранжировать на три категории: фоновые точки (S1, S9, S10, S20), почвы селитебной зоны (S6, S7 и S11), а также промышленная зона (полигоны захоронения отходов и площадка БЦБК, точки S2- S5, S8, S12- S19).

Почвы, отобранные на территории г. Байкальска и его окрестностей, идентифицированы в 55% случаях как разновидности подбуров. Также встречались буроземы, агроземы (насыпные почвы). На рекультивированной

территории золонакопителя БЦБК были отобраны две развивающиеся примитивные почвы. Образцы характеризовались легким гранулометрическим составом (рис. 4.20). В соответствии с принятыми в почвоведениями критериями по уровнями кислотности почвы можно разделить на: сильнокислые – 35%; кислые – 25%; слабокислые – 5%; близкие к нейтральным – 15%; нейтральные – 20%. Почвы не засоленные. Среднее содержание органического углерода на фоновых площадках составило 2,2±1,0%, на полигонах хранения промышленных отходов и в городе содержание органического углерода несколько выше (3,7±2,2%).

Рис. 4.20. Разновидности почв на территории г. Байкальска

Интервалы и средние значения содержания определявшихся веществ, а также установленные нормативы допустимых концентраций приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8. Диапазон и средние значения концентраций определявшихся веществ в пробах почв, а также предельные/ориентировочные допустимые концентрации

Аналит	Диапазон	Среднее	ПДК/ОДК*	Аналит	Диапазон	Среднее	ПДК/ОДК*
Хлорорганические пестициды, мкг/кг				**ПАУ и НУ, мкг/кг**			
Гексахлорбензол	0,25-2,20	0,94	/30	Нафталин	0,60-17,7	4,76	-
α-ГХЦГ	<0,05-0,46	0,07	100/	Аценафтен	<0,20-7,40	1,24	-
β-ГХЦГ	<0,05-0,57	0,09		Флуорен	0,20-18,9	3,01	-
γ-ГХЦГ	<0,05-0,21	0,03		Фенантрен	1,10-271	37,1	-
Δ-ГХЦГ	<0,05-0,07	0,009	-	Антрацен	0,10-37,6	4,98	-
Гептахлор	<0,05	-	50/	Флуорантен	0,30-962	77,9	-
Гептахлор эпоксид	<0,10-0,06	0,006	-	Пирен	0,40-790	60,9	-
Оксихлордан	<0,08	-	-	Бенз(а)антрацен	<0,20-418	31,5	-
trans-Хлордан	<0,03	-	-	Хризен	<0,20-526	112,3	-
cis-Хлордан	<0,03	-	-	Бенз(е)пирен	<0,20-460	37,7	-
trans-Нонахлор	<0,01-0,02	0,005	-	Бенз(b)флуорантен	<0,20-591	67,2	-
cis-Нонахлор	<0,01-0,01	0,0009	-	Бенз(k)флуорантен	<0,10-303	24,3	-
2,4`-ДДЕ	<0,03-0,32	0,039	-	Бенз(а)пирен	0,10-362	26,5	20/
4,4`-ДДЕ	<0,03-11,0	1,28	-	Дибенз(а,h)антрацен	<0,20-27,2	3,03	-
2,4`-ДДД	<0,03-0,70	0,011	-	Бенз(g,h,i)перилен	0,40-301	70,0	-
4,4`-ДДД	<0,03-8,06	0,92	-	Инден[1,2,3-с,d]пирен	0,30-377	37,5	-
2,4`-ДДТ	<0,03-4,42	0,49	-	Сумма ПАУ	4,3-5396	600	-
4,4`-ДДТ	0,02-24,40	2,81	-	**Тяжелые металлы, мг/кг**			
Мирекс	<0,3	-	-	Алюминий (Al)	3705-19554	13555	-
Альдрин	<0,1	-	-	Хром (Cr)	4,3-72,4	32,6	-
Эндрин	<0,1	-	-	Медь (Cu)	3,8-38	15,3	/33; /66; /132**
Эндосульфан I	<0,1	-	/100	Железо (Fe)	4600-24351	17143	-
Октахлорстирол	<0,1	-	-	Марганец (Mn)	60-382	211	1500/
Полихлорированные бифенилы, мкг/кг				Никель (Ni)	2,1-41,3	20,0	/20; /40; /80**
ПХБ-28	0,01-6,33	0,40	/1,0	Свинец (Pb)	2,3-43,7	9,4	/32; /65; /130**
ПХБ-52	0,02-8,98	0,96	/1,0	Цинк (Zn)	6,4-275,8	50,1	/55; /110; /220**
ПХБ-101	0,06-29,0	3,35	/4,0	Ртуть (Hg)	0,010-0,84	0,105	2,1/
ПХБ-118	0,07-35,8	4,92	/4,0	НУ, мг/кг	18-1161	156	-
ПХБ-153	0,06-60,4	5,97	/4,0	Сульфаты, мг/кг	<10	-	-
ПХБ-138	0,14-78,8	7,65	/4,0	Хлориды, ммоль/100г	0,12-0,15	0,13	-
ПХБ-180	0,04-9,86	1,02	/4,0	Сорг., %	0,80-9,0	3,40	-
ΣПХБ	0,98-362	43,4	/20	pH (KCl), ед. pH	3,6-6,6	4,97	-

** - СанПиН 1.2.3685-21*
*** - в зависимости от типа почв*

ПХБ были выявлены во всех пробах почв, преобладали пента- и гексахлорбифенилы (таблица 4.7 и рис. 4.21). Бифенилы с такой степенью хлорирования характерны для ранее применявшихся технических жидкостей для электрооборудования, преимущественно трансформаторов (Соволы). Суммарная концентрация ПХБ в пробах варьировала от 1,0 до 362 мкг/кг сухого веса. Из двадцати проанализированных проб почв в девяти был установлен факт превышения ОДК суммы ПХБ, максимальное содержание 18,1 ОДК было зафиксировано на территории промышленной площадки БЦБК вблизи шламонакопителя.

Рис. 4.21. Конгенерный состав ПХБ в пробах почв

Рис. 4.22. Концентрации индивидуальных нормируемых ПХБ, выявленные в наиболее загрязненных пробах почв

В Российской Федерации в 2021 г. наряду с суммой ПХБ установлены также ОДК содержания в почве некоторых индивидуальных индикаторных конгенеров ПХБ. Эти нормативы также были превышены (рис. 4.22). Для ПХБ-28 среднее содержание в проанализированных пробах и наблюдавшийся максимум составили 0,4 и 6,3 ОДК, ПХБ-52 – 1,0 и 9,0 ОДК, ПХБ-101 – 0,8 и 7,3 ОДК, ПХБ-118 – 1,2 и 9,0 ОДК, ПХБ-138 – 1,9 и 19,7 ОДК, 153 – 1,5 и 15,1 ОДК, ПХБ-180 – 0,3 и 2,5 ОДК.

В почвах содержание хлорорагнических пестицидов (гексахлорбензола и метаболита ДДТ) находилось на низком уровне – от следового до 24,4 мкг/кг, а максимальные концентрации ХОП были выявлены в пробе почвы селитебной территории в микрорайоне «Строитель» г. Байкальска. Ни в одной из отобранных проб почв токсафены не были идентифицированы на уровне чувствительности анализа 0,01 мкг/кг.

По результатам анализа содержание бенз(а)пирена в почвах находилось в диапазоне от 0,10 до 362 мкг/кг (18,1 ПДК), а суммарные концентрации шестнадцати ПАУ варьировали от 4,3 до 5396 мкг/кг. Среднее содержание бенз(а)пирена в почвах на обследованной территории составило 26,5 мкг/кг, суммы ПАУ – 600 мкг/кг. В почвах селитебной территории максимальная массовая доля без(а)пирена и суммы ПАУ наблюдалась в точке S-6 – 13,1 и 416,1 мкг/кг.

В почвах вблизи полигонов захоронения отходов и промышленных площадок было отмечено повышенное содержание (по сравнению с фоном) никеля, свинца и цинка. Основной вклад в загрязнение почв г. Байкальска тяжелыми металлами вносили никель (в шести пробах было выявлено от 1 до 2 ОДК), свинец (в трех пробах было выявлено от 1 до 1,4 ОДК), цинк (в трех пробах было выявлено от 1 до 5 ОДК) и медь (в одной пробе было выявлено 1,2 ОДК). В пробе почвы S19, расположенной вблизи шламонакопителя №11, было зафиксировано превышение всех нормируемых металлов. По данным обследования почв г. Байкальск и его окрестностей в 2000 г. также было отмечено локальное загрязнение свинцом, никелем, медью и цинком.

Фоновое содержание ртути составило 29,8±13,3 мг/кг. Максимальное загрязнение почв было отмечено на промплощадке БЦБК вблизи карты-накопителя №11, содержание ртути и углеводородов в этой точке превысило фон в 10-25 раз. В почвах Солзанского полигона шламонакопителей содержание ртути в 2-4 раза выше фона. Повышенные уровни ртути, превышающие фон в 2,4-2,8 раз, были отмечены на побережье Байкала (т. S-17, S-18) и в т. S-4 на территории промплощадки. На территории Бабхинского полигона отходов загрязнение почв углеводородами и ртутью не было выявлено. В г. Байкальск повышенный уровень ртути был отмечен в точке S-7.

В целом состояние почв с точки зрения опасности загрязнения почв комплексом тяжелых металлов по суммарному показателю загрязнения $Z_ф$ (с учётом фонов) является допустимым. На селитебной территории $Z_ф$ составил 13, в почвах полигонов захоронения и вблизи промплощадки БЦБК – 4,2. Это согласуется с данными 2000 г., когда индекс $Z_ф$ на обследованной территории был равен 4.

Среднее содержание нефтепродуктов в пробах почв составило 156 мг/кг, а минимальная и максимальная концентрации – 18 и 1161 мг/кг соответственно. В пробе почвы S9, одной из четырех фоновых проб, расположенной в пойме р. Солзан, было отмечено повышенное содержание нефтепродуктов, которое составило 437 мг/кг, в то время как в остальных фоновых пробах содержание изменялось от 23 до 74 мг/кг.

Наиболее загрязненным является участок, прилегающий к ТЭЦ и шламонакопителю №11 (проба S19). В этой точке были зафиксированы максимальные уровни содержания ПХБ, ПАУ, металлов, нефтепродуктов. По индексу $Z_ф$ загрязнение почвы металлами этого участка классифицируется как умеренно опасное. Максимальное содержание ПХБ характерно для точек, прилегающих к территории промышленной зоны БЦБК на незначительном удалении от береговой линии, точка S19 также находится недалеко от Байкала, что не исключает попадания токсикантов в воды озера путем смыва при таянии снежного покрова.

Донные отложения рек

Для оценки загрязнения поверхностных водотоков тяжелыми металлами и полициклическими ароматическими углеводородами были отобраны пробы донных отложений (ДО) на пяти малых реках, протекающих по обследуемой территории и впадающих в оз. Байкал. На реках Бабха, Харлахта, Солзан и Большая Осиновка пробы были отобраны выше полигонов хранения отходов или выше г. Байкальска (Sed-1, Sed-6 – Sed-8) и в устье рек перед впадением в оз. Байкал (Sed-2 – Sed-5, Sed-9, Sed-10). На р. Малая Осиновка пробы были отобраны рядом с картой хранения отходов №9 и в устье. Карта-схема отбора проб приведена на рис. 4.18. Следует отметить тот факт, что в 2020 г. русла указанных рек были подвергнуты селезащитным мероприятиям. Русла рек были расширены и углублены для увеличения пропускной способности сезонных вод. В связи с этим намеченный отбор проб донных отложений в местах, не подверженных прямому антропогенному воздействию, был невозможен.

Донные отложения песчаные, по содержанию органического углерода исследованные донные отложения относятся к минеральным осадкам. Содержание органического углерода в пробах варьировало от 0,5 до 2,2%, среднее содержание органического углерода в донных отложениях составило 1,28±0,48%.

В пробах ДО рек был проведен химический анализ сокращенного перечня загрязняющих веществ. Было проведено определение содержания ПАУ и ТМ. Диапазоны и средние значения концентраций определяемых веществ приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9. Диапазон и средние значения концентраций ПАУ и тяжелых металлов в пробах донных отложений притоков Байкала

Аналит	Диапазон	Среднее	Аналит	Диапазон	Среднее
ПАУ, мкг/кг					
Нафталин	<1,0-1,60	0,27	Хризен	<0,20-1,10	0,29
Аценафтен	<0,2	0,00	Бенз(е)пирен	<0,20-1,90	0,19
Флуорен	<0,10-0,10	0,04	Бенз(b)флуорантен	<0,20-1,60	0,20
Фенантрен	<0,20-0,90	0,37	Бенз(k)флуорантен	<0,10-0,50	0,15
Антрацен	<0,10-0,10	0,01	Бенз(а)пирен	<0,10-0,80	0,16
Флуорантен	<0,20-0,70	0,34	Дибенз(а,h)антрацен	<0,20-0,20	0,02
Пирен	<0,20-1,50	0,32	Бенз(g,h,i)перилен	<0,20-1,00	0,10
Бенз(а)антрацен	<0,20-0,40	0,04	Инден[1,2,3-с,d]пирен	<0,20-0,90	0,09
Сумма ПАУ	<0,1-11,2	2,6	-	-	-
Тяжелые металлы, мг/кг					
Алюминий (Al)	6302-16544	10162	Никель (Ni)	7,8-40	22,8
Хром (Cr)	9,9-67,1	24,1	Свинец (Pb)	0,9-2,1	1,5
Медь (Cu)	5,8-24,6	12,5	Цинк (Zn)	19,9-55,5	32,1
Железо (Fe)	9067-23224	15054	Ртуть (Hg)	0,006-0,011	0,0088
Марганец (Mn)	98-234	151	-	-	-

Результаты анализа проб донных отложений свидетельствуют об однородном распределении концентраций металлов. Так, среднеарифметические значения концентраций в донных отложениях, отобранных в устьях рек, превышали аналогичные результаты для проб, отобранных выше, не более чем в 1,3 раза. Максимальное увеличение концентраций тяжелых металлов по сравнению с фоном составило 3,2 раза (для хрома) в устье р. Солзан. Наибольшее увеличение концентраций металлов по сравнению с фоновыми створами было зафиксировано в устье р. Малая Осиновка: содержание марганца и железа превышало фоновые значения в 1,6 раза, алюминия и никеля – в 1,8 раза, цинка – в 1,9 раза, а меди – в 2,1 раза. Максимальная концентрация свинца наблюдалась в устье р. Большая Осиновка (2,1 мг/кг) и превышала среднеарифметическое значение фоновых проб в 1,5 раза.

При оценке содержания ртути в отобранных образцах донных отложений влияние полигонов хранения отходов и г. Байкальска не были выявлено. Незначительное накопление ртути было отмечено в осадках устья р. Малая Осиновка, на левобережье которой расположены карты-накопители № 8, 9, 10.

По результатам анализа проб исследуемых водотоков загрязнения ПАУ донных отложений отмечено не было. В большинстве случаев содержание индивидуальных ПАУ было ниже пределов обнаружения. Незначительное повышение концентраций ПАУ по сравнению с другими реками было зафиксировано в устье р. Солзан.

Воздух

Атмосферный перенос СОЗ является одним из значимых факторов попадания и накопления антропогенных токсикантов в водах и биообъектах оз. Байкал. При этом ряд соединений, не применявшихся в СССР и РФ, попадает в экосистему за счет дальнего трансграничного переноса, в том числе из стран Юго-восточной Азии.

В ноябре 2021 г. на метеоплощадке г. Байкальск была запущена в работу специализированная установка для активного отбора проб воздуха большого объема с концентрированием аналитов на аэрозольный фильтр и эффективный пенополиуретановый сорбент. Отбор проб проводился периодически с недельной экспозицией, в воздухе определялось содержание широкого спектра СОЗ и ПАУ.

В проанализированных пробах присутствовали ПХБ, среднее содержание суммы конгенеров составило 65 пг/м^3, около 45% из них приходилось на пентахлорбифенилы. Доля более летучих три- и тетрахлорбифенилов в воздухе была выше по сравнению с другими средами. Среднее содержание ГХБ составило 5,3 пг/м^3, суммы изомеров ГХЦГ – 2,9 пг/м^3 (из них 2,3 пг/м^3 приходилось на альфа-ГХЦГ), суммы ДДТ – 1,5 пг/м^3 (преобладал 4,4´-ДДЕ). В пробах были идентифицированы в следовых концентрациях пестициды: гептахлор, хлордан, оксихлордан, нонахлор, октахлорстирол, а также конгенеры токсафенов.

Суммарное содержание полибромированных дифениловых эфиров (ПБДЭ), составило от 0,11 до 0,57 пг/м^3. Эти вещества, применяемые в качестве антипиренов при производстве различных пластмасс, представляют собой относительно новый класс СОЗ окружающей среды.

Среднее содержание суммы ПАУ в воздухе составило 19,6 нг/м^3. Содержание бенз(а)пирена и нафталина не превышало установленных ПДК в атмосферном воздухе.

Полученные в результате комплексного обследования в 2021 г. уровни загрязнения природной среды уникальной экологической системы оз. Байкал токсичными химическими веществами являются отправной точкой долгосрочного мониторинга и могут быть использованы в будущем для оценки реализации мероприятий по ликвидации накопленного экологического ущерба от деятельности БЦБК.

4.3. Арктическая зона Российской Федерации

Общая характеристика

Арктическая зона Российской Федерации (АЗ РФ) - регион огромного потенциального источника природных ресурсов (нефти, газа, минералов) и транспортного морского пути Европа - Азия.

Согласно утвержденным Указом Президента Российской Федерации от 5 марта 2020 г. № 164 «Основам государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 г.» развитие Арктической зоны Российской Федерации, определенной Указом Президента Российской Федерации от 02.05.2014 г. N 296 (с изменениями и дополнениями) «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» (рис. 4.23), в качестве стратегической ресурсной базы и ее рациональное использование в целях ускорения экономического роста Российской Федерации, развитие Северного морского пути и охрана окружающей среды и обеспечение экологической безопасности относятся к национальным интересам Российской Федерации в Арктике.

1. Мурманская область;
2. Республика Карелия (в составе Беломорского, Лоухского, Калевальского, Кемского, Сегежского муниципальных районов, Костомукшского г.о.);
3. Архангельская область (в составе Лешуконского, Мезенского, Онежского, Пинежского и 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 Усть-Цилемского муниципального района, муниципальных образований городских округов «Воркута», "Инта", «Усинск»);
7. Красноярский край (в составе Таймырского Долгано-Ненецкого, Туруханского, Эвенкийского муниципальных районов, территории городского округа города Норильск, сельских поселений "Суринда", "Тура", "Нидым", "Учами", "Тутончаны", "Ессей", "Чиринда", "Эконда", "Кислокан", "Юкта");
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. 4.23. Картосхема территории Арктической зоны Российской Федерации
в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 02.05.2014 г. N 296 (с изменениями и дополнениями) «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации»

Территория суши Арктической зоны Российской Федерации составляет 4,01 млн. км^2, где в настоящее время проживает около 2,5 млн. чел, что составляет менее 2% населения России (табл. 4.10).

