

ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 2016

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)

Обзор

состояния и загрязнения
окружающей среды
в Российской Федерации

ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

2016

2016



Москва 2017

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

О Б З О Р
СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ЗА 2016 ГОД

МОСКВА
2017

УДК 551.550.42
ISBN

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

Редакционная комиссия: Г.М. Черногаева, С.А. Громов, 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 2016 год по информации, полученной от территориальных подразделений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Материалы к Обзору по компонентам природной среды подготовлены институтами Росгидромета: ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова», ФГБУ «Гидрохимический институт», ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова», ФГБУ «НПО «Тайфун», ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН», ФГБУ «Государственный гидрологический институт», ФГБУ «Гидрометцентр России», ФГБУ «Центральная аэрологическая обсерватория», ФГБУ «Институт прикладной геофизики», ФГБУ «АРКТИЧЕСКИЙ И АНТАРКТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ (ФГБУ «АНИИ»)), Северо-Западным филиалом ФГБУ «НПО «Тайфун», а также ФГБУ «Центральное УГМС».

Обобщение материалов выполнено ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН» 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 <http://www.meteorf.ru/> и на сайте ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» <http://downloads.igce.ru/publications/reviews/review2016.pdf>.

Верстка В. Дёмкин

Дизайн обложки: Д. Черногаев

© Росгидромет, 2017.

© Перепечатка любых материалов из Обзора только со ссылкой на Росгидромет

Содержание

Предисловие	5
1. Гелиогеофизические и гидрометеорологические особенности года.	6
1.1. Гелиогеофизическая обстановка	6
1.2. Опасные гидрометеорологические явления	12
1.3. Температура воздуха	15
1.4. Атмосферные осадки	19
1.5. Снежный покров	23
1.6. Водные ресурсы	25
2. Оценка антропогенного влияния на климатическую систему и состояние окружающей среды	32
2.1. Характеристика государственной сети наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды	32
2.2. Оценка антропогенного влияния на климатическую систему	34
2.2.1. Эмиссия парниковых газов	34
2.2.2. Содержание CO ₂ и CH ₄ в атмосфере	35
2.3. Оценка состояния и загрязнения атмосферы	38
2.3.1. Оптическая плотность и прозрачность атмосферы	38
2.3.2. Электрические характеристики приземного слоя атмосферы	40
2.3.3. Состояние озонового слоя над Россией и прилегающими территориями	43
2.3.4. Фоновое содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (по данным сети СКФМ)	47
2.3.5. Ионный состав атмосферных осадков на российских станциях, входящих в систему Глобальной Службы Атмосферы ВМО	50
2.3.6. Кислотность и химический состав атмосферных осадков	55
2.3.7. Фоновое загрязнение атмосферных осадков (по данным сети СКФМ)	65
2.3.8. Выпадения серы и азота в результате трансграничного переноса загрязняющих веществ (ЕМЕП)	68
2.3.9. Региональное загрязнение воздуха и осадков по данным станций мониторинга ЕАНЕТ	71
2.4. Содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности	74
2.4.1. Содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности (по данным сети СКФМ)	74
2.4.2. Фоновые массовые доли химических веществ в почвах в региональном аспекте	80
2.5. Фоновое загрязнение поверхностных вод (по данным сети СКФМ)	84
2.6. Радиационная обстановка на территории России	85
2.6.1. Радиоактивное загрязнение приземного слоя воздуха	86
2.6.2. Радиоактивное загрязнение поверхностных вод	88
2.6.3. Радиационная обстановка на территории федеральных округов	88
3. Загрязнение окружающей среды регионов России	93
3.1. Загрязнение атмосферного воздуха населенных пунктов	93
3.1.1. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха	93
3.1.2. Тенденции изменений загрязнения атмосферного воздуха	93
3.1.3. Общая оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах	96
3.1.4. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха на территориях субъектов Российской Федерации	101
3.2. Загрязнение почвенного покрова	103
3.2.1. Загрязнение почв токсикантами промышленного происхождения	103
3.2.2. Загрязнение почв остаточными количествами пестицидов	109
3.3. Загрязнение поверхностных вод	116

3.3.1. Качество поверхностных вод по гидрохимическим показателям на территориях субъектов и федеральных округов Российской Федерации	116
3.3.2. Гидробиологическая оценка состояния пресноводных объектов	135
3.3.3. Водные объекты с наибольшими уровнями загрязнения, аварийные ситуации	138
3.3.4. Загрязнение поверхностных водных объектов в результате трансграничного переноса химических веществ	142
3.3.5. Загрязнение морских вод Российской Федерации по гидрохимическим показателям	145
3.3.6. Гидробиологическая оценка состояния морских вод	157
4. Комплексная оценка состояния окружающей среды отдельных регионов и природных территорий	162
4.1. Московский регион	162
4.1.1. Загрязнение атмосферного воздуха	162
4.1.2. Загрязнение поверхностных вод	165
4.1.3. Характеристики радиационной обстановки	168
4.2. Озеро Байкал	169
4.2.1. Поступление химических веществ из атмосферы	169
4.2.2. Гидробиологическая оценка воды	171
4.2.3. Загрязнение воды р. Селенга	173
4.3. Арктическая зона Российской Федерации	175
4.3.1. Особенности климатического режима года	176
4.3.2. Комплексная оценка состояния и загрязнения окружающей среды в Арктической зоне Российской Федерации	180
4.4. Комплексные исследования загрязнения окружающей среды в районе пос. Баренцбург и прилегающих территорий	198
Заключение	207
Список ежегодных Обзоров загрязнения природных сред, издаваемых НИУ Росгидромета	214
Список авторов	215

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



А.В. Фролов

1. Гелиогеофизические и гидрометеорологические особенности года

1.1. Гелиогеофизическая обстановка

По характеру изменения основных индексов солнечной активности 2016 год относится к ветви спада солнечной активности текущего 24-го (с условного начала отсчета в 1775 г.) 11-летнего солнечного цикла. Максимум 24-го солнечно-

го цикла, как и несколько предыдущих циклов, показанных на рис. 1.1. имеет двухвершинную структуру.

Первая вершина наблюдалась в 2012 году, вторая в 2014 году. Это иллюстрирует рис. 1.2,

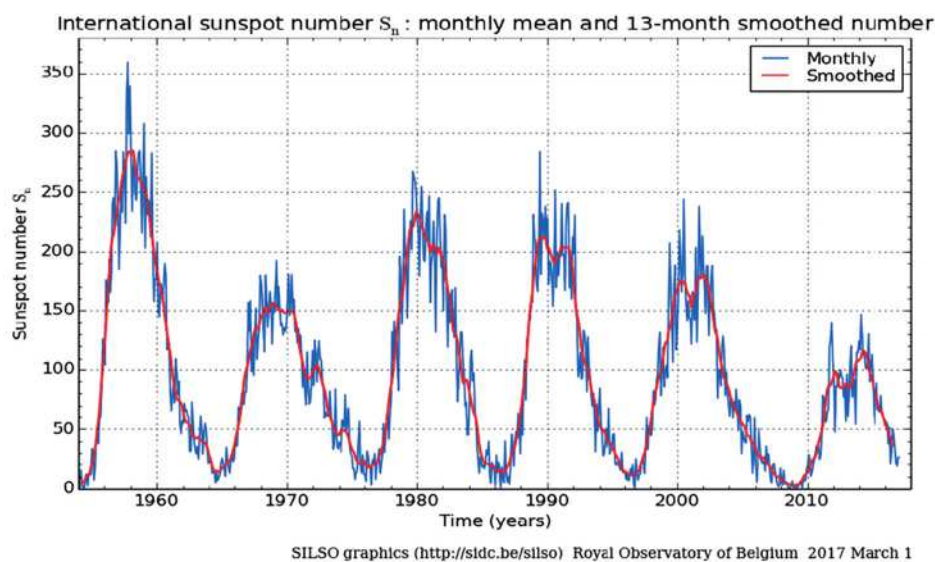


Рис. 1.1. Изменение сглаженных чисел Вольфа по данным Международного центра солнечных индексов (Брюссель, Бельгийская королевская обсерватория)

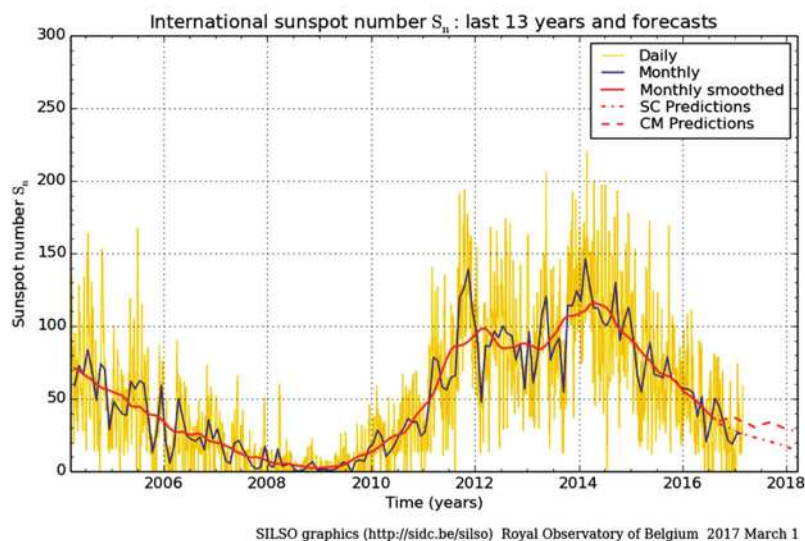


Рис. 1.2. График изменения среднемесячных значений чисел Вольфа

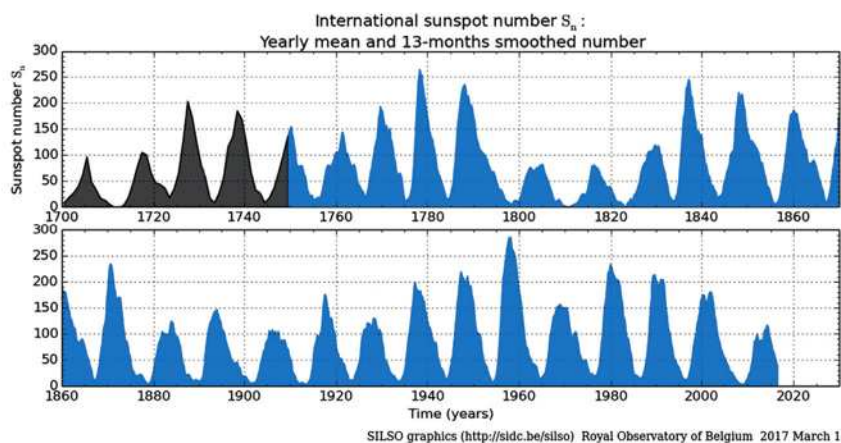


Рис. 1.3. Гистограмма солнечных циклов с 18 по 21 век

где приведены более подробные данные (среднемесячные значения чисел Вольфа) за последние 13 лет (с 2004 года по 2016 год) и прогноз на 2017–2018 годы.

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

Однако если сравнивать 24-й солнечный цикл с более ранними солнечными циклами, то можно заметить его сходство, например, с 14 или 12 солнечными циклами, что видно из рис. 1.3.

На рис. 1.4 представлен прогноз среднемесячных чисел Вольфа на последующие 12 месяцев, рассчитанный двумя методами:

1. SK (красный): метод прогнозирования, основанный на интерполяции стандартных кривых Waldmeier. Метод основан только на количестве солнечных пятен в группе.

2. CM (зеленый): комбинированный метод (от K. Denkmaug и P. Cugnon)

Для удобства сопоставления активности в данном солнечном цикле с ее проявлениями в предыдущем, в табл. 1.1 приведены значения основных индексов, характеризующих солнечную активность за последние двадцать два года.

Таблица 1.1. Основные индексы, характеризующие солнечную активность

Год	W Bou	F _{10,7}	Вспышечная активность				J	Геомагнитные бури		
			> 1	C	M	X				
1995	29	78	400	3	11	0	0	21	9	2
1996	13	72	190	0	4	1	0	17	3	0
1997	30	81	530	6	20	3	1	19	4	0
1998	88	117	1410	24	96	15	5	16	8	6
1999	136	154	3220	35	170	4	0	23	9	2
2000	172	180	3580	54	214	17	4	23	11	8
2001	170	181	2780	46	298	20	9	22	7	7
2002	177	179	2420	30	210	12	2	32	7	3
2003	109	129	1150	26	159	21	4	32	15	7
2004	69	106,5	610	18	121	12	3	26	5	4
2005	50	92	450	23	103	19	5	22	9	7
2006	26	80	130	7	10	4	3	29	3	1
2007	13	72,5	190	9	10	0	0	29	1	0
2008	4,6	69	18	0	1	0	0	20	1	0
2009	5	70,6	30	0	0	0	0	6	0	0
2010	24,8	79,4	230	2	20	0	0	8	2	0
2011	81	114	1590	17	115	8	3	20	1	0
2012	82	120	1800	14	128	7	6	20	2	0
2013	97	122	1585	16	99	12	2	23	3	0
2014	122	146	3130	38	205	16	2	23	1	0
2015	72	118	2438	28	126	2	2	31	5	2
2016	37	89	660	2	16	0	0	28	4	0

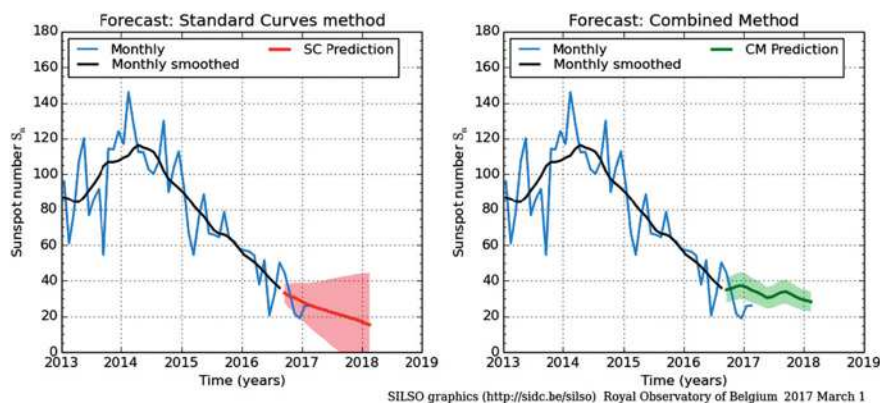


Рис. 1.4. Прогноз изменения среднемесячных значений чисел Вольфа на последующие 12 месяцев

В столбцах этой таблицы указаны:

2 – среднегодовые числа Вольфа W , по данным оперативного центра в Боулдере (они примерно в 1,4 раз больше значений R – международного ряда этого индекса, приведенных на рис. 1.1, 1.2, 1.4;

3 – среднегодовые значения $F_{10,7}$ потока радиоизлучения на $\lambda = 10,7$ см;

4 – суммарное количество вспышек балла >1 , зарегистрированных в оптическом диапазоне в линии водорода $H\alpha$;

5–7 – суммарное количество вспышек класса C, M, X зарегистрированных в рентгеновском диапазоне;

8 – количество вторжений в околоземное космическое пространство (ОКП) потоков солнечных космических лучей (СКЛ) с энергией $E_p > 25$ МэВ и максимальной интенсивностью $> 100 \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$ по данным КА серии «Метеор», «Ресурс», «Электро Л», «Goes», (с 2001 года по 2010 год только по данным КА серии «GOES», с 2011 года по данным КА «Метеор-М» №1, «GOES» №№ 13,15, российского геостационарного КА «Электро-Л» № 1, с июля 2014 года по данным КА «Метеор-М» № 2, с июня 2016 года по данным российского геостационарного КА «Электро-Л» № 2);

9–11 – количество магнитных бурь с $30 > \text{ArMos} > 15$, $50 > \text{ArMos} > 30$ и $\text{ArMos} > 50$. (ArMos-индекс – эквивалентная суточная средняя амплитуда возмущения геомагнитного поля, вычисляемая по данным среднеширотных наземных магнитных станций Евразийского региона. ArMos-индекс определяется как среднее значение из восьми a_p -индексов в единицах 2 nT).

Из данных табл. 1.1 следует, что текущий цикл существенно уступает предыдущему не только по числу Вольфа, но и другим проявлениям солнечной активности.

Более детализированные статистические данные, относящиеся непосредственно к 2016 году, приводятся в последующих разделах.

Солнечная активность

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

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

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

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

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

В 2016 году интегральная солнечная активность только в течение двух суток (4 и 5 февраля) соответствовала «умеренному» уровню, в остальное время «низкому» уровню. Это значительно меньше, чем в 2015 году, когда в течение 110 суток (33% времени) солнечная активность соответствовала «умеренному» уровню.

В течение 2016 года на видимом диске Солнца было зарегистрировано 112 групп пятен, из которых только 10 групп имели максимальную площадь в пределах 240–850 МДП, а именно:

- три группы имели площадь $S_{\max} = 850$ МДП, 590 МДП и 550 МДП; – две группы имели площадь $S_{\max} = 430$ МДП и 400 МДП;

- остальные пять групп имели площадь $S_{\max}$ от 240 до 350 МДП.

Для сравнения, в 2015 году на видимом диске Солнца наблюдалось две группы пятен с максимальной площадью более 1000 МДП: группа 2371 ($S_{\max} = 1180$ МДП) и группа 2403 ($S_{\max} = 1190$ МДП) и около десятка групп с максимальной площадью в пределах $700 \text{ МДП} < S_{\max} < 1000$ МДП, остальные группы с меньшей площадью.

С 21 декабря 2015 года по 02 января 2016 года на обращенной к Земле полусфере Солнца находилась активная область 2473, в которой наблюдалось довольно большое количество вспышек. В рентгеновском диапазоне зарегистрировано: 5 вспышек класса M, 30 вспышек класса C, 17 всплесков класса B, в спектральной

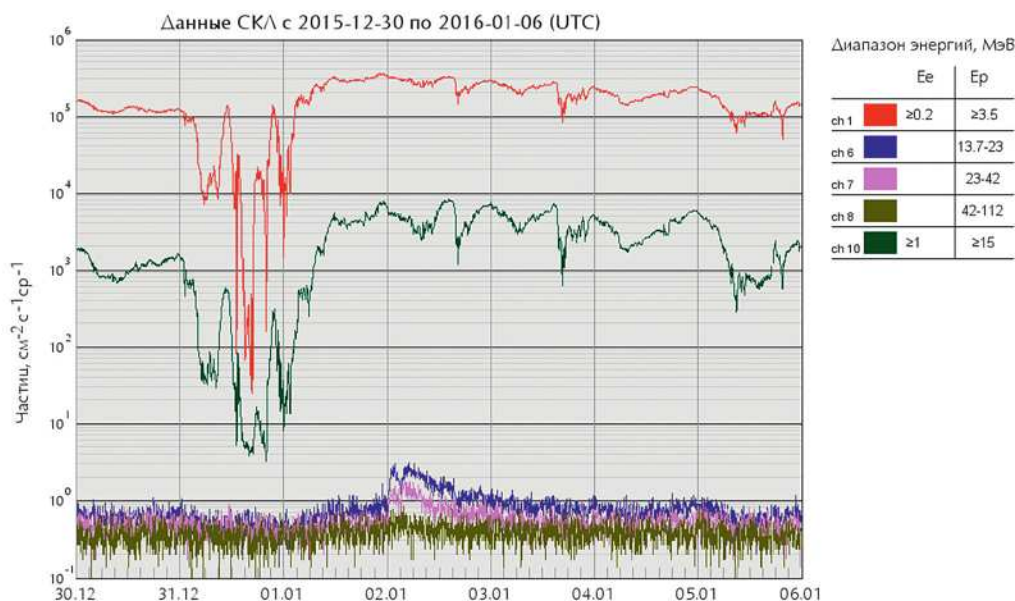


Рис. 1.5. Вторжение потоков протонов солнечных космических лучей (СКЛ) в январе 2016 года. Поток электронного и протонного излучения (5-минутные данные). Источник данных: КА «Электрон-Л» №1

линии Na зарегистрировано: 59 субвспышек, 4 вспышки балла 1.

В конце суток 1 января в группе 2473 (S21W73) вспышка M2.3, время максимума 00.11 UT, продолжительность 111 минут. Вспышка сопровождалась всплеском радиоизлучения II ($v=1095$ км/сек) и IV спектрального типа, выбросом корональной массы (asymmetric partial halo CME) со слабой компонентой, направленной в сторону Земли. В начале суток 2 января от вспышки зарегистрировано (самое значительное в 2016 году) вторжение потоков низкоэнергичных протонов в околоземное космическое пространство (рис. 1.5).

В 2016 году на видимом диске Солнца наблюдалась одна «долгоживущая» активная область (в течение двух солнечных оборотов: 1-й оборот – с 7 по 20 апреля; 2-й – с 4 по 16 мая). 7 апреля, в северной полусфере диска Солнца, вышла из-за восточного лимба группа 2529 (первый оборот) с площадью 330 МДП, числом пятен 1, магнитной конфигурацией . 9 и 10 апреля в группе зарегистрированы две продолжительные рентгеновские вспышки класса C, а именно:

- 9 апреля вспышка C2.8/SF, координаты N10E64, время максимума 13.42 UT, продолжительность 149 минут;
- 10 апреля вспышка C1.5, время максимума 09.34 UT, продолжительность 439 минут.

К 11 апреля площадь группы увеличилась в 2,5 раза и имела максимальный размер 850 МДП. Максимальное число пятен (36) в группе зарегистрировано 15 апреля. 18 апреля в группе 2529 зарегистрирована вспышка M6.7/1F, координаты N12W62, время макси-

мума 00.29 UT, продолжительностью 25 минут. Вспышка сопровождалась всплесками радиоизлучения II, IV спектрального типа и выбросом корональной массы. От вспышки зарегистрировано слабое вторжение низкоэнергичных потоков протонов в околоземное космическое пространство.