Таблица 4.10. Территории Арктической зоны Российской Федерации

№	Территории	Площадь, км^2	Население, чел.	АЗ в субъекте: площадь/насел.%
1.	Мурманской области	144 902,00	732 864	АЗ: 100 / 100%
2.	Ненецкого автономного округа	176 700,00	44 389	
3.	Чукотского автономного округа	721 481,00	49 527	
4.	Ямало-Ненецкого автономного округа	769 250,00	547 010	
5.	Мун. обр. "Беломорский муниципальный район"	12 797,00	15 190	Республика Карелия АЗ: 39 / 18%
6.	Мун. обр. "Лоухский муниципальный район"	22 551,00	10 262	
7.	Мун. обр. "Кемский муниципальный район"	8 029,00	13 961	
8.	Мун. обр. «Калевальский муниципальный район»	13 259,90	6 489	
9.	Мун. обр. «Сегежский муниципальный район»	10 570,97	34 761	
10.	Г.о. Костомукшский городской округ	4 046,00	30 273	
Итого АЗ Республики Карелия		71 253,87	111 293	
Республика Карелия		180 520,00	609 071	
11.	Мун. обр. "Город Архангельск"	294,42	344 979	Архангельская область АЗ: 42 / 58%
12.	Мун. обр. "Мезенский муниципальный район"	34 410,21	8 127	
13.	Мун. обр. "Новая Земля"	83 000,00	3 576	
14.	Мун. обр. "Город Новодвинск"	41,00	37 256	
15.	Мун. обр. "Онежский муниципальный район"	23 755,73	29 031	
16.	Мун. обр. "Приморский муниципальный район"	46 133,61	24 278	
17.	Мун. обр. "Северодвинск"	120,51	180 806	
18.	Мун. обр. Лешуконский муниципальный район»	28 083,59	5 840	
19.	Мун. обр. «Пинежский муниципальный район»	32 116,39	20 496	
Итого АЗ Архангельской области		247 955,46	654 389	
Архангельская область		589 913,0	1 127 051	
20.	Мун. обр. городского округа "Воркута"- - АЗ Республики Коми	24 179,64	52 292	Республика Коми АЗ: 31 / 16%
21.	Мун. обр. «Усть-Цилемский муниципальный район»	42 511,10	11 056	
22.	Мун. обр. городского округа "Инта"	30 100,00	26 779	
23.	Мун. обр. городского округа «Усинск»	30 564,20	42 780	
Итого АЗ Республики Коми		127 354,94	132 907	
Республика Коми		415 900,00	813 590	
24.	Абыйского улуса (района)	69 435	3 916	Республика Саха (Якутия) АЗ: 22 / 7%
25.	Аллаиховского улуса (района)	107 300,00	2 726	
26.	Анабарского национального (Долгано-Эвенкийского) улуса (района)	55 600,00	3 672	
27.	Булунского улуса (района)	223 582,55	8 501	
28.	Верхоянского улуса (района)	134,4	10 981	
29.	Верхнеколымского улуса (района)	67,8	3 984	
30.	Жиганского улуса (района)	140,2	4 179	
31.	Момского улуса (района)	104,6	4 051	
32.	Нижнеколымского района	87 117,54	4 228	
33.	Оленекского улуса (района)	318,0	4 326	
34.	Среднеколымского улуса (района)	125,2	7 312	
35.	Усть-Янского улуса (района)	120 278,08	7 035	
36.	Эвено-Бытантайского улуса (района)	52,3	2 879	
Итого АЗ Республики Саха (Якутия)		664 255,67	67 790	
Республика Саха (Якутия)		3 083 523	981 971	
37.	Городского округа города Норильска	23,16	182 701	Красноярский край АЗ: 47 / 8%
38.	Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района	879 900,00	31 627	
39.	Туруханского района	209 309,18	15 660	
40.	сельское поселение "Поселок Суринда"	0,52	435	
41.	сельское поселение "Поселок Тура"	12,93	5 343	
42.	сельское поселение "Поселок Нидым»	0,90	170	
43.	сельское поселение "Поселок Учами"	0,38	97	
44.	сельское поселение "Поселок Тутончаны",	0,82	209	
45.	сельское поселение "Поселок Ессей"	0,92	639	
46.	сельское поселение "Поселок Чиринда"	0,66	197	
47.	сельское поселение "Поселок Эконда»	0,43	288	
48.	сельское поселение "Поселок Кислокан"	0,74	101	
49.	сельское поселение "Поселок Юкта"	0,80	89	
Итого АЗ Красноярского края		1 089 251,44	237 556	
Красноярский край		2 339 700	2 855 899	
Всего АЗ России		4 012 404,38	2 577 725	100%

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 относятся к умеренному климатическому поясу. Значительная протяженность Арктической зоны РФ обуславливает большую ландшафтную, регионально-климатическую почвенную и растительную вариации. Основная часть территории занята тундрами с большой степенью заболоченности, наличием малых рек и озер. Большая часть почв торфяно-оглеенных с переходами в лесотундре к процессам оподзоливания.

В тундре наблюдается низкорослая кустарничковая растительность и разновидность мхов. В лесотундре в европейской части Арктической зоны появляется сосна обыкновенная, ель, береза. В сибирской части АЗ в средней и восточной частях добавляется также низкорослый кедр и лиственница.

Арктическая зона характеризуется низкими годовыми температурами, скудными осадками, длительной полярной ночью и сплошным распространением многолетней мерзлоты, а также прослеживается рост континентальности климата с запада на восток.

Основными источниками загрязнения окружающей среды АЗРФ являются предприятия газо- и нефтедобывающей промышленности, по добыче и переработке полезных ископаемых, крупнейшие предприятия черной и цветной металлургии, предприятия топливно-энергетического комплекса, химическая промышленность, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, автомобильный, железнодорожный и морской транспорт. Источники загрязнения окружающей среды АЗ расположены локально на большом удалении друг от друга.

4.3.1. Особенности климатического режима года

Оценки региональных средних величин в настоящем разделе получены по данным архива Т3288 среднемесячной температуры на 3288 станциях Земного шара (расположение станций на территории Российской Арктики (РА) показано на рис. 4.24), 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. 4.24. Положение станций архива Т3288 (граница Российской Арктики показана жирной линией)

Температура воздуха

Данные о годовых и сезонных региональных аномалиях температуры воздуха (отклонения от нормы среднего за 1961-1990 гг.) в РА в 2021 г. представлены в таблице 4.11. Географическое распределение аномалий – на рис. 4.25.

Таблица 4.11. Характеристики годовых (январь-декабрь) и сезонных аномалий температуры воздуха в секторах РА в 2021 г. Аномалии (VT, °C) рассчитаны относительно норм периода 1961-1990 гг., ранги приведены для рядов с 1936 г.

	Год (январь-декабрь)		Зима		Весна		Лето		Осень	
	VT	ранг	VT	ранг	VT	ранг	VT	ранг	VT	ранг
Российская Арктика (РА)	1,19	22-24	-0,14	60	2,62	14	1,52	9	1,89	17
Европейский сектор РА	0,99	37	-0,58	63	2,93	11	2,05	7	0,99	34-35
Сибирский сектор РА	1,23	26	-1,63	70	2,89	17	1,28	18	2,84	10
Восточный сектор РА	1,31	25	1,74	15	2,05	25	1,41	14-15	1,55	30

Рис. 4.25. Годовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии температуры воздуха в Российской Арктике. Аномалии (°С) относительно норм периода 1961-1990 гг.
Желтыми кружками показаны аномалии выше 95-го процентиля.

В 2021 г. температура в Российской Арктике была выше нормы на 1,19°С (22-24-я величина в ряду с 1936 г.), однако ниже температур предыдущих 10 лет. Температуры выше нормы наблюдались всюду, кроме побережья Анадырского залива. Осредненные аномалии температуры по всем секторам РА были положительные: в восточном секторе РА 1,31°С (25-я величина в ряду), в Сибирском секторе РА 1,23°С (26-я величина в ряду), в Европейском секторе РА 0,99°С (37-я величина в ряду).

Наиболее теплые условия (аномалии выше 2°С) наблюдались на Таймыре, на побережье и островах морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

Зимой в Российской Арктике (аномалия -0,14°С) и ее Европейском (-0,58°С) и Сибирском (-1,63°С) секторах температуры были ниже климатической нормы. Особенно холодные условия (аномалии ниже -2°С) наблюдались на востоке Европейского и на юге Сибирского секторов.

На большей части Восточного сектора (аномалия 1,74°С – 15-я величина в ряду) температуры были выше климатической нормы, тепло (аномалии 2-3°С, на станциях отмечены 95%-е экстремумы) на островах Северная Земля и Новосибирских, азиатском побережье Северного Ледовитого океана.

Весна была теплой, всюду на территории РА температуры были выше климатической нормы, осредненная по РА весенняя аномалия температуры составила 2,62°С – 14-я величина в ряду. Особенно тепло (аномалии выше 3°С) было на востоке Европейского и на западе Сибирского секторов РА.

Летом на большей части РА температуры были выше климатической нормы (кроме востока Чукотского АО), осредненная по РА летняя аномалия температуры составила 1,52°С – среди 10 самых теплых летних сезонов с 1936 г. Наиболее теплые условия сложились в Европейском секторе: аномалия температуры составила 2,05°С – 7-я величина в ряду, на станциях побережья Белого и Карского морей отмечены 95%-е экстремумы температуры.

В Сибирском секторе наиболее теплые условия наблюдались на востоке, на побережье моря Лаптевых: аномалии выше 3°С.

Осенью на большей части РА температуры были выше климатической нормы (кроме большей части Чукотского АО), осредненная по РА аномалия температуры составила 1,89°С – 17-я величина в ряду. Наиболее теплые условия сложились в Сибирском секторе РА (2,84°С – 10-я величина в ряду) - аномалии температуры выше 3°С, на станциях севера Якутии были отмечены 95%-е экстремумы температуры. В Европейском секторе аномалии температуры в основном не выше 1°С. В восточном секторе РА на востоке были отмечены отрицательные аномалии температуры – до -2°С.

Рис. 4.26. Годовые (январь-декабрь) аномалии температуры воздуха в Российской Арктике и ее секторах в 1936-2021 гг.
Жирная синяя кривая - 11-летнее скользящее среднее. Показан линейный тренд за 1976-2021 гг.

Временные ряды региональных средних годовых аномалий для РА и ее секторов показаны на рис. 4.26, сезонных (для РА в целом) – на рис. 4.27. Рост среднегодовой температуры наблюдается в РА и всех секторах с 1970-х гг. и резко ускоряется в 21 веке. Потепление за 1976-2021 гг. в целом по РА 0,69ºС/10 лет; в Сибирском и Восточном секторе РА теплеет быстрее: 0,77ºС/10 лет, а в Европейском 0,65ºС/10 лет.

Из сезонов в целом по РА самое быстрое потепление отмечено весной (0,94ºС/10 лет). Во все сезоны, кроме лета, отмечается ускорение потепления в 21 веке. Осенью оно приостанавливалось между 2010-2015 гг. Все тренды (региональные среднегодовой температуры и сезонной по РА в целом) значимы на уровне 1%.

Рис. 4.27. Сезонные аномалии температуры воздуха в Российской Арктике в 1936-2021 гг.
Жирная синяя кривая - 11-летнее скользящее среднее. Показан линейный тренд за 1976-2021 гг.

Атмосферные осадки

Данные о годовых и сезонных суммах осадков в секторах Российской Арктики в 2021 г. представлены в таблице 4.12, а географическое распределение осадков за год в целом и сезоны представлено на рис. 4.28.

Таблица 4.12. Характеристики годовых (январь-декабрь) и сезонных осадков (% от нормы периода 1961-1990 гг.) в секторах Российской Арктики. *Ранги приведены для рядов с 1936 г. Жирным шрифтом выделено значение среди четырех самых крупных.*

	Год (январь-декабрь)		Зима		Весна		Лето		Осень	
	RR	ранг	RR	ранг	RR	ранг	RR	ранг	RR	ранг
Российская Арктика (РА)	108	15-16	90	53-55	125	6	98	59	115	7-9
Европейский сектор РА	99	43-46	93	46-50	122	14-15	94	54-55	101	35-37
Сибирский сектор РА	116	11	96	46-48	129	14	102	50-52	129	4
Восточный сектор РА	98	46-47	79	53	113	22	91	58-61	92	59-61

В целом за 2021 г. по РА выпало 108% нормы осадков – 15-16 величина в ряду с 1936 г. Превышение осадков над нормой наблюдалось в Сибирском секторе, где выпало 116% нормы - 11-я величина в ряду; наибольшее превышение на юге сектора, где были отмечены 95%-е экстремумы. Дефицит осадков в Сибирском секторе наблюдался в районе Обской губы, в дельте Лены. В Европейском секторе выпало 99% годовой нормы: дефицит осадков здесь наблюдался на побережье Белого моря, на Новой Земле; избыток – на большей части Кольского полуострова (на некоторых станциях были отмечены 95%-е экстремумы осадков). В Восточном секторе (98% нормы) дефицит осадков наблюдался на побережье Восточно-Сибирского моря, превышение осадков над нормой – на востоке Чукотского АО.

Из сезонов выделяются малоснежная ***зима*** и избыток осадков ***весной*** на большей части РА, а также ***осенью*** - в Сибирском секторе.

Рис. 4.28. Годовые (январь-декабрь) и сезонные суммы осадков (% от нормы периода 1961-1990 гг.) в Российской Арктике. Зелеными кружками показаны станционные аномалии выше 95-го процентиля, красными – ниже 5-го.

Зимой, в целом за сезон по РА выпало 90% нормы осадков. Во всех секторах РА осадки были ниже нормы. Дефицит осадков наблюдался на побережье морей Северного Ледовитого океана от полуострова Канин Нос на восток до Анадырского залива. Превышение нормы осадков наблюдалось на Кольском полуострове.

Весной, в целом за сезон по РА выпало 125% нормы осадков – шестая величина в ряду. Во всех секторах РА осредненные осадки были выше нормы. Превышение осадков в Европейском секторе наблюдалось всюду (выпало 122% нормы), в Сибирском секторе (выпало 129% нормы) – на юге, в Восточном секторе (113%) – на большей части Чукотского АО.

Летом в целом по РА выпало 98% нормы. В Сибирском секторе выпало 102% нормы осадков, в основном в Таймырском Долгано-Ненецком районе; дефицит осадков – в районе Обской губы. В Европейском секторе выпало 94% нормы; дефицит осадков наблюдался на побережье Белого моря; превышение осадков – на западе Кольского полуострова, на побережье Карского моря. В Восточном секторе летом выпало 91% нормы: дефицит осадков – на побережье Восточно-Сибирского моря, превышение осадков над нормой – на востоке Чукотского АО.

Осенью в целом по РА выпало 115% нормы – седьмая-девятая величина в ряду. Наибольшее превышение над нормой наблюдалось в Сибирском секторе (выпало 129% осенней нормы - четвертая величина в ряду), особенно в Таймырском Долгано-Ненецком районе, где на многих станциях отмечены 95%- е экстремумы осадков. В районе Обской губы – дефицит осадков. В Европейском секторе наблюдалось небольшое превышение осадков на Кольском полуострове, небольшой дефицит (до 80%) – на побережье Карского моря и на Новой Земле. В Восточном секторе почти всюду наблюдался небольшой дефицит осадков.

Рис. 4.29. Сезонные суммы осадков (% нормы) в Российской Арктике в 1936-2021 гг.
Жирная темная кривая - 11летнее скользящее среднее. Показан линейный тренд за 1976-2021 гг.

Значимый на 1%-м уровне рост осадков в РА наблюдался весной и составил 7.1% нормы за 10 лет и объясняет более трети общей дисперсии ряда (рис. 4.29). Осадки растут и для остальных сезонов, но тренды незначимы (осенний тренд значим на 5% уровне значимости). Выражены междесятилетние колебания; во все сезоны проявляется крупный максимум в первой половине ряда: между 19940-1950 гг. летом и около 1960 г. в остальные сезоны.

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; также значимый тренд наблюдается Сибирском секторе: 4,1% нормы за 10 лет (рис. 4.30). В Европейском секторе прослеживается монотонное увеличение с 1970-х, тренд значим на 5%-м уровне. В Восточном секторе монотонной тенденции не наблюдалось.

Рис. 4.30. Годовые (январь-декабрь) суммы осадков (% нормы) в Российской Арктике и ее секторах в 1936-2021 гг.
Жирная темная кривая - 11-летнее скользящее среднее. Показан линейный тренд за 1976-2021 гг.

Акватория Северного морского пути. В связи с возрастающим вниманием к изменениям климата на акваториях Северного Ледовитого океана, через которые проходят трассы Северного морского пути (СМП), ниже представлены характеристики климата и ледовых условий в этом районе морской Арктики.

Изменения средних зимней и летней температур воздуха с 1951 по 2021 гг. в районе акватории арктических морей, по которым проходит трасса СМП (моря Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское), представлены на рис. 4.31.

Данные метеорологических станций на побережье и островах морей показывают повышение зимней температуры воздуха с 1970-х гг. по 2016 г. почти на 10°С, а летней почти на 3°С.

Рис. 4.31. Температура воздуха на акватории Сибирских арктических морей зимой (слева) и летом (справа) в 1951-2021 гг.
Пунктир - полином 5й степени.

Площадь, занятая морским льдом на акватории морей в конце летнего сезона, в сентябре, быстро сокращалась после 1996 г. и за десять лет к 2005 г. уменьшилась примерно в 6 раз – с ~1400 до 234 тыс. км^2.

В последующие годы площадь льда колебалась вблизи этого уровня с минимальным значением 26,3 тыс. км^2 в 2020 г., ниже предшествующего минимума 2012 г. – 37 тыс. км^2 (рис. 4.32).

Рис. 4.32. Площадь, занятая морским льдом на акватории Сибирских арктических морей в сентябре 1979-2021 гг.

Водные ресурсы

Водные ресурсы бассейнов репрезентативных рек Арктической зоны Российской Федерации (наблюдённый годовой сток рек) в 2021 г. в большинстве случаев значительно отличались как от средних многолетних значений, так и от значений, имевших место в 2020 г. (табл. 4.13).

Таблица 4.13. Ресурсы речного стока по речным бассейнам

Речной бассейн	Площадь бассейна, тыс. км^2	Среднее многолетнее значение водных ресурсов*, км^3/год	Водные ресурсы 2021 г., км^3/год	Отклонение от среднего многолетнего значения,%
Тулома	21,5	7,11	8,83	24,2
Поной	15,5	5,31	5,11	-3,8
Варзуга	9,84	3,06	3,26	6,5
Ковда	26,1	8,65	11,5	32,9
Кемь	27,7	8,17	10,4	27,3
Беломорско-Балтийский канал	27,1	8,42	9,1	8,1
Северная Двина	357	101,0	87,0	-13,9
Мезень	78,0	27,2	23,0	-15,4
Печора	322	129,0	143,0	10,9
Обь	2990	405,0	382,0	-5,7
Енисей	2580	635,0	812,0	27,9
Хатанга	364	109,0	82,2	-24,6
Анабар	100	16,3	18,5	13,5
Оленёк	219	34,4	42,2	22,7
Лена	2490	537,0	591,0	10,1
Яна	238	30,8	29,7	-3,6
Индигирка	360	54,7	51,4	-6,0
Колыма	647	131,0	115,0	-12,2
Анадырь	191	59,7	51,7	-13,4

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

Картина водности в бассейнах всех относительно крупных рек Кольского полуострова характеризовалась сохранением весьма высокой водности Туломы (северный склон) с показателем 24,2% против 28,7% в 2020 г. и резким падением водности Поноя и Варзуги (восточный и южный склоны). Для Поноя это означало завершение двухлетней фазы высокой водности. Сток этой реки, превышавший норму на 39,0% в 2020 г., был ниже нормы на 3,8%. Для Варзуги фаза повышенной водности продолжилась, хотя и с падением показателя с 72,5% в 2020 г. до 6,5%.

Сток наиболее крупных водотоков Карелии, принадлежащих бассейну Белого моря – Ковды, Кеми и Беломорско-Балтийского канала – по-прежнему превышал норму. Если для Ковды и Кеми превышение нормы было весьма

значительным (соответственно 32,9% и 27,3% при 28,3% и 42,0% в 2020 г.), то для Беломорско-Балтийского канала оно составило всего 8,1% при 40,1% в 2020 г. Продолжительность фазы повышенной водности для Ковды достигла двух лет, а для Кеми и Беломорско-Балтийского канала – восьми лет.

В бассейнах крупнейших рек Европейской части Арктической зоны Российской Федерации – Северной Двины, Мезени и Печоры – произошло резкое снижение водности по сравнению с 2020 г. Фаза повышенной водности, начавшаяся для Северной Двины и Мезени в 2017 г., завершилась. Что касается Печоры, то для неё фаза высокой водности, начавшаяся в 2014 г., продолжилась, хотя и с относительно низким показателем 10,9% против 43,4% в 2020 г.