4 мая вышла из-за восточного лимба группа 2542 (второй оборот), которая имела максимальную площадь 250 МДП 4 мая и максимальное число пятен (16) 9 мая. 15 мая в группе зарегистрировано геоэффективное событие – вспышка C3.2/SF, координаты N10W62, время максимума 16.03 UT, продолжительность – 134 минуты. Вспышка сопровождалась распадом солнечного волокна и выбросом корональной массы (partial halo CME). 15 мая в 18 UT от нее началось вторжение в околоземное космическое пространство низкоэнергичных потоков протонов.

Для сравнения, в 2015 году на видимом диске Солнца наблюдались три «долгоживущие» активные области (в течение трех солнечных оборотов: 1-я – май–июль; 2-я – август–октябрь, 3-я – октябрь – декабрь).

6 мая в 12.12 UT и в 16.00 UT (рис. 1.6) зарегистрировано два высокоскоростных выброса корональной массы ($v=947$ км/с и $v=1738$ км/с) с компонентой, направленной в сторону Земли. Результат воздействия двух ускоренных потоков совместно с потоком от экваториальной корональной дыры – геомагнитная буря умеренной интенсивности 8–9 мая.

В таблице 1.2 приводятся среднеемесячные значения характеристик солнечной активности в 2016 году по оперативным данным, где:

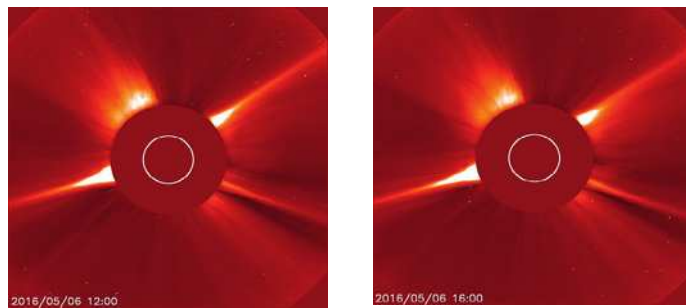


Рис. 1.6. Изображение с LASCO C2

Источник: <http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime/gif/>

Таблица 1.2. Характеристики вспышечной активности Солнца в 2016 году

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
W	50	56	41	39	49	17	32	49	37	30	22	17
F _{10,7}	104	104	92	93	93	82	86	85	88	86	79	75
C	28	101	12	35	26	74	58	27	9	4	9	5
M	1	4	0	1	0	0	7	1	0	0	2	0
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

W – среднеемесячное число Вольфа;

F_{10,7} – среднеемесячный поток радиоизлучения Солнца на длине $\lambda = 10,7$ см, выраженный в солнечных потоковых единицах F.U.;

C, M, X – количество рентгеновских вспышек в диапазоне длин волн 1-8 ангстрем, классов по интенсивности C, M и X, соответственно.

По наблюдениям в спектральной линии H α суммарно за год зарегистрировано 640 субвспышек, 19 вспышек балла 1 и две вспышки балла 3.

В рентгеновском диапазоне (1–8 ангстрем) всего наблюдалось 390 вспышек класса C, 16 вспышек класса M (из них 4 события класса M > 5) и около 920 всплесков класса B (табл. 1.2).

При оценке распределения вспышек по дням, вспышечная активность в течение 2 суток была высокой (18 апреля и 23 июля), в течение 10 суток – умеренной, в остальное время года – низкой (оценка по интенсивности всплесков в рен-

теновском диапазоне). Вспышечная активность продолжала уменьшаться. В 2016 году рентгеновских вспышечных событий класса X не зарегистрировано, а количество рентгеновских вспышечных событий класса M уменьшилось почти на порядок по сравнению с 2015 годом.

Состояние магнитного поля Земли

По данным среднеширотных станций Российской Федерации геомагнитное поле было умеренно возмущенное в течение пяти суток (8 мая, 28 сентября, 13, 25–26 октября), в течение 21 суток – слабо возмущенное, в течение 35 суток – неустойчивое, в остальное время геомагнитное поле менялось от спокойного до очень спокойного (оценка по ApMos).

Основным источником магнитных бурь в 2016 году были корональные дыры, некоторые

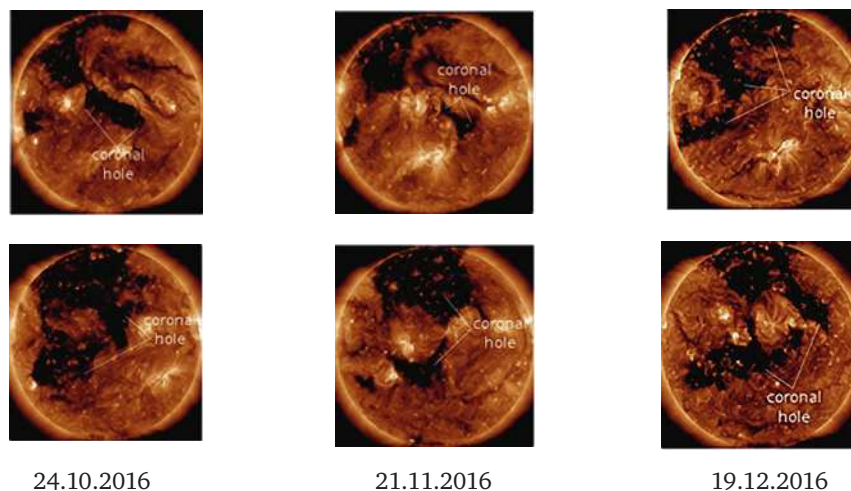


Рис. 1.7. Корональная дыра в северной полусфере Солнца. Корона, наблюдения на длине волны 193 А.

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

из них существовали на диске Солнца ни один оборот. На рис. 1.7 представлены фрагменты прохождения корональной дыры по диску Солнца, которая существовала на диске с августа по декабрь 2016 года и ускоренный поток, от которой вызвал самую значительную бурю умеренной интенсивности в октябре 2016 года.

Сильное возмущение магнитного поля наблюдалось станциями Баренцбург и остров Визе соответственно в течение 3 и 5 суток, умеренное возмущение в течение 32 и 41 суток, в остальное время состояние магнитного поля было от слабо возмущенного до очень спокойного.

Сильное возмущение магнитного поля наблюдалось на большей части станций авроральной зоны от 27 до 107 суток, умеренное возмущение – от 49 до 84 суток, в остальное время состояние магнитного поля было от слабо возмущенного до очень спокойного.

Радиационная обстановка в околоземном космическом пространстве

По данным КА «Электро-Л» №1, КА «Электро-Л» №2, «Метеор-М» №1, «Метеор-М» №2 и «GOES» в течение года зарегистрировано четыре вторжения солнечных космических лучей (СКЛ), из них:

- три очень слабых вторжения низкоэнергичных потоков протонов, интенсивность потоков протонов с энергией $E > 10 \text{ MeV}$ $J = 1 \text{ pfu}$;
- одно вторжение (02-03 января) потоков протонов в широком диапазоне энергий и более высокой интенсивности, интенсивность потоков протонов с энергией $E > 10 \text{ MeV}$ $J = 22 \text{ pfu}$,

интенсивность потоков протонов с энергией $E > 30 \text{ MeV}$ $J = 1,2 \text{ pfu}$.

Основные характеристики вторжений солнечных космических лучей представлены в табл. 1.3.

Радиационная обстановка в околоземном космическом пространстве и на трассах полетов пилотируемых космических аппаратов оценивалась как невозмущенная в течение всего года.

Для сравнения, в 2015 году, продолжительность слабо возмущенного состояния радиационной обстановки в ОКП и на трассе полетов пилотируемых КА составила 4 часа 22 июня, а в течение 2014 года было зарегистрировано четырнадцать вторжений солнечных космических лучей (СКЛ), из них шесть событий – потоки протонов в широком диапазоне энергий и высокой интенсивности. Суммарная продолжительность возмущенного состояния радиационной обстановки в ОКП составила двое суток.

Состояние ионосферы Земли

Состояние ионосферы средних широт по данным станций ПЭБ Электроугли (Москва – Фг.м. = 51,7) и/или Горьковская (Санкт-Петербург – Фг.м. = 56) характеризовалось:

- в течение 98 суток (27% времени) слабыми отрицательными отклонениями критических частот слоя F2 от медианных значений;
- в течение 16 суток (4%) – умеренными отрицательными отклонениями;
- в течение 106 суток (29% времени) – слабыми положительными отклонениями критических частот слоя F2 от медианных значений;

Таблица 1.3. Основные характеристики вторжений солнечных космических лучей

Дата, время начала UT	Дата, время максимума UT	Дата, время конца UT	Максимальные плотности потоков протонов СКЛ (р.ф.и.) с энергией $E >$				Состояние радиационной обстановки
			10 MeV	30 MeV	50 MeV	100 MeV	
02.01 00.//	02.01 04.50	03.01 04.30	21.5				невозмущенная
02.01 00.//	02.01 04.15	03.01 04.//		1.2			
02.01 00.//	02.01 03.20	03.01 04.//			0.4		
02.01 00.//						фон	
16.03 09.35	16.03 10.50	16.03 12.50	1.8				невозмущенная
16.03 09.35				фон			
16.03 09.35					фон		
16.03 09.35						фон	
18.04 07.//	18.04 17.25	19.04 03.//	2.2				невозмущенная
18.04 07.//				фон			
18.04 07.//					фон		
18.04 07.//						фон	
15.05 21.//	15.05 23.15	16.05 01.//	2.2				невозмущенная
15.05 21.//				фон			
15.05 21.//					фон		
15.05 21.//						фон	

Таблица 1.4. Характеристика поглощений, зарегистрированных в авроральной ионосфере

Характеристика поглощения	Количество суток			
	Ловозеро		Салехард	
	2016 год	2015 год	2016 год	2015 год
Сильное поглощение	12	6	19	15
Умеренное поглощение	56	45	67	59
Слабое поглощение	152	144	159	165

- в течение 13 суток (4% времени) – умеренными положительными отклонениями;
- сильные положительные отклонения не регистрировались.

Сильных отрицательных отклонений критических частот слоя F2 от медианных значений в 2016 году не наблюдалось. Для сравнения, в 2015 году сильные отрицательные отклонения наблюдались в течение 11 суток (3%).

Положительных отклонений критических частот в области F2 более всего было зарегистрировано в феврале месяце (как и в 2015 году); отрицательных отклонений – более всего в октябре-ноябре 2016 года.

Поглощения в авроральной ионосфере зарегистрированные в 2016 году и для сравнения в 2015 году станциями Мурманск (Ловозеро) и Салехард представлены в табл. 1.4.

34 геомагнитные бури (70%) из 47 сопровождалась отрицательными отклонениями критических частот f_o в области F2 на средних широтах, причем, во время двенадцати бурь зарегистрированы умеренные (балл 2) и слабые отрицательные отклонения критических частот f_o в области F2 на большинстве среднеширот-

ных станций европейской и восточной части Российской Федерации.

По сведениям, полученным от постоянных потребителей радиопрогнозов Мурманского региона, практическое ухудшение условий радиосвязи в КВ-диапазоне из-за магнитных возмущений отмечено в течение 171 суток (47% времени), из них более всего более всего в мае-июне и сентябре-октябре.

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

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

1.2. Опасные гидрометеорологические явления

По данным Росгидромета в 2016 году в целом на территории РФ отмечалось 988 опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ), включая агрометеорологические и гидрологические. Это на 15 явлений больше, чем в 2015 году, когда их было 973. Из всех ОЯ в 2016 г. 380 явлений нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения.

На рис. 1.8 приведены данные Росгидромета о динамике количества гидрометеорологических ОЯ за 1996–2016 гг., относящиеся лишь к опасным явлениям и комплексам гидрометеорологических явлений (включая гидрологические и агрометеорологические явления), которые нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения (общее число и количество непредусмотренных ОЯ). Прошедший год стал восьмым по количеству ОЯ, нанесших ущерб. Число непредусмотренных ОЯ в 2016 г. составило 17.

Из наиболее значительных по нанесенному ущербу были:

- сильные пожары на юге Восточной Сибири. С начала пожароопасного периода площади пожаров составили: в Иркутской области более 305 тыс. га, в Бурятии – более 150 тыс. га;
- очень сильный дождь 30 июня в Ростове-на-Дону, в результате которого в пониженных местах были подтоплены улицы, размыто дорожное покрытие, тротуары (местами с образованием провалов размером до 5 м²), разрушено 2 пролёта пешеходного моста к главному автовокзалу, повреждены линии электропередач (пострадало 6 человек, из них один погиб);
- очень сильный ветер в Башкортостане 12 мая, ставший причиной повреждений крыш жилых домов и муниципальных зданий, повреждений линий электропередач (в 16 населенных пунктах (1678 жилых домов) происходило отключение электроэнергии).

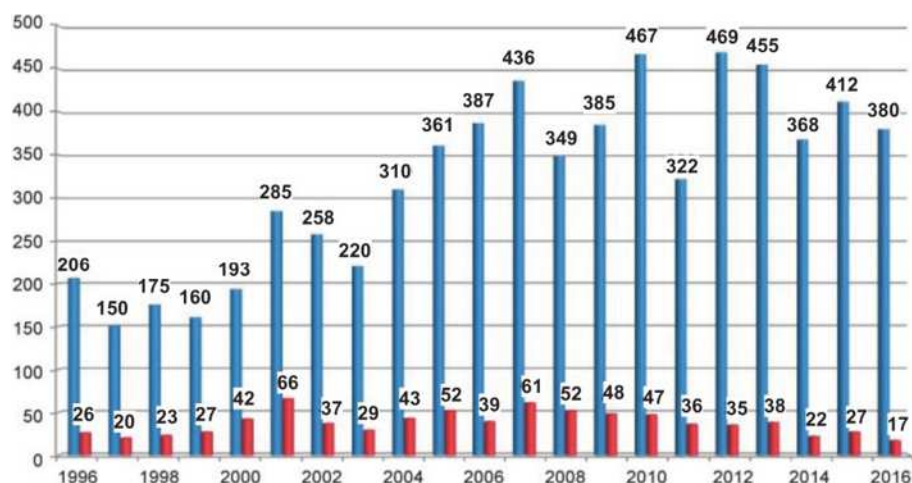


Рис. 1.8. Распределение гидрометеорологических ОЯ по годам: общее количество (синий) и количество непредусмотренных ОЯ (красный)

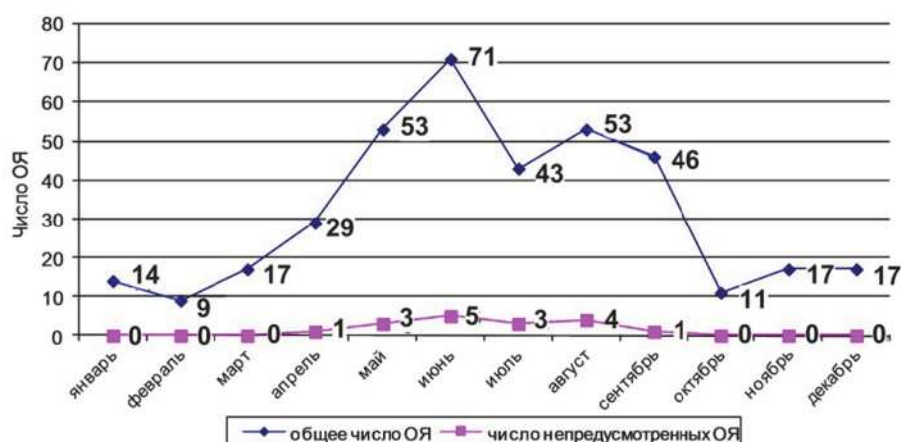


Рис. 1.9. Распределение гидрометеорологических ОЯ, нанесших ущерб, по месяцам в 2016 году

В период с 4 по 13 мая в Амурской области сохранялся комплекс метеорологических явлений: сильный порывистый ветер при высокой пожарной опасности. В с. Малиновка Бурейско-

го района сгорело 5 жилых домов (пострадали 17 человек), в г. Шимановск сгорел 1 жилой дом (пострадали 8 человек).

На рис. 1.9 представлена информация о ги-

Таблица 1.5. Распределение метеорологических ОЯ по месяцам за 2016 год

Явления	Месяцы												Год 2016	Год 2015
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Сильный ветер	9	5	17	8	15	11	5	10	–	3	3	13	99	118
Сильные осадки	–	–	1	4	18	32	36	45	16	1	–	1	154	112
Метель и снег	15	2	5	2	–	–	–	–	–	3	6	5	38	16
Смешанные осадки	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	3	3
Смерч	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	1	5
Сильный мороз	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	5	9	14
АХП*	9	1	–	–	–	–	–	–	–	–	4	8	22	19
Сильная жара	–	–	–	–	–	1	7	14	–	–	–	–	22	29
АЖП**	–	–	–	3	2	5	4	4	–	–	–	–	18	13
Град	–	–	–	2	4	6	3	6	–	–	–	–	21	20
ГИО***	8	3	2	1	–	–	–	–	–	4	7	6	31	17
Заморозки	–	–	6	11	12	9	2	9	17	1	–	–	67	63
Туман	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–
КМЯ	2	2	3	3	12	20	23	16	1	5	5	11	103	142
Итого	46	14	36	34	64	84	80	104	34	17	28	49	590	571

*Аномально холодная погода. **Аномально жаркая погода. *** Гололедно-изморозевые явления.

Таблица 1.6. Распределение метеорологических ОЯ в 2016 году по территории федеральных округов

№	Явления	Федеральные округа								Всего
		СЗФО	ЦФО	ПФО	ЮФО	СКФО	УФО	СФО	ДВФО	
1	Сильный ветер	8	3	11	10	8	9	37	13	99
2	Сильные осадки	8	8	19	50	16	5	16	32	154
3	Метель и снег	2	5	3	9	3	2	3	11	38
4	Смешанные осадки	–	–	–	2	–	–	1	–	3
5	Смерч	–	–	–	1	–	–	–	–	1
6	Сильный мороз	–	–	1	2	–	2	4	–	9
7	Аномально холодная погода	4	3	6	–	1	3	4	1	22
8	Сильная жара	–	4	4	4	2	4	4	–	22
9	Аномально жаркая погода	–	3	6	2	–	5	2	–	18
10	Град	–	–	–	8	11	1	1	–	21
11	Гололедные явления	1	3	6	12	1	1	5	2	31
12	Заморозки	9	8	12	11	4	10	9	4	67
13	Туман	–	–	1	–	–	1			2
14	КМЯ	5	9	19	23	12	2	26	7	103
Всего – 2016		37	46	88	134	58	45	112	70	590
Всего – 2015		30	48	74	90	44	55	124	106	571

Таблица 1.7. Динамика количества всех метеорологических ОЯ за период с 1998 по 2016 годы

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

дрометеорологических ОЯ в 2016 году детализированная по месяцам. Наибольшая активность возникновения опасных явлений на территории Российской Федерации наблюдалась в период с мая по сентябрь. В табл. 1.5 и 1.6 показано распределение метеорологических ОЯ и КМЯ по месяцам и федеральным округам. Учитывались все опасные явления погоды, имевшие место на территории РФ, о которых были получены донесения, независимо от наличия информации об ущербе. Следует отметить, что суммарное количество метеорологических ОЯ в табл. 1.5 и

1.6 может не совпадать, так как ОЯ часто охватывают большие территории и одновременно наблюдаются в 2-х и более округах.

В 2016 г. на территории России было зарегистрировано 590 случаев возникновения метеорологических (ОЯ) и комплексов неблагоприятных метеорологических явлений (КМЯ). Это наибольшее количество ОЯ за все 18 лет наблюдений.

По сравнению с 2015 годом количество зарегистрированных метеорологических ОЯ в 2016 г. увеличилось на 19 случаев. Высокой

была повторяемость сильных осадков, КМЯ и сильного ветра (154, 103 и 99 случаев соответственно). Это составляет 60% от всех опасных метеорологических явлений. КМЯ по своим параметрам не достигали критериев ОЯ, но в значительной степени затрудняли хозяйственную деятельность регионов. Все эти явления, как правило, наносили наиболее значительный ущерб секторам экономики и частному сектору.

Наибольшую повторяемость метеорологические ОЯ и КМЯ имели в летний период года (с мая по август) – 332 случая (56%). Это связано с тем, что в этот период возрастает число ОЯ, обусловленных активной конвекцией, которая наблюдается по всей территории России.

Периоды сильных морозов и аномально холодной погоды в 2016 г. отмечались в 31 случае, что почти совпадает с уровнем 2015 года. Периодов с сильной жарой и аномально жаркой по-

годой в 2016 г. было 40, что тоже близко к уровню 2015 г. В вегетационный период в 2016 году наблюдалось 67 случаев заморозка: на 4 случая больше, чем в 2015 г.

Из табл. 1.6 следует, что максимальное количество (134 случая) всех ОЯ и КМЯ в 2016 г. произошло на территории Южного федерального округа. Это связано с тем, что в нем весь год наблюдались очень активные атмосферные процессы с сильными осадками. По сравнению с 2015 г. в 2016 г. количество ОЯ и КМЯ в Северо-Западном, Приволжском, Южном и Северо-Кавказском федеральных округах увеличилось на 19–49%, а в Уральском, Сибирском и Дальневосточном ФО уменьшилось на 10–34%.

Динамика количества всех зарегистрированных метеорологических ОЯ за период с 1998 по 2016 год приведена с месячной дискретностью в табл.1.7.

1.3. Температура воздуха

2016 год стал пятым среди самых теплых с 1936 г. (далее везде начало ряда 1936 г.): осредненная по территории России среднегодовая аномалия температуры воздуха (отклонение от среднего за 1961–1990 гг.) составила +1,69 °C

и соответствует средней тенденции роста за период с 1976 г. Самым теплым был 2015 г., когда аномалия +2,16 °C намного превзошла предыдущий максимум 2007 г. (+2,07 °C). Аномалии температуры в 2016 году на большей части РФ

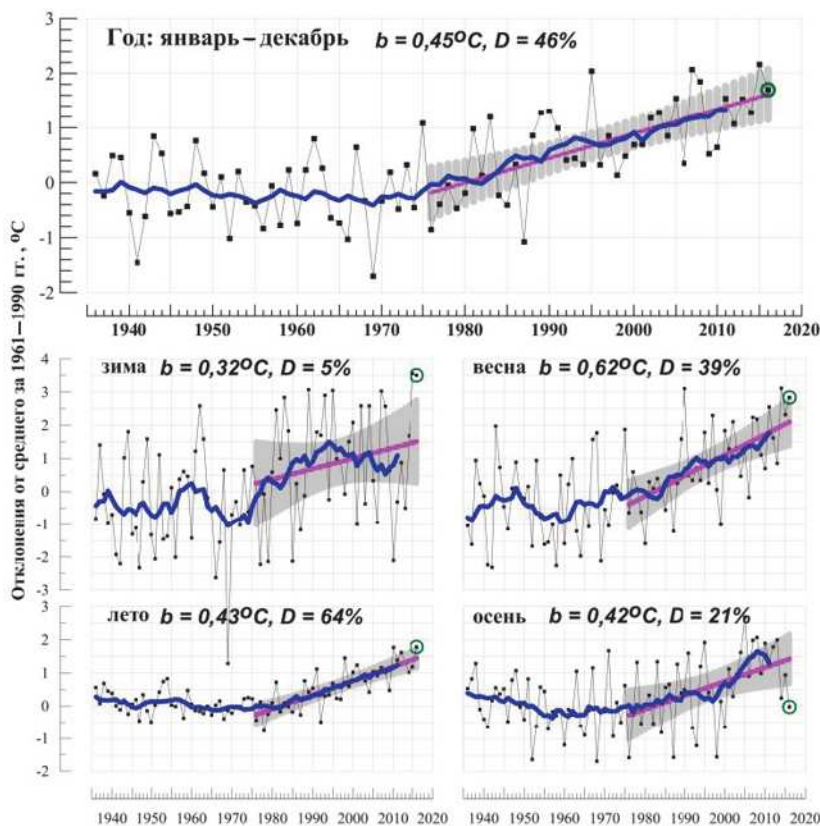


Рис. 1.10. Средние годовые (вверху) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°C), осредненные по территории России, 1936–2016 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961–1990 гг.

Показаны также 11-летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976–2016 гг. с 95%-й доверительной полосой; b – коэффициент тренда (°C/10 лет), D , % – вклад тренда в суммарную дисперсию

выше 1,5 °С, повсеместно отмечались 95%-е экстремумы в европейской части России (ЕЧР) и Западной Сибири, в северной половине азиатской части России (АЧР). Рекордно теплым было лето: аномалия 1,78 °С (предыдущий максимум был зафиксирован летом 2010 г.: 1,77 °С). Экстремально теплыми были зима 2015–16 гг. в целом по РФ (аномалия 3,51 °С, ранг 2), особенно в ЕЧР (4,27 °С – ранг 1, то есть максимальное значение в упорядоченном по убыванию ряду); и весна (2,84 °С – ранг 3). Период с января по сентябрь был рекордно теплым, но холодная вторая половина осени и близкий к норме декабрь уменьшили результирующую годовую аномалию.

Ряды годовых и сезонных аномалий температуры по территории России приведены на рис. 1.10. Карты среднегодовых и сезонных аномалий температуры 2016 года представлены на рис. 1.11.

Зима 2015–2016 гг. Средняя по России зимняя аномалия +3,51 °С – вторая величина в ряду. Осредненная по территории ЕЧР аномалия: 4,27 °С – исторический максимум, все аномалии по ФО – среди десяти самых крупных, температуры на станциях в районе Обской губы и на Среднесибирском плоскогорье превышали норму на 7 °С. Температуры ниже нормы наблюдались лишь на Камчатке (до –5,6 °С) и побережье Охотского моря. Для сезона в целом и во все месяцы на больших территориях температуры на станциях были выше 95-го перцентиля. В декабре 2015 г. осредненная по РФ аномалия: 4,09 °С – ранг 2: экстремально тепло на западе и в центре ЕЧР, на юге Сибири и Дальнего Востока. В январе тепло – на севере АЧР, особенно на Таймыре и в Якутии: аномалии на станциях до 15 °С. В феврале осредненная по РФ аномалия температуры: 5,18 °С – ранг 3. Экстремально тепло в ЕЧР, в Западной Сибири: аномалии температуры 8,12 °С, 8,93 °С – исторические максимумы.

Холодно в декабре в Восточной Сибири; в январе – на северо-западе ЕЧР, на юге Сибири, на Камчатке; в феврале – вдоль побережья Охотского моря.

Весна. Осредненная по территории России сезонная аномалия +2,84 °С – третья в ряду. На всей территории страны температуры были выше климатической нормы, экстремально тепло в ЕЧР, в Западной Сибири (аномалии на севере до 5 °С). Во всех федеральных округах аномалии – среди десяти наибольших. В марте тепло всюду, кроме Камчатки; экстремально тепло в южных районах страны: аномалии на юге СФО до 7,1 °С. Апрель экстремально теплый: аномалия температуры по РФ +3,42 °С – вторая в ряду. На многих станциях севера ЕЧР, в УФО и СФО отмечены 95% экстремумы: в районе

Обской губы аномалии до 9,2 °С. В мае экстремально тепло в Северо-Западном ФО: 4,16 °С – исторический максимум, тепло в Восточной Сибири; холодно на большей части Сибирского ФО (кроме Таймыра и Забайкалья), аномалии на станциях до –1,4 °С.

Лето в целом по РФ рекордно теплое: аномалия 1,78 °С. Тепло было на большей части страны (кроме нижнего и среднего течения Лены и гор Дальнего востока).

Экстремально тепло (на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы) на востоке ЕЧР, в Западной и Средней Сибири (осредненная по Уральскому ФО аномалия: 3,52 °С – исторический максимум, аномалии на станциях до 5,2 °С); а также на Чукотке и Камчатке. Область отрицательных аномалий (до –1,2 °С) температуры летом вытянута вдоль меридиана 125° в. д. Все месяцы сезона были аномально теплые: осредненные по РФ аномалии температуры июня (1,86 °С) и июля (1,43 °С) – 5-е в рядах. В августе – исторический максимум +2,05 °С. Экстремально тепло в июне было в Восточной Сибири (2,26 °С – ранг 1), аномалии на станциях до 9,3 °С; в июне – июле аномально теплые условия сохранялись в районе Обской губы: до 6,4 °С. В августе обширная область экстремального тепла (выше 95-го перцентиля) образовалась в восточной части ЕЧР на Среднем и Южном Урале. Рекордно высокая аномалия температуры летом 2016 г. была обусловлена в основном отсутствием особо холодных дней в обширной области на севере и востоке ЕЧР, Урале, в Западной Сибири, на Алтае и в Прибайкалье. Особенно жаркие дни наблюдались в некоторых значительно меньших областях: район Ямала, Южный Урал, Камчатка.

Осенью средняя по России аномалия – 0,03 °С – значительно ниже ожидаемого при сохранении скорости потепления (разность между величинами осенней аномалии и тренда составила –1,45 °С). Вся территория разделилась на две обширные области: севернее 60–63° с.ш. было тепло, южнее – холодно. Наибольшие контрасты между положительными аномалиями на севере и отрицательными – на юге сложились в восточных районах страны: экстремально тепло в Восточной Сибири (аномалия: 2,89 °С – ранг 4, аномалии на станциях до 7,9 °С); очень холодно в Приамурье и Приморье (–1,21 °С – осень среди четырех самых холодных осенних сезонов); 5%-е экстремумы холода отмечались в Приамурье и Приморье (аномалия: –1,21 °С – осень среди четырех самых холодных осенних сезонов). Такая структура аномалий сложилась в основном за счет октября. В Прибайкалье и Забайкалье (–3,66 °С) и в Приамурье и Приморье (–2,03 °С) октябрь был самым холодным с 1936 года, ано-

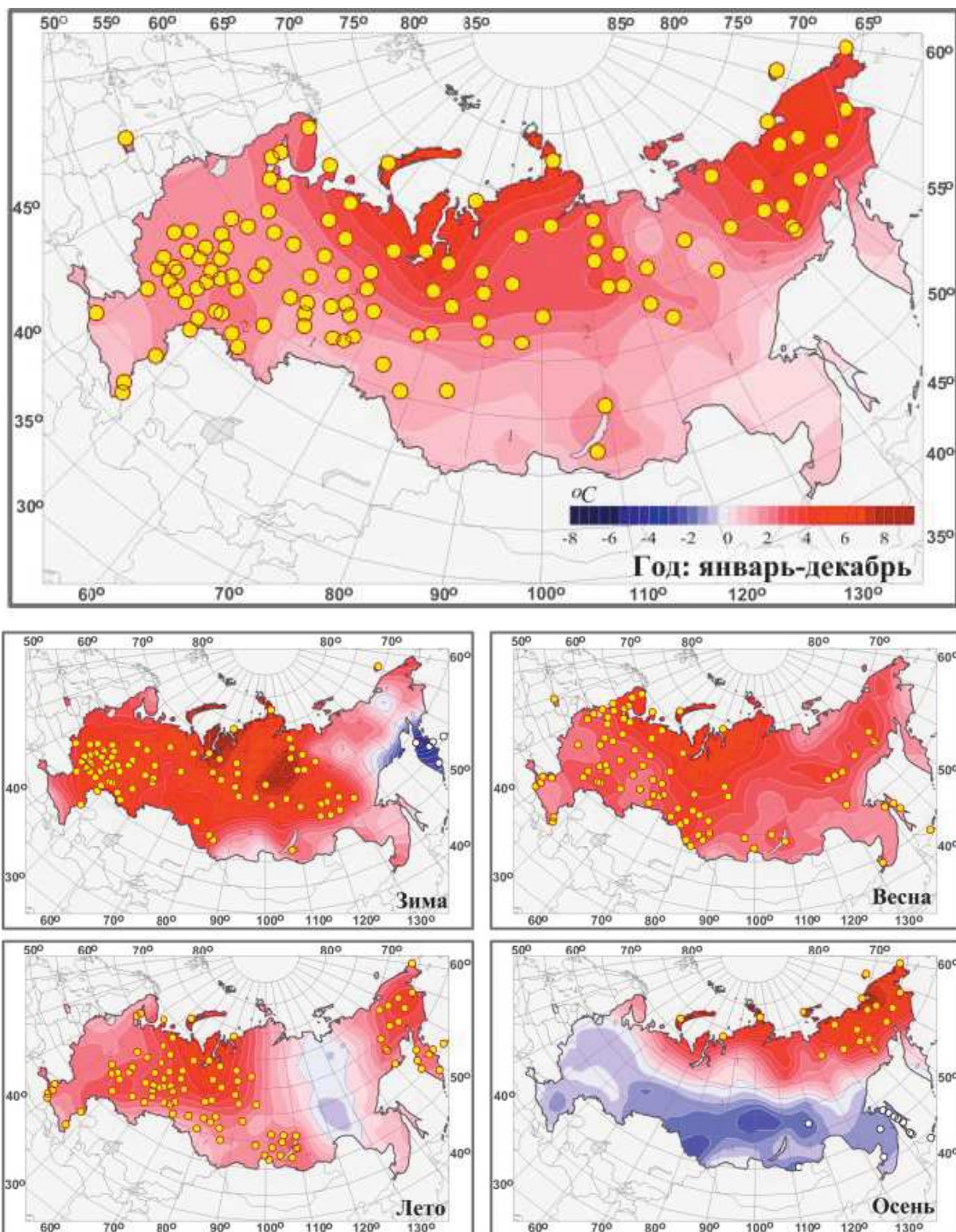


Рис. 1.11. Аномалии средней годовой и сезонных температур приземного воздуха на территории России в 2016 г. (отклонения от средних за 1961–1990 гг.) с указанием локализации 95%-х экстремумов (желтые кружки)

малии на станциях около Байкала до -5°C . На севере, особенно северо-востоке, было экстремально тепло. Осредненная по Восточной Сибири аномалия $3,99^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина

в ряду. На арктическом побережье Сибири и Дальневосточного ФО аномалии среднемесячной температура воздуха достигали $7\text{--}9^{\circ}\text{C}$, а на Чукотке превысили 10°C .

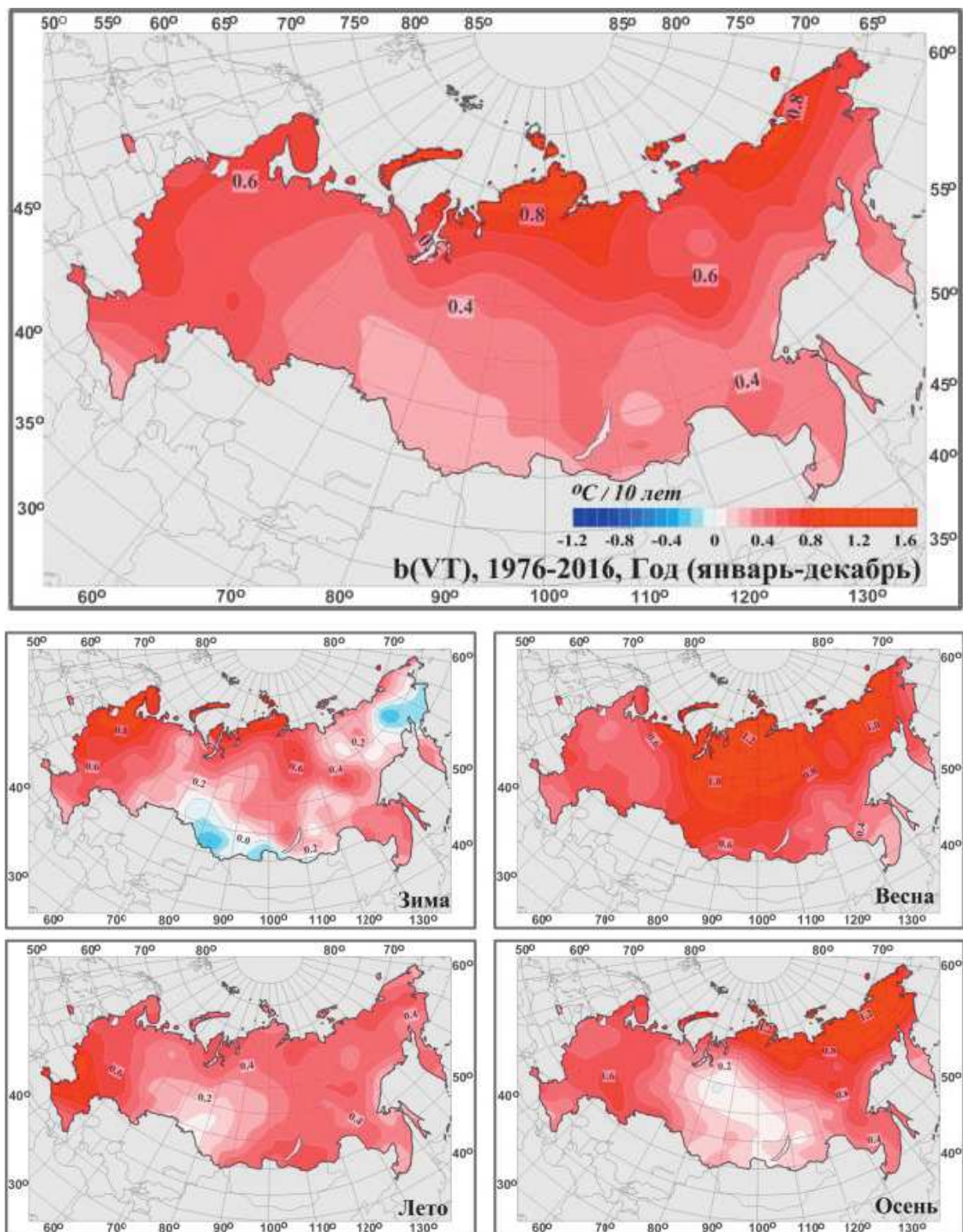


Рис. 1.12. Коэффициент линейного тренда среднегодовой и средних сезонных значений температуры приземного воздуха на территории России за период 1976–2016 гг. (°C/10 лет)

В ноябре область с температурами ниже нормы значительно больше, чем в октябре. Холодно в ЕЧР, в Уральском и Сибирском ФО (кроме узкой полосы побережья и островов Арктики), на юге ДВФО. Экстремально тепло в ноябре на севере.

Сентябрь экстремально теплый: +1,81 °C – ранг 1, тепло всюду в АЧР (2,29 °C – ранг 1), а также на севере ЕЧР. Температуры ниже нормы в сентябре – в южных районах ЕЧР (до –1,1 °C).

Декабрь 2016 года. Осредненная по территории РФ аномалия температуры 0,1 °C. Холод-

но в огромной полосе от юго-запада страны до нижнего течения Лены, аномалии на станциях до $-10,5^{\circ}\text{C}$. Очень тепло на северо-востоке страны (на Чукотке аномалии около $+8^{\circ}\text{C}$, на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы), на юге Сибирского и Дальневосточного ФО (кроме Сахалина), на северо-западе страны (аномалии до $+4,5^{\circ}\text{C}$).

На рис. 1.12 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов температуры воздуха за 1976–2016 гг. на территории России. Оценки получены по временным рядам средних годовых и сезонных аномалий температуры и выражены в градусах за десятилетие ($^{\circ}\text{C}/10$ лет). Коэффициент тренда является характеристикой средней скорости изменения температуры на рассматриваемом интервале времени. 1976 год выбран в качестве начала современного потепления в соответствии с ходом глобальной температуры.

Потепление продолжается на всей территории России в целом за год и во все сезоны, кроме зимы (рис. 1.10). Скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры (линейный тренд) составила $0,45^{\circ}\text{C}/10$ лет (вклад в общую изменчивость 46%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной ($0,62^{\circ}\text{C}/10$ лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом ($0,43^{\circ}\text{C}/10$ лет: описывает 64% суммарной дисперсии).

Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры отмечается на побережье Северного Ледовитого океана, особенно в АЧР (более $+0,9^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре). 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° ш. Кроме того необходимо отметить еще ряд особенностей. Весной интенсивное потепление наблюдается в Западной ($+0,74^{\circ}\text{C}/10$ лет) и Средней Сибири

($+0,77^{\circ}\text{C}/10$ лет). В Восточной Сибири очень быстро теплеет весной ($+0,72^{\circ}\text{C}/10$ лет) и осенью $+0,74^{\circ}\text{C}/10$ лет; летом в Южном и Центральном ФО ($+0,76^{\circ}\text{C}/10$ лет и $+0,70^{\circ}\text{C}/10$ лет). Минимум потепления в среднем за год – на юге Западной Сибири. Летом и осенью потепление наблюдается на всей территории России, однако в Сибири (на юге летом и в центре осенью) имеются области, где рост очень слаб.

В Сибири зимой наблюдается область похолодания, впервые проявившаяся в период 1976–2010 гг.; в настоящее время она захватывает юг Западной Сибири (до $-0,3^{\circ}\text{C}/10$ лет), Саяны, восток Иркутской области. Другая область похолодания – на крайнем северо-востоке (до $-0,4^{\circ}\text{C}/10$ лет). Рост зимней температуры для России в целом прекратился в середине 1990-х гг., после чего наблюдалось ее убывание, в последние пять лет наметилась тенденция к росту. По-видимому, это связано с изменениями в основных циркуляционных системах Северного полушария, в первую очередь – Североатлантическом колебании (САК) и Скандинавской циркуляционной моде (СКА). До середины 1990-х гг. почти вся территория России, в особенности запад ЕЧР, испытывала избыточное потепление из-за переноса теплого воздуха Северной Атлантики. Потепление зим за период после 1994 г. наблюдалось в основном в арктической зоне России, включая Чукотку. На остальной территории России в зимние температуры убывали, слабо на ЕЧР (до $\sim -0,2^{\circ}\text{C}/10$ лет) и значительно в АЧР, до $-1,4^{\circ}\text{C}/10$ лет на юге Сибири. Возможно, эта тенденция прекратилась после 2010 г. (рис. 1.10; отметим экстремально теплые зимы 2014–2015 гг. и 2015–2016 гг.), вместе с новым ростом САК.

В последние годы для России в целом наметилась тенденция к убыванию осенней температуры.

1.4. Атмосферные осадки

На рис. 1.13 приведены временные ряды аномалий среднегодовых и сезонных осадков для России в целом; (на всех временных рядах показаны 11-летние скользящие средние, линейные тренды за 1976–2016 гг. с 95%-й доверительной полосой), на рис. 1.14 – карты среднегодовых и сезонных аномалий осадков.

В 2016 году средняя по России годовая сумма осадков составила 107% нормы; близко к ожидаемой при сохранении наблюдающейся тенденции. Избыток осадков наблюдался в ЕЧР кроме севера и востока: (осадки по ЕЧР

112% – ранг 4; значительный избыток – в ЦФО: 122%, ранг 3, на юге Сибири, на большей части Дальневосточного ФО 112% – ранг 5); на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы. Дефицит осадков наблюдался в центре Сибири, на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы. Из сезонов выделяется снежная зима на значительной части страны (осредненные по РФ зимние осадки 121% – ранг 2). Важнейшая особенность осени – сильный дефицит, повсеместно экстремальный, осадков в огромной области на севере ЕЧР, в Сибири, на Дальнем Востоке.