В бассейне одной из крупнейших рек Азиатской части Арктической зоны Российской Федерации – Оби – завершилась фаза повышенной водности, начавшаяся в 2014 г. Сток реки был ниже нормы на 5,7%.

В бассейнах двух других крупнейших сибирских рек – Енисея и Лены – продолжился рост водности, начавшийся, соответственно, в 2019 и в 2020 гг. При этом рост стока Енисея был весьма резким – до 27,9% над нормой против 8,7% в 2020 г. Рост стока Лены, напротив, был довольно слабым: превышение нормы составило всего 10,1% против 8,8%.

В бассейне Хатанги продолжилась фаза низкой водности с большими отклонениями от нормы, резко начавшаяся в 2018 г. Бассейны Анабара и Оленёка, напротив, характеризовались резким завершением фаз низкой водности, продолжавшейся четыре года. Превышение нормы в них в 2021 г. составило, соответственно, 13,5% и 22,7% против -20,9% и -10,2% в 2020 г.

В бассейнах крупных рек востока Азиатской части Арктической зоны – Яны, Индигирки, Колымы и Анадыря – продолжилась фаза пониженной водности, начавшаяся в 2019-2020 гг. При этом водность Колымы дополнительно снизилась по сравнению с 2020 г. до значения ниже нормы на 12,2% от значения ниже нормы на 3,1%.

4.3.2. Комплексная оценка состояния и загрязнения окружающей среды в Арктической зоне РФ

Состояние озонового слоя над Арктическими регионами РФ

В Арктической зоне РФ в 2021 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 2021 г. для каждой станции Арктического региона приведены в таблице 4.14.

Таблица 4.14. Общее содержание озона на станциях Арктического региона в 2021 г.

Месяцы / Станции	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
*Общее содержание озона в 2021 г., е.Д.**													
Баренцбург			403	405	399	356	320	291	266				348
Мурманск		457	412	408					295				393
Печора	330	461	404	391	370	342	335	315	287	275	301		347
Архангельск	338	455	402	388	382	328	322	314	286	267	305		344
о. Хейса			390	380	432	372	325	283	248	168		359	329
Тикси		449	392	416	406	365	308	300	270	295			356
Оленек		421	366	409	398	371	311	295	279	285	270		340
о. Котельный			382	414	406	368	324	288	256	255			337
Мыс Баранова			412	405	392	366	327	284	272			346	350

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 частей климатические нормы, за которые приняты средние многолетние значения ОСО за период 1973–2002 гг. (табл. 4.15). Ежемесячные и среднегодовые значения ОСО за 2021 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 табл. 4.15.

Таблица 4.15. Общее содержание озона и нормы** в западной и восточной частях Арктического региона в 2021 г.

Месяцы / Регионы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
*Общее содержание озона в 2021 г., е.Д.**													
Вост. Арктика		435	388	411	401	367	317	292	269	278	270	346	343
Зап. Арктика		458	402	395	396	350	325	301	276	237	303	359	345
Норма, е.Д. и стандартные отклонения, %													
Вост. Арктика	393	427	432	429	399	353	320	307	308	311	322	335	362

Месяцы / Регионы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
	50,5	*42,9*	*40,2*	*34,2*	*25,9*	*28,1*	*19,6*	*18,9*	*20,4*	*26,1*	*34,8*	*63,4*	*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 4.14 и 4.15, демонстрируют наличие всех особенностей поля ОСО, которые были отмечены при анализе вариаций поля озона для прилежащих регионов РФ (рис. 4.33).

Рис. 4.33. Отклонения среднемесячных значений ОСО от нормы осредненных по всей территории РФ, по Восточной Арктике и по Западной Арктике в 2021 г.

В 2021 г. в западной части Арктического региона среднее за год значение составило 345 е.Д., что достаточно близко к норме (+0,7 %). При этом в западной части Арктики были отмечены аномально высокие в феврале (+20%) и аномально низкие в октябре (-17%) значения ОСО.

В восточной части региона отклонения не имели такой большой амплитуды. Максимальное положительное отклонение ОСО наблюдалось, как и в западной части Арктики, в феврале (+7.5%), а отрицательное - в сентябре (-11,7%) и ноябре (-12%). При этом в течение всего года значения в восточной части Арктики преимущественно были ниже нормы. Среднее за год значение ОСО составило 343 е.Д., что существенно ниже нормы по региону (-4.1%).

В 2021 г. в Арктическом регионе большую часть времени наблюдались пониженные значения ОСО, особенно в его полярной части.

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 и Диксон. По сумме L+ и L- определяется суммарное значение электрической проводимости воздуха L_S.

В табл. 4.16 и 4.17 представлены обобщенные по сезонам результаты измерений V'_C и L_S. В скобках указаны минимальные и максимальные среднемесячные значения измеряемых величин за сезон и год.

Таблица 4.16. Сезонные (V'_C), среднегодовые ($V'_Г$) и среднемесячные минимальные и максимальные (в скобках) значения V' (даВ/м) за 2015–2021 гг. на станции Тикси (Т)

Станция	Год	V'_C , (V')				$V'_Г$, (V')
		Зима	Весна	Лето	Осень	Среднее за год
Т	**2021**	**33(32, 34)**	**32 (29, 34)**	**30 (26, 32)**	**24 (24, 25)**	**30 (24, 34)**
	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 4.17. Сезонные (L_C), среднегодовые ($L_Г$) и среднемесячные минимальные и максимальные (в скобках) значения L_S (фСм/м) за 2015–2021 гг. на станции Тикси (Т) и за 2017-2021 гг. на станции Диксон (Д)

Станция	Год	L_C, (L_S)				$L_Г$, (L_S)
		Зима	Весна	Лето	Осень	Среднее за год
Т	**2021**	**13 (12, 14)**	**12 (11, 13)**	**18 (15, 20)**	**22 (21, 24)**	**16 (11, 24)**
	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	**2021**	**15 (14, 15)**	**13 (12, 14)**	**18 (16, 20)**	**15(17, 20)**	**16(12, 20)**

Станция	Год	L_C, (L_S)				$L_Г$, (L_S)
		Зима	Весна	Лето	Осень	Среднее за год
	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 таблиц 4.16 и 4.17, среднегодовые значения V′ и L_S в 2021 г. на станциях Тикси и Диксон существенных изменений не претерпевали.

На рис. 4.34 и 4.35 показан годовой ход V' и L_S на станциях Тикси и Диксон за 2021 г. в сравнении с 2020 г. и на фоне осредненного годового хода V' и Ls за предшествующий период. Цветным фоном обозначены границы стандартного отклонения ±σ от среднего значения за предшествующий период измерений.

Рис. 4.34. Годовой ход V' на станции Тикси за 2021 г. в сравнении с 2020 г. и на фоне осредненного годового хода V' за предшествующий период

Рис. 4.35. Годовой ход L_S на станциях Тикси и Диксон за 2021 г. в сравнении с 2020 г. и на фоне осредненного годового хода Ls за предшествующий период

Таким образом, как видно из рис. 4.34 и 4.35, значительных изменений показателей V' и L_S на станциях Тикси и Диксон в 2021 г. по сравнению с предшествующим периодом не произошло. Незначительное увеличение V' в Тикси и уменьшение L_S на Диксоне в 2021 г. по сравнению с 2020 г. не выпадают из ряда данных предшествующих лет и находятся в пределах ±σ. 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 Российской Федерации

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.

Оптическая плотность и прозрачность атмосферы в Арктической зоне Российской Федерации

Для оценки общего замутнения атмосферы Арктической зоны РФ в 2021 г. были использованы данные семи арктических станций – Бугрино, Белый Нос, Елецкая, Сеяха, о-в Диксон, м. Челюскин (обс. им. Е.К. Федорова) и Оленёк, а также городской станции в Норильске, который является крупным промышленным центром Арктики. Все станции расположены севернее полярного круга в долготном поясе от 49,3˚в.д. до 112,4˚в.д. и перечислены в табл. 4.18 по направлению с запада на восток.

Следует отметить, что в Арктическом регионе с учетом характера циркуляции и распределения основных метеорологических параметров выделяются три климатических района. Условные меридиональные границы между ними проходят примерно по меридианам 80–82˚ в.д. и 160˚ в.д.

Таблица 4.18. Координаты арктических станций

Станции	Северная широта (˚с.ш.)	Восточная долгота (˚в.д.)
Бугрино	68,8	49,3
Белый Нос	69,6	60,2
Елецкая	67,1	64,1
Сеяха	70,2	72,6
о-в Диксон	73,5	80,4
г. Норильск	69,3	88,3
м. Челюскин	77,7	104,3
Оленёк	68,5	112,4

Западный район находится под влиянием североатлантических циклонов. Для него характерны повышенная облачность и аэрозольное загрязнение атмосферы. На формирование метеорологических условий в центральном

(сибирском) районе определяющее воздействие оказывает сибирский антициклон. В восточном районе, особенно в зимний период, ощутимо влияние тихоокеанских циклонов. Из рассматриваемых станций (табл. 4.18) первые пять станций находятся в западном районе, причем о. Диксон является пограничной станцией, а остальные три станции принадлежат к центральному климатическому району АЗРФ.

Наблюдательный период в АЗРФ сокращен из-за полярной ночи, а также в отдельные месяцы могут отсутствовать условия для проведения наблюдений, а именно, открытое от облаков Солнце в 5-градусной зоне вокруг солнечного диска. Так, например, произошло в июле 2021 г. на м. Челюскин. На рис. 4.36 представлены средние значения ОПА за март и июль, когда наблюдения проводились на большинстве станций.

Рис. 4.36. Среднемесячные значения оптической плотности атмосферы на арктических станциях весной и летом 2021 г.

По рис. 4.36 можно судить о соотношении степени общего оптического замутнения атмосферы весной и летом: мартовские значения оптической плотности атмосферы существенно ниже, чем июльские, что свидетельствует о повышении степени общего замутнения атмосферы в летние месяцы. Единственной станцией, где в 2021 г. была нарушена эта закономерность, это Сеяха, на которой мартовское значение ОПА превышало июльское.

Следует также отметить высокий уровень замутнения атмосферы на станции Елецкая в июле 2021 г., при этом оптическая плотность атмосферы была сравнима с аналогичным значением, полученным в г. Норильск.

На рис. 4.37 представлены осредненные за 2021 г. значения ОПА и их стандартные отклонения ±σ на арктических станциях.

Рис. 4.37. Осредненные за наблюдательный период 2021 г. значения ОПА и их стандартные отклонения ±σ на арктических станциях

Как видно из представленного рис. 4.37 средний уровень ОПА в 2021 г. не превышал величины ОПА, равной 0,30, и варьировал в интервале значений от 0,20 до 0,30. Максимальное замутнение наблюдалось на ст. Бугрино западного климатического района Арктики и в г. Норильск, а максимальный разброс наблюдаемых значений ОПА – на станциях Елецкая и Норильск.

В 2021 г. в среднем степень замутнения атмосферы на рассматриваемых станциях Арктики и на среднеширотных региональных станциях фонового мониторинга РФ была почти одинаковой. При этом если в 2020 г. в среднем ОПА на среднеширотных фоновых станциях была выше, чем в Арктике на 4,5%, то в 2021 г. различия были столь же невелики, но имели противоположный знак, т.е. значение ОПА на арктических станциях превышало аналогичное значение ОПА на среднеширотных фоновых станциях на 4,1%.

Ионный состав и кислотность атмосферных осадков Арктической зоны Российской Федерации

На территории Арктической зоны РФ (АЗРФ) расположены 18 станций наблюдений за химическим составом и кислотностью атмосферных осадков:

- 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 (M).

Химический состав и кислотность атмосферных осадков.

Арктический регион неравномерно испытывает антропогенную нагрузку, а химический состав осадков зависит от влияния как природных, так и антропогенных источников загрязнения (табл. 4.19).

Для осадков, выпадающих на Европейской территории Арктики, характерны более низкие значения основных ионов. Максимальное средневзвешенное значение минерализации в 2021 г. было измерено в осадках Мудьюга и в 2021 г. составило 16,9 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 хлоридов. Минимальные средневзвешенные суммы ионов характерны для осадков Краснощелья, Падуна, Зареченска и Янискоски и в 2021 г. не превышали 5 мг/л.

В Мурманской обл. минерализация осадков в 2021 г. по сравнению со средним значением за 2017-2021 гг. уменьшилась на отдельных станциях примерно на 15% – в Янискоске и Падуне преимущественно за счет уменьшения содержания гидрокарбонатов (рис. 4.38 а).

Таблица 4.19. Минимальные (числитель) и максимальные (знаменатель) значения средневзвешенных концентраций основных ионов, минерализации (M), pH и удельной электрической проводимости (k) атмосферных осадков станций Арктической зоны РФ, 2021 г.

АЗРФ	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	M	pH	k, мкСм/см
	мг/л											
Европейская территория Арктики												
Мурманская обл.	0,83/5,12	1,12/6,25	0,12/0,52	0/1,95	0,06/0,19	0,40/2,15	0,20/0,64	0,33/3,33	<0,05/0,37	4,2/20,1	4,9/5,9	11/45
Архангельская обл.	1,57/2,66	1,20/3,18	1,42/2,48	1,70/4,70	0,12/0,51	0,94/2,70	0,37/0,95	0,86/1,16	0,21/0,41	9,94/16,9	5,5/6,1	19/34
Ненецкий АО (Нарьян-Мар)	1,60	2,93	1,33	4,02	0,28	2,03	1,19	0,98	0,25	12,0	6,0	23
Азиатская территория Арктики												
Ямало-Ненецкий АО (Уренгой)	1,54	1,36	1,11	2,59	0,49	1,00	0,40	0,40	0,32	9,2	6,1	24
Красноярский край	2,24/29,1	0,70/13,2	0,57/0,87	4,09/13,0	0,22/1,43	0,52/7,66	0,27/2,72	1,06/8,60	0,50/2,85	10,2/61,5	6,3/6,4	21/130
Республика Саха (Якутия)	1,77/10,4	1,33/3,80	0,48/1,61	0,60/46,8	0,30/2,18	0,83/8,42	0,52/8,43	0,53/2,58	0,32/3,51	11,3/87,1	5,5/7,1	23/127
Наиболее загрязненные станции АЗРФ												
Диксон	3,72	13,2	0,75	5,38	0,45	7,66	1,81	1,53	1,07	35,6	6,4	98
Норильск	29,1	1,65	0,87	13,0	1,43	1,18	2,72	8,60	2,85	61,5	6,4	130
Кюсюр	10,4	3,80	0,99	46,8	2,18	8,42	8,43	2,58	3,51	87,1	7,1	127

Рис. 4.38. Изменение средневзвешенной минерализации осадков на Европейской территории Арктики, 2017-2021 гг.
а) Кольский п-ов, кроме станций Мурманск и Никель; б) Мурманск, Никель;
в) Архангельская обл. и Ненецкий АО
**красной линией показано среднее значение за 2017-2021 гг.*

Средневзвешенная минерализация снизилась также в осадках Никеля (рис. 4.38 б), что связано со значительным снижением концентрации сульфатов в химическом составе осадков – с 11,4 мг/л в 2017 гг. до 1,95 мг/л в 2021 г. Это, возможно, связано с реализацией мер АО «Кольской ГМК» по снижению уровня выбросов SO_2. При этом средневзвешенная концентрация гидрокарбонатов сохранилась на уровне 2020 г. и составила около 1,7 мг/л, увеличившись практически в несколько раз по сравнению с 2019 г.

В Зареченске и Краснощелье минерализация осадков в 2021 г. по сравнению со средним значением 2017-2021 гг. возросла на 5%, а в Мурманске - примерно на 20%.

В целом для территории Кольского п-ова, кроме Никеля, было характерно повышение минерализации осадков в 2021 г. по сравнению с предыдущим годом. Данная тенденция прослеживается и для осадков Архангельской обл. и Ненецкого АО (рис. 4.38 в). В сравнении со средним значением за 5 лет наибольшее увеличение минерализации произошло в Онеге. Примечательным является практически повсеместное увеличение в 2021 г. сульфатов и нитратов в осадках Архангельской обл. и в Ненецком АО по сравнению с 2020 г. и со средним значением 2017-2021 гг. (рис. 4.39).

Рис. 4.39. Изменение средневзвешенной концентрации сульфатов (а) и нитратов (б) в осадках Архангельской обл. и Ненецкого АО в 20217-2021 гг.
**красной линией показано среднее значение за 2017-2021 гг.*

В 2021 г. сульфаты варьировали от 1,57 до 2,66 мг/л, нитраты – от 1,42 до 2,48 мг/л. Для осадков Архангельской обл. характерно наибольшее содержание нитратов по сравнению с осадками остальных арктических станций.

На Азиатской территории Арктики диапазон изменения средневзвешенной минерализации в 2021 г. составил 9,2-87,1 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 гидрокарбонатов; в Диксоне вследствие высоких концентраций хлоридов и натрия преимущественно морского происхождения (рис. 4.40 а).

Рис. 4.40 (начало). Изменение средневзвешенной минерализации осадков на территории Красноярского края (а, б) и Ямало-Ненецкого АО (в), 2017-2021 гг.
**красной линией показано среднее значение за 2017-2021 гг.*

Рис. 4.40 (окончание). Изменение средневзвешенной минерализации осадков на территории Красноярского края (а, б) и Ямало-Ненецкого АО (в), 2017-2021 гг.
**красной линией показано среднее значение за 2017-2021 гг.*

Продолжается тенденция снижения минерализации осадков Норильска вследствие уменьшения концентрации сульфатов. В 2021 г. содержание сульфатов в осадках, вносящих основной вклад в сумму ионов, уменьшилось по сравнению с 2020 г. на 20% и составило 29,1 мг/л, что является самым низким показателем в осадках Норильска за последние 5 лет.

Как правило, низкоминерализованные осадки выпадают в районе фоновой станции Туруханск и в Уренгое, где минерализация осадков за период 2017-2021 гг. не превышала 15,0 мг/л - значения регионального фона (рис. 4.40 б, в).

Диапазон изменения средневзвешенной минерализации осадков в арктической зоне Республики Саха (Якутия) в 2021 г. составил 11,3-87,1 мг/л, а тенденция изменения по станциям представлена на рис. 4.41.

Рис. 4.41. Изменение средневзвешенной минерализации осадков на территории Якутии, 2017-2021 гг.
**красной линией показано среднее значение за 2017-2021 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 ст. Кюсюр выше в среднем в 2-3 раза, а средневзвешенная концентрация гидрокарбонатов в 2021 г. составила 46,8 мг/л, что почти в 2 раза выше чем в 2020 г. и является самым высоким показателем содержания HCO_3^- в осадках арктических станций.

В целом за период 2017-2021 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, возросло по сравнению с 2017-2021 гг. в осадках большинства станций Арктической зоны.

Доля азотных соединений в осадках Арктического региона, как правило, не превышает 10%. Максимальные значения аммония в 2021 г. наблюдались в осадках ст. Кюсюр (2,18 мг/л) и Норильска (1,43 мг/л). Наибольшее содержание нитратов характерно для осадков Архангельской обл.

На рассматриваемой территории величина pH месячных проб осадков в 2021 г. изменялась от 4,3 (Зареченск) до 7,9 (Норильск). Намечается слабая тенденция к снижению кислотности осадков от западных к восточным районам (рис. 4.42).

На большинстве станций показатель pH осадков или снизился на 0,1-0,2 ед.pH или сохранился на уровне 2020 г. Наибольшие изменения произошли в Диксоне, где среднегодовое значение pH осадков возросло на 0,6 ед.pH по сравнению с предыдущим годом. В целом следует отметить тренд увеличения кислотности осадков в Янискоске и Падуне, где среднегодовые значения pH в 2017-2021 гг. снизились с 6,9 до 5,8 и с 5,4 до 4,9 ед.pH соответственно.