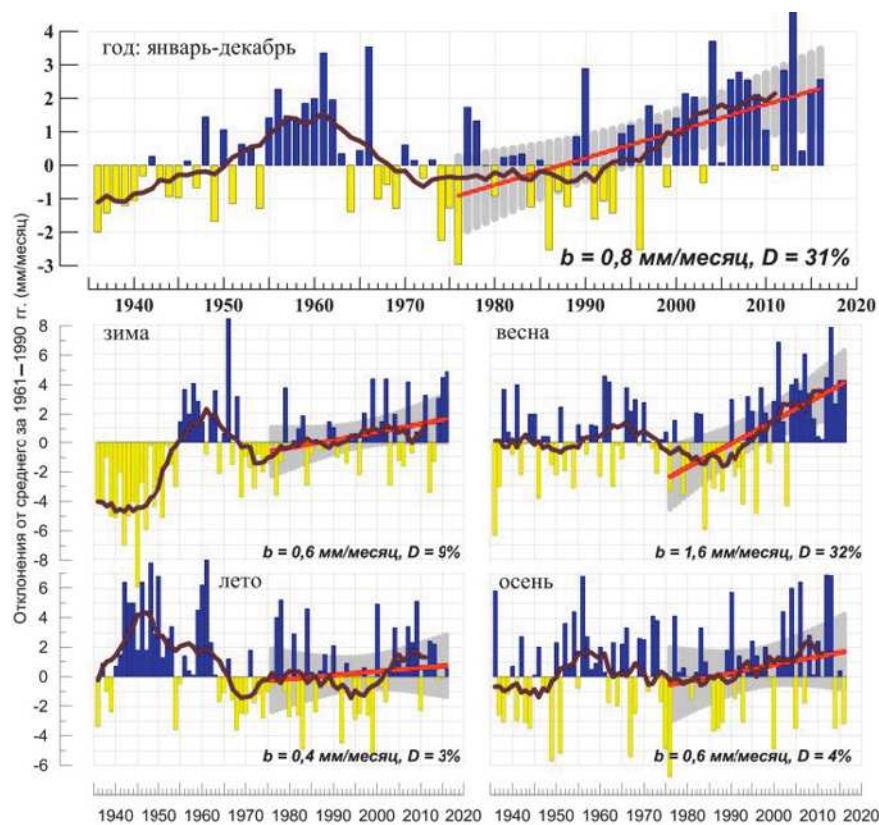


Рис. 1.13. Средние годовые и сезонные аномалии осадков (мм/месяц), осредненные по территории России, 1936–2016 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961–1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд оценен за 1976–2016 гг.; b – коэффициент тренда (мм/мес/10 лет), D – вклад тренда в суммарную дисперсию (%)

Зима 2015–2016 гг. В целом по РФ выпало 121% нормы осадков: 2-я величина в ряду. Зима 2014–2015 гг. также была экстремально снежной – тогда выпало 119% нормы. Значительный избыток осадков (более 120%) наблюдался в двух обширных областях; в ЕЧР (138% – исторический максимум) и в Средней Сибири (125% – ранг 3). Избыток осадков здесь наблюдался во все месяцы сезона, на многих станциях отмечались 95% экстремумы. Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался в Восточной Сибири. Отметим сильный дефицит осадков в январе в Сибирском ФО (53% нормы – исторический минимум).

Весной в России выпало 119% нормы осадков, особенно много в центральных и южных районах ЕЧР (в Центральном ФО выпало 143% – ранг 3, избыток наблюдался во все месяцы сезона), на Дальнем Востоке. На многих станциях Центрального ФО отмечались 95% экстремумы осадков. Значительный дефицит осадков (60%–80% – за счет марта и апреля) наблюдался на Дальнем Северо-Востоке. Менее 80% нормы выпало на севере ЕЧР и в центральных районах Сибири.

Летом в целом по России выпало 109% сезонной нормы. Значительный избыток осадков наблюдался в Дальневосточном ФО (кроме севе-

ра), за сезон выпало 124% нормы – ранг 3, на севере и западе ЕЧР (в Северо-Западном ФО осадки: 132% – ранг 4), на юге Сибири (в основном за счет июля). Во все месяцы сезона дефицит осадков (менее 80%) наблюдался в Западной и Средней Сибири: в июне сильный дефицит осадков (менее 60%) в междуречье Оби и Лены (осредненные по Средней Сибири июньские осадки 75% – третья среди наименьших величин), на юго-востоке ЕЧР (осредненные по Приволжскому ФО осадки 72%).

Осенью осредненные по РФ осадки 92% нормы. Основная черта распределения осадков – сильный дефицит (менее 80% нормы, на многих станциях 5%-е экстремумы) на огромной территории на севере ЕЧР, севере Западной и в центре Средней Сибири. В АЧР выпало 88% нормы – четвертая среди минимальных величин, меньше всего осадков выпало в Средней Сибири: 66% – исторический минимум.

Значительный избыток осадков (более 120%, на ряде станций 95%-е экстремумы) на востоке Якутии и на Чукотке, а также в ряде регионов юга России.

Сентябрь и октябрь выделяются большими по площади областями с сильным дефицитом осадков: в сентябре это вся АЧР (80% – третья

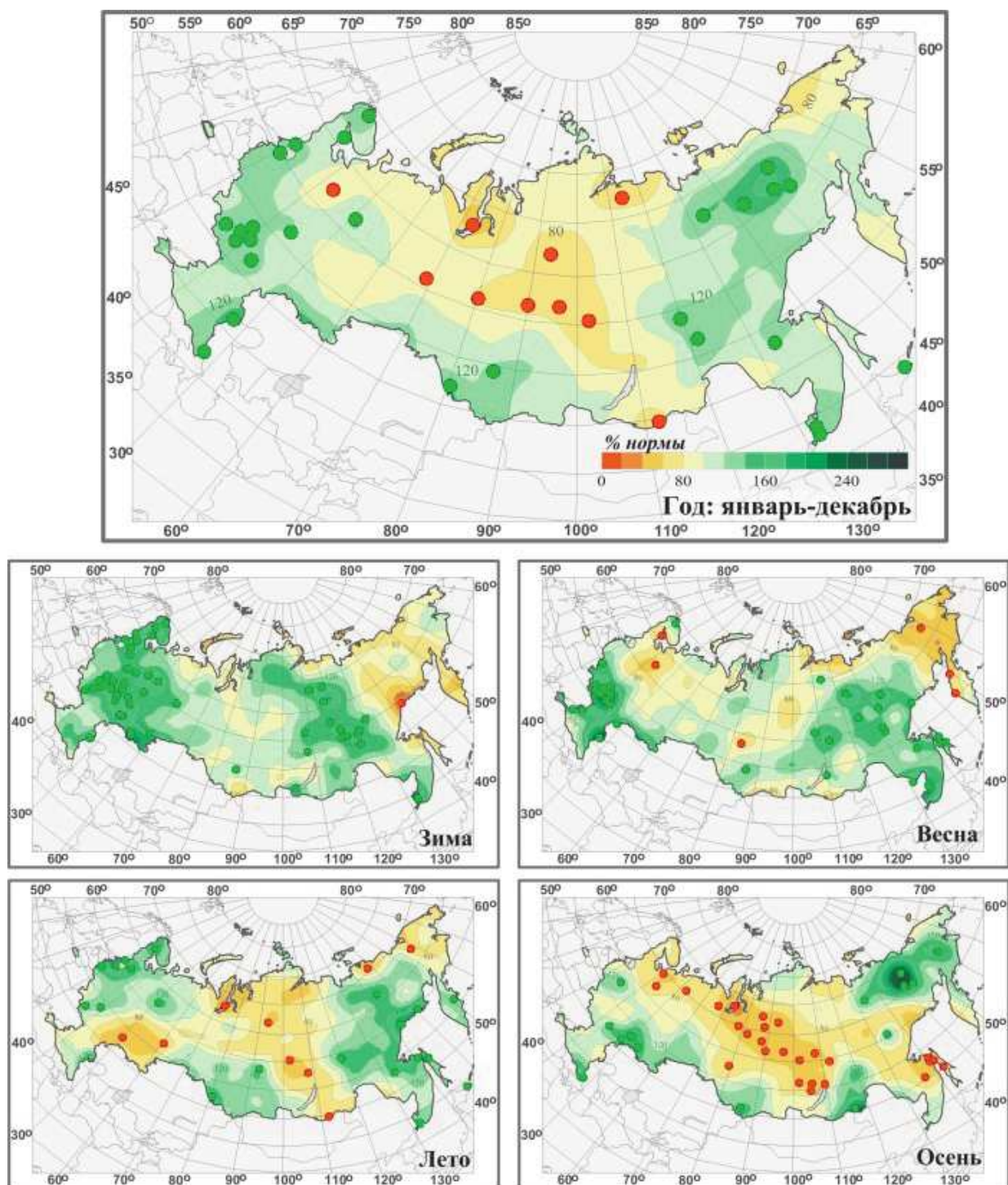


Рис. 1.14. Аномалии годовых и сезонных сумм осадков на территории России в 2016 г. (% от нормы 1961–1990 гг.). Кругами красного и зеленого цвета показаны станции, на которых осадки оказались соответственно ниже 5-го или выше 95-го процентиля

среди наименьших величин), в октябре – большая часть страны (кроме востока Якутии и Чукотки), осредненные по РФ осадки 82% – третья среди наименьших величин.

Кроме того значительный избыток осадков наблюдался в сентябре: на большей части ЕЧР (в Приволжском ФО выпало 173% – ранг 3), в октябре: на востоке Якутии и на Чукотке (осреднен-

ные по Восточной Сибири осадки 201% – ранг 4).

На рис. 1.15 представлено географическое распределение коэффициента линейного тренда атмосферных осадков на территории России для 2016 г. в целом и для сезонов. Оценки получены по стационарным временным рядам годовых и сезонных аномалий осадков за 1976–2016 гг.

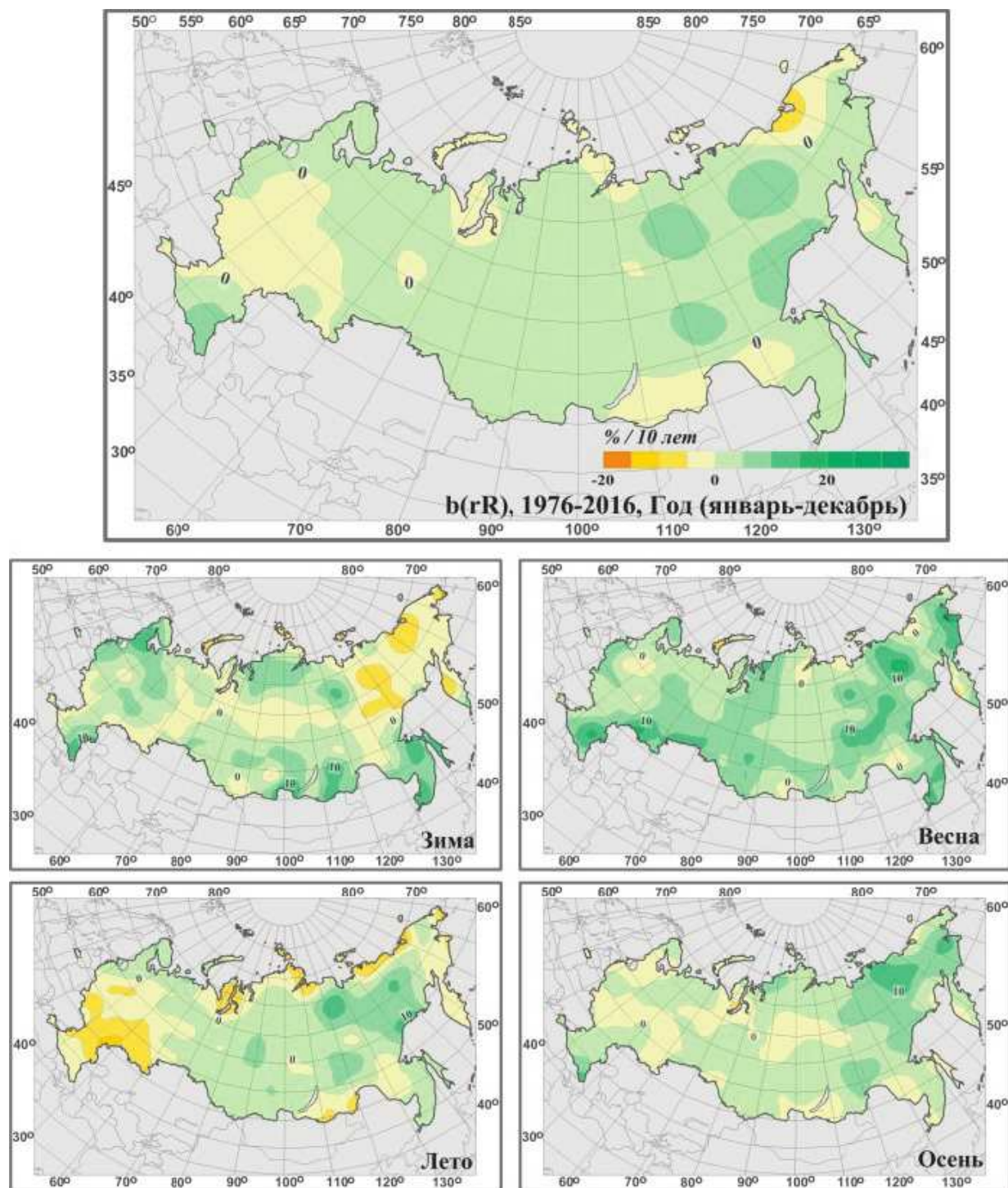


Рис. 1.15. Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда годовых и сезонных сумм атмосферных осадков за 1976–2016 гг. на территории России (% / 10 лет)

На территории России в целом преобладает тенденция к росту годовых сумм осадков. Скорость роста превышает 5%/10 лет лишь в ряде областей Сибири и Дальнего Востока и в Северо-Кавказского ФО. Убывают осадки на севере Чукотского АО. Незначительное убывание наблюдается в центральных районах ЕЧР. Тренд годовых осадков по территории России, составляет 2,1% / 10 лет при вкладе в дисперсию 31%,

т.е. тренд значим на уровне 1%. Рис. 1.13 показывает, что выраженный рост годовых осадков наблюдается со второй половины 1980-х гг. Наиболее значительные тренды наблюдаются в регионах Средняя Сибирь (3,1%/10 лет, вклад в дисперсию 24%), Восточная Сибирь (3,4%/10 лет; 16%), а также Сибирском ФО (2,2%/10 лет, 21%) и Дальневосточном ФО (3,0%/10 лет, 22%). Отрицательный, очень ма-

лый и незначимый тренд наблюдается в ряде федеральных округов ЕЧР. Региональные тренды наблюдаются на фоне существенных колебаний с периодом в несколько десятилетий, так что нельзя с уверенностью утверждать о наличии тренда, а лишь определенной фазы таких колебаний.

Наиболее значительный рост сезонных сумм осадков в целом по территории России наблюдается **весной** (5,9%/10 лет, вклад в дисперсию 32%): рост осадков происходит всюду, особенно в Восточной Сибири (до 15–20%/10 лет). Значи-

мый положительный на 5%-ном уровне тренд отмечается для всех субъектов РФ (кроме Центрального ФО). **Зимой** рост осадков происходит в основном на севере и юге страны. **Летом** и **осенью** рост осадков наблюдается в АЧР.

Зимой осадки уменьшаются на севере Дальневосточного ФО и в центральных районах Сибири. **Летом** осадки убывают на ЕЧР (кроме севера): отрицательные тренды наблюдаются как для ЕЧР в целом, так и для всех ФО, кроме Северо-Западного ФО; а также на арктическом побережье от Ямала на восток; на Камчатке.

1.5. Снежный покров

Зима 2015–2016 года в большинстве регионов европейской части России была относительно теплой, с продолжительными оттепелями, и умеренно снежной.

Первый снег на Европейской территории выпал позже среднеклиматических сроков на 10–20 дней в западных и южных областях, в восточных областях и на Урале – на 2–10 дней раньше. На Азиатской территории России раньше обычных сроков снег появился на большей части Западной Сибири, за исключением крайних северных районов, Новосибирской области и Алтайского края. Раньше, чем в среднем многолетнем, снег выпал в Тыве, на Камчатке, на побережье Таймыра. В северных и северо-восточных районах АЧР из-за теплого октября первый снег выпал позже климатических сроков. Более позднее появление первого снега отмечалось также на большей части Забайкалья, южных районов Красноярского края, в Амурской области. Сошел снег на большей части страны раньше средних многолетних сроков из-за аномально теплых марта и апреля.

К началу марта запасы воды в снежном покрове в целом в бассейне Волги составили 105% нормы, что близко к прошлогодним значениям. В бассейне Волги наименьшие запасы воды в снежном покрове отмечались выше Рыбинского водохранилища (67 мм или 65% нормы), в бассейне р. Москвы (56 мм или 63% нормы) и в бассейне р. Суры (78 мм или 80% нормы). Наибольшие запасы воды в снеге в 2016 году в бассейне Волги накоплены на Каме (190 мм или 110% нормы) и Вятке (157 мм или 117% нормы).

В бассейне Дона выше Цимлянского водохранилища запасы воды в снежном покрове к началу марта сократились вдвое по сравнению с концом февраля и составили 30% нормы, что почти в 3,5 раза меньше прошлогодних значений. При этом к 1 марта в бассейне р. Хопер снег сошел, а в бассейне Медведицы он составил около 90% нормы.

На севере европейской части России запасы воды в снеге в бассейнах Северной Двины и Мезени составляли 148–150 мм, что на 20–35% превышали средние значения и близки к значениям прошлого года. На водосборах рек Сухоны и Юга запасы воды в снеге на 11–44% были больше нормы. На водосборах правых притоков Северной Двины (Вычегда и Пинега) снегозапасы на 32–55% превышали норму, а на водосборе р. Вага – на 15% меньше средних значений за многолетний период наблюдений.

На северо-западе в начале марта запасы воды в снеге в бассейнах Волхова и Нарвы составили 56–67% нормы.

В Заволжье по данным на начало марта запасы воды в снежном покрове были близкими к норме, а на Южном Урале – преимущественно больше нормы.

На азиатской части страны в зимний период преобладала умеренно холодная и снежная погода. В феврале холодная погода сохранялась только в восточных районах Сибири и на Дальнем Востоке.

В бассейнах рек и водохранилищ Сибири запасы воды в снеге на конец февраля преимущественно составляют 94–130% нормы. При этом в бассейнах Саяно-Шушенского и Красноярского водохранилищ, Тобола снегозапасы оказались на 19–39 мм больше прошлогодних; в бассейнах Усть-Илимского водохранилища, Верхней Оби на 20–21 мм меньше их; в бассейнах Братского водохранилища и озера Байкал были близки к прошлогодним значениям. Значительные запасы воды в снеге накоплены в бассейне Тобола – 160% нормы; в верховьях Вилюя, в верхнем течении рек Алдан, Индигирка, в среднем течении Колымы – 120–200% нормы. В бассейне озера Байкал запасы воды в снежном покрове были близки к норме.

К 10 апреля 2016 г. запас воды в снежном покрове в бассейне Верхней Оби был на 7% ниже нормы. В бассейнах Усть-Илимского водо-

Таблица 1.8. Сведения о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ европейской части РФ по состоянию на 29 февраля 2016 г. (в сравнении с нормой и с влагозапасами 2015 г.): *w2015*, *w2016* – запасы воды в снеге в 2015 и 2016 гг. По АЧР сведения приведены по состоянию на 10 апреля 2016 г.

№ п/п	Бассейны рек	Запасы воды в снеге на 29 февраля 2016 г.				
		норма	<i>w2015</i>	<i>w2016</i>		
		мм	мм	мм	% от нормы	% от <i>w2015</i>
1	р. Волга, в т.ч.	111	107	116	105	108
2	до Рыбинского водохранилища	96	84	67	65	80
3	р. Кострома и Унжа	117	125	131	112	105
4	р. Москва	89	65	56	63	86
5	р. Ока, включая бассейн р. Москвы	79	68	76	96	112
6	р. Сура	97	96	78	80	81
7	р. Ветлуга	126	151	144	114	95
8	Чебоксарское водохранилище	88	85	86	98	101
9	р. Вятка	134	151	157	117	104
10	Куйбышевское водохранилище	123	128	133	108	104
11	Саратовское водохранилище	94	77	104	111	135
12	Волгоградское водохранилище	67	69	67	100	97
13	р. Кама	172	174	190	110	109
14	р. Белая	128	100	140	109	140
15	р. Дон, в т.ч.	50	56	16	30	29
16	р. Хопер	59		с/н		
17	р. Медведица	53	61	47	90	77
<i>Реки севера</i>						
18	р. Северная Двина	110	139	148	135	106
19	р. Сухона	115	140	128	111	91
20	р. Вага	110	119	93	85	78
21	р. Юг	105	147	151	144	103
22	р. Пинега	96	128	127	132	99
23	р. Вычегда	126	148	195	155	132
24	р. Мезень	125	142	150	120	106
25	р. Нарва	54	48	36	67	75
26	р. Волхов	63	52	35	56	67
<i>Реки и водохранилища Сибири на 10 апреля 2016 г.</i>						
27	р. Верхняя Обь	210	232	195	93	84
28	р. Тобол (на 29 февраля)	60	57	96	160	168
29	р. Енисей (Саяно-Шушенское водохранилище)	134	122	142	106	116
30	р. Енисей (Красноярское водохранилище)	153	149	173	113	116
31	р. Ангара (оз. Байкал)	88	82	86	98	105
32	р. Ангара (Братское водохранилище)	77	77	87	113	113
33	р. Ангара (Усть-Илимское водохранилище)	122	130	119	98	92

хранилища и озера Байкал близким к норме; а в бассейнах Саяно-Шушенского, Красноярского и Братского водохранилищ на 6–13% выше нормы.

В сводной табл. 1.8 приведены подробные данные о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ РФ

(в ЕЧР по состоянию на 29 февраля, а в АЧР – на 10 апреля 2016 года). Такие даты выбраны, чтобы отразить максимальные запасы воды в снеге, достигнутые к весне 2016 г. Для сравнения в той же таблице приведены значения норм и данные о запасах воды соответственно либо на 28 февраля 2015 г., либо на 10 апреля 2015 г.

1.6. Водные ресурсы

Водные ресурсы Российской Федерации в 2016 году составили 4441,0 км³, превысив среднее многолетнее значение на 4,2%. Большая часть этого объёма – 4230,9 км³ – сформировалась в пределах России, и 210,1 км³ воды поступило с территорий сопредельных государств.

На реках Приволжского, Южного, Северо-Кавказского, Уральского и Дальневосточного федеральных округов (табл. 1.9) наблюдалась повышенная водность, в Северо-Западном федеральном округе – близкая к норме. В Центральном и Сибирском федеральных округах водные ресурсы были ниже средних многолетних значений.

Водные ресурсы бассейнов крупнейших рек России (наблюдённый годовой сток рек) в 2016 году в большинстве случаев значительно отличались как от средних многолетних значений, так и от значений, имевших место в 2015 году (табл. 1.10).

В бассейнах крупнейших рек Севера Европы – Северной Двины и Печоры характер изменения водности сильно различался. Резкий рост водности в бассейне Северной Двины пришёл на смену её снижению, начавшемуся в 2013 году, и приблизил сток реки к норме. Его значение отличалось от неё всего на 3,6% в меньшую сторону. На Печоре превышение нормы, наблюдавшееся с 2014 года и достигшее аномально высокого значения 39,2% в 2015 году, в 2016 году резко снизилось до 0,7%, то есть сток снизился практически до нормы.

В бассейне Волги водные ресурсы были выше нормы на 11,2%, что резко положило конец фазе низкой водности, продолжавшейся с 2014 по 2015 год, когда сток реки снизился до значения 16,8% ниже нормы.

В бассейнах Дона и Кубани продолжалась фаза низкой водности, начавшаяся ещё в 2007 году. При этом в 2016 году сток Дона и

Таблица 1.9. Ресурсы речного стока по федеральным округам

Федеральные округа	Площадь территории, тыс. км ²	Среднее многолетнее значение водных ресурсов*, км ³ /год	Водные ресурсы 2016 года, км ³ /год	Отклонение от среднего многолетнего значения, %
Северо-Западный	1687,0	607,4	604,0	-0,6
Центральный	650,2	126,0	110,8	-12,1
Приволжский	1037,0	271,3	296,2	9,2
Южный	447,9	289,9	317,3	9,5
Северо-Кавказский	170,4	28,0	31,7	13,2
Уральский	1818,5	597,3	687,8	15,2
Сибирский	5145,0	1321,1	1252,6	-5,2
Дальневосточный	6169,3	1848,1	1999,1	8,2
Российская Федерация в целом	17125,3	4260,3	4441,0	4,2

* Средние многолетние значения водных ресурсов рассчитаны за период 1930–1980 гг. для европейской и за период 1936–1980 гг. для азиатской территории России.

Таблица 1.10. Ресурсы речного стока по речным бассейнам

Речной бассейн	Площадь бассейна, тыс. км ²	Среднее многолетнее значение водных ресурсов*, км ³ /год	Водные ресурсы 2016 года, км ³ /год	Отклонение от среднего многолетнего значения, %
Северная Двина	357	101,0	97,4	-3,6
Печора	322	129,0	129,9	0,7
Волга	1360	238,0	264,6	11,2
Дон	422	25,5	13,9	-45,5
Кубань	57,9	13,9	12,9	-7,2
Терек	43,2	10,5	10,6	1,0
Обь	2990	405,0	460,4	13,7
Енисей	2580	635,0	535,6	-15,7
Лена	2490	537,0	642,1	19,6
Колыма	647	131,0	135,8	3,7
Амур	1855	378,0	425,7	12,6

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

Кубани несколько повысился до значений ниже нормы, соответственно, на 45,5% и 7,2% против 52,5% и 29,2% ниже нормы, имевших место годом раньше.

Водность в бассейне Терека была выше нормы на 1,0%, что прервало её плавное ежегодное снижение от значения несколько выше нормы, наблюдавшегося в 2010 году, до значения ниже нормы на 4,8% в 2015 году.

В бассейне одной из крупнейших рек Сибири – Оби – продолжалась фаза повышенной водности, начавшаяся в 2014 году. При этом водность значительно снизилась по сравнению не только с 2015 годом, когда она достигла максимума, но и с 2014 годом. В 2016 году сток Оби превышал норму на 13,7% против 33,2% в 2015 и 19,1% в 2014 годах.

В бассейнах двух других крупнейших сибирских рек – Енисея и Лены – продолжались противоположно направленные изменения водности – снижение и рост, начавшиеся в 2014 году.

В бассейне Енисея снижение было значительным (–15,7% против 8,0%), что привело к аномально низкой водности (ниже многолетнего минимума). В бассейне Лены рост водности был также значительным: превышение нормы составило 19,6% против 7,6% в 2015 году.

В бассейне Колымы интенсивное снижение стока реки, начавшееся в 2015 году после длительной фазы высокой водности, сменилось ростом стока от значения ниже нормы на 10,8% до превышающего норму на 3,7%.

В бассейне крупнейшей реки Дальнего Востока – Амура – продолжился рост водности, начавшийся в 2015 году с превышения нормы на 9,0%. В 2016 году превышение стока реки над нормой составило 12,6%.

Водные ресурсы субъектов Российской Федерации в 2016 году (табл. 1.11) также в большинстве случаев существенно отличались от средних многолетних значений и от значений, имевших место в 2015 году.

Таблица 1.11. Ресурсы речного стока по субъектам Российской Федерации

Субъекты федерации	Площадь территории, тыс. км ²	Среднее многолетнее значение водных ресурсов*, км ³ /год	Водные ресурсы 2016 года, км ³ /год	Отклонение от среднего многолетнего значения, %
<i>Северо-Западный федеральный округ</i>				
Республики:				
Карелия	180,5	56,0	61,4	9,6
Коми	416,8	164,8	168,9	2,5
Области:				
Архангельская, в том числе Ненецкий АО	589,9	387,2	369,7	–4,5
Вологодская	176,8	212,1	210,9	–0,6
Вологодская	144,5	47,7	49,6	4,0
Калининградская	15,1	22,7	22,5	–0,9
Ленинградская	83,9	89,2	90,5	1,5
Мурманская	144,9	65,7	76,4	16,3
Новгородская	54,5	21,4	24,1	12,6
Псковская	55,4	12,0	12,1	0,8
<i>Центральный федеральный округ</i>				
Области:				
Белгородская	27,1	2,7	2,4	–11,1
Брянская	34,9	7,3	4,9	–32,9
Владимирская	29,1	35,2	34,2	–2,8
Воронежская	52,2	13,7	12,1	–11,7
Ивановская	21,4	57,3	51,4	–10,3
Калужская	29,8	11,3	8,7	–23,0
Костромская	60,2	53,4	48,4	–9,4
Курская	30,0	3,8	3,0	–21,1
Липецкая	24,0	6,3	6,6	4,8
Московская	45,8	18,0	18,0	0,0
Орловская	24,7	4,1	3,6	–12,2
Рязанская	39,6	25,7	24,5	–4,7
Смоленская	49,8	13,7	10,2	–25,5
Тамбовская	34,5	4,1	4,8	17,1
Тверская	84,2	25,2	23,3	–7,5
Тульская	25,7	10,6	8,9	–16,0
Ярославская	36,2	35,8	29,1	–18,7

Продолжение табл. 1.11

Субъекты федерации	Площадь территории, тыс. км ²	Среднее многолетнее значение водных ресурсов*, км ³ /год	Водные ресурсы 2016 года, км ³ /год	Отклонение от среднего многолетнего значения, %
<i>Приволжский федеральный округ</i>				
Республики:				
Башкортостан	142,9	34,2	39,0	14,0
Марий Эл	23,4	110,4	109,5	-0,8
Мордовия	26,1	4,9	6,8	38,8
Татарстан	67,8	229,6	260,2	13,3
Удмуртская	42,1	63,3	77,2	22,0
Чувашская	18,3	119,0	126,9	6,6
Края:				
Пермский	160,2	56,0	67,1	19,8
Области:				
Кировская	120,4	40,0	53,8	34,5
Нижегородская	76,6	105,8	103,2	-2,5
Оренбургская	123,7	12,7	9,4	-26,0
Пензенская	43,4	5,6	7,2	28,6
Самарская	53,6	236,8	267,7	13,0
Саратовская	101,2	241,5	271,7	12,5
Ульяновская	37,2	231,2	263,5	14,0
<i>Южный федеральный округ</i>				
Республики:				
Адыгея	7,8	14,1	12,5	-11,3
Калмыкия	74,7	1,1	4,3	290,9
Крым	27,0	1,0	0,9	-10,0
Края:				
Краснодарский	75,5	23,0	24,0	4,3
Области:				
Астраханская	49,0	237,7	264,6	11,3
Волгоградская	112,9	258,6	282,4	9,2
Ростовская	101,0	26,1	13,3	-49,0
<i>Северо-Кавказский федеральный округ</i>				
Республики:				
Дагестан	50,3	20,7	23,0	11,1
Ингушетия	3,6	1,7	1,8	5,9
Кабардино-Балкария	12,5	7,5	8,1	8,0
Карачаево-Черкесская	14,3	6,1	6,9	13,1
Северная Осетия – Алания	8,0	8,0	7,9	-1,3
Чеченская	15,6	11,6	12,1	4,3
Края:				
Ставропольский	66,2	6,0	6,6	10,0
<i>Уральский федеральный округ</i>				
Области:				
Курганская	71,5	3,5	7,1	102,9
Свердловская	194,3	30,2	39,3	30,1
Тюменская, в том числе	1464,2	583,7	672,8	15,3
Ханты-Мансийский АО	534,8	380,8	432,8	13,7
Ямало-Ненецкий АО	769,3	581,3	667,6	14,8
Челябинская	88,5	7,4	9,2	24,3
<i>Сибирский федеральный округ</i>				
Республики:				
Алтай	92,9	34,0	43,0	26,5
Бурятия	351,3	97,1	86,7	-10,7
Тыва	168,6	45,5	54,5	19,8
Хакасия	61,6	97,7	109,4	12,0
Края:				
Алтайский	168,0	55,1	61,7	12,0
Забайкальский	431,9	75,6	81,6	7,9
Красноярский	2366,8	930,2	843,7	-9,3

Окончание табл. 1.11

Субъекты федерации	Площадь территории, тыс. км ²	Среднее многолетнее значение водных ресурсов *, км ³ /год	Водные ресурсы 2016 года, км ³ /год	Отклонение от среднего многолетнего значения, %
Области:				
Иркутская	774,8	309,5	271,6	-12,2
Кемеровская	95,7	43,2	40,0	-7,4
Новосибирская	177,8	64,3	70,3	9,3
Омская	141,1	41,3	57,4	39,0
Томская	314,4	182,3	172,2	-5,5
<i>Дальневосточный федеральный округ</i>				
Республики:				
Саха (Якутия)	3083,5	881,1	1011,0	14,7
Края:				
Камчатский	464,3	275,2	210,9	-23,4
Приморский	164,7	46,3	85,0	83,6
Хабаровский	787,6	491,2	576,3	17,3
Области:				
Амурская	361,9	170,6	206,5	21,0
Магаданская	462,5	124,9	129,7	3,8
Сахалинская	87,1	57,3	61,9	8,0
Автономные области:				
Еврейская	36,3	217,7	239,6	10,1
Автономные округа:				
Чукотский АО	721,5	194,6	197,6	1,5

* Средние многолетние значения водных ресурсов рассчитаны за период 1930–1980 гг. для европейской и за период 1936–1980 гг. для азиатской территории России.

В Северо-Западном федеральном округе водность рек Мурманской и Новгородской областей значительно превышала норму. Существенное превышение имело место также в Республике Карелии. В остальных субъектах федерации водность отличалась от нормы незначительно. Отличие в большую сторону наблюдалось в Республике Коми, в Вологодской, Ленинградской и Псковской областях. Отличие в меньшую сторону имело место в Архангельской области с Ненецким автономным округом и в Калининградской области.

По сравнению с 2015 годом в республиках Карелии и Коми, а также в Архангельской области произошло снижение водности, однако, в республиках сохранился её повышенный характер. В остальных субъектах федерации водность возросла. Резкий рост водности от 20,1% ниже нормы до 12,6% над нормой наблюдался в

Новгородской области. Не менее резкий её рост, но до значений, близких к норме, имел место в Калининградской и Псковской областях. Отклонения водности от нормы в них изменились, соответственно, от -33,5% до -0,9% и от -27,5% до 0,8%. Существенный прирост повышенной водности отмечался в Мурманской области. В Вологодской области рост водности от значения ниже нормы на 7,8% привел к изменению её характера: она превысила норму на 4,0%.

В основе формирования описанной картины водности на территории Архангельской области, Республики Коми, Ленинградской и Калининградской областей были падение стока Печоры (от аномально высокого значения до нормы) и повышение стока Северной Двины, Невы, Нарвы, а также Немана. Ситуация на территории Мурманской области определилась ростом стока практически всех рек Кольско-

Таблица 1.12. Изменение запасов воды крупнейших озёр Российской Федерации

Озеро	Средний многолетний запас воды, км ³	Средний многолетний уровень воды, м	Запасы воды, км ³		
			на 01.01.16	на 01.01.17	годовое изменение
Ладожское	911,00	5,10	888,60	900,60	12,00
Онежское	292,00	33,00	292,81	293,62	0,81
Байкал *	23 000,00	455,00			5,05
Ханка	18,30	68,90	22,22	22,18	-0,04

* 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.

го полуострова. Решающим обстоятельством, определившим водность Республики Карелии, стало снижение, а Вологодской, Новгородской и Псковской областей – рост стока большинства местных главных рек.

Запасы воды в Ладожском озере увеличились в 2016 году на 12,00 км³, а в Онежском – на 0,81 км³ (табл. 1.12).

В целом водность рек округа в 2016 году дополнительно приблизилась к норме. Её отклонение от нормы составило –0,6% против 2,8% в 2015 году.

В 2016 году во всех областях Центрального федерального округа имел место рост водности рек от значений намного ниже нормы, наблюдавшихся в 2015 году. Вследствие этого в Московской области водность сравнилась с нормой, а в Тамбовской и Липецкой областях превысила норму, причём в Тамбовской области превышение было значительным (17,1%). В остальных областях округа – Белгородской, Брянской, Владимирской, Воронежской, Ивановской, Калужской, Костромской, Курской, Липецкой, Орловской, Рязанской, Смоленской, Тверской, Тульской и Ярославской – водность хотя и осталась пониженной, но значительно возросла и соответственно приблизилась к норме. В наибольшей степени к норме приблизились водные ресурсы Владимирской, Рязанской и Тверской областей. Их отклонения от нормы в меньшую сторону составили, соответственно, 2,8%, 4,7% и 7,5% (против 27,6%, 28,8% и 42,1% в 2015 году). Наибольшее отклонение в меньшую сторону 32,9% имело место в Брянской области, однако, и в этом случае рост был значительным, поскольку в 2015 году оно составляло 54,8%.

В целом по округу водность рек была ниже нормы на 12,1% (против 35,4% в 2015 году).

Запасы воды в волжских водохранилищах округа – Иваньковском, Угличском и Рыбинском – увеличились в 2016 году на 2,68 км³, в основном за счёт Рыбинского водохранилища, где они повысились на 2,79 км³, а уровень повысился на 0,74 м.

Описанная ситуация определилась некоторым ростом стока рек Волги, Дона, Днепра, Западной Двины и их притоков, а также рек бассейна озера Ильмень в пределах территории округа. В результате сток в бассейне Дона в верхнем течении превысил норму. В других бассейнах он, несмотря на рост, остался ниже нормы, за исключением стока реки Цны (бассейн Волги, Тамбовская и Рязанская области).

В подавляющем большинстве субъектов федерации Приволжского федерального округа – в республиках Башкортостан, Мордовии, Татарстан, Удмуртской, Чувашской, в Пермском крае, в Кировской, Пензенской, Самарской, Ульянов-

ской и Саратовской областях – имела место повышенная водность. В Республике Марий Эл и в Нижегородской области водность была близка к норме. Только в Оренбургской области водность была ниже нормы. При этом во всех республиках, кроме Удмуртской, и во всех областях водность повысилась по сравнению с 2015 годом, что привело к изменению её характера в республиках Мордовии, Татарстан и Чувашской, а также в областях Пензенской, Самарской, Саратовской и Ульяновской. В Удмуртской Республике и в Пермском крае водность, наоборот, снизилась по сравнению с 2015 годом, однако, её повышенный характер сохранился.

По округу в целом водность рек в 2016 году была выше нормы на 9,2%. По сравнению с 2015 годом, когда она была ниже нормы на 6,7%, произошло существенное повышение водности с изменением её характера.

Распределение водных ресурсов всех субъектов федерации Приволжского федерального округа и направление их изменения определились начавшимся действием четырёх факторов. Первый – рост водности в бассейне Волги, результатом которого было превышение нормы стока Волги ниже устья Оки. Второй – снижение водности в бассейне Камы в верхнем и среднем течении, не изменившее повышенного характера водности в бассейне. Третий – рост стока рек бассейна Дона на территории округа, в том числе и до значений выше нормы. Наконец, четвёртый – рост водности в бассейне Урала с превышением нормы в верхнем течении в сочетании с масштабным использованием воды в среднем течении.

Запасы воды в водохранилищах Волжско-Камского каскада (Иваньковском, Угличском, Рыбинском, Горьковском, Чебоксарском, Куйбышевском, Камском, Воткинском, Саратовском, Волгоградском), расположенных в трёх федеральных округах, уменьшились в 2016 году на 15,18 км³. Запасы воды в Ириклинском водохранилище на реке Урал в 2016 году увеличились на 0,09 км³, а его уровень повысился на 0,39 м.

В Южном федеральном округе во всех субъектах федерации, кроме Республики Крым, имел место рост стока рек, причём за исключением Республики Калмыкии, – от весьма низких значений 2015 года. Результатом этого стало превышение нормы водности в Краснодарском крае, а также в Астраханской и Волгоградской областях. Другим результатом стало сохранение весьма высокой водности в Республике Калмыкии, пониженной водности в Республике Адыгее и весьма низкой в Ростовской области. В Республике Крым, напротив, наблюдалось резкое падение водности от весьма высокого значения 2015 года до значения ниже нормы на 10,0%.

В основе сложившейся ситуации лежит значительный рост стока Волги до значения, превышающего норму на 11,2%, существенный рост стока Кубани, приблизивший его к норме, но недостаточный для её превышения, а также незначительное повышение стока Дона, обусловившее продолжение фазы низкой водности.

В Республике Калмыкии водные ресурсы по-прежнему значительно превышали норму, что связано с сохранением повышенной водности рек Калауса и Кумы, вызванной не только естественными факторами, но и ростом объёмов переброски стока в эти реки.

В целом по округу отклонение водных ресурсов от среднего многолетнего значения составило 9,5% против –17,0% в 2015 году (с учётом Республики Крым).

Запасы воды в Краснодарском водохранилище увеличились на 0,46 км³, что привело к повышению уровня этого водоёма на 1,69 м. В Цимлянском водохранилище запасы воды в 2016 году увеличились на 3,81 км³, а его уровень повысился на 1,63 м.

Водность рек всех субъектов федерации Северо-Кавказского федерального округа, кроме Республики Северной Осетии – Алании, в 2016 году превышала норму, а в Северной Осетии – Алании была близка к норме. Эта картина водности значительно отличается от ситуации предыдущего года, когда превышение нормы наблюдалось только в Карачаево-Черкесской Республике, а в остальных субъектах федерации водность либо равнялась норме, либо не достигала её. Наиболее высокая водность, 13,1% сверх нормы имела место в Карачаево-Черкесской Республике. Близкие показатели водности наблюдались в Республике Дагестан и Ставропольском крае.

В целом по округу имело место повышение водности рек от близкого к норме значения 0,4% в 2015 году, до значения 13,2%.

Картину водности рек Северо-Кавказского федерального округа сформировали продолжавшийся рост стока рек в республиках Дагестан и Ингушетии и рост стока рек в остальных субъектах федерации округа, начавшийся после его снижения, отмеченного в 2015 году. Как и прежде, естественная картина распределения водных ресурсов в немалой степени нарушалась масштабной межбассейновой и внутрибассейновой переброской стока.

В Уральском федеральном округе водность рек всех субъектов федерации превышала норму. Наибольшее превышение 103% имело место в Курганской области, где произошёл резкий рост водности от значения ниже нормы на 2,9%, наблюдавшегося в 2015 году. В остальных областях наиболее значительное превышение (30,1%

и 24,3%) было отмечено в Свердловской и Челябинской областях. В Тюменской области с её автономными округами оно было существенно меньше. В этих трёх областях имело место снижение водности по сравнению с 2015 годом.

В целом по округу сохранилось весьма существенное превышение водности над нормой, составившее 15,2%, что, однако, значительно меньше, чем в 2015 году, когда оно составило 36,7%.