Рис. 4.42. Диапазон изменений значений pH суммарных ежемесячных проб осадков на арктических станциях в 2021 г.
1 – Мурманская обл.; 2 – Архангельская обл; 3 – Ненецкий АО; 4 – Ямало-Ненецкий АО;
5 – Красноярский край; 6 – Республика Саха (Якутия)
**для Туруханска представлены значения pH недельных проб осадков*

Влажные выпадения серы, суммарного азота и суммы ионов в Арктической зоне

Уровень суммарных годовых выпадений связан с условиями расположения станции и активности вблизи неё хозяйственной деятельности, поэтому в табл. 2 приведено как среднее значение суммарных выпадений и кислотообразующих веществ, так и диапазон выпадений по региону.

Таблица 4.20. Среднее значение (числитель) и диапазоны (знаменатель) выпадений серы, азота и суммы ионов с атмосферными осадками в Арктической зоне РФ в 2021 г.

АЗРФ	S (сера)	N(O) (азот нитратный)	N(H) (азот аммиачный)	∑ N (азот суммарный)	P (суммарные выпадения)	$\frac{N(H)}{N(O)}$	S/∑ N
	т/км²·год						
Европейская территория Арктики							
Мурманская обл.	0,47 / 0,20-1,31	0,04 / 0,02-0,06	0,08 / 0,03-0,15	0,12 / 0,07-0,19	5,99 / 2,64-15,5	2,4 / 0,9-4,3	4,7 / 1,5-14,7
Архангельская обл.	0,29 / 0,24-0,34	0,19 / 0,13-0,30	0,10 / 0,05-0,15	0,29 / 0,22-0,35	6,10 / 5,33-7,22	0,6 / 0,2-1,0	1,0 / 0,8-1,2
Ненецкий АО (Нарьян-Мар)	0,28	0,15	0,11	0,27	7,56	0,73	1,0
Азиатская территория Арктики							
Ямало-Ненецкий АО (Уренгой)	0,28	0,14	0,21	0,35	5,11	1,53	0,8
Красноярский край	2,24 / 0,48-5,58	0,10 / 0,07-0,11	0,31 / 0,14-0,64	0,40 / 0,20-0,75	19,4 / 8,94-35,4	3,0 / 1,3-5,7	4,1 / 2,4-7,4
Республика Саха (Якутия)	0,53 / 0,17-1,21	0,07 / 0,02-0,10	0,24 / 0,05-0,59	0,31 / 0,07-0,67	12,3 / 2,37-30,4	3,5 / 0,7-7,7	1,8 / 1,0-2,7

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 2021 г. соответственно 15,5 и 7,1 т/км², в Архангельской обл. – Онеге – 7,2 т/км² (рис. 4.42). В Мурманске и Никеле интенсивность влажных выпадений определяется? в первую очередь, содержанием в осадках сульфатов, в Онеге – содержанием гидрокарбонатов и хлоридов. Максимум выпадения серы с осадками ежегодно отмечается в Красноярском крае, в частности в Норильске, составив 5,6 т/км² в 2021 г., что выше на 15% по сравнению с предыдущим годом и связано с увеличением выпавших осадков (рис. 4.43).

Рис. 4.43. Межгодовой ход суммарных влажных выпадений (P) и выпадений серы (S), нитратного (N(O)) и аммиачного (N(H)) азота на территории Мурманской обл. (а,б), Архангельской обл. и Ненецкого АО (в)

Наибольшее снижение суммарных выпадений в 2021 г. характерно для Уренгоя как следствие снижения минерализации осадков, в основном за счет уменьшения концентрации сульфатов и хлоридов (рис. 4.44). Для Туруханска увеличение суммарных выпадений коррелирует с увеличением количества выпавших осадков и возрастанием в них содержания сульфатов и гидрокарбонатов. На арктической территории Якутии фоновый уровень суммарных выпадений, как правило, не превышает 4 т/км^2·год (рис. 4.45).

Рис. 4.44. 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 районе ст. Кюсюр значения суммарных выпадений могут быть выше фонового значения в несколько раз, что связано с высокой минерализацией осадков. В 2021 г. здесь был отмечен наибольший уровень суммарных выпадений – 30,1 т/км^2, что выше в 2 раза по сравнению с предыдущим годом.

Рис. 4.45. Межгодовой ход суммарных влажных выпадений (P) и выпадений серы (S), нитратного (N(O)) и аммиачного (N(H)) азота в Якутии

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 отдельных станциях.

Интенсивность выпадения серы сульфатной в период с 2017 по 2021 гг. находилась в интервале от 0,2 т/км^2·год в Краснощелье до 5,6 т/км^2·год в Норильске. Вклад серы сульфатной в общую массу влажных выпадений в 2021 г. составил от 4% в Ненецком АО до 9% в Красноярском крае.

Интенсивность выпадения суммарного азота в 2021 г. варьировала от 0,07 т/км^2 (Тикси, Падун) до 0,75 т/км^2 (Норильск). Вклад азота суммарного в общую массу влажных выпадений составил от 2% (Красноярский край) до 7% (Ямало-Ненецкий АО). В целом для всего Арктического региона характерно превышение выпадений азота аммиачного над азотом нитратным, при этом значения этих величин могут быть как сопоставимы, так и отличаться в несколько раз. Превышение выпадений азота нитратного, как правило, свойственно Архангельской обл.

Загрязнение и закисление снежного покрова в Арктической зоне Российской Федерации

Мониторинг химического состава снежного покрова (ХССП) в Арктической зоне (АЗ) РФ в 2021 г. осуществлялся по данным 71 пункта 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. 2.21 – 2.23 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 2021 г.

В зимний период 2020-2021 гг. значения выпадения серы на снежный покров на ЕЧР находились в диапазоне от 5 до 23 кг/км^2·мес. Минимальные значения были отмечены на территории Архангельской области (5 кг/км^2·мес.), в Республике Карелия (6 кг/км^2·мес.), а также в Ненецком автономном округе (7 кг/км^2·мес.). Интенсивность выпадения серы на снежный покров в промышленно развитой Мурманской области составила 23 кг/км^2·мес. Значения выпадения серы на АЧР в зимний период 2020-2021 гг. распределены неравномерно – от 7 до 56 кг/км^2·мес. На части Республики Саха (Якутия), входящей в состав АЗ РФ выпадение серы составило 7 кг/км^2·мес., в Ямало-Ненецком автономном округе – 8 кг/км^2·мес., в Чукотском автономном округе – 13 кг/км^2·мес., а максимальное количество серы в снежном покрове как на АЧР, так и на всей территории АЗ РФ было отмечено на севере Красноярского края – 56 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.) на ЕЧР, и Ямало-Ненецкого автономного округа (16 кг/км^2·мес.) на АЧР, значение этого показателя для всей АЗ РФ составило менее 10 кг/км^2·мес.

Среднемесячный показатель pH по регионам в зимний период 2020-2021 гг. находился в пределах 5,5-6,5 ед. практически на всей территории АЗ РФ. На территории Чукотского автономного округа, где за счёт близости незамерзающего моря и преобладающего содержания гидрокарбонатов в снежном покрове происходит регулярное подщелачивание, показатель pH составил 6,9 ед.

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. 4.21) на 27 пунктах государственной наблюдательной сети и на 7 пунктах территориальной системы наблюдений Мурманской области. В гг. Певеке и Анадыре на 2 пунктах 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 ряде городов АЗРФ наблюдается рост уровня загрязнения атмосферного воздуха, отмечается увеличение концентраций формальдегида в Архангельске и Никеле, диоксида серы — в Норильске, бенз(а)пирена — в Архангельске, Мончегорске, Мурманске, Новодвинске и Норильске. В Никеле также увеличились концентрации диоксида азота.

Изменение оценки качества воздуха также связано с введением в действие новых санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Указанными санитарными правилами и нормами для 36 из 60 загрязняющих веществ, содержание которых измеряется в атмосферном воздухе городов, внесены изменения в значения среднесуточных концентраций и установлены новые виды нормативов - среднегодовые предельно допустимые концентрации (ПДКс.г.). Для ряда загрязняющих веществ установлены более жесткие нормативы ПДКс.г., чем ранее действовавшие нормативы среднесуточных концентраций (ПДКс.с.).

С учетом новых гигиенических нормативов, установленных СанПиН 1.2.3685-21, по результатам анализа показателей качества воздуха в городах АЗРФ в 2021 г. 6 городов характеризовалось низким, Архангельск, Мончегорск, Мурманск, Новодвинск и Северодвинск — повышенным, Воркута и пгт. Никель — высоким, Норильск — очень высоким уровнями загрязнения (табл. 4.21). Норильск ежегодно включается в Приоритетный список городов России с наибольшим уровнем загрязнения с учетом значительных объёмов выбросов диоксида серы. Уровень загрязнения воздуха в 4 населенных пунктах не определен из-за недостаточного объема данных наблюдений или количества измеряемых веществ.

Таблица 4.21. Уровни загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах АЗРФ в 2017–2021 гг.

Населенный пункт	Уровень загрязнения воздуха				
	2017	2018	2019	2020	2021
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.	Н	П	П	П	П
г. Воркута, Республика Коми	Н	Н	Н	Н	В
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
г. Кола, Мурманская обл.	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
г. Мончегорск, Мурманская обл.	Н	Н	Н	Н	П
г. Мурманск, Мурманская обл.	Н	Н	Н	Н	П
пгт. Никель, Мурманская обл.	П	Н	П	Н	В
г. Новодвинск, Архангельская обл.	Н	Н	П	П	П
г. Норильск МО, Красноярский край	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ
г. Оленегорск, Мурманская обл.	Н	Н	Н	Н	Н
г. Певек, Чукотский АО	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
г. Салехард, Ямало-Ненецкий АО	Н	Н	Н	Н	Н
г. Северодвинск, Архангельская обл.	Н	Н	Н	Н	П
пос. Тикси, Республика Саха (Якутия)	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о

Уровень загрязнения воздуха: Н — низкий, П — повышенный, В — высокий, ОВ — очень высокий, н/о — не определен.

Сравнительный анализ среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в городах России в целом и на территории АЗ РФ за 2021 г. представлен на рис. 4.46.

В большинстве населенных пунктов Арктической зоны РФ среднегодовые концентрации взвешенных веществ ниже ПДКс.г. Только в Анадыре, Норильске и Северодвинске средняя за год концентрация превысила ПДКс.г. в 1,3, 1,5 и 1,7 раза, соответственно (рис. 4.46 а). Максимальные разовые концентрации взвешенных веществ составили: 9,2 ПДКм.р. — в Норильске, 3,4 ПДКм.р. — в Северодвинске, 1,7 ПДКм.р. — в Воркуте и 1,2 ПДКм.р. — в Новодвинске.

В 5 городах на АЗРФ среднегодовые концентрации диоксида серы превысили среднее значение по стране, наибольшая концентрация - 3,1 ПДКс.с. была отмечена в Норильске, в остальных городах — ниже ПДКс.с. (рис. 4.46 б). Максимальные разовые концентрации диоксида серы превысили ПДКм.р. только в Норильске, где достигли значения 43,9 ПДКм.р., и в Мончегорске — 2,8 ПДКм.р. В Мончегорске 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.г. и среднего значения по стране (рис. 4.46 в). Максимальные разовые концентрации оксида углерода превысили ПДКм.р. в 3 городах, наибольшее значение было зафиксировано в Норильске — 1,8 ПДКм.р.

В пгт. Никель среднегодовая концентрация формальдегида выше средней по России и составила 5,0 ПДКс.г., в остальных городах, кроме Салехарда, средние за год концентрации выше ПДКс.г. в 1,3-2,7 раза (рис. 4.46 г). В 3 населенных пунктах максимальные разовые концентрации формальдегида превысили норматив и составили 1,4 ПДКм.р. в п. Никель, 1,1 ПДКм.р. — в Мончегорске и Мурманске.

Во всех рассматриваемых населенных пунктах среднегодовые концентрации диоксида и оксида азота ниже ПДКс.г., в Норильске средняя концентрация диоксида азота превысила среднее значение по РФ, в Северодвинске — оксида азота (рис. 4.46 д). Максимальная разовая концентрация диоксида азота превысила ПДКм.р. только в Норильске (4,5 ПДКм.р.), оксида азота — в Кандалакше (1,3 ПДКм.р.). В остальных населенных пунктах Арктической зоны РФ сверхнормативного загрязнения воздуха диоксидом и оксидом азота не было зарегистрировано.

Во всех населенных пунктах, где проводятся наблюдения, средние за год концентрации бенз(а)пирена ниже среднего значения по городам России, в Архангельске превысила санитарно-гигиенический норматив в 1,2 раза, в остальных населенных пунктах — ниже ПДКс.г. (рис. 4.46 е). Во всех городах, кроме Воркуты, Кандалакши и пгт. Никель, среднемесячные концентрации выше нормы, наибольшие были отмечены в городах Архангельской

области. В Архангельске наибольшая среднесуточная концентрация бенз(а)пирена достигала 31,1 ПДКс.с., в Новодвинске — 16,8 ПДКс.с., в Северодвинске — 13,8 ПДКс.с.

Рис. 4.46. Средние за год концентрации: взвешенных веществ (а), диоксида серы (б), оксида углерода (в), q, мг/м^3, формальдегида (г), диоксида и оксида азота (д), q, ПДКс.г., бенз(а)пирена (е), q, нг/м^3, в городах АЗРФ и в целом по России в 2021 г.

На рис. 4.47 отображен годовой ход концентраций бенз(а)пирена в городах Мурманской и Архангельской областей. Среднемесячные концентрации бенз(а)пирена выше ПДК были отмечены в зимний период, в Северодвинске — также в октябре.

Рис. 4.47. Годовой ход бенз(а)пирена в городах АЗРФ в 2021 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 (2,8 ПДКм.р.), Новодвинске (6,3 ПДКм.р.) и Норильске (42,9 ПДКм.р.). В Норильске средняя за год концентрация сероводорода составила 2,5 ПДКс.г.

В связи с выбросами Архангельского целлюлозно-бумажного комбината, расположенного в Новодвинске, в Архангельске и Новодвинске проводятся наблюдения за концентрациями метилмеркаптана. В 2021 г. превышений санитарно-гигиенических нормативов метилмеркаптана не было зарегистрировано.

В Архангельске и Мурманске проводятся наблюдения за концентрациями бензола, ксилола, толуола и этилбензола. В 2021 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 Воркуте средняя за год концентрация никеля составила 2,8 ПДКс.г., в пгт. Никель — 1,4 ПДКс.г., в остальных городах превышений ПДК не было зафиксировано.

Загрязнение поверхностных вод Арктической зоны Российской Федерации

Для реализации Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации в части обеспечения экологической безопасности и разработки современных экологически обоснованных природоохранных решений, гарантирующих устойчивое развитие региона, необходимы знания долговременных тенденций качества воды и состояния речных экосистем Арктического региона в условиях климатических изменений и специфики хозяйственной деятельности на водосборах.

Исследования последних лет показали, что глобальные изменения метеорологических параметров, в частности приземной температуры воздуха, слабо сказываются на изменении температуры воды арктических рек. Наиболее подвержены этим изменениям реки Европейского сектора АЗ РФ, для которых повышение декадных температур может оказать влияние на гидролого-гидрохимический режим рек. Сложное взаимодействие многих процессов на водосборах арктических рек может маскировать многолетнюю динамику температуры воды.

Несмотря на расположение арктических речных экосистем на территории единой географической зоны тундр и лесотундр, их водная среда имеет неодинаковый химический состав, сформировавшийся под действием природных условий и отражающий меридиональную неоднородность этих условий от Кольского полуострова до Чукотки. Особенно заметна неоднородность химического состава арктических речных вод по содержанию в них соединений железа и цинка, минеральных форм азота, нефтепродуктов. С другой стороны, есть и такие химические вещества, содержание которых однородно на всей территории Арктики за исключением единичных водных объектов, испытывающих высокую антропогенную нагрузку, по всей видимости, трансформировавшую их природные характеристики. Это выражено в изменчивости концентрации хлоридов, сульфатов, азота нитритного, органических веществ, фенолов. Локальные отличия между компонентным составом воды речных экосистем различных секторов Арктики обусловлены прямым и косвенным антропогенным влиянием.

В многолетней динамике содержания главных ионов в речных водах отмечаются возрастающие тенденции, особенно на территории Сибирского сектора АЗ РФ. Это может быть обусловлено не только прямым антропогенным влиянием за счет сброса сточных вод, но и активизацией процессов химического выветривания пород в результате последствий глобального изменения климата. Многолетняя динамика содержания биогенных и органических веществ, напротив, отличается убывающей тенденцией в пределах Европейского и Сибирского секторов. Практически повсеместно отмечается тенденция снижения содержания нефтепродуктов в воде. Наибольшая неоднородность в трендах этих показателей имеет место в реках Восточного сектора, где на химический состав речных вод бóльшее влияние оказывают региональные факторы. Для водных объектов Европейского сектора Арктики выявлены возрастающие тенденции в динамике содержания соединений железа, а для рек Сибирского и

Восточного секторов – убывающие. Тренды на увеличение концентраций соединений меди и марганца характерны, в основном, для рек Кольского Севера, что связано со спецификой минерально-ресурсной базы региона и антропогенной деятельностью. В изменчивости во времени соединений цинка и никеля четких закономерностей не выявлено. Такая неоднородность в тенденциях содержания металлов в речных водах Арктики свидетельствует о сложном характере влияния природных и антропогенных факторов.

Многолетние тенденции изменения химического состава поверхностных вод Арктической зоны находят свое отражение и в динамике качества воды и степени её загрязненности. За многолетний период (1990-2020 гг.) качество воды рек Европейского сектора АЗ РФ изменялось в пределах «загрязненная» (3 класс) и «грязная» (4 класс), Западного сектора – «грязная» (4 класс) и «экстремально грязная» (5 класс). Более стабильно состояние поверхностных вод Восточного сектора АЗ РФ, которое в основном соответствовало 3 классу качества. В динамике выявлены разнонаправленные тенденции изменения качества воды и степени её загрязненности. Для большинства рек АЗ РФ характерна тенденция снижения во времени степени загрязненности воды (тренд на улучшение качества воды). Наибольшая доля речных участков, для которых выявлен статистически значимый убывающий тренд значений удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ), относится к Европейскому и Восточному секторам Арктики. По-прежнему, наиболее загрязненные участки рек расположены в Западном секторе – рр. Обь, Полуй, Пур и др.

Такая степень загрязненности поверхностных вод в АЗ РФ связана, прежде всего, с высокими концентрациями приоритетных загрязняющих веществ, в число которых для всей арктической зоны входят органические вещества, соединения железа и меди. Дополнительно для Европейского сектора приоритетными являются соединения цинка, никеля и марганца (в реках Кольского полуострова), Сибирского – азот аммонийный, соединения цинка, марганца, фенолы и нефтепродукты, Восточного – соединения цинка и фенолы. В большинстве случаев повышенное содержание данных веществ имеет природный характер.

По состоянию на 2021 г. выявленные тенденции сохраняются. Большинство участков рек Европейского и Восточного секторов имеют степень загрязненности воды «загрязненная» (61 и 75% соответственно), Сибирского сектора АЗ РФ – «грязная» (72%). В целом, состояние речных экосистем АЗ РФ по гидрохимическим показателям оценивается как «равновесное», когда скорость внутриводоемных процессов очищения еще превышает темпы и силу антропогенных воздействий, благодаря чему они находятся в состоянии динамического равновесия.

Высокие и экстремальные уровни загрязнения поверхностных вод Арктической зоны РФ

В 2021 г. высокие уровни загрязнения (ВЗ[8]) поверхностных вод Арктической зоны Российской Федерации отмечались на 37 водных объектах в 227 случаях, экстремально высокие уровни загрязнения (ЭВЗ[9]) – на 31 водном объекте в 147 случаях. Следует отметить, что в 2021 г. по сравнению с предыдущим годом суммарное количество ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод сохранилось на одном уровне, а за период 2014-2021 гг. увеличилось на 40% (рис. 4.48).

Рис. 4.48. Динамика количества случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод Арктической зоны РФ

Поверхностные воды загрязнены, в основном, соединениями никеля, марганца, железа общего, алюминия, меди, ртути, молибдена и цинка (рис. 4.49).

[8] *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*

[9] *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*

Рис. 4.49. 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 2014-2021 гг. носит сезонный характер (рис. 4.50).

Рис. 4.50. Динамика внутригодового распределения случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод Арктической зоны РФ
за период 2014-2021 гг.

Более 65% всех случаев ВЗ и ЭВЗ в континентальной Арктической зоне РФ приходится на водные объекты Мурманской области. В 2021 г. в Мурманской области было зарегистрировано 164 случая высокого и 81 случай экстремально высокого загрязнения по 21 ингредиентам на 23 водных объектах, что на 11% меньше прошлогодних значений (табл. 4.22).

Таблица 4.22. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по субъектам Арктической зоны РФ за период 2014–2021 гг.

Регион	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
	ЭВЗ+ВЗ=всего	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	81+164=245
Ямало-Ненецкий АО	10+18=28	15+22=37	10+21=31	0+7=7	42+54=96	62+39=101	8+25=33	59+39=98
Ненецкий АО	0+1=1	3+2=5	1+2=3	4+1=5	0	5+1=6	22+3=25	4+10=14
Республика Коми [1]	0	0	0+1=1	0	0+1=1	11+1=12	0+1=1	2+13=15
Архангельская обл. [2]	0+9=9	0+2=2	0+7=7	0+6=6	0	2+3=5	0+10=10	0
Краснояр-ский край [3]	0+4=4	0+2=2	0+2=2	0+1=1	0	8+15=23	11+17=28	1+1=2

Регион	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
	ЭВ3+В3=всего	ЭВ3+В3=всего	ЭВ3+В3=всего	ЭВ3+В3=всего	ЭВ3+В3=всего	ЭВ3+В3=всего	ЭВ3+В3=всего	ЭВ3+В3=всего
Республика Саха (Якутия) [4]	0	0	0+1=1	0	0	0	0	0
Чукотский АО	0	0	0	0	0	0	0	0
Республика Карелия [5]	0	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	147+227=374

Примечание: [1] городские округа: Воркута, Инта и Усинск, муниципальный район «Усть-Цилемский»; [2]. Лешуконский, Мезенский Онежский, Пинежский, Приморский муниципальные районы, городские округа: Архангельск, Северодвинск, Новодвинск, муниципальный район о. Новая Земля; [3] Таймырский (Долгано-Ненецкий), Туруханский муниципальные районы, г. о. Норильск, сельские поселения (поселки): Суринда, Тура, Нидым, Учами, Тутончаны, Ессей, Чиринда, Эконда, Кислокан, Юкта Эвенкийского муниципального района; [4] Абыйский, Аллаиховский, Анабарский (Долгано-Эвенкийский), Булунский, Верхнеколымский, Верхоянский, Жиганский, Момский, Нижнеколымский, Оленекский, Среднеколымский, Усть-Янский и Эвено-Бытантайский улусы (районы); [5] Беломорский, Калевальский, Кемский, Костомукшский, Лоухский, Сегежский муниципальные районы.

В Мурманской области примерно 60% всех случаев ВЗ и ЭВЗ связано с загрязнением поверхностных вод соединениями тяжелых металлов. В 2021 г. в поверхностных водах максимальные концентрации соединений были зафиксированы: меди (800 ПДК) - в р. Кумужья, г. Мончегорск; железа общ. (217 ПДК), фтора (19,9 ПДК) – в ручье без названия, г. Кандалакша; никеля (120 ПДК), ртути (16,2 ПДК) – в р. Нюдуай, г. Мончегорск; марганца (61 ПДК) – в р. Вирма, с. Ловозеро, у о-ва Избяного; молибдена (8,6 ПДК) – в оз. Имандра, г. Апатиты.

В 2021 г. по сравнению с предыдущим годом в Мурманской обл. почти в два раза увеличилось количество случаев высокого загрязнения поверхностных вод дитиофосфатом крезиловым, молибденом и ртутью; понизились случаи загрязнения медью, никелем, алюминием, бензпиреном и фтором (рис. 4.51).

Рис. 4.51. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по основным загрязняющим веществам в Мурманской обл. за период 2014-2021 гг.

Как и в предыдущие годы, максимальную нагрузку от загрязнения испытывают реки: Нюдуай, Хауки-лампи-йоки, Луотти-йоки, Колос-йоки и руч. Варничный, на которых наблюдается наибольшее число повторений случаев высокого загрязнения. Максимальное число повторений случаев – 73 ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод в Мурманской обл. было зарегистрировано в ручье без названия в г. Кандалакша (рис. 4.52).

Рис. 4.52. Пункты наблюдений в Мурманской обл., в которых регистрировалось максимальное число повторений случаев ВЗ и ЭВЗ за период 2014-2021 гг.

В Ямало-Ненецком автономном округе в 2021 г. было зарегистрировано 39 случаев высокого загрязнения на 11 водных объектах и 59 случаев экстремально высокого загрязнения на 13 водных объектах, что в 3 раза больше значений 2020 г. (25 случаев ВЗ на 9 водных объектах и 8 случаев ЭВЗ на 6 водных объектах). На химический состав рек существенное влияние оказывает антропогенный фактор, связанный с активным промышленным освоением автономного округа. Водные объекты округа загрязнены соединениями марганца, железа, цинка и нефтепродуктами (рис. 4.53). В 2021 г. в поверхностных водах максимальные концентрации были зафиксированы: соединений марганца (155,6 ПДК) - в р. Полуй, г. Салехард; железа (109,2 ПДК) - в районе р. Правая Хетта, пгт. Пангоды. Следует отметить, что в бассейне реки р. Полуй, г. Салехард в 2021 г. было зарегистрировано максимальное количество случаев - 25 высокого и экстремально высокого загрязнения поверхностных вод (рис. 4.54).

Рис. 4.53. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по основным загрязняющим веществам в Ямало-Ненецком АО за период 2014-2021 гг.

Рис. 4.54. Пункты наблюдений в Ямало-Ненецком АО, в которых регистрировалось максимальное число повторений случаев ВЗ и ЭВЗ за период 2014-2021 гг.

Загрязнение поверхностных вод Ненецкого АО связано с промышленным освоением бассейна р. Печора. Крупнейшими загрязнителями бассейна являются предприятия энергетики, нефтеперерабатывающей, угледобывающей, газодобывающей, лесозаготовительной и деревообрабатывающей отраслей промышленности. В 2021 г. в поверхностных водах Ненецкого АО было зарегистрировано 10 случаев ВЗ и 4 случая ЭВЗ (в 2020 г. 3 случая ВЗ и 22 случая ЭВЗ), а в период 2014-2019 гг. было зарегистрировано от 1 до 6 случаев ВЗ и ЭВЗ (табл. 4.22). Максимальные значения концентраций были зафиксированы: нефтепродуктов – (108,4 ПДК) - в р. Печора, г. Нарьян-Мар; хлоридов – (48,1 ПДК) - в р. Индига, п. Индига. Поселок Индига находится в устье р. Индига, при впадении её в Индигскую губу Баренцева моря. На этом участке в 2021 г. было зафиксировано 9 случаев высокого загрязнения хлоридами. Основными источниками поступления хлоридов в водные объекты являются соленосные отложения, магматические породы, в состав которых входят хлорсодержащие минералы (хлорапатит, содалит и др.), вулканические выбросы, засоленные почвы, из которых они вымываются атмосферными осадками. Большие количества хлоридов попадают в воду с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами.

Основными загрязнителями водных объектов Республики Коми являются предприятия теплоэнергетики, нефтегазоперерабатывающей, угледобывающей, нефтегазодобывающей, лесозаготовительной и деревообрабатывающей отраслей промышленности. В 2021 г. в Республике Коми было зафиксировано 2 случая ЭВЗ и 13 случаев ВЗ поверхностных вод (для сравнения за период 2014-2020 гг. случаи были единичные, за исключением 2019 г. - 11 случаев ЭВЗ и 1 случай ВЗ) (табл. 4.22). В 2021 г. на р. Колва, с. Колва, г.о. Усинск были зафиксированы максимальные значения концентраций загрязняющих веществ: марганца - 164,5 ПДК, алюминия - 24,1 ПДК, нефтепродуктов - 64,0 ПДК.

Негативное влияние на состояние водных объектов Красноярского края оказывают сточные воды предприятий медно-никелевого производства. Основными загрязняющими веществами водных объектов являются соединения меди, никеля, кадмия и нефтепродукты. В 2021 г. в Красноярском крае был зарегистрирован 1 случай ЭВЗ и 1 случай ВЗ поверхностных вод, что соответствует показателям 2014-2018 гг. Следует отметить, что в период 2019-2020 гг. было зарегистрировано максимальное число случаев ВЗ и ЭВЗ (23 и 28 соответственно) поверхностных вод (табл. 4.22). В 2021 г. в водных объектах Красноярского края были зафиксированы максимальные значения загрязняющих веществ: никеля (46 ПДК) – в р. Щучья, г. Норильск; кадмия (6,1 ПДК) – в р. Далдыкан, ж/д ст. Кайеркан.

В остальных субъектах Арктической зоны: Республиках Карелия и Саха (Якутия), в Чукотском АО, а также в Архангельской обл. случаев высокого и экстремально высокого загрязнения поверхностных вод в 2021 г. зарегистрировано не было.

В 2021 г. в поверхностных водах Арктической зоны РФ была зарегистрирована одна авария: в Республике Коми, в результате разгерметизации нефтесборного коллектора на участке ООО «Лукойл-Коми» произошло загрязнение территории нефтью в водосборе р. Колва. Источник утечки нефти был расположен в Ненецком АО. В акваторию реки попало около 9 т нефтесодержащей жидкости.

Аварий, приведшим к высоким и экстремально высоким загрязнениям поверхностных вод Арктической зоны РФ, в 2021 г. не было отмечено.

Состояние водных экосистем в Арктической зоне Российской Федерации

Гидробиологические наблюдения за состоянием поверхностных вод Арктической зоны России проводились по показателям основных экологических группировок: фитопланктон, зоопланктон и зообентос. Каждое из этих сообществ наблюдается по ряду параметров, позволяющих получать информацию о количественном и качественном составах экосистем водных объектов. Гидробиологические наблюдения Арктической зоны Российской Федерации в период с 2007 по 2021 гг. проводились в Восточно-Сибирском и Баренцевском гидрографических районах.

Баренцевский гидрографический район. Гидробиологические наблюдения проводились в Мурманской области на 36 водных объектах, среди которых 25 водотоков и 7 водоемов в 56 пунктах, принадлежащих бассейнам Баренцева и Белого морей. На рис. 4.55 представлена картограмма качества вод по гидробиологическим показателям в Мурманской области в 2021 г., на рис. 4.56 – в Архангельской и Вологодской областях, Республике Коми и Ненецком АО.

Рис. 4.55. Картограмма качества вод Мурманской области по гидробиологическим показателям в 2021 г.
Обозначения на картограммах характеризуют качество поверхностных вод по комплексным показателям. Цветом указан класс качества, формой значка – показатель биоценоза. Стрелками показаны тенденции качества в сравнении с предыдущим годом: - - улучшение; ⇧ - ухудшение ⇩

I – условно чистая
II – слабо загрязненная
III – загрязненная
IV – грязная
V – экстремально грязная

Бентос —
Фитопланктон —
Зоопланктон —

Рис. 4.56. Качество вод водотоков Севера ЕЧР по гидробиологическим показателям в 2021 г.
Обозначения такие же, как на рис. 4.55

Регулярные многолетние наблюдения в Мурманской области проводятся на 16-ти реках, 7-ми озерах. Оценки состояния экосистем наиболее значимых водных объектов приведены ниже.

В составе фитопланктона **р. Патсо-Йоки** было выявлено 69 видов водорослей, по числу видов, доле в численности и биомассе доминировал комплекс диатомовых. Зоопланктон был представлен 17 видами беспозвоночных, по разнообразию наиболее широко были представлены коловратки – 10 видов, ветвистоусые ракообразные – 4, веслоногие раки – 3. В составе зообентоса было выявлено 13 видов. Воды поверхностного слоя по показателям зоопланктона и по показателям фитопланктоона были отнесены к «условно чистым» (1 класс) к «слабо загрязненным» (2 класс), по показателям зообентоса к «загрязненным» (3 класс).

Фитопланктон **р. Нама-Йоки** был представлен 24 видами, зоопланктон – 14, бентофауна – 35. Воды поверхностного и придонного слоёв по показателям фито- и зоопланктона и зообентоса отнесены к «слабо загрязненным» (2 класс).

Видовой состав фитопланктона **р. Лотта** сохранился в пределах диапазона среднемноголетних значений: в 2021 г. по показателям зообентоса было выявлено 32 вида. Качество вод по показателям фито и зоопланктона сохраняется по-прежнему высоким - «условно чистые», «слабо загрязненные» (1, 2 класс). В составе зообентоса было выявлено 9 видов, качество воды соответствовало «загрязненным» (3 класс).

В целом качество вод трансграничной р. Патсо-Йоки ниже пос. Никель, рр. Нама-Йоки и Лотта на протяжении последних 10 лет не изменилось. Биоценозы рек находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Альгофлора **р. Печенга** была представлена 41 видом. Наибольшего развития достигали диатомовые и хлорококковые водоросли. В составе зоопланктона было выявлено 15 видов. В составе зообентоса было выявлено 30 видов. Качество вод по показателям фито и зоопланктона, а также зообентоса соответствовало «слабо загрязненным» (2 класс) Биоценозы реки испытывают состояние антропогенного экологического напряжения.

Видовое разнообразие фитопланктона **р. Кола** насчитывало 71 вид. В начале вегетационного периода основу фитопланктона формировали представители диатомовых водорослей, к концу лета превалировали синезеленые и зеленые водоросли. В зоопланктоне было выявлено 11 видов. Качество вод по показателям фитопланктона и зоопланктона сохранилось на прежнем уровне – «слабо загрязненные» (2 класс). В составе зообентоса было выявлено 17 видов. Качество вод по этому показателю соответствовало «загрязненным» водам (3 класс).

Таким образом, качество вод **р. Кола** на протяжении последних 10 лет сохранилось неизменным. В целом биоценозы **р. Кола** находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Качественный состав фитопланктона **р. Кица** испытывает межгодовые флуктуации. Так, в 2021 г. было выявлено 45 видов. В составах зоопланктона и зообентоса было выявлено по 18 видов. Качество вод по планктонным показателям соответствовало «условно чистым», «слабо загрязненным» (1, 2 класс), по показателям зообентоса — «условно чистым» водам (1 класс). В целом биоценоз реки испытывает антропогенное экологическое напряжение.

В составе фитопланктона **р. Нива** было выявлено 28 видов, зоопланктона – 26. В целом качественный и количественный составы планктонных сообществ сохраняются в пределах среднемноголетних значений. Макрозообентос был представлен 17 видами. Качество вод по всем наблюдаемым показателям соответствовало – «слабо загрязненным» (2 класс). Состояние биоценозов **р. Нива** сохраняется неизменно – антропогенное экологическое напряжение.

Качественный состав альгофлоры фитопланктона **р. Вите** в 2021 г. насчитывал 36 видов. Доминировали диатомовые водоросли. Качество воды соответствовало «условно чистым» водам (1 класс). Зоопланктон был представлен 29 видами, среди них преобладали коловратки – 18 видов, ветвистоусых раков было выявлено 8 видов, веслоногих - 3 вида. Качество воды - «слабо загрязненные» (2 класс). В составе бентофауны р. Вите был выявлен 21

вид, среди них 7 видов комаров-звонцов, поденок и малощетинковых червей по 4 вида. Качество воды по показателям зообентоса соответствовало «условно чистым», «слабо загрязненным» водам (1, 2 класс).

В целом качество вод р. Вите не претерпело значительных изменений в 2021 г. Воды поверхностного слоя по показателям фитопланктона были отнесены к «условно чистым» (1 класс), по показателям зоопланктона и зообентоса - к «слабо загрязненным» (2 класс). Состояние биоценозов реки сохраняется неизменным – на фоне экологического благополучия испытывают антропогенное экологическое напряжение.

Качество вод в поверхностном слое **оз. Имандра** в последнее десятилетие сохраняется неизменным и соответствует «слабо загрязнённым» (2 класс). Качественный состав альгофлоры был разнообразен – 86 видов, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало зеленым – 37 и диатомовым – 28 водорослям. Качество воды по показателям фитопланктона соответствовало «условно чистым» (1 класс), преобладали характеристики слабого загрязнения. Зоопланктон был представлен 66 видами. Качество воды характеризовалось как «слабо загрязненные» (2 класс). В составе зообентоса озера было выявлено 30 видов. По показателям зообентоса воды придонного слоя были отнесены к «слабо загрязненным» (2 класс). Состояние биоценозов озера соответствует антропогенному экологическому напряжению.

Качество вод **оз. Чунозеро** сохранилось неизменным. В 2021 г. в составе фитопланктона было выявлено 38 видов, наибольшее разнообразие принадлежало диатомовым водорослям – 19, зеленых было выявлено 6, синезеленых и золотистых - по 4, динофитовых - 3. Качество вод поверхностного слоя соответствовало «условно чистым» (1 класс). Зоопланктон был представлен 31 вид. Качество вод - «условно чистые». В составе зообентоса озера было выявлено 20 видов. Воды соответствовали «слабо загрязненным» (2 класс). В составе перифитона было выявлено 39 видов флоры и фауны. По показателям перифитона качество воды соответствовало «условно чистым». Биоценозы озера находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения.

В фитопланктоне **оз. Умбозера** было выявлено 28 видов, в зоопланктоне и зообентосе – по 17 видов. Качество поверхностного слоя воды в оз. Умбозере в последнее десятилетие не изменилось. По показателям фито- и зоопланктона воды соответствовали «слабо загрязненным» (2 класс), по показателям зообентоса – «загрязненные» (3 класс). Состояние биоценозов озера сохранилось неизменным – испытывают антропогенное экологическое напряжение.

В **Верхнетуломском водохранилище** качество вод поверхностного слоя сохранилось неизменным. В составе фитопланктона было выявлено 64 вида. Качество вод по показателям фитопланктона соответствовало «условно чистым», «слабо загрязненным» водам (1, 2 класс). 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 **р. Онега** был выявлен 61 вид водорослей. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало широко распространенным диатомовым водорослям – 44 вида, зеленых было выявлено 10 видов, синезеленых – 4 вида, золотистых – 3 вида. Качественное разнообразие в пробе варьировало от 8 до 21 вида. Качество вод по показателям фитопланктона соответствовало «слабо загрязненным» водам (2 класс). В составе зоопланктона было выявлено 15 видов, из них наибольшего видового разнообразия достигали ветвистоусые раки – 11 видов, веслоногие раки - 4 вида. Качество вод по показателям зоопланктона соответствовало «условно чистым», «слабо загрязненным» водам (1, 2 класс). Экосистема реки находится в состоянии экологического благополучия с элементами антропогенного экологического напряжения.