Сложившаяся ситуация была обусловлена двумя факторами. Во-первых, начавшимся снижением стока Оби и других рек бассейна Обской губы, а также рек бассейна Камы, протекающих по территории округа. Во-вторых, резким ростом стока в бассейнах Тобола, Иртыша и Урала, причём в бассейне Тобола до особо высоких значений, превысивших норму более чем на 100%.

В Сибирском федеральном округе наиболее высокая водность наблюдалась в Омской области и в Республике Алтай, где имел место резкий рост стока рек по сравнению с 2015 г., а в Омской области – и с 2014 годом. Превышение нормы в Омской области составило 39,0% против 22,8% в 2015 г. и –7,5% в 2014 году. Соответствующие показатели Республики Алтай составили 26,5%, 14,4% и 18,8%. Менее значительное превышение нормы водных ресурсов, от 7,9 до 19,8% было отмечено в республиках Тыва и Хакасии, в Алтайском и Забайкальском краях, а также в Новосибирской области. В остальных субъектах федерации – в Республике Бурятии, в Красноярском крае, в областях Иркутской, Кемеровской и Томской водность была ниже нормы на величину от 5,5% в Томской области до 12,2% в Иркутской области. При этом в республиках Алтай, Бурятия, Тыва, Алтайском крае, Иркутской, Омской и Новосибирской областях характер водности сохранился, а в Республике Хакасии, Забайкальском и Красноярском краях, Кемеровской и Томской областях сменился противоположным характером.

В целом по округу водность рек в 2016 году была ниже нормы на 5,2%, что, учитывая превышение нормы примерно на 10% в 2015 и в 2014 годах, означает изменение характера водности и начало новой, низководной фазы.

Годовое повышение запасов воды в Новосибирском водохранилище составило 0,46 км³. Запасы воды в озере Байкал повысились на 5,05 км³. Суммарное увеличение запасов воды в водохранилищах Ангара-Енисейского каскада составило 3,86 км³, в основном за счёт Красноярского водохранилища, запасы которого повысились на 4,01 км³, что вызвало повышение уровня в этом водохранилище на 2,35 м. Запасы Братского водохранилища повысились на 0,45 км³, а уровень – на 0,09 м. Запасы Саяно-

Шушенского водохранилища при этом, наоборот, понизились на $0,37 \text{ км}^3$, что вызвало понижение уровня на $0,91 \text{ м}$.

Распределение водных ресурсов Сибирского федерального округа по субъектам федерации определилось водностью в бассейнах Оби в верхнем и среднем течении, Иртыша в среднем течении, Енисея, Хатанги, а также Лены и Амура в верхнем течении. В бассейне Оби весьма высокая водность, отмеченная в верхнем течении, снижалась в направлении границы территории округа до значений, близких к норме и даже несколько ниже её по причине низкого стока большинства основных притоков. В бассейне Иртыша в пределах округа водность повсеместно значительно превышала норму. При этом водность Оби в верхнем течении и водность Иртыша превосходили показатели двух предыдущих лет. В бассейне Енисея, как и в бассейне Оби, водность, весьма высокая в верхнем течении (в пределах территории республик Тыва и Хакасия) и превысившая показатели двух предыдущих лет, снижалась в направлении устья. Причиной снижения был низкий сток всех основных притоков, а причиной аномально низкого стока в устье Енисея (ниже многолетнего минимума) был особо низкий сток крупнейшего из притоков – Ангары (ниже нормы на $24,2\%$), сохранившийся с 2015 года и обусловленный продолжающейся недостаточностью притока в озеро Байкал.

Сток Хатанги, хотя и продолжил снижение, начавшееся в 2014 году, по-прежнему несколько превышал норму. В бассейне Лены в пределах территории округа сток был ниже нормы и ниже значений 2015 года везде, кроме бассейнов Олёкмы и Чары, где имела место аномально высокая водность (выше многолетнего максимума). При этом водность Олёкмы сменила низкую водность, наблюдавшуюся в 2015 году, а водность Чары сохранила высокий показатель 2015 года. В бассейне Амура в пределах территории округа наблюдалось продолжение фазы низкой водности с наметившимся ростом стока ($-10,0\%$ против $-18,3\%$ в 2015 году).

Во всех субъектах федерации Дальневосточного федерального округа, кроме Камчатского края, в 2016 году водность рек была выше среднеемноголетнего значения. Наиболее значительное превышение $83,6\%$ имело место в Приморском крае. Превышение от $8,0$ до $20,0\%$ наблюдалось в Приамурье, в Сахалинской области и в Республике Саха (Якутии). В Магаданской области и в Чукотском автономном округе норма была превышена незначительно. В Кам-

чатском крае водность рек была намного ниже нормы. При этом водность в 2016 году повысилась по сравнению с 2015 годом на всей территории округа за исключением Сахалинской области и Камчатского края, где она снизилась.

В целом по округу водность рек составила $8,2\%$ выше нормы, то есть превысила показатель предыдущего года $4,2\%$.

Распределение водности в Дальневосточном федеральном округе и его годовое изменение складывались под влиянием двух факторов. Первый из них – начавшийся или продолжившийся рост стока в бассейнах всех основных рек материковой части округа, кроме протекающих западнее Лены (Анабар, Оленёк), в результате которого сток в подавляющем большинстве случаев превысил или дополнительно превысил норму. Второй фактор – продолжение снижения стока всех рек полуострова Камчатка от низких значений в 2014 году, и начало снижения стока всех рек острова Сахалин от весьма высоких значений 2015 года, в результате чего характер водности указанных территорий сохранился.

Запасы воды в озере Ханка понизились на $0,04 \text{ км}^3$, а в Зейском водохранилище – повысились на $10,97 \text{ км}^3$. Уровень воды в этом водохранилище повысился на $4,87 \text{ м}$.

Таким образом, водность рек на территории Российской Федерации в целом в 2016 году прервала свой плавный рост, но сохранила небольшое превышение нормы на $4,2\%$. По сравнению с 2015 годом она понизилась на $206,9 \text{ км}^3$.

Количество субъектов федерации с повышенной водностью рек составило 51 единицу против 29 единиц в 2015 году. Общая площадь территории этих субъектов федерации увеличилась и составила приблизительно $12,5 \text{ млн км}^2$.

Высокая или средняя водность сохранилась, дополнительно повысилась или пришла на смену низкой водности на северо-западе России, исключая территорию Архангельской области, но включая территорию Ненецкого автономного округа, на Среднем и Нижнем Поволжье, на Верхнем Дону, в горах и на равнинных территориях Северного Кавказа, кроме западной оконечности Главного Кавказского хребта, на Урале, за исключением крайнего юга, в Сибири, исключая Среднюю Сибирь, Прибайкалье и бассейн Индигирки, а также на Дальнем Востоке, кроме полуострова Камчатка.

На остальных территориях России преобладала низкая водность, сохранившаяся или пришедшая на смену повышенной водности, наблюдавшейся в 2015 году.

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 за загрязнением 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

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.



ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РЕЖИМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

- комплексность и систематичность наблюдений;
- согласованность сроков их проведения с характерными гидрологическими ситуациями и изменением метеорологических условий;
- определение показателей едиными методиками на всей территории страны.

с учетом состояния окружающей среды и других вопросов развития экономики.

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

В 2016 г. количественный состав государственной сети наблюдений следующий:

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводились в 243 городах Российской Федерации, на 678 станциях, из них регулярные наблюдения Росгидромета выполнялись в 223 городах на 620 станциях. Измеряются концентрации до 43 загрязняющих веществ.

Наблюдениями за загрязнением поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям охвачены 1192 водных объекта, (из них 1038 водотоков и 154 водоема), на которых находится 1828 пунктов, 2499 створов, 2822 вертикалей, 3240 горизонтов). Измеряются 102 показателя качества воды.

Наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши по гидробиологическим показателям



проводились в семи гидрографических районах Балтийском, Каспийском, Восточно-Сибирском, Карском, Тихоокеанском, Баренцевском и Азовском на 131 водном объекте России на 206 гидробиологических пунктах и 325 створах. Программа наблюдений включает от 2 до 6 показателей.

Наблюдения за загрязнением морской среды в 2016 году проводились на 243 станциях в прибрежных водах морей, омывающих территорию Российской Федерации.

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

Пунктами сети наблюдений за загрязнением почв пестицидами являются сельскохозяйственные угодья (поля), отдельные лесные массивы, зоны отдыха (парки, пионерлагеря, санатории, дома отдыха), прибрежные зоны, а также территории вблизи объектов хранения (склады) и места захоронения неликвидных пестицидов (полигоны). Отбор почв производится два раза в год (весной и осенью) на территориях 38 субъектов РФ в 481 пункте. В отобранных пробах определяется 20 наименований пестицидов и их метаболитов.

Для оценки загрязнения почв токсикантами промышленного происхождения один раз в 5 лет проводится отбор проб в 101 городе; в 2016 году проведён отбор проб в районах 37 населенных пунктов (930 проб). В отобранных пробах определяется более 45 ингредиентов промышленного происхождения.

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

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

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

Наблюдения за загрязнением снежного покрова на территории России в 2016 году осуществлялись на 528 пунктах. В пробах определяются от 6 основных ионов и значения pH.

Система фоновой 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 фоновой мониторинга (СКФМ), которые расположены в биосферных заповедниках: Воронежском, Приокско-Тerrasном, Астраханском, Кавказском и Алтайском.

Наблюдения за радиационной обстановкой окружающей среды на стационарной сети осуществлялись на 1277 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) парниковых газов (ПГ), не регулируемых Монреальским протоколом, на территории Российской Федерации получены методами расчетного мониторинга.

Методической основой выполнения оценок служили руководящие документы Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) по проведению националь-

ных инвентаризаций парниковых газов, одобренные Совещанием Сторон Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН). 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 к абсорбции ПГ. Основной объем исходной информации для расчетов по РФ получен из материалов экономической, земельной, лесной и других видов статистики. В настоящий

Таблица 2.1. Выбросы парниковых газов по секторам МГЭИК

Сектор	Выбросы, млн т CO ₂ -экв.				
	2011	2012	2013	2014	2015
Энергетика	2226,9	2246,3	2188,9	2188,4	2194,2
Промышленные процессы и использование продукции	206,6	213,8	214,1	213,5	209,7
Сельское хозяйство	130,6	136,8	131,3	132,5	132,1
Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство*	-602,6	-560,4	-554,7	-569,8	-518,5
Отходы	99,4	102,6	106,0	109,6	114,9
Всего, без учета землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства	2663,8	2699,4	2640,4	2644,0	2651,0
Всего, с учетом землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства	2061,2	2139,0	2085,7	2074,2	2132,5

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

Обзор включены оценки за 2015 г., полученные впервые, а также ранее выполненные оценки за период 2011–2014 гг., частично подвергнутые пересмотру и уточнению согласно требованиям РКИК ООН и рекомендациям МГЭИК. Практику ретроспективного пересмотра всего ряда оценок планируется продолжать и в дальнейшем. Выбросы и поглощение парниковых газов по секторам¹ представлены в табл. 2.1 (значения в таблице приводятся с округлением).

Основными драйверами изменения выбросов в Российской Федерации являются общие тенденции развития национальной экономики (интегральным показателем которых является изменение ВВП), динамика общей эффективности экономики и, главным образом, энергоэффективности, изменения в структуре ВВП, изменения в структуре топливного баланса. Определенный вклад в изменение выбросов вносят общий тренд и межгодовые колебания температуры воздуха на территории РФ, и связанные с этими факторами изменения энергопотребления. По сравнению с 1990 годом – базовым годом РКИК ООН, совокупные выбросы значительно снизились (на 45,7% с учетом сектора ЗИЗЛХ, и на 29,6% – без его учета).

В 2015 г. совокупный выброс без учета сектора ЗИЗЛХ сохранился практически неизменным по отношению к предыдущему году (увеличение на 0,3% при сокращении ВВП в Российской Федерации на 2,8%). Сектор ЗИЗЛХ, в котором поглощение парниковых газов из атмосферы (происходящее в форме поглощения CO₂ расте-

ниями) превалирует над выбросами, оставался значительным нетто-поглотителем парниковых газов, компенсируя около 20% выбросов, происходивших в остальных секторах.

В табл. 2.2 представлены данные по вкладу секторов МГЭИК в совокупный выброс парниковых газов. Распределение выбросов по секторам за период с 2011 г. не претерпело существенных изменений. Доминирующую роль продолжает играть играет энергетический сектор. Увеличился вклад сельского хозяйства и промышленности. Выбросы, связанные с отходами, демонстрируют постоянный рост, вследствие чего доля этого сектора в совокупном выбросе заметно увеличилась.

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

Год	Сектор				Всего
	Энергетика	Промышленные процессы и использование продукции	Сельское хозяйство	Отходы	
2011	83,6	7,8	4,9	3,7	100,0
2015	82,8	7,9	5,0	4,3	100,0

2.2.2. Содержание CO₂ и CH₄ 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. Характеристики станций приведены в табл. 2.3. Станция Териберка (Кольский полуостров, побережье Баренцева моря) и станция Тикси (Арктическое побережье, море Лаптевых, залив Сого) расположены в условиях, близких к фоновым. Станция Новый Порт (полуостров Ямал, берег Обской губы) и Воейково (пригород Санкт-Петербурга) находятся в районах крупномасштаб-

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 сжигания всех видов ископаемого топлива, независимо от того в каких отраслях экономики и в каких процессах это сжигание происходит. К энергетике также относятся летучие (фугитивные) выбросы: технологические выбросы, утечки и потери в атмосферу топливных продуктов в газообразной форме.

Таблица 2.3. Станции наблюдений за парниковыми газами ГГО

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

Таблица 2.4. Среднегодовые значения и межгодовой рост (Δ) концентрации CH₄ и CO₂

Год	Териберка				Тикси			
	CH ₄ , млрд ⁻¹	Δ CH ₄ , млрд ⁻¹	CO ₂ , млн ⁻¹	Δ CO ₂ , млн ⁻¹	CH ₄ , млрд ⁻¹	Δ CH ₄ , млрд ⁻¹	CO ₂ , млн ⁻¹	Δ CO ₂ , млн ⁻¹
2006	1871,3	0,5	384,8	3,1				
2007	1877,3	6,0	385,0	0,3				
2008	1894,9	17,6	388,1	3,1				
2009	1905,0	10,1	390,1	2,1				
2010	1906,1	1,1	392,3	2,1				
2011	1906,8	0,8	394,1	1,8	1913,2		394,2	
2012	1910,8	4,0	396,4	2,4	1910,2	-3,0	396,0	1,8
2013	1908,4	-2,4	398,6	2,2	1915,7	5,5	399,1	3,0
2014	1914,1	5,7	400,4	1,7	1931,4	15,7	400,6	1,5
2015	1925,0	10,9	401,8	1,4	1940,7	9,3	403,0	2,4
2016	1948,4	23,4	405,5	3,7	1945,9	5,2	406,1	3,1

ных антропогенных источников парниковых газов. Для сравнения привлечены данные станции Барроу, расположенной в том же широтном поясе (71,32° с.ш., 156,6° з.д.). В Мировой центр данных ВМО по парниковым газам (WDCGG) данные этой станции представляет Национальная Администрация по Океану и Атмосфере США (NOAA ESRL GMD).

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

Результаты измерений на двух фоновых станциях (Териберка и Тикси) за последние 11 лет приведены в табл. 2.4. Изменения концентрации парниковых газов для рассматриваемых станций от года к году показаны на рис. 2.1 и 2.2 в сравнении с данными станции Барроу.

Рост концентрации CO₂ в атмосфере продолжается. В 2016 г. среднегодовое значение CO₂ на арктических фоновых станциях РФ превысило 405 млн⁻¹, а среднемесячные значения в период сезонного максимума были более 410 млн⁻¹. Среднегодовые концентрации CO₂ на двух рассматриваемых станциях близки, их небольшие расхождения могут быть связаны с меньшим периодом действия стока CO₂ за счет растительности на станции Тикси и различным влиянием антропогенной эмиссии на станции Териберка из-за изменения статистики переноса воздушных масс с территории Европы. Характеристики долговременной изменчивости, оцененные по данным станции Териберка, имеющей са-

мый длинный ряд наблюдений (более 25 лет), изменились мало. За последний десятилетний период концентрация CO₂ увеличилась на 5,4% (21 млн⁻¹).

В 2016 г. продолжился рост концентрации CH₄, начавшийся в арктических широтах РФ в 2014 г. и особенно отчетливо проявившийся на станции Тикси. В 2016 г. произошло резкое увеличение концентрации метана на станции Териберка, в то время как темпы роста CH₄ на станции Тикси замедлились. В результате среднегодовые значения концентрации метана на двух станциях оказались практически равными. Концентрация CH₄ за десятилетний период изменилась на 4,1% (77 млрд⁻¹). Возрастание концентрации метана в 2016 г. на станции Териберка (24 млрд⁻¹) существенно превысило среднеглобальное значение за десятилетний период (6 млрд⁻¹ в год).

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

Станция Новый Порт расположена на побережье Обской губы на расстоянии 80–250 км от крупнейших в РФ месторождений природного газа. Данные измерений на этой станции отражают влияние техногенных выбросов ПГ на месторождения природного газа и нефти в Западной Сибири и приводят к существенному превышению концентрации метана над фоновым уровнем, а также к повышенному

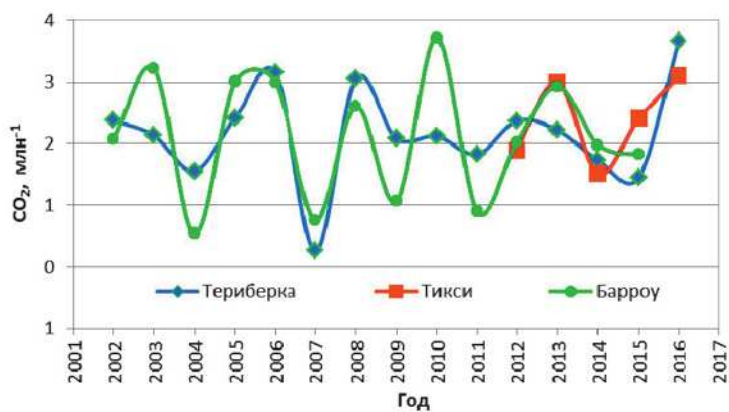
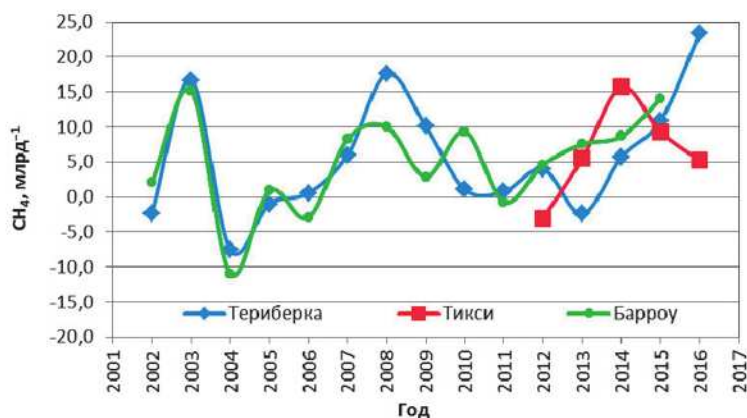
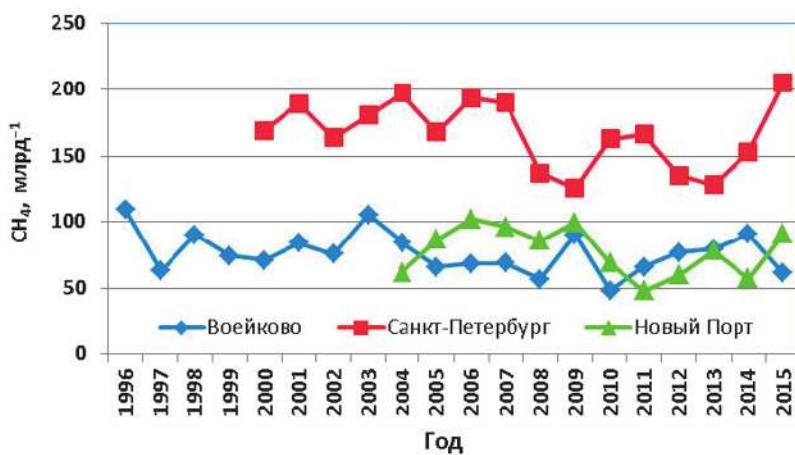
Рис. 2.1. Межгодовые изменения концентрации CO₂Рис. 2.2. Межгодовые изменения концентрации CH₄Рис. 2.3. Среднегодовое превышение концентрации CH₄ над фоновым уровнем

Таблица 2.5. Превышение концентрации парниковых газов над фоновым уровнем

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

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

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

2.3. Оценка состояния и загрязнения атмосферы

2.3.1. Оптическая плотность и прозрачность атмосферы

Интегральная оптическая плотность (синонимы – толщина, толща) атмосферы (ОПА) связана с интегральной прозрачностью атмосферы соотношением

$$\text{ОПА} = -0,5 \ln(S_{\text{г,30}}/S_0) = -\ln P_2. \quad (1)$$

Здесь $S_{\text{г,30}}$ – 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 $\Delta\lambda = 0,3\text{--}4 \text{ мкм}$ при оптической массе $m = 2$ (т.е. при высоте солнца 30°). ОПА дает возможность получить косвенную оценку аэрозольного ослабления в атмосфере, поскольку, в указанном диапазоне λ вариации ОПА определяются главным образом содержанием в атмосфере аэрозоля и водяного пара. Именно поэтому в теплое время года из-за увеличения влагосодержания и турбулентного обмена в атмосфере значения ОПА выше, чем в холодный период.

В табл. 2.6 представлены районы расположения и координаты станций фонового мони-

торинга, на которых проводятся наблюдения за ОПА и прозрачностью атмосферы.

Средние за 2016 г. значения P_2 и ОПА для региональных станций фонового мониторинга и трех парных им городов в сравнении со значениями 2015 года приводятся в таблице 2.7. Поскольку ОПА более чувствительна к изменению прозрачности атмосферы (см. формулу 1) по сравнению с P_2 , то для получения наиболее наглядного представления о произошедших изменениях в состоянии замутнения атмосферы в дальнейшем будет рассматриваться именно параметр ОПА.

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

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

Наибольший рост ОПА отмечен в Республике Коми, на станции Усть-Вымь (17,7%) и на парной ей городской станции Сыктывкар* (14,8%), причем среднегодовые значения ОПА

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	65,8	87,9
Усть-Вымь	Республика Коми	62,2	50,4
Сыктывкар*	Республика Коми	61,7	50,8
Воейково	Ленинградская обл.	60,0	30,7
Памятное	Курганская обл.	56,0	65,7
Курган*	Курганская обл.	55,5	65,4
Хужир	Иркутская обл., о-в Ольхон (оз. Байкал)	53,2	107,3
Иркутск*	Иркутская обл.	52,2	104,3
Шаджатмаз	Карачаево-Черкесская Республика	43,7	42,7
О-в Диксон**	Красноярский край (Арктика)	73,5	80,3

Примечания к табл. 2.6 и 2.7:

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

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

Таблица 2.7. Среднегодовые значения ОПА и стандартные отклонения ($\pm\sigma$) средних месячных значений ОПА от среднего за год на станциях фоновых мониторинга в 2016 и 2015 годах, а также изменения ОПА (Δ %) в 2016 г. по сравнению с 2015 г.

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

на обеих станциях практически не отличались. На остальных станциях фоновых мониторинга изменения среднегодовых значений ОПА не превосходили $\pm 9,3\%$. Из городских станций самое высокое замутнение наблюдалось на станции Курган* (0,276), парной фоновой станции Памятное.

Представление об изменении ОПА в 2016 г. по сравнению с многолетней нормой, дает рис. 2.4, на котором приведены нормированные аномалии ОПА(%) для 2016 года.

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

Как видно из рис. 2.4, среднегодовые значения ОПА в 2016 году по сравнению с 30-летней нормой были понижены на шести станциях: Туруханск (–7,3%), Воейково (–10,6%), Курган* (–1,4%), Хужир (–10,4%), Иркутск* (–12,4%) и Шаджатмаз (–11,0%). Среднегодовые значения

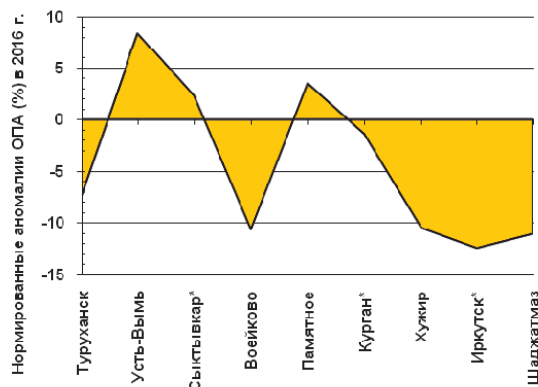


Рис. 2.4. Нормированные аномалии ОПА(%) в 2016 году по сравнению с 30-летней нормой

ОПА были повышены на трех станциях: Усть-Вымь (8,4%), Сыктывкар* (2,3%) и Памятное (3,5%). Таким образом, на большинстве станций степень замутнения атмосферы в 2016 году понизилась относительно многолетней нормы.

О внутригодовых изменениях ОПА на станциях фоновых мониторинга в 2016 году дает представление рис. 2.5, а, б, в, г.

Классический годовой ход ОПА с максимумом замутнения летом и минимумом зимой и с постоянным превышением городского загрязнения над фоновым в течение всего наблюдательного периода имел место только на паре станций Хужир – Иркутск* (рис. 2.5, в). На городской станции Сыктывкар*, парной фоновой станции Усть-Вымь, загрязнение с февраля по май было ниже, чем на региональной станции (рис. 2.5, а). Максимальные значения ОПА на станции Усть-Вымь пришлось на июль, на станции Сыктывкар* – на август. На станциях Памятное и Курган* (рис. 2.5, б), расположенных в степной зоне, среднемесячные значения ОПА также были близки по величине. Максимальные различия отмечались в июле, когда в Кургане было зарегистрировано самое высокое среднемесячное значение ОПА из всех рассматриваемых станций (ОПА = 0,375). Особенности загрязнения на каждой станции определяются целым комплексом причин: траекториями прохождения воздушных масс с определенной степенью загрязнения, расположением станции по отношению к набегающему потоку, метеорологическими условиями в районе станции, а также влиянием локальных источников загрязнения.

Из непарных фоновых станций (рис. 2.5, г) наиболее высокая замутненность атмосферы по-прежнему сохранялась на станции Воейково, расположенной в 12 км к востоку от Санкт-Петербурга, резко выраженный летний максимум на ней пришелся на июль. Среднемесячные значения ОПА на сибирской станции Туруханск в 2016 году мало менялись в течение года и не

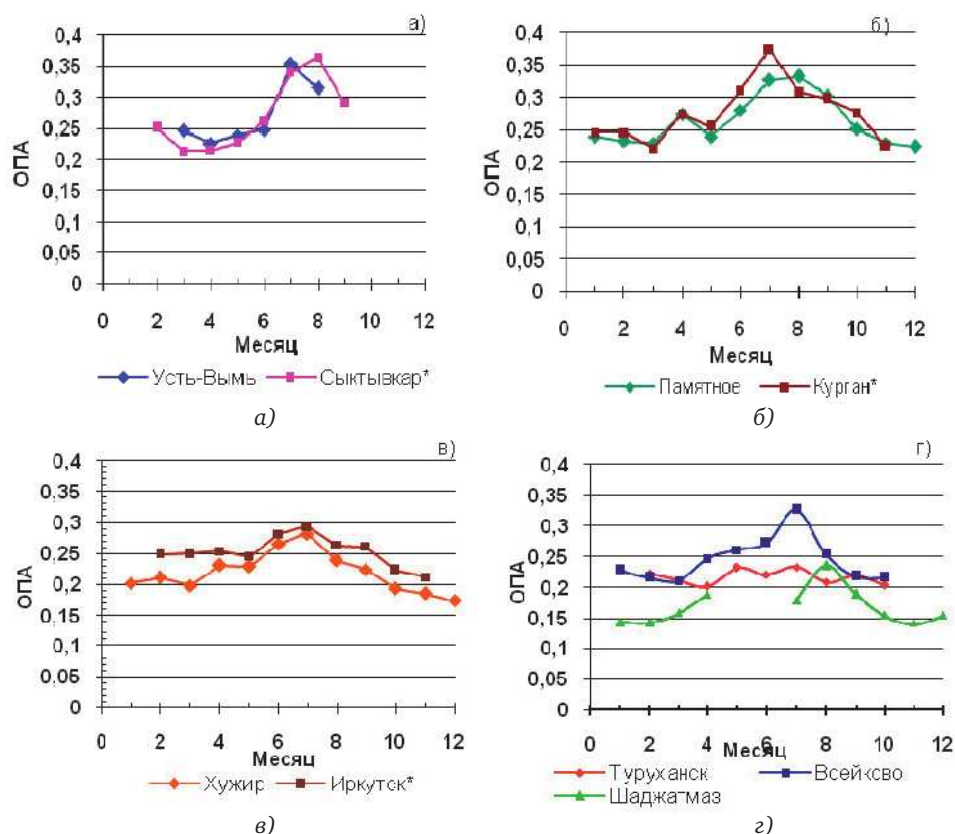


Рис. 2.5. Годовой ход ОПА на станциях фонового мониторинга в 2016 г.

выходили за пределы интервала $0,2 \div 0,25$. На станции Шаджатмаз из-за отсутствия подходящих для измерений погодных условий не было наблюдений в мае и июне, а в августе был зарегистрирован неожиданно высокий летний максимум ОПА, во время которого среднемесячное значение ОПА по величине приблизилось к аналогичному значению для пригородной станции Воейково.

О многолетней изменчивости оптической плотности атмосферы на станциях фонового мониторинга позволяет судить рис. 2.6, а,б,в,г. На нем показано изменение в процентах нормированных аномалий ОПА на всех фоновых станциях с начала 1970-х годов и по 2016 г. включительно.

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

В середине 1990 годов в результате самоочищения атмосферы начался рост прозрачности, падение ОПА и постепенный переход нормиро-

ванных аномалий ОПА в область отрицательных значений, чему способствовало и сокращение промышленной активности в постперестроечные годы.

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

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 станции Воейково (В) и в ОГМС Иркутск (И). Также представлены данные измерений V' в ОГМС Верхнее Дуброво (ВД) в окрестностях Екатеринбурга и на аэрологической станции в Южно-Сахалинске (ЮС). Общая продолжительность измерений в Воейково составила 67 лет, в Иркутске – 57 лет, в Верхнем Дуброво – 59 лет, в Южно-Сахалинске – 48 лет. Датчики измерителей V' , $L+$ и $L-$ установлены в пределах одного–трех метров от земли. Наблюдения в Во-

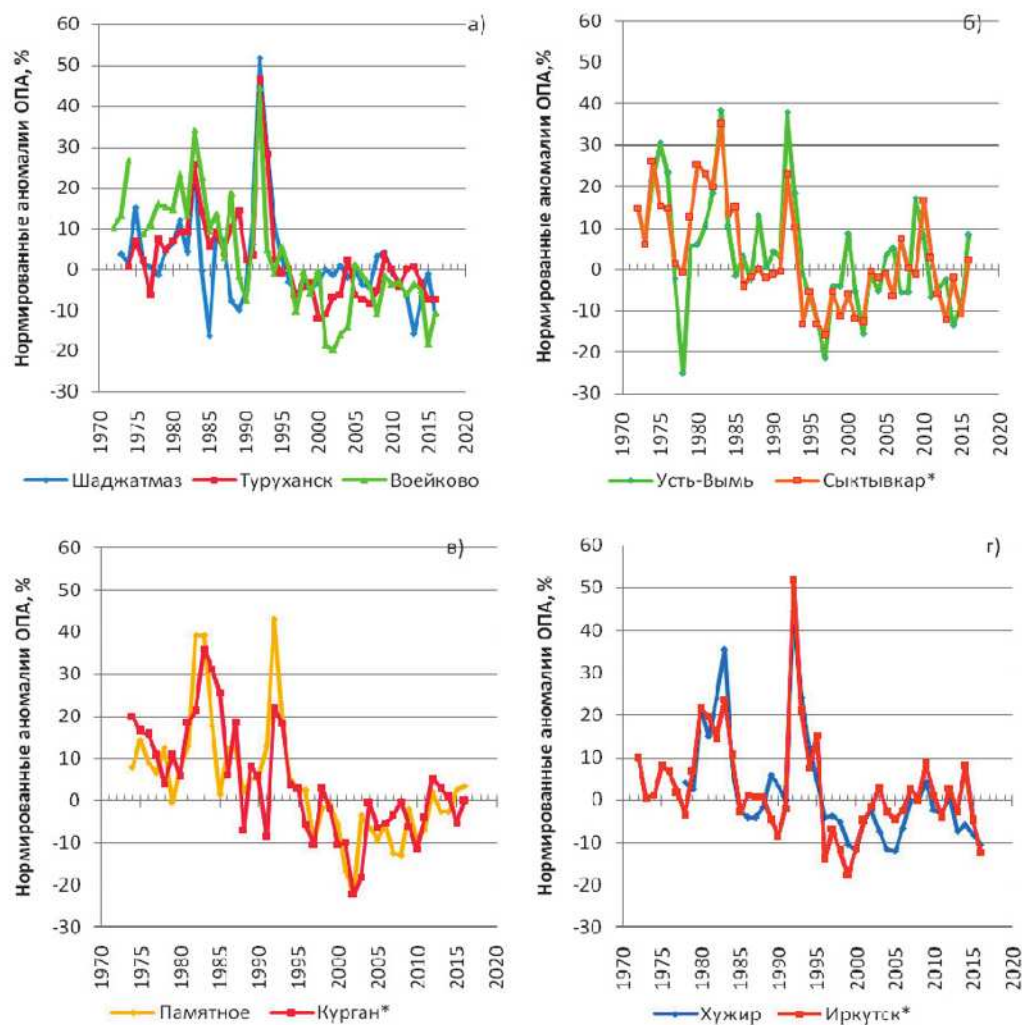


Рис. 2.6. Межгодовая изменчивость нормированных аномалий ОПА (%) на станциях фонового мониторинга атмосферы

ейково, Иркутске и Верхнем Дуброво включены в программу комплексного фонового мониторинга атмосферы с 1980 г.

Измерения градиента потенциала V' проводились на всех станциях. Обобщенные по сезонам результаты измерений V' за 2010–2016 гг. приведены в таблице 2.8. Измерения удельных полярных электрических проводимостей воздуха L_+ и L_- выполнялись на протяжении 2016 г. в Воейково и Иркутске и Верхнем Дуброво. В табл. 2.9 приведены обобщенные по сезонам результаты измерений удельной суммарной электрической проводимости воздуха L_s на станциях Воейково и Иркутск за 2010–2016 гг. и на станции Верхнее Дуброво за 2015–2016 гг. В скобках указаны минимальные и максимальные среднемесячные значения измеряемых величин за сезон и год. Средние за сезон значения, полученные по данным за 2 месяца, отмечены буквой «Н» (неполные).

На рис. 2.7 представлен годовой ход V' по всем станциям сети за 2016 г. на фоне осреднен-

ного годового хода V' за предшествующий период (2010–2015 гг.). На рис. 2.8 в такой же форме показан годовой ход L_s по станциям Воейково и Иркутск.

Из рис. 2.7 следует, что на станции Верхнее Дуброво во все месяцы 2016 года, за исключением января, марта и октября среднемесячные значения V' были ниже по сравнению с аналогичными средними значениями за 2010–2015 гг.

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

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

Таблица 2.8. Сезонные (V'_c), среднегодовые (V'_r) и среднемесячные минимальные и максимальные (в скобках) значения V' (даВ/м) за 2010–2016 гг. на станциях Верхнее Дуброво (ВД), Воейково (В), Иркутск (И), Южно-Сахалинск (ЮС)

Станция	Год	$V'_c, (V'_c)$				$V'_r, (V'_r)$
		Зима	Весна	Лето	Осень	
ВД	2016	16 (14, 19)	12 (9, 18)	9 (7, 10)	11 (10, 12)	12 (7, 19)
	2015	17 (16, 17)	15 (13, 18)	9 (9, 10)	11 (5, 17)	13 (5, 18)
	2014	14 (12, 16)	15 (10, 22)	10 (7, 13)	13 (12, 14)	13 (7, 22)
	2013	14 (13, 16)	12 (11, 14)	10 (10, 10)	12 (8, 17)	12 (8, 17)
	2012	18 (16, 21)	12 (12, 12)	12 (12, 12)	13 (10, 15) Н	14 (10, 21)
	2011	23 (21, 26)	13 (8, 18)	10 (9, 11)	14 (11, 19)	15 (8, 26)
	2010	24 (23, 25)	17 (14, 20)	14 (12, 15)	21 (16, 29)	18 (12, 29)
В	2016	12 (10, 17)	9 (8, 12)	9 (9, 10)	6 (5, 10)	10 (5, 17)
	2015	12 (11, 12)	10 (8, 10)	9 (8, 10)	11 (9, 13)	10 (8, 13)
	2014	10 (7, 13)	10 (6, 14)	11 (9, 12)	14 (13, 15)	11 (6, 15)
	2013	9 (9, 9)	11 (9, 15)	8 (7, 10)	8 (6, 10)	9 (6, 15)
	2012	9 (6, 13)	11 (10, 13)	8 (7, 9)	8 (7, 10)	10 (6, 13)
	2011	14 (12, 17)	10 (6, 13)	8 (7, 8) Н	10 (8, 12) Н	10 (6, 17)
	2010	12 (12, 14)	10 (9, 12)	9 (4, 12)	10 (7, 15)	10 (4, 15)
И	2016	9 (8, 10)	9 (8, 10)	7 (6, 9)	9 (9, 10)	9 (6, 10)
	2015	10 (9, 11)	8 (6, 10)	6 (6, 6)	8 (5, 10)	8 (5, 11)
	2014	11 (10, 12)	9 (8, 11)	7 (6, 8)	9 (7, 10)	9 (6, 12)
	2013	12 (10, 13)	9 (7, 10)	6 (5, 6)	8 (6, 10)	9 (6, 13)
	2012	10 (7, 12)	10 (9, 12)	6 (6, 7)	9 (7, 11)	9 (6, 12)
	2011	14 (13, 15)	11 (8, 13)	6 (5, 7)	9 (8, 10)	10 (5, 15)
	2010	16 (15, 17)	11 (7, 15)	6 (5, 6)	10 (9, 12)	11 (5, 17)
ЮС	2016	31 (27, 33)	20 (11, 29)	11 (9, 12)	17 (14, 21)	21 (9, 33)
	2015	38 (34, 42)	17 (9, 24)	9 (7, 10)	12 (9, 15)	19 (7, 42)
	2014	36 (33, 38)	20 (11, 28)	9 (8, 11)	17 (15, 20)	21 (8, 38)
	2013	34 (32, 35)	23 (19, 27)	13 (12, 14)	17 (14, 19)	22 (12, 35)
	2012	34 (24, 40)	22 (14, 30) Н	11 (10, 12) Н	18 (14, 25)	21 (10, 40)
	2011	24 (21, 26)	18 (20, 15)	12 (11, 13)	20 (14, 26)	18 (11, 26)
	2010	33 (28, 41)	18 (10, 25)	8 (7, 8)	16 (12, 20)	19 (7, 41)

Таблица 2.9. Сезонные (L_c) и среднегодовые (L_r) значения удельной суммарной электрической проводимости воздуха (фСм/м), минимальные и максимальные среднемесячные значения суммарной электрической проводимости L_s (в скобках) на станциях Воейково (В), Иркутск (И) (2010–2016 гг.) и Верхнее Дуброво (ВД) (2015–2016 гг.)

Станция	Год	$L_c, (L_s)$				$L_r, (L_s)$
		Зима	Весна	Лето	Осень	
В	2016	14 (11, 18)	17 (15, 19)	16 (14, 18)	18 (17, 20)	16 (11, 20)
	2015	16 (12, 18)	18 (16, 20)	18 (16, 20)	20 (18, 20)	18 (12, 20)
	2014	20 (19, 21)	22 (22, 23)	24 (22, 26)	19 (16, 22)	21 (16, 26)
	2013	18 (18, 19)	20 (19, 21)	24 (22, 26)	22 (20, 24)	21 (18, 26)
	2012	21 (17, 23)	21 (19, 23)	22 (19, 25)	21 (20, 22)	21 (17, 25)
	2011	18 (14, 23)	20 (15, 24)	24 (23, 24) Н	23 (22, 23) Н	21 (14, 24)
	2010	18 (16, 22)	18 (15, 22)	21 (20, 21) Н	25 (22, 28)	21 (15, 28)
И	2016	15 (13, 17)	20 (19, 22)	18 (17, 21)	19 (19, 21)	18 (13, 22)
	2015	25 (22, 27)	24 (22, 27)	16 (14, 19)	22 (18, 26)	22 (14, 27)
	2014	17 (15, 20)	18 (18, 19)	26 (26, 27)	23 (21, 26)	21 (15, 27)
	2013	16 (14, 18)	19 (18, 22)	21 (20, 21)	23 (23, 24)	20 (14, 24)
	2012	14 (14, 14)	16 (14, 17)	17 (15, 20)	18 (16, 20)	16 (14, 20)
	2011	16 (16, 17)	17 (15, 19)	18 (13, 24)	19 (17, 21)	18 (13, 24)
	2010	20 (15, 23)	18 (15, 20)	23 (22, 24)	22 (21, 23)	21 (15, 24)
ВД	2016	19 (Н)	17 (Н)	16 (16, 16)	18 (14, 19)	17 (14, 19)
	2015	17 (17, 17)	16 (15, 17)	17 (16, 18)	17 (14, 19)	17 (14, 19)

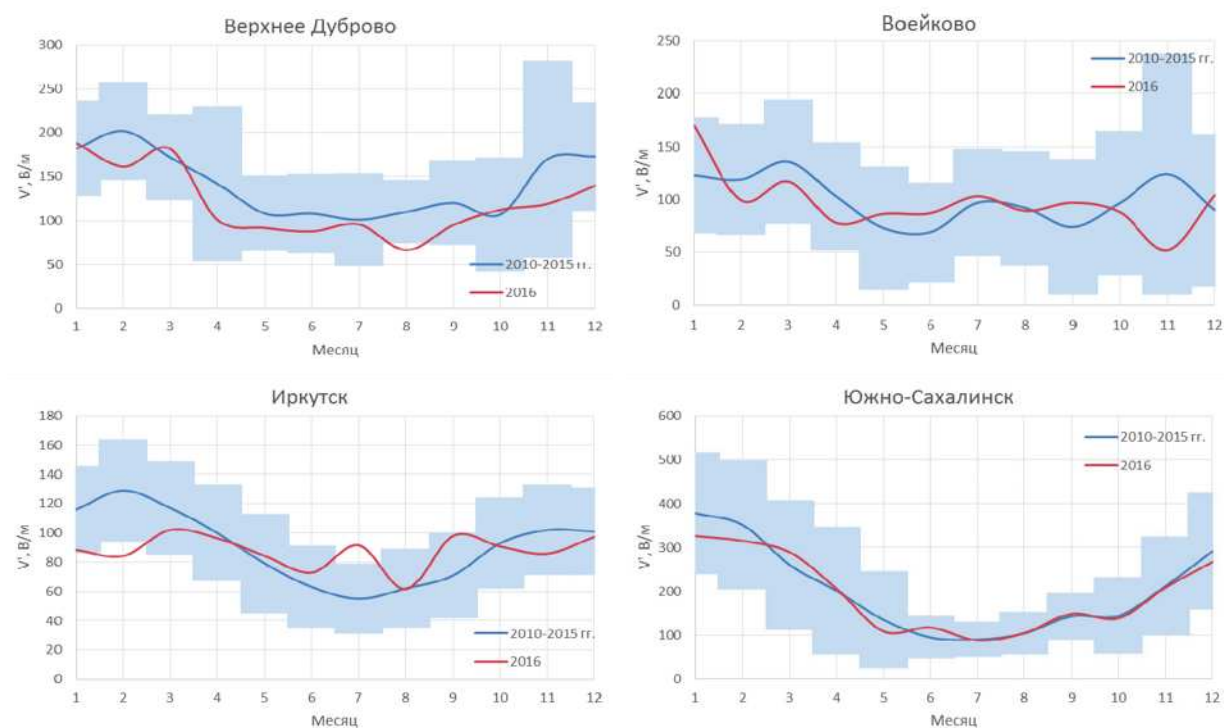


Рис. 2.7. Годовой ход V' по станциям атмосферно-электрической сети в 2016 г. на фоне осредненного годового хода V' за период 2010–2015 гг. Цветным фоном обозначены границы стандартного отклонения от среднего значения за 2010–2015 гг.