Фитопланктон **р. Кена** включал 54 вида водорослей. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало диатомовым – 39 видов, зеленым – 5 видов, меньшее видовое разнообразие принадлежало золотистым и синезеленым – по 4 вида, эвгленовым - 2 вида. По сравнению с 2020 г. возросло качественное разнообразие фитопланктона, были выявлены золотистые и эвгленовые водоросли. В 2021 г. количество видов в пробе варьировало от 16 до 32. Качество воды по показателям фитопланктона в 2021 г. соответствовало «слабо загрязнённым» водам (2 класс). В составе зоопланктона реки было выявлено 18 видов, включающих 8 представителей ветвистоусых раков, 6 – веслоногих и 4 вида коловраток. Качество воды соответствовало «условно чистым» - «слабо загрязненным» водам с превалированием характеристик «условно чистых» вод (1 класс). Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Фитопланктон **р. Северная Двина** насчитывал 143 вида водорослей, принадлежащих шести систематическим группам: диатомовые – 87 видов, зеленые – 34 вида, синезеленые – 11 видов, золотистые – 4 вида, эвгленовые – 5 видов, динофитовые –1 вид. По сравнению с 2020 г. возросло качественное разнообразие, выявлены золотистые, эвгленовые и динофитовые водоросли. В 2021 г. количество видов в пробе варьировало от 25 до 43. Воды реки соответствовали «слабозагрязнённым» (2 класс). В составе зоопланктона реки было выявлено 50 видов, включающих по 19 видов веслоногих и ветвистоусых раков, а также 12 видов коловраток. Качество воды соответствовало «слабо загрязнённым» водам (2 класс). Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Фитопланктон **р. Сухона** среди наблюдаемых рек отличался высоким качественным разнообразием и включал 95 видов водорослей, из них 62 вида диатомовых, 14 видов – зелёных, 7 видов – синезелёных, по 5 видов золотистых и эвгленовых, по 1 виду динофитовых и желтозеленых. Диатомовый комплекс доминировал. В 2021 г. количество видов в пробе варьировало от 22 до 47. Качество воды соответствовало «слабозагрязнённым» (2 класс). В составе зоопланктона было выявлено 32 вида, из них наибольшего видового разнообразия достигали ветвистоусые – 17 видов и веслоногие раки – 12 видов, коловратки - 1 вид. Качество воды соответствовало «условно чистым», «слабо загрязнённым» (1, 2 класс), а ее экосистема находилась в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Фитопланктон **р. Вологда** включал 83 вида водорослей, которые в систематическом отношении распределялись следующим образом: диатомовые – 48 видов, зелёные – 18 видов, эвгленовые – 6 видов, синезелёные – 5 видов, золотистые и динофитовые – по 3 вида. В 2021 г. количество видов в варьировало от 14 до 35 в пробе. Качество воды - «слабо загрязнённые» (2 класс). В составе зоопланктона было зафиксировано 32 вида, включающих 19 видов

ветвистоусых раков, 9 видов – веслоногих и 4 вида коловраток. Качество воды соответствовало «условно чистым» (1 класс). Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

В фитопланктоне **р. Вычегда** было выявлено 97 видов водорослей. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало широко распространенным диатомовым водорослям – 55 видов, зеленым – 22 вида. Синезеленые водоросли были представлены 8 видами, золотистые – 6 видами, эвгленовые – 4 видами, динофитовые и желтозеленые по 1 виду. Преобладали диатомовые водоросли. Качество воды соответствовало «слабо загрязнённым» водам (2 класс). В составе зоопланктона было выявлено 28 видов, из них наибольшего видового разнообразия достигали ветвистоусые – 15 видов и веслоногие ракообразные – 9 видов. Наименьшее наблюдалось у коловраток – 4 вида. Качество воды оценивалось «условно чистыми» водами (1 класс). Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Фитопланктон **р. Сысола** включал 58 видов водорослей, которые в систематическом соотношении распределялись следующим образом: диатомовые – 39 видов, зелёных – 8 видов, синезелёных и золотистых по 4 вида, эвгленовых – 2 вида, динофитовых - 1 вид. Качество воды по показателям фитопланктона соответствовало «слабо загрязнённым» водам (2 класс). В составе зоопланктона реки было выявлено 25 таксонов, среди них 16 видов ветвистоусых раков, 9 видов веслоногих, 2 вида коловраток. Качество воды по показателям зоопланктона соответствовало «условно чистым», «слабо загрязнённым» водам (1, 2 класс). Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Фитопланктон **р. Пинега** включал 99 видов водорослей, которые в систематическом отношении распределялись следующим образом: диатомовые – 62 вида, зелёные – 24 вида, синезелёные – 7 видов, золотистые и эвгленовые – по 3 вида. Преобладали диатомовые водоросли. Качество воды по показателям фитопланктона характеризовалось «слабо загрязнёнными» водами (2 класс). В составе зоопланктона реки был зафиксирован 31 вид, включающий 14 представителей ветвистоусых рачков, 12 видов веслоногих, 5 видов коловраток. Качество воды по показателям зоопланктона - «условно чистые», «слабо загрязнённые» (1, 2 класс). Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

В фитопланктоне **р. Кулой** было выявлено 60 видов водорослей. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало широко распространенным диатомовым водорослям – 48 видов, зеленых было выявлено 6 видов, золотистых – 4 вида, синезеленые и эвгленовые - по 1 виду. Качественное разнообразие варьировало от 16 до 38 видов на пробу. Преобладали диатомовые водоросли. Качество воды по показателям фитопланктона - «слабо загрязнённая» (2 класс). В составе зоопланктона было выявлено 20 видов, из них наибольшего видового разнообразия достигали ветвистоусые – 10 видов и веслоногие раки – 7 видов, коловратки – 2 вида и 1 вид карпоедов. Качество воды по показателям зоопланктона - «условно чистые», «слабо загрязнённые» (1, 2 класс). Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Число выявленных видов фитопланктона в **р. Мезень –** 69, из которых диатомовые водоросли – 54 вида, зелёные – 10 видов, золотистые – 3 вида, синезелёные и эвгленовые по 1 виду. Доминировали диатомовые водоросли. Качество воды по показателям фитопланктона - «слабо загрязнённая» (2 класс). В составе зоопланктона было выявлено 20 видов (12 – видов ветвистоусых, 6 – веслоногих раков и 2 вида коловраток). Качество воды по показателям зоопланктона - «условно чистые», «слабо загрязнённые» (1, 2 класс). Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Фитопланктон **р. Печора** включал 60 видов водорослей, которые в систематическом соотношении распределялись следующим образом: диатомовые – 37 видов, зелёные – 11 видов, золотистые – 5 видов, синезелёные – 4 вида, эвгленовые – 2 вида, динофитовые – 1 вид. Доминировал диатомовый комплекс. Качество воды по показателям фитопланктона - «слабо загрязнённая» (2 класс). В составе зоопланктона реки было выявлено 26 таксонов, среди них ветвистоусых и веслоногих раков – по 11 видов, коловраток - 4 вида. Качество воды по показателям зоопланктона - «условно чистые» (1 класс). Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Качество вод в большинстве водных объектов Баренцевского гидрографического района на протяжении 2008–2021 гг. сохраняется неизменным и варьирует от «условно чистых» до «слабо загрязненных» вод , с межгодовыми флуктуациями в пределах класса качества.

Восточно-Сибирский гидрографический район. В 2021 г. наблюдения проводились в низовье р. Лена и заливе Неелова, данные о состоянии качества вод представлены на рис. 4.57.

Воды нижнего течения **р. Лена** на протяжении последних 5 лет по показателям фитопланктона соответствуют «слабозагрязненным» (2 класс). 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» - (3 класс). В 2021 г. преобладали значения, характеризующие состояние придонного слоя как «слабо загрязненные» (2 класс).

Качество вод **оз. Мелкое** (п. Тикси) на протяжении последних 10 лет, как в придонном, так и в поверхностном слоях, характеризуется как «слабо загрязнённые». Наблюдались незначительные межгодовые флуктуации класса качества. Качество воды по показателям фитопланктона - «слабо загрязненные» (2 класс). По показателям зообентоса качество воды соответствовало «слабо загрязненным» водам (2 класс).

Рис. 4.57. Картограмма качества вод Республики Саха (Якутия) по гидробиологическим показателям в 2021 г.
Обозначения такие же, как на рис. 4.55

Качество вод **р. Копчик-Юрэгэ** (п. Полярка) на протяжении последних 6 лет по показателям фитопланктона соответствуют «слабо загрязненным» (2 класс). Качество воды по показателям зообентоса в последнее десятилетие испытывает значительные перепады от «грязных» до «слабо загрязненных», превалирующая оценка качества вод в многолетнем периоде соответствует уровню «слабо загрязненные». В 2021 г. качество вод придонного слоя характеризовалось как «слабо загрязненные» (2 класс). 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 2021 г. фитопланктон залива Неёлова был представлен 10 пресноводными эвригалинными видами, среди которых в качественном и количественном отношениях доминировали диатомовые водоросли – 8 видов, зеленые водоросли и синезеленые были представлены по одному виду. В 2021 г. видовое разнообразие фитопланктона варьировало в пределах среднемноголетних значений, существенных изменений не было выявлено.

В составе макрозообентоса залива Неелова в 2021 г. было выявлено 9 видов беспозвоночных, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало Oligochaeta – представленное 4 видами, Amphipoda – 3 видами и Bivalvia – 2 видами, а также одним видом 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), создавших основу биомассы зообентоса. Из представителей макрозообентоса основу биомассы формировал двустворчатый моллюск *Sphaerium corneum* (Linnaeus, 1758) и *Pisidium amnicum* (O.F. Müller, 1774). В 2016-2021 гг. фауна макрозообентоса залива была представлена теми же группами видов. Качественный и количественный его составы зависят от преобладающих течений и формируются из видов зообентоса, приносимого паводковыми водами питающих его рек.

Флора и фауна арктических водоемов и водотоков, как пресноводных, так и морских, является крайне неустойчивой системой. Основу пресноводного фитопланктона водоемов и водотоков, как в качественном, так и количественном отношениях, формируют представители диатомовых водорослей. Фауна макрозообентоса формируется приносимыми с паводковыми водами рек гидробионтами.

В целом, пресноводные биоценозы в нижнем течении р. Лена соответствуют экологическому напряжению (р. Лена, оз. Мелкое) или экологическому благополучию (р. Копчик-Юрэгэ). На всех наблюдаемых водных объектах (оз. Мелкое, на двух створах низовий р. Лены и р. Копчик-Юрэгэ) происходит постепенное снижение качества поверхностного слоя воды. Так, в период с 2007 по 2015 гг. среднегодовые значения индекса сапробности варьировали в пределах «условно чистых» вод по показателям фитопланктона, а начиная с 2016 г. по 2021 г. средние значения индекса сапробности не поднимаются выше «слабо загрязненных» вод. 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 р. Лена: в 2018 г. класс качества возрос от «загрязненных» до «слабо загрязненных», в 2019 г. произошло резкое снижение до уровня «загрязненные» на всем наблюдаемом сегменте реки. Аналогичная тенденция прослеживается в р. Копчик-Юрэргэ - в тот же период класс качества возрос от «загрязненных» до «условно чистых» и в 2019 г. - снизился до «загрязненных». И только качество вод придонного слоя в оз. Мелкое сохраняется на прежнем уровне – «слабо загрязненные».

Таким образом, в период с 2014 по 2021 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.

О динамике изменения радиационной обстановки на Сухопутных территориях Арктической зоны и 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 амбиентного эквивалента дозы (МАЭД), 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 экспедиционные исследования арктических морей.

Объемная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в приземном слое атмосферы полярных областей на семь-восемь порядков ниже нормативов, установленных НРБ-99/2009.

Объемная активность ^{137}Cs в воздухе сухопутных территорий Арктики значительно ниже средневзвешенного значения по территории РФ. Среднегодовая объемная активность ^{137}Cs в разных пунктах наблюдения в 2005-2010 гг. и 2012-2021 гг. колебалась в интервале $(0,2\text{-}1,7)\cdot10^{-7}$ Бк/м^3, за исключением Мурманска и Нарьян-Мара (в 2007 и 2015 гг. более $4,0\cdot10^{-7}$ Бк/м^3). Среднегодовая объемная активность ^{137}Cs по сухопутным территориям Арктики в 2020 и 2021 гг. составила $0,9\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 и $1,4\cdot10^{-7}$ Бк/м^3.

В 2011 г. объемная активность ^{137}Cs по всей Европейской территории России увеличилась на один-два порядка за счет поступления аварийных выбросов с АЭС «Фукусима-1», но в арктической зоне была существенно меньше, чем в среднем по России (рис. 4.58).

Рис. 4.58. Объемная активность ^{137}Cs в приземной атмосфере в пунктах наблюдения Сухопутных территорий Арктики и в среднем по Заполярью в 2005-2021 гг., 10^{-7} Бк/м^3

Низкие величины объемной активности ^{137}Cs до 2016 г. наблюдались и в Мурманске – 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. 4.59). Без учета третьего квартала, среднегодовая величина объемной активности ^{137}Cs в 2016 г. 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 могло 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 в Мурманске 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. В 2021 г. объемная активность ^{137}Cs находилась в диапазоне $(0,9\text{-}1,4)\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 и составила в среднем $1,1\cdot10^{-7}$ Бк/м^3.

Рис. 4.59. Динамика средней за квартал величины объемной активности ^{137}Cs в воздухе в Мурманске в 2016-2021 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 занимали среднее положение по величине активности ^{90}Sr, между наиболее низкими значениями в Тихом океане, у восточного побережья Камчатки, и водами Каспийского моря (рис. 4.60). При этом почти всегда концентрация в Белом море была выше, чем в Баренцевом. В Тихом океане в 2019 г. наблюдается снижение активности ^{90}Sr до 1,14 мБк/л. В 2020 г. в Тихом океане и в Белом и Баренцевом морях активность ^{90}Sr выросла – до 1,8 мБк/л, 3,0 мБк/л, и 2,2 мБк/л соответственно, в 2021 г. произошло некоторое уменьшение активности ^{90}Sr в Белом море до 2,7 мБк/л.

Как показали проводимые с 1992 г. совместные российско-норвежские исследования, в Баренцевом море на содержание радионуклидов существенное влияние 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. 4.60. 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 2000-2021 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 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, радиоактивное загрязнение воздушной и водной среды Арктики в 2021 г. находилось на низком уровне и соответствовало общей динамике его устойчивого снижения в период 2016-2020 гг.

4.4. Комплексные исследования загрязнения окружающей среды в районе пос. Баренцбург и прилегающих территорий

В 2021 г. было выполнено обследование районов расположения поселков Баренцбург и Пирамида, прилегающих к ним территорий, акваторий и побережья заливов Гренфьорд и Биллефьорд.

Наблюдения проводились за загрязнением атмосферного воздуха и атмосферного аэрозоля в п. Баренцбург, снежного покрова, почв, грунтовых вод и наземной растительности на территории поселков Баренцбург и Пирамида, их санитарно–защитных зон (локальный мониторинг) и в удаленных от поселков точках (фоновый мониторинг). Выполнялись также исследования морских вод и донных отложений на акватории заливов Гренфьорд и Биллефьорд; поверхностных вод и донных отложений озер Биенда-Стемме и Голубое, а также реки Грендалсэльва.

Атмосферный воздух

В пробах атмосферного воздуха определялись концентрации пыли, газовых примесей и легколетучих органических соединений (ЛОС). Также был проведен отбор проб атмосферного аэрозоля для определения тяжелых металлов (Ni, Co, Zn, Cd, Cu, Pb, Cr, Hg) и мышьяка, хлорорганических соединений (ХОС), включая полихлорбифенилы (ПХБ), и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух поселков Баренцбург и Пирамида, являются пыль, диоксид серы, оксиды азота и углерода. Максимальные концентрации пыли (до 7,22 мкг/м^3), диоксида серы (до 3,29 мкг/м^3), оксида углерода (до 450 мкг/м^3) и диоксида азота (до 1,35 мкг/м^3), сероводорода (до 1,04 мкг/м^3) были зафиксированы в атмосферном воздухе пос. Баренцбург. В воздухе пос. Пирамида зафиксированы концентрации пыли (5,20 мкг/м^3), диоксида серы (1,77 мкг/м^3), оксида углерода (215 мкг/м^3) и диоксида азота (0,62 мкг/м^3).

Из хлорорганических соединений (ХОС) в пробах воздуха были отмечены хлорбензолы в летний период с максимальным содержанием до 3,02 нг/м^3.

В весенний и летний периоды 2021 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 – 2,5 мкг/м^3), марганец (0,16 мкг/м^3), цинк (0,25 мкг/м^3), медь (0,27 мкг/м^3), хром (0,05 мкг/м^3). В летний период в воздухе были зафиксированы следующие максимальные значения содержания тяжелых металлов: марганца – 0,08 мкг/м^3), цинка – 0,05 мкг/м^3), меди – 0,027 мкг/м^3), никеля – 0,015 мкг/м^3). Все максимальные значения были зафиксированы на территории пос. Баренцбург около зональной гидрометеорологической обсерватории (ЗГМО). По сравнению со средними уровнями за период 2015–2020 гг. загрязнение атмосферного воздуха в 2021 г. существенно не изменилась.

Снежный покров

В снежном покрове в районе расположения пос. Баренцбург проводилось определение содержания компонентов минерального состава (хлоридов, сульфатов, щелочных и щелочно-земельных металлов (Na, K, Ca, Mg), соединений азота (нитритного азота, нитратов, аммония), нефтяных углеводородов, фенолов, ПАУ, ХОС и ТМ.

Водородный показатель (pH) снежного покрова в районе наблюдений находился в пределах от 5,13 до 5,86 ед.pH. Повышенное значение pH отмечалось в снежном покрове в районе расположения отвалов горных пород и шлака от ТЭЦ, наименьшие значения pH фиксировались в снежном покрове севернее пос. Баренцбург. Концентрации главных ионов в снежном покрове обследованной территории изменялись в следующих пределах: хлориды – от 3,39 до 37,2 мг/л талой воды; сульфаты – от 0,85 до 5,31 мг/л; натрий – от 3,53 до 22,0 мг/л; калий – от 0,11 до 0,76 мг/л; кальций – от 0,41 до 1,37 мг/л; магний – 0,35 до 2,5 мг/л талой воды.

Концентрации минеральных форм азота в снежном покрове в снежном покрове составляли: для нитратов – до 611 мкг/л; для нитритов – до 60 мкг/л.

Содержание нефтяных углеводородов (НУ) в пробах снега изменялось от 2,7 до 37,8 мкг/л талой воды, максимальная концентрация НУ была обнаружена в пробах снега, отобранных в центральной части пос. Баренцбург.

Концентрации фенолов, зарегистрированных в отобранных пробах, находились ниже предела обнаружения используемого аналитического метода (<0,5 мкг/л).

Среднее суммарное содержание ПАУ в пробах снежного покрова составило 55,3 нг/л при максимальной концентрации 321,7 нг/л, зафиксированной в пробах снега, отобранных в районе южнее ТЭЦ.

Из определяемых хлорорганических соединений (ХОС) в пробах снежного покрова были зафиксированы соединения групп ГХЦГ и ПХБ. Концентрации хлорбензолов, пестицидов групп хлорбензолов, ДДТ и соединений группы полихлорциклодиенов находились ниже пределов обнаружения. Максимальная концентрация суммы ГХЦГ составила 7,04 нг/л талого снега (район ТЭЦ). Из 15 определяемых индивидуальных конгенеров ПХБ в пробах талого снега с различной частотой обнаружения были отмечены 4 соединения (#101, #118, #138, #156, #180). Максимальные концентрации отдельных конгенеров ПХБ составляли: для #101 – 0,04 нг/л; для #118 – 2,67 нг/л, для #138 – 0,28 нг/л., для #156 – 0,19 нг/л., для #180 – 0,21 нг/л. Среднее суммарное содержание полихлорбифенилов

составило 0,42 нг/л при максимальной концентрации 2,67 нг/л, зафиксированной в пробах талого снега, отобранных в районе южнее пос. Баренцбург.

Содержание контролируемых тяжелых металлов в пробах снега находилось в следующих пределах: марганца – от 1,3 до 8,9 мкг/л (в среднем 3,54 мкг/л талой воды); цинка – от 6,60 до 28 мкг/л, при среднем содержании 12,4 мкг/л; меди – от 1,3 до 3,60 мкг/л при средней концентрации 2,0 мкг/л талой воды. Концентрации железа, никеля, кобальта, свинца, кадмия, хрома, ртути и мышьяка находились ниже пределов обнаружения. Максимальные уровни содержания марганца, цинка и меди были зафиксированы в пробах снега, отобранных в районе центральной части поселка.

Таким образом, снежный покров территории поселка и его окрестностей, в целом, характеризуется повышенными суммарными концентрациями ПАУ, ГХЦГ и ПХБ по сравнению с фоновыми районами Российской и Канадской Арктики (Карское море и ледник Агассиз на о. Эллсмир в Канадской Арктике).

Морские воды

Отбор проб морских вод производился в летний период в восточной части акватории залива Гренфьорд, прилегающей к территории пос. Баренцбург, а также в западной части акватории залива Биллефьорд, прилегающей к территории пос. Пирамида. В пробах морских вод выполнялись определения основных гидрохимических характеристик – водородного показателя (pH), окислительно-восстановительного потенциала (Eh), растворенного кислорода, $БПК_5$, биогенных элементов (кремнекислоты, минеральных форм азота и фосфора и их общего количества) и концентрации взвеси, а также загрязняющих веществ – тяжелых металлов, ПАУ, НУ, НАУ, ЛАУ, индивидуальных фенолов (алкилфенолов, хлорфенолов и нитрофенолов), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), ХОС, включая ПХБ.

Концентрации синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), фенолов, неполярных алифатических углеводородов (НАУ) и летучих ароматических углеводородов (ЛАУ) в водах обследованных акваторий за периоды наблюдений были ниже предела чувствительности используемого метода анализа. Из загрязняющих веществ в водах обследованных акваторий в 2021 г. были выявлены НУ, ПАУ, тяжелые металлы (ТМ) и хлорорганические соединения (ХОС).

Суммарное содержание НУ в водах обследованной акватории залива Гренфьорд находились в пределах 5,00 до 9,86 мкг/л. Максимальное содержание НУ было зафиксировано в придонном слое морских вод севернее пос. Баренцбург. Суммарное содержание НУ в водах залива Биллефьорд достигало 8,4 мкг/л.

Из 16 определяемых ПАУ в морских водах были выявлены 11 соединений. Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ в водах восточной акватории залива Гренфьорд в летний период составило 24,2 нг/л, в водах залива Биллефьорд – 28,3 нг/л.

Из определяемых ХОС в морской воде заливов Гренфьорд и Биллефьорд за летний период наблюдений 2021 г. зафиксировано наличие соединений групп ГХЦГ, ДДТ, ПХЦД и полихлорированных бифенилов (ПХБ). Значимых концентраций полихлорбензолов не было выявлено.

Максимальные концентрации всех идентифицированных ХОС в водах залива Гренфьорд составляли: для суммы ГХЦГ – 0,49 нг/л; для суммы ДДТ – 19.8 нг/л в; для суммы ПХБ – 0,3 нг/л. Наибольшие содержания ХОС в водах залива Биллефьорд составляли: для суммы ГХЦГ – 0,34 нг/л; для суммы ДДТ – 1,18 нг/л; для суммы ПХБ – 0,22 нг/л в.

Наибольшее содержание определяемых ТМ в пробах морской воды залива Гренфьорд составило: железа – 31 мкг/л, марганца – до 10,5 мкг/л, цинка – до 87 мкг/л, меди – до 24 мкг/л., никеля – до 10,0 мкг/л, кобальта – до 2,50 мкг/л, хрома – 1,9 мкг/л, ртути – до 0,013 мкг/л. Концентрации кадмия, свинца, мышьяка и олова находились ниже пределов обнаружения.

Максимальные концентрации контролируемых тяжелых металлов в пробах морской воды залива Биллефьорд составили: железа – 18,4 мкг/л, меди – до 53 мкг/л, цинка – до 138 мкг/л, марганца – 7,89 мкг/л, никеля – 10 мкг/л, кобальта– 2,2 мкг/л, ртути – 0,007 мкг/л. Содержания остальных металлов находились ниже пределов обнаружения.

Значения концентрации большей части загрязняющих веществ в морских водах залива Гренфьордв 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 летний период 2021 г. в среднем как «грязные» (IV класс). На акватории залива Гренфьорд значения большинства основных гидрохимических показателей, а также концентрации загрязняющих веществ в морских водах, не выходили за рамки установленных ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов, за исключением содержания тяжелых металлов и пестицидов ДДТ .

В местах поступления неочищенных коммунально-бытовых сточных вод поселка наблюдается локальное загрязнение морских вод, что не оказывает существенного влияния на качество вод залива Гренфьорд в целом, что касается залива Биллефьорд в районе пос. Пирамида, оценка качества морских вод с точки зрения рыбохозяйственных нормативов позволяет классифицировать воды как «грязные» (IV класс). За период наблюдений 2021 г. на акватории залива Биллефьорд в районе пос. Пирамида значения основных гидрохимических показателей, а также концентраций ЛАУ, ПАУ и ХОС в морских водах не выходили за рамки установленных ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов, исключениями являются концентрации тяжелых металлов.

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, озера Голубое в летний период. В пробах поверхностных вод выполнялись определения основных гидрохимических характеристик – водородного показателя (pH), окислительно-восстановительного потенциала (Eh), щелочности, растворенного кислорода, биохимического потребления кислорода ($БПК_5$), химического потребления кислорода (ХПК), биогенных элементов (кремнекислоты, минеральных форм азота и фосфора и их общего

количества), компонентов минерального состава, а также загрязняющих веществ – тяжелых металлов, ПАУ, НУ, НАУ, ЛАУ, индивидуальных фенолов (алкилфенолов, хлорфенолов и нитрофенолов), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), ХОС, включая ПХБ.

Из загрязняющих веществ в озерных и речных водах в 2021 г. были выявлены НУ, ТМ, соединения групп ПАУ и ХОС.

Концентрации неполярных алифатических углеводородов (НАУ), СПАВ, летучих ароматических углеводородов (ЛАУ) и индивидуальных фенолов в поверхностных водах реки и озер за периоды наблюдений были ниже пределов чувствительности методик анализа.

Суммарное содержание НУ в поверхностных водах оз. Биенда-Стемме в весенний период наблюдений составляло в среднем 5,4 мкг/л, летом ниже 5 мкг/л, в озерах Голубое составляло 12,3 мкг/л. В водах реки содержание НУ колебалось от 21,1.0 до 21,3 мкг/л при среднем значении 21,2 мкг/л.

Из 16 определяемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в водах оз. Биенда-Стемме в весенний и летний периоды наблюдений 2021 г. регулярно фиксировались 12 сведений. Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ в водах оз. Биенда-Стемме в весенний период составило 20,7 нг/л, а в летний период – 45,8 нг/л, в озере Голубое в летний период – 18,5 нг/л.

В воде р. Грендалсэльва были выявлены 11 соединений ПАУ. Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ в речных водах составило 21,2 нг/л.

Из определяемых ХОС в воде р. Грендалсэльва были выявлены соединения групп ГХЦГ, ДДТ и ПХБ. Средние суммарные содержания составляли: ГХГЦ – 0,07 нг/л, ДДТ – 0,5 нг/л, ПХБ – 0,2 нг/л. В водах оз. Биенда-Стемме в весенний период наблюдений средние суммарные содержания составляли: ГХГЦ – 0,18 нг/л, ДДТ – 3,2 нг/л, ПХБ – 0,2 нг/л. 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 0,07, 2,35 и 0,71 нг/л соответственно. В водах оз. Голубое выявлены концентрации соединений групп ГХЦГ и ДДТ. Их суммарные концентрации в водах оз. Голубое составили: для ГХЦГ – 0,18 нг/л и для ДДТ – 2,05 нг/л.

Максимальные концентрации ТМ в водах оз. Биенда-Стемме весной составили: для марганца – 2,3 мкг/л, для цинка – 7,7 мкг/л. Концентрации железа, меди, никеля, кобальта, свинца, кадмия, хрома, ртути, мышьяка и олова не превышали пределов чувствительности используемого метода анализа. Летом в озерных водах максимальные концентрации составили: цинка – 32 мкг/л, меди – 1,0 мкг/л, марганца – 1,2 мкг/л, остальные ТМ находились ниже предела обнаружения. В водах оз. Голубое содержание ТМ достигало следующих значений: цинка – 70 мкг/л, меди – 3,0 мкг/л, остальные ТМ находились ниже уровня чувствительности используемого метода анализа.

Анализ проб речных вод выявил следующие максимальные содержания тяжелых металлов: марганца – 4,9 мкг/л (средняя концентрация 4,5 мкг/л), цинка – 28,0 мкг/л (средняя концентрация 18,5 мкг/л), хрома – 1,2 мкг/л (средняя концентрация 0,6 мкг/л). Концентрации железа, никеля, меди, свинца, кадмия, ртути, мышьяка и олова находились ниже пределов обнаружения.

Сравнительная характеристика концентраций загрязняющих веществ в поверхностных водах суши в районе поселков Баренцбург и Пирамида представлена на рис. 4.61.

Исследования поверхностных вод р. Грендалсэльва и озер Биенда-Стемме и Голубое в периоды наблюдений в 2021 г. не выявили превышения 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 2021 г. воды озер Биенда-Стемме и Голубое могут использоваться для целей хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования без дополнительной водоподготовки.

За весенний период наблюдений 2021 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 1,27 ПДК) и меди (1,3 ПДК). В водах р. Грендалсэльва были отмечены превышения ПДК цинка (до 2,8 ПДК), железа (до 1,4 ПДК) и БПК (до 1,06 ПДК). Превышений ПДК остальных гидрохимических параметров и содержания остальных ЗВ в водах реки зафиксировано не было. В оз. Голубое было зафиксировано превышение ПДК для меди (3 ПДК). Для остальных исследуемых гидрохимических параметров и загрязняющих веществ превышений выявлено не было.

В соответствии с принятой классификацией вод по индексу УКИЗВ воды оз. Биенда-Стемме в весенний и летний периоды наблюдений 2021 г. в летний период классифицировались как «условно чистые» (1 класс). Вода р. Грендалсэльва , а также оз. Голубое в 2021 г. классифицировались как «слабо загрязненные» (2 класс).

Донные отложения

В донных отложениях обследованных частей акваторий заливов Гренфьорд и Биллефьорд, а также и водоемов суши (озер Голубое и Биенда-Стемме и р. Грендалсэльва) проводилось определение содержания загрязняющих веществ: НУ, НАУ, ПАУ, фенолов, ТМ и ХОС.

Суммарное содержание НУ достигало значений 106 мкг/г при среднем 24 мкг/г для морских донных отложений залива Гренфьорд; 12,5 мкг/г (среднее – 8 мкг/г) для речных донных отложений; в донных отложений оз. Биенда-Стемме – 23,1 мг/кг; для морских донных отложений залива Биллефьорд содержание НУ составляло 6 мкг/г., при среднем 4 мкг/г, а также достигало 4,4 мкг/г для донных отложений оз. Голубое.

Рис. 4.61. Средние значения основных гидрохимических показателей и загрязняющих веществ поверхностных вод суши в летний период

Концентрации НАУ и фенолов в морских отложениях и донных отложениях суши находились ниже предела обнаружения применявшегося аналитического метода.

В морских отложениях и донных отложениях суши концентрации фенолов варьировались от 0,5 мкг/г в реке Грендалсэльва до 0,6 мкг/г в заливе Гренфьорд.

Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ достигало в донных отложениях оз. Биенда-Стемме 553 нг/г, озера Голубое – 578 нг/г реки Грендалсэльва – 605 нг/г, в донных отложениях залива Гренфьорд – 2356 нг/г, в донных отложениях залива Биллефьорд – 774 нг/г.

Максимальные концентрации для суммы ГХЦГ составляли 2,7 нг/г и 0,34 нг/г в морских донных отложениях залива Гренфьорд и залива Биллефьорд, соотвественно. Наибольшие концентрации для суммы ДДТ составляли: в донных отложениях залива Гренфьорд – 38,4 нг/г, в донных отложениях залива Биллефьорд – 1,4 нг/г, в донных отложениях р. Грендалсэльва – 0,15 нг/г, в донных отложениях озера Биенда-Стемме – <0,1 нг/г, в донных отложениях озера Голубое 4,9 нг/г. Максимальные концентрации для суммы ПХБ: в донных отложениях залива

Гренфьорд – 55,6 нг/г, в донных отложениях залива Биллефьорд – 14,4 нг/г, в донных отложениях р. Грендалсэльва –< 0,1 нг/г, в донных отложениях оз. Биенда-Стемме – 1,56 нг/г, в донных отложениях оз. Голубое – 58 нг/г.

В донных отложениях залива Гренфьорд превышение ДК отмечено для суммарных НУ до 2,12 ДК; суммы ПАУ – 4,3 ДК; суммы ДДТ – до 13,4 ДК, суммы ПХБ до 2,7 ДК В донных отложениях залива Биллефьорд однократное превышения ДК отмечено для суммы ПАУ до 1,1 ДК, остальные нормируемые показатели ЗВ не превышали ДК.

В донных отложений р. Грендалсэльва, оз. Биенда-Стемме и Голубое 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 согласно РД 52.24.581-97 характеризуются «умеренной» степенью загрязнения бенз/а/пиреном (менее 20-30 нг/г). Морские донные отложения характеризуются «значительной» степенью загрязнения бенз/а/пиреном (до 65,2 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 существенен, так как отмечается повсеместное загрязнение отложений НУ, ПАУ и хлорорганическими соединениями.

Почвы

В почвах территории поселков Баренцбург и Пирамида, а также их окрестностей проводилось определение содержания НУ, НАУ, ЛАУ, ПАУ, ТМ и ХОС. Проведенный анализ показал, что основной вклад в комплексное загрязнение почв исследуемых районов вносят мышьяк (превышение ПДК отмечено в 100% образцов в пос. Баренцбург и в 16% образцов в пос. Пирамида), НУ (превышение ДК отмечено в 10% образцов в пос. Баренцбург и в 16% в пос. Пирамида), бенз/а/пирен (превышения ДК в 18% образцов в пос. Баренцбург и в 16% в пос. Пирамида), суммарное содержание ПАУ (39% образцов в пос. Баренцбург и 33% образцов в пос. Пирамида), сумма ПХБ (в 28% и 50% образцов), сумма ДДТ (превышения ПДК в16% образцов в поселках Баренцбург и Пирамида), медь (в 7% образцов в пос. Баренцбург), никель (превышение ДК отмечено однократно в пос. Баренцбург), свинец (однократно в пос. Баренцбург и Пирамида).

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». Максимальное содержания бенз/а/пирена отмечено в восточной части пос. Баренцбург (до 10 ПДК), что позволяет отнести почвы этого района к «очень сильной» категории загрязнения, а также высокие значения содержания бенз/а/пирена наблюдались в верхних слоях почвы, отобранных в районе консульства (3,94 ПДК), почвы этого района можно отнести к «сильной» категории загрязнения.

Максимальное содержание бенз/а/пирена в почве на территории пос. Пирамида составляет 36,8 нг/г (1,84 ПДК), которое можно охарактеризовать «слабой» категорией загрязнения.

Почвы с содержанием мышьяка от фоновых значений до ПДК относятся к слабо загрязненным, от ПДК до 15,0 мкг/г и выше – к очень сильно загрязненным. В районе пос. Баренцбург максимальная концентрация мышьяка в почве выявлена в районе мыса Дрессельхус, и достигала 61,6 мкг/г (30 ПДК), при средней концентрации мышьяка на всей обследованной территории, включая фоновый полигон, 13,9 мкг/г (6,9 ПДК), следовательно, почвы пос. Баренцбург и его окрестностей следует отнести к «очень сильно загрязненным». В районе пос. Пирамида максимальная концентрация мышьяка в почве достигала 4,68 мкг/г (2,34 ПДК), при средней концентрации мышьяка на всей обследованной территории равной 1,63 мкг/г (0,83 ПДК), следовательно, почвы пос. Пирамида и его окрестностей следует отнести 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 пос. 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;
- пос. Баренцбург и окрестности характеризуется – опасной степенью загрязнения почв по суммарному содержанию ПХБ и концентрации мышьяка; умеренно опасной степенью загрязнения по содержанию пестицидов ДДТ;
- пос. Пирамида характеризуется - допустимой степенью загрязнения по суммарному содержанию ПХБ, ДДТ, бенз/а/пирена и мышьяка.

Сопоставление с характером многолетнего загрязнения почвенного покрова за 2016-2021 гг., показывает колебания загрязнения почвы в окрестностях пос. Баренцбург при росте загрязненности почв на фоновых территориях и на территории поселка в последние годы (рис. 4.62).

Рис. 4.62. Межгодовая изменчивость суммарного показателя химического загрязнения Zc в районе пос. Баренцбург, его окрестностях и фоновых территориях в период 2016-2021 гг.и осредненные значения за 2002-2020 гг.

Растительный покров

В растительном покрове территорий в районах расположения поселков Баренцбург и Пирамида, проводилось определение ПАУ, ХОС, 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 дома культуры.

Наибольшие значения содержания суммы ПХБ и суммы пестицидов ДДТ во мхах и сосудистых растениях в районе пос. Баренцбург были отмечены для образцов, отобранных севернее поселка, в районе расположения вертодрома. В районе пос. Пирамида наибольшие суммарные концентрации ПХБ и ДДТ для мхов и сосудистых растений были отмечены в образцах, отобранных в центральной части и в районе порта.

В образцах растительности, как в образцах мха, так и в сосудистых растениях, отобранных в районе поселков Баренцбург и Пирамида, были зафиксированы все контролируемые тяжелые металлы, за исключением олова. Такие металлы как железо, марганец, цинк, медь, никель и хром были идентифицированы во всех без исключения отобранных образцах мхов и сосудистых растений. Следует отметить, что относительно повышенные концентрации практически всех загрязняющих веществ были отмечены для мхов, более низкие – для сосудистых растений.

Уровни содержания ХОС в растительности исследуемого района были выше, чем в растительности других фоновых арктических регионов. Так, средняя концентрация суммы полихлорбензолов во мхах превышала значения, характерные для Арктических тундр, в 3 раза, а в образцах сосудистых растений – в 2 раза. На участках фонового мониторинга среднее содержание суммарных ПХБ во мхах превышало фоновые значения в 4 раза, в образцах сосудистых растений – в 1.5 раза. Средние значения суммы ДДТ в образцах, отобранных на участках мониторинга, превышали фоновые 2 раза для сосудистых растений и для мхов.

Уровни содержания полициклических ароматических углеводородов, 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 превышает фоновые значения в 2,8 раза, в образцах сосудистых растений – в 7 раз. На территории пос. Баренцбург и его окрестностей среднее содержание ПАУ во мхах превышает фоновые в 12 раз, в образцах сосудистых растений – в 4 раза. Максимальные значения ПАУ наблюдаются в пробах растительности, отобранных севернее поселка, в районе расположения вертодрома.

Среднее содержание свинца в пробах, отобранных на участках фонового мониторинга, превышало значения, характерные для фоновых районов Арктики, в 1,3 раза для мхов и в 66,1 раза для сосудистых растений. На территории пос. Баренцбург и его окрестностей среднее содержание ртути во мхах превышло фоновые в 1,2 раза.

Уровни содержания сумм ГХГЦ и ПХЦД в пробах растительности, отобранных в районе пос. Баренцбург, не превышали фоновые значения, характерные для арктических регионов.

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 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, как и в предыдущие годы, являются хлорорганические соединения (ПХБ, ХБ и ДДТ), а также ПАУ. Изменения содержания ПХБ в растительном покрове в районе пос. Баренцбург представлены на рис. 4.63. В 2021 г. наблюдалось увеличение содержания конгенеров ПХБ в образцах растительности отобранных в районе пос. Баренцбург.

Рис. 4.63. Изменение средних концентраций ПХБ в растительности за период 2016-2021 гг.

Заключение

Подразделениями Росгидромета в 2021 г. так же, как и на протяжении ряда десятилетий, проводились регулярные наблюдения за параметрами абиотических составляющих окружающей 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.

Потепление в 2021 г. продолжилось на всей территории России в целом за год и во все сезоны. В Арктической зоне Российской Федерации (АЗ) температура была выше нормы на 1,19°С, но ниже значений предыдущих 10 лет. Температуры выше нормы наблюдались всюду, кроме побережья Анадырского залива. Осредненные аномалии температуры по всем секторам АЗ были положительные.

В 2021 г. в целом по России осадки составили 107% нормы. Значительный избыток осадков наблюдался на юге Европейской части России (ЕЧР) (в ЮФО - 126% нормы, в СКФО - 132%), в Карелии, в нижнем течении Оби и Енисея. Заметный дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на Южном Урале и в Хабаровском крае. В Российской Арктике выпало 108% нормы осадков. Превышение осадков над нормой фиксировалось в Сибирском секторе Российской Арктики (116%). В остальных секторах Российской Арктики в целом наблюдался небольшой дефицит осадков.

В 2021 г. на территории Российской Федерации было зарегистрировано 1205 опасных гидрометеорологических явлений, включая агрометеорологические и гидрологические (на 205 явлений больше, чем в 2020 г.). Из всех опасных явлений (ОЯ), наблюдавшихся в 2021 г., 417 нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения. Также на территории России было зарегистрировано 612 метеорологических ОЯ и комплексов метеорологических явлений (КМЯ). Высокой была повторяемость сильных осадков, ветра, КМЯ и заморозков, что составило более 65% от всех опасных метеорологических явлений.

Водные ресурсы Российской Федерации в 2021 г. составили 4495,5 км^3, превысив среднее многолетнее значение на 6,4%. На реках Сибирского и Дальневосточного федеральных округов наблюдалась повышенная водность, в Северо-Западном, Северо-Кавказском и Уральском федеральных округах – близкая к норме. В Центральном, Приволжском и Южном федеральных округах водные ресурсы были ниже среднемноголетних значений. В бассейнах крупнейших рек Европейской части Арктической зоны Российской Федерации – Северной Двины, Мезени и Печоры произошло резкое снижение водности по сравнению с 2020 г. В бассейне одной из крупнейших рек Азиатской части Арктической зоны Российской Федерации – Оби завершилась фаза повышенной водности, начавшаяся в 2014 г. Сток реки был ниже нормы на 5,7%. В бассейнах двух других крупнейших сибирских рек – Енисея и Лены – продолжился рост водности, начавшийся, соответственно, в 2019 и в 2020 гг.

Концентрация углекислого газа в атмосфере Земли неуклонно растет, и в 2021 г. она достигла очередного максимума. Среднегодовое значение на станциях Российской Федерации, расположенных в фоновых условиях, приблизилось к значению 419 млн$^{-1}$. Станции, подверженные влиянию региональных источников, также демонстрируют рост концентрации CO_2.

В 2021 г. наблюдался максимальный рост концентрации метана в атмосфере. Прирост концентрации метана для большинства месяцев составил больше 20 млрд$^{-1}$.

В последние двадцать лет наблюдается слабовыраженная тенденция к уменьшению толщины озонового слоя. Отчетливо проявляется квазидвухлетняя цикличность колебаний озона над полярными и умеренными широтами Северного полушария. В 2021 г. почти во всех регионах Российской Федерации наблюдалось чередование положительных и отрицательных аномалий. В целом, значительных и масштабных аномальных областей в течение года не наблюдалось. Среднегодовое значение ОСО над территорией Российской Федерации составило 352 е.Д., что очень близко к норме (353 е.Д.).

По результатам мониторинга в районах, удаленных от крупных городов, промышленных предприятий и центров разработки месторождений полезных ископаемых, большую часть территории страны по физико-химическим и химическим показателям качества атмосферного воздуха, осадков, почв, поверхностных вод в соответствии с отечественными нормативами можно отнести к чистым территориям.

Анализ всей совокупности данных наблюдений в 2021 г. показал, что в последние 10 лет радиационная обстановка на территории Российской Федерации была спокойной и существенно не изменялась. 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.

Оценка качества воздуха в 2021 г. существенно отличается от оценок за предыдущие годы, что обусловлено введением в действие СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», устанавливающим для ряда загрязняющих веществ предельно допустимые концентрации, обеспечивающие допустимые (приемлемые) риски развития вредных, в том числе канцерогенных, эффектов при хроническом (не менее 1 года) воздействии на человека отдельных загрязняющих атмосферный воздух веществ (ПДКс.г.), и более низкие значения гигиенических нормативов для целого ряда загрязняющих веществ по сравнению с ранее действовавшими нормативами ГН 2.1.6.3492-17.

В 221 городе (88% городов, где проводятся регулярные наблюдения) с населением 71,9 млн. человек средняя за год концентрация какого-либо загрязняющего вещества превысила 1 ПДК.

В 41 городе (22% городов, где проводятся наблюдения) с численностью населения 11,2 млн. человек средние за год концентрации бенз(а)пирена - вещества 1 класса опасности, поступающего в атмосферу при сгорании топлива, превысили 1 ПДК.

Тенденция изменения загрязнения атмосферного воздуха в целом в Российской Федерации показывает, что за последние пять лет среднегодовые концентрации взвешенных веществ, оксида углерода, оксидов азота и бенз(а)пирена снизились, а формальдегида увеличились.

В 35 городах с населением 10,4 млн. человек были зарегистрированы максимальные концентрации загрязняющих веществ выше 10 ПДК, за год было отмечено 370 случаев превышения 10 ПДК загрязняющих веществ.

В 122 городах (53% городов, где проводятся наблюдения) с населением 50,6 млн. человек качество атмосферного воздуха характеризовалось высоким или очень высоким уровнем загрязнения.

Приоритетный список городов России с наибольшим уровнем загрязнения в 2021 г. увеличился по сравнению с 2020 г. на 27 городов и включает 42 города с населением 10,4 млн. жителей. В большинстве городов Приоритетного списка с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха основными источниками выбросов являются предприятия топливно-энергетического комплекса, в 13-ти городах — предприятия черной металлургии, цветной и алюминиевой промышленности, в 8-ми – химической, лесной и деревообрабатывающей промышленностей.

Норильск, расположенный в Арктической зоне Российской Федерации, ежегодно включается в Приоритетный список городов России с наибольшим уровнем загрязнения с учетом значительных объёмов выбросов диоксида серы. В остальных населенных пунктах АЗ РФ, где проводятся наблюдения, качество атмосферного воздуха в 2021 г. характеризовалось: в г. Воркута и пгт. Никель — высоким уровнем загрязнения, в г.г. Архангельск, Мончегорск, Мурманск, Новодвинск и Северодвинск — повышенным уровнем загрязнения; в 6 городах – низким уровнем загрязнения. За последние пять лет в ряде городов АЗ РФ отмечается увеличение концентраций загрязняющих веществ: формальдегида - в Архангельске и Никеле, диоксида серы — в Норильске, бенз(а)пирена — в Архангельске, Мончегорске, Мурманске, Новодвинске и Норильске. В Никеле также отмечено увеличение концентраций диоксида азота.

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.

В 2021 г. на содержание токсикантов промышленного происхождения были обследованы почвы территорий Дальневосточного, Приволжского, Сибирского, Уральского и Центрального федеральных округов. Результаты наблюдения показали, что отдельные участки обследованных почв на территории Дальневосточного ФО загрязнены свинцом, цинком и сульфатами; Приволжского ФО – кадмием, медью, никелем, свинцом, цинком, сульфатами, нефтепродуктами; Сибирского ФО – свинцом, цинком, кадмием, сульфатами, водорастворимыми соединениями фтора; Уральского ФО – кадмием, медью, никелем, свинцом, цинком. В целом, почвы обследованных в 2021 г. территорий можно отнести к допустимой категории загрязнения, за исключением отдельных районов.

Результаты выполненных в 2021 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 5 субъектов РФ есть участки, почва которых загрязнена пестицидами выше установленных гигиенических нормативов. В 2021 г. загрязненные площади составили: 2,4-Д - 0,1% от обследованной площади 10676 га (в 2020 г. – 0,2% от площади 10041 га); гексахлорбензолом (ГХБ) - 0,14% от обследованной площади 14673 га (в 2020 г. – 0,13% от площади 12444 га); метафосом - 0,9% от обследованной площади 4740 га; далапоном - 11,5% от обследованной площади 532 га (в 2020 г. - 3,86% от площади 726 га); ПХБ - 3% от обследованной площади 874 га (в 2020 г. - 1,1% от площади 897 га. Территории, неудовлетворяющие санитарным требованиям, выявляются каждый год, при этом изменяется как перечень загрязнителей, так и площадь загрязнения.

Вода большинства поверхностных водных объектов РФ оценивается как «загрязненная». В настоящее время антропогенные изменения качества поверхностных вод на территории Российской Федерации не носят повсеместного характера. Однако в ряде регионов, отличающихся преобладанием неустойчивых ландшафтов и высокой чувствительностью экосистем к внешним воздействиям, сложилась напряженная экологическая ситуация, в том числе в районах нефтегазопромысловых комплексов Юго-Западной Сибири; на территориях Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов; Кузбасса, где наибольшее развитие получили такие отрасли промышленности, как угольная (особенно открытая добыча), черная и цветная металлургия, химическая промышленность и др.; промышленно развитых районов Урала, Алтая, Свердловской, Челябинской, Томской, Новосибирской, Тюменской областей; промышленных центров, расположенных на малых реках. Следует отметить, что главной особенностью формирования стока малых рек является их тесная связь с ландшафтом бассейна, что и обуславливает их уязвимость при чрезмерном использовании не только водных ресурсов, но и водосбора. Анализ результатов многолетнего наблюдения за состоянием водных объектов показал, что загрязненность воды в отдельных малых реках Российской Федерации, которых на территории насчитывается свыше 2,5 млн., достигла критического уровня. Вместе с тем, на протяжении ряда лет на территории РФ отмечаются водные объекты, характеризуемые хорошим качеством воды - «условно чистые». К ним относятся некоторые реки Черноморского побережья и Крыма, часть озер Кольского полуострова и ряд малых притоков южного побережья озера Байкал.

Большинство участков рек Европейского и Восточного секторов АЗ РФ имеют степень загрязненности воды «загрязненная» (61 и 75% соответственно), Сибирского сектора АЗ РФ – «грязная» (72%). В целом, состояние речных экосистем АЗ РФ по гидрохимическим показателям оценивается как «равновесное», когда скорость внутриводоемных процессов очищения еще превышает темпы и силу антропогенных воздействий, благодаря чему они находятся в состоянии динамического равновесия.

В 2021 г. ВЗ и ЭВЗ поверхностных пресных вод было зафиксировано в 58 субъектах Российской Федерации. Наибольшее суммарное количество случаев ВЗ и ЭВЗ (свыше 200) было отмечено на водных объектах в 3 регионах: Свердловской, Мурманской и Московской областях, что в совокупности составило почти 40% случаев ВЗ и ЭВЗ в стране. Всего в 2021 г. было зарегистрировано 2266 случаев ЭВЗ и ВЗ по 29 загрязняющим веществам и 6 показателям качества воды.

Наиболее распространенными загрязняющими веществами в водных объектах на границе РФ, как и в предыдущие годы, были органические вещества и соединения металлов (железо, медь, марганец), а наиболее загрязненными сохранились участки рек на границе с Норвегией, Украиной, Республикой Беларусь, Казахстаном и Китаем.

В течение 2017-2021 гг. качество воды в пунктах наблюдений на участках границы Российской Федерации в большинстве случаев характеризовалось «загрязнённой» водой. В пунктах наблюдений с Украиной (5 пунктов), Казахстаном (3 пункта), Норвегией (1 пункт) вода оценивалась как «грязная».

В 2021 г. состояние наблюдаемых по гидробиологическим показателям поверхностных вод суши России сохраняется на стабильном уровне, кардинальных изменений в таксономическом составе и структуре сообществ, а также градации состояния экосистем не выявлено. Качество вод поверхностного (фитопланктон, зоопланктон) слоя, толщи воды (перифитон) и придонного слоя (зообентос) имеет значительные расхождения в пределах 1–2 классов по горизонтам.

Наблюдения за загрязнением морских вод в 2021 г. проводились в мелководьях (шельфовых зонах), на взморьях притоков рек, дельтах и морских портах 9 морей: Каспийском, Черном, Азовском, Балтийском, Белом, Баренцевом, Охотском, Японском. По результатам наблюдений морские районы могут быть разделены на следующие группы качества вод: чистые воды – прибрежные воды города Темрюк, взморье р. Кубань, рук. Протока, гирла лиманов (Азовское море), городов Ялта, Анапа, Новороссийск, Геленджик, Туапсе (Черное море), Кандалакшский залив (Белое море), район водпоста в торговом порту г. Мурманск (Баренцево море), воды Авачинской губы (Тихий океан); умеренно загрязненные – Северный Каспий (разрез IY), район Большого Сочи (Черное море), Татарский пролив в районе г. Александровск (Японское море), Таганрогский залив (Каспийское море), вод залива Анива в районе города и порта Корсаков (Охотское море), большая часть прибрежных районов залива Петра Великого: Диомид, Босфор Восточный и Находка (Японское море); загрязненные - бухта Золотой Рог залива Петра Великого, район п. Лопатин и г. Махачкала Дагестанского взморья, взморье рек Терек, Сулак в районе Каспийска, акватория порта Пригородное в заливе Анива (Охотское море).

В 2021 г., также, как и в предыдущие периоды наблюдений, состояние биоценозов наблюдаемых прибрежных морских акваторий России сохраняется на стабильном уровне, кардинальных изменений в таксономическом составе и структуре сообществ не выявлено.

Анализ данных наблюдений за 2021 г. свидетельствует о том, что на ряде территорий и акваторий страны все еще сохраняются повышенные уровни загрязнения окружающей среды. Это подтверждает необходимость последовательного снижения уровней негативного техногенного воздействия для минимизации их неблагоприятного влияния на здоровье населения и окружающую среду.

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»	Сидоренков Н.С.
	УГСН Росгидромета	Жемчугова Т.Р.
1.3.-1.4.	ФГБУ «ИГКЭ»	Бардин М.Ю., Ранькова Э.Я., Платова Т.В., Самохина О.Ф.
1.5.	ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»	Коршунова Н.Н.
	ФГБУ «Гидрометцентр России»	Симонов Ю.А., Сидоренков Н.С.
1.6.	ФГБУ «ГГИ»	Гусев С.И., Куприёнок Е.И.

РАЗДЕЛ 2

2.1.	УМСЗ Росгидромета НИУ Росгидромета	Пешков Ю.В., Котлякова М.Г., Красильникова Т.А.
2.2.1.	ФГБУ «ИГКЭ»	Романовская А.А., Нахутин А.И., Гинзбург В.А., Говор И.Л., Грабар В.А., Григурина Т.В., Имшенник Е.В., Карабань Р.Т., Коротков В.Н., Вертянкина В.Ю., Лытов В.М., Полумиева П.Д., Попов Н.В., Трунов А.А.
2.2.2.	ФГБУ «ГГО»	Парамонова Н.Н., Ивахов В.М., Привалов В.И.
2.3.1.		Русина Е.Н., Боброва В.К.
2.3.2.		Соколенко Л.Г., Зайнетдинов Б.Г., Занюков В.В.
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., Которова М.С., Жигачева Е.С., Иванов В.А., Колесникова А.П., Рычкова А.А.
2.3.5.-2.3.6.	ФГБУ «ГГО»	Першина Н.А., Павлова М.Т., Семенец Е.С., Полищук А.И., Михайлова А.С.
2.3.6.1.	ФГБУ «ИГКЭ»	Манзон Д.А., Беспалов М.С.
2.3.7.		Парамонов С.Г., Бурцева Л.В., Пастухов Б.В., Позднякова Е.А.
2.3.8.		Брускина И.М., Громов С.А., Александрова М.С., Иванов В.А.
2.3.9.		Громов С.А., Жигачева Е.С., Рычкова А.А., Трифонова-Яковлева А.М.
2.4.1.	ФГБУ «ИГКЭ»	Парамонова Т.А., Черногаева Г.М.
2.4.2.	ФГБУ «НПО «Тайфун»	Павлова Н.Н., Лукьянова Н.Н.
2.5.1.	ФГБУ «ГХИ»	Романюк О.Л, Емельянова В.П., Первышева О.А., Чекмарева Д.П.
2.5.2.	ФГБУ «ИГКЭ»	Парамонов С.Г., Бурцева Л.В., Пастухов Б.В.
2.6.	ФГБУ «НПО «Тайфун»	Булгаков В.Г., Гниломедов В.Д., Каткова М.Н.
2.6.1.		Булгаков В.Г., Каткова М.Н., Гниломедов В.Д., Полянская О.Н.
2.6.2.		Булгаков В.Г., Каткова М.Н., Гниломедов В.Д., Зубачева А.А.
2.6.3.		Булгаков В.Г., Гниломедов В.Д., Каткова М.Н., Богачева Е.Г., Козлова Е.Г.

РАЗДЕЛ 3

3.1.	ФГБУ «ГГО»	Ануфриева А.Ф., Загайнова М.С., Ивлева Т.П., Любушкина Т.Н., Смирнова И.В.
3.2.1.	ФГБУ «НПО «Тайфун»	Павлова Н.Н., Лукьянова Н.Н., Башилова Н.И.
3.2.2.		Цыцарева А.А., Лукьянова Н.Н.
3.3.1.	ФГБУ «ГХИ»	Трофимчук М.М., Романюк О.Л, Лобченко Е.Е., Емельянова В.П., Ничипорова И.П., Лямперт Н.А., Первышева О.А., Оленникова Н.Н., Федотова О.Л., Купряхина Е.М., Чекмарева Д.П.
3.3.2.	ФГБУ «ИГКЭ»	Потютко О.М., Буйволов Ю.А., Лазарева Г.А., Никонорова Д.В., Лукашина Л.С.
3.3.3.		Жадановская Е.А.
3.3.4.	ФГБУ «ГХИ»	Трофимчук М.М., 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., Долгова А.О.
3.3.6.	ФГБУ «ИГКЭ»	Потютко О.М.

РАЗДЕЛ 4

4.1.	ФГБУ «ИГКЭ»	Малеванов Ю.А., Черногаева Г.М., Журавлева Л.Р.
	ФГБУ «Центральное УГМС»	Фурсов Н.А., Плешакова Г.В., Трифиленкова Т.Б., Стукалова Е.Г., Маркина О.Д., Крюков Д.С., Чеховский П.Ю., Иванова Н.К.
4.2.1.,4.2.2.	ФГБУ «ГХИ»	Аджиев Р.А.
4.2.3.		Резников С.А., Макарова И.В.
4.2.4.		Якунина О.В.
4.2.5.		Тезикова Н.Б.
4.2.6.	ФГБУ «НПО «Тайфун»	Запевалов М.А., Самсонов Д.П., Н.Н. Лукьянова Н.Н., Левшин Д.Г.
4.3.	ФГБУ «ИГКЭ»	Черногаева Г.М., Бардин М.Ю., Ранькова Э.Я., Самохина О.Ф., Платова Т.В., Журавлева Л.Р., Малеванов Ю.А., Манзон Д.А., Беспалов М.С., Буйволов Ю.А., Потютко О.М.
	ФГБУ «ААНИИ»	Алексеев Г.В., Радионов В.Ф., Смоляницкий В.М.
	ФГБУ «ГГИ»	Гусев С.И., Куприёнок Е.И.
	ФГБУ «ГГО»	Парамонова Н.Н., Ивахов В.М., Привалов В.И., Русина Е.Н., Боброва В.К., Соколенко Л.Г., Зайнетдинов Б.Г., Занюков В.В., Соломатникова А.А., Волохина Д.Ю., Жукова М.П., Першина Н.А., Павлова М.Т., Семенец Е.С., Полищук А.И., Михайлова А.С., Ануфриева А.Ф., Загайнова М.С., Ивлева Т.П., Любушкина Т.Н., Смирнова И.В.
	ФГБУ «ГХИ»	Косменко Л.С., Решетняк О.С.
	ФГБУ «НПО «Тайфун»	Булгаков В.Г., Каткова М.Н., Гниломедов В.Д.
4.4.	Северо-Западный филиал ФГБУ «НПО «Тайфун»	Демешкин А.С., Яески Е.А., Кропотов М.Ю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ФГБУ «ИГКЭ»	Черногаева Г.М.