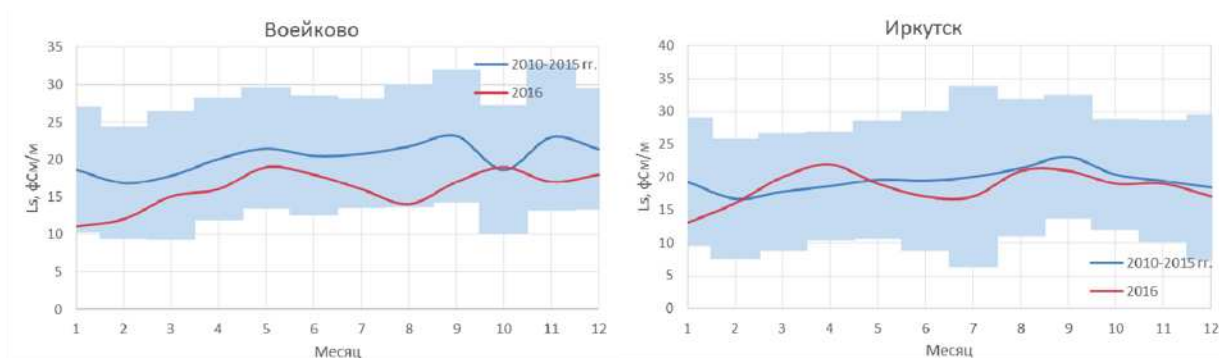


Рис. 2.8. Годовой ход L_s по станциям Воейково и Иркутск в 2016 г. на фоне осредненного годового хода L_s за период 2010–2015 гг. Цветным фоном обозначены границы стандартного отклонения от среднего значения за 2010–2015 гг.

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

2.3.3. Состояние озонового слоя над Россией и прилегающими территориями

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

ОСО является важнейшей характеристикой

озонового слоя, которая определяет поглощение ультрафиолетового (УФ) излучения Солнца в области длин волн 290–315 нм (так называемая УФ-Б область). Количественно ОСО выражают приведенной толщиной слоя озона, которая получилась бы, если бы весь содержащийся в атмосфере озон привести к нормальному давлению и температуре 0 °С. В среднем по земному шару, а также над Европейской территорией России она составляет около 3 мм, но может изменяться от 1 мм (в Антарктиде в период весенней озоновой аномалии) до 6 мм (в конце зимы – начале весны над Дальним Востоком). ОСО измеряют в так называемых единицах Добсона (ед.Д.); приведенная толщина слоя озона 3 мм соответствует 300 ед.Д.

В целом за 2016 г. поле отклонений среднегодовых значений ОСО от нормы (рис. 2.9) достаточно ровное. Отклонения среднегодовых значений ОСО от нормы для всех анализируемых станций находятся в интервале от -9 (Тура) до $+2\%$ (Магадан-Нагаево).

Особенностью 2016 г. стало появление первой в истории наблюдений озоновой «мини-дыры» (территории, на которой значения ОСО меньше 220 ед. Д.) над севером Урала и Сибири (рис. 2.10) в первой половине года. Озоновая «мини-дыра» существовала 5 суток и в максимуме достигала площади до 3 млн. км². К возникновению «мини-дыры» привел необычно интенсивный и холодный циркумполярный вихрь зимы 2015–2016 г. По некоторым оценкам, химические потери озона в зимне-весенний период в начале 2016 г. составили около 27%, что является третьим результатом после потерь 2011 г. (38%) и 1996 г. (30%). В связи с неопределенностью дальнейших изменений температур в стратосфере и объема полярных стратосферных облаков в будущем над Арктикой не исключено возникновение более крупных озоновых аномалий в зимне-весенний период.

Согласно наблюдениям прошлых лет, наибо-

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

Долговременные изменения ОСО над территорией России иллюстрируются ходом среднегодовых и среднемартовских значений в отдельных пунктах наблюдений (рис. 2.11). Практически на всех российских станциях различия среднемесячных ОСО в 2016 г. и предыдущем году находились в пределах погрешностей измерений. В целом, по данным наземных станций озонометрической сети и спутниковым данным, можно констатировать, что после заметного понижения ОСО в период 1979–1996 гг., вызванного, по-видимому, увеличением содержания хлорфторуглеродов в стратосфере и извержением вулкана Пинатубо в 1991 г., в последние полтора десятилетия над умеренными широтами Северного полушария четко выраженных однонаправленных долговременных изменений

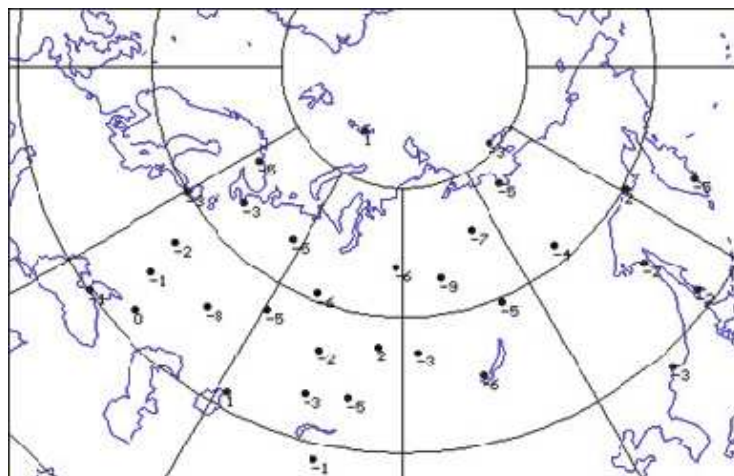


Рис. 2.9. Поле отклонений (%) общего содержания озона в целом за 2016 г. от нормы по данным озонометрической сети СНГ

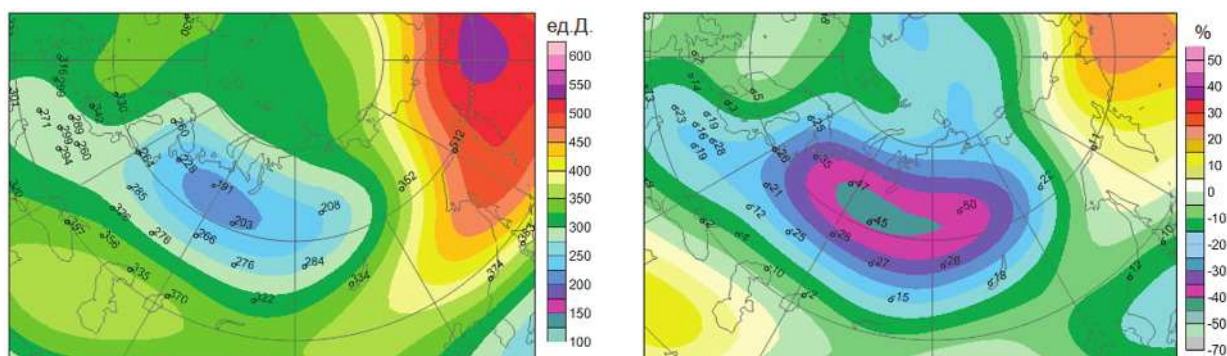


Рис. 2.10. Поле общего содержания озона (ед.Д.; слева) 28 января 2016 г. и его отклонения(%; справа) от средних многолетних (1978–1988 гг.) значений по данным WUODC, Канада

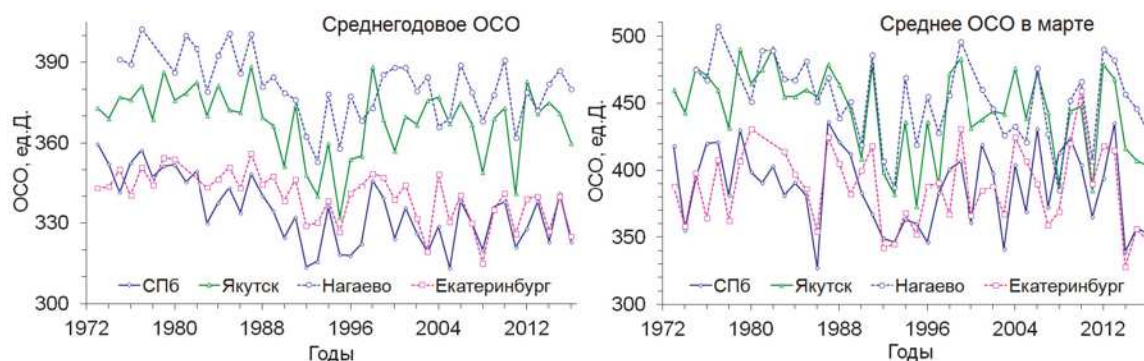


Рис. 2.11. Межгодовой ход среднегодовых (справа) и средних в марте (слева) значений ОСО в отдельных пунктах наблюдений

озонового слоя не происходило. При сохранении тенденций изменений ОСО, наблюдаемых с начала нынешнего тысячелетия, ощутимые изменения ОСО можно будет заметить лишь через несколько десятилетий.

2.3.3.1. Особенности состояния озонового слоя над регионами РФ

Измерения ОСО на территории РФ

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

Ежемесячные и среднегодовые значения ОСО за 2016 г. над территорией каждого региона, тридцатилетняя норма (за 1973–2002 гг.) и средние квадратичные отклонения для каждого региона, а также отклонения значений ОСО от нормы (в процентах) приведены в таблице 2.10.

Среднегодовые значения ОСО над территорией РФ в целом в период 1973–2016 гг. представлены на рис. 2.12, отклонения среднемесячных значений ОСО от нормы в регионах РФ в 2016 г. показаны на рис. 2.13.

Многолетние вариации ОСО над территорией РФ

Наличие норм позволяет объективно оценить долговременные изменения толщины защитного озонового слоя, тренды и тенденции в содержании озона за 43-летний период. Как следует из информации, приведенной на рис. 2.13, этот 43-летний период может быть разделен на четыре части, для которых ход межгодовых изменений ОСО существенно различен:

- 1973–1993 гг. – значительное уменьшение ОСО (–1,4 Д. е./год);

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

В течение 1973–2016 гг. толщина озонового слоя ниже нормы более чем на 5%, наблюдалась в 1977 г. (–5,8%), в 1992 г. (–5,4%), 1993 г. (–7,1%), 1995 г. (–5,9%), 2008 г. (–5,4%), 2011 г. (–5,8%). В течение 43 лет наблюдений ОСО над РФ совершенно отчетливо проявилось чередование максимумов и минимумов среднегодовых значений ОСО с периодом 2,4 года с «квазидвухлетней» цикличностью.

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

Вариации поля ОСО над регионами РФ в 2016 г.

Результаты расчета среднемесячных значений ОСО над регионами РФ в 2016 г. и их отклонения от нормы приведены в табл. 2.10 и представлены на рис. 2.13. Самое значительное понижение озона, наибольшее за все время наблюдений, отмечено во всех регионах, кроме Дальнего Востока в феврале. Отметим, что в зимнее полугодие (как в начале, так и в конце года) различия ОСО между регионами были велики, тогда как в летние месяцы эти различия были небольшими.

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

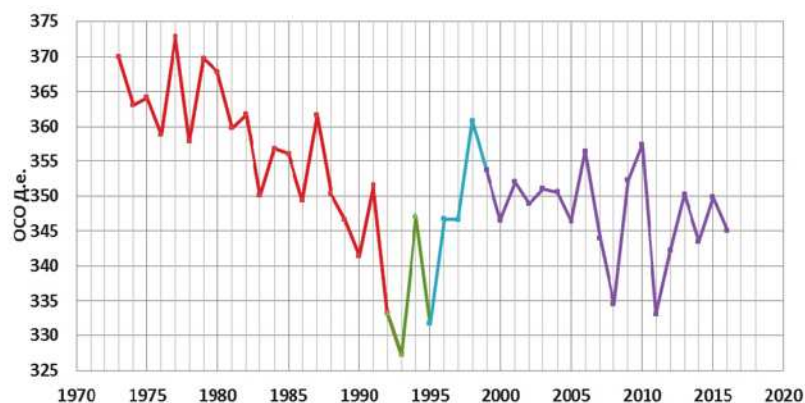
На Юге ЕТР среднегодовой уровень ОСО был несколько ближе норме (–1,7%). Низкие для региона значения ОСО сохранялись в течение

Таблица 2.10. Общее содержание озона в различных регионах России в 2016 г., норма и отклонения от нормы (%)**

Регионы	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Общее содержание озона в 2016 г., Д. е.													
Север ЕТР	339	309	363	402	369	352	327	304	295	276	269	320	327
Юг ЕТР	370	356	365	372	361	336	324	296	308	280	284	351	334
Зап. Сибирь	331	345	353	391	381	346	336	302	297	296	304	348	336
Вост. Сибирь	351	352	383	413	405	352	332	309	283	316	344	352	349
Дальний Восток	451	469	444	409	391	366	319	298	293	347	384	400	369
Отклонения ОСО в 2016 г. от нормы, %													
Север ЕТР	0	-18	-7,1	0,9	-2,7	0,1	-1,5	-3,0	-1,8	-4,7	-6,3	2,7	-3,5
Юг ЕТР	6,9	-4,2	-4,0	-1,6	-1,4	-4,1	-2,6	-7,7	-0,1	-5,7	-5,5	9,9	-1,7
Зап.Сибирь	-8.1	-9,9	-10	-0,2	0,0	-2,1	0,7	-5,9	-3,9	-0,6	1,3	7,9	-2,6
Вост. Сибирь	-10	-15	-11	-3,6	0,1	-1,6	1,6	-2,1	-9,9	0,8	6,5	3,4	-3,4
Дальний Восток	5,4	4,8	-2,0	-5,1	-1,7	1,7	-4,4	-5,1	-7,5	4,9	5,8	1,7	-0,2
Норма, Д.е. и среднеквадратические отклонения, %													
Север ЕТР	339	379	391	398	379	352	332	315	301	289	287	312	339
	8,0	8,7	7,6	6,3	3,7	3,4	3,3	3,5	3,3	3,5	6,3	7,1	4,1
Юг ЕТР	346	372	380	378	366	350	333	321	308	297	300	319	339
	5,5	5,9	5,5	52,13	3,8	3,4	3,0	3,1	2,9	3,4	3,7	4,7	2,9
Зап. Сибирь	360	383	393	392	381	354	334	321	309	298	300	323	346
	5,3	6,3	7,3	6,6	4,2	3,1	3,0	3,1	3,2	4,4	4,7	5,4	3,2
Вост. Сибирь	388	415	429	428	402	358	327	316	314	313	323	340	363
	6,1	7,0	7,9	5,1	5,5	3,6	3,4	3,2	3,5	5,1	5,0	7,4	4,1
Дальний Восток	428	447	453	431	398	360	330	312	317	331	363	393	380
	4,4	4,5	5,1	5,1	6,7	3,3	3,3	3,5	4,4	4,8	6,1	5,4	2,8

* 1 Д.е. = 0.001 атм.-см.

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

**Рис. 2.12.** Среднегодовые значения ОСО над территорией РФ в период 1973–2016 гг.

ние всего года, однако в январе и декабре содержание озона значительно превышало норму на 6,9% и 9,9% соответственно. Наиболее низкая толщина озонового слоя наблюдалась в августе (–7,7%).

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

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

На Дальнем Востоке в течение 2016 г. вариации содержания озона существенно отли-

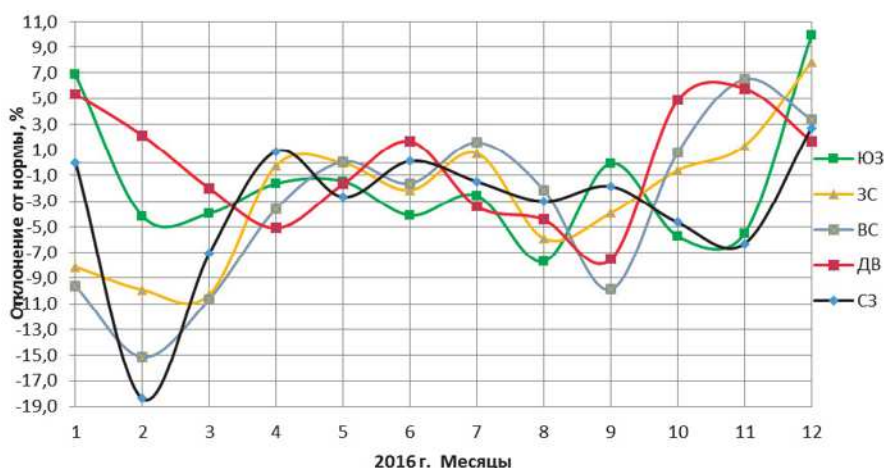


Рис. 2.13. Отклонения среднемесячных значений ОСО от нормы в регионах РФ в 2016 г. (СЗ – Север Европейской территории России, ЮЗ – Юг Европейской территории России, ЗС – Западная Сибирь, ВС – Восточная Сибирь, ДВ – Дальний Восток)

чались по сравнению с другими регионами. В начале года содержание озона постепенно уменьшалось от 5,4% в январе до –5,1% в апреле. Минимальные значения ОСО наблюдались в сентябре (–7,5%), затем озон увеличился до 5,8% в ноябре. В среднем за год отклонение значений ОСО от нормы для Дальнего Востока составило всего –0,2%.

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

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

Поле ОСО и особенности циркуляции 2016 г.

Как правило, все аномалии, наблюдаемые в поле озона Северного полушария, связаны с особенностями общей циркуляции в нижней стратосфере и верхней тропосфере, характерными для рассматриваемого периода. В зимнее полугодие глубокий циркумполярный вихрь с очень низким содержанием озона и низкой температурой располагается в околополярной зоне и обычно смещен к Северной Атлантике. В тоже время в течение зимы над Сибирью, Дальним Востоком и Востоком Канады устанавливается высотный антициклон с высоким содержанием озона и высокой температурой.

В 2016 г. в поле озона над РФ в феврале отмечалось аномально низкое содержание озона над всеми регионами РФ (кроме дальневосточного региона) и повышенное содержание озона над Дальним Востоком. По результатам комплексного анализа, аномалии связаны с состоянием циркумполярного вихря в нижней стратосфере. Вначале 2016 г. он устойчиво наблюдался над Европейской территорией Рос-

сии и над Сибирью. В тоже время над Дальним Востоком наблюдался богатый озоном теплый воздух стратосферы вместе с высотным антициклоном.

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

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

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

Анализ состояния подготовлен с использованием осредненных значений концентраций измеряемых на СКФМ веществ в воздухе за месяцы, сезоны и год, рассчитанных из рядов годового цикла наблюдений с октября 2015 г. по сентябрь 2016 г.

Тяжелые металлы

Среднегодовые концентрации свинца в воздухе фоновых районов ЕТР составили 2,7–4,3 нг/м³. Значимых изменений концентраций свинца в

атмосфере фоновых территорий по сравнению с 2015 г не произошло (рис. 2.14). Среднегодовые концентрации кадмия в атмосферном воздухе в центральных районах ЕТР сохранились на уровне, наблюдавшемся в последние годы, и не превышали 0,2 нг/м³ (за исключением Астраханского БЗ, где повышенные уровни кадмия наблюдаются во всех средах на протяжении десятилетия).

Сезонные изменения содержания свинца и кадмия в воздухе не имели ярко выраженного характера (рис. 2.16). Максимальные среднесуточные концентрации были существенно больше среднегодовых – более 80 (Кавказский БЗ) и

7,5 (Астраханский БЗ) нг/м³ для свинца и кадмия соответственно.

Фоновое содержание ртути в атмосферном воздухе в центральном районе ЕТР остается стабильно низким: в 2016 г. среднегодовая концентрация составила 1,79 нг/м³ (табл. 2.11).

Хлорорганические пестициды

В 2016 г. на ЕТР среднегодовые значения фоновых концентраций сумм изомеров ГХЦГ и ДДТ в воздухе оставались низкими, на уровне, близком к пределу обнаружения аналитическими методами (как и прошлые годы от 30 до 50%

Таблица 2.11. Результаты наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на станциях комплексного фонового мониторинга в 2016 г.

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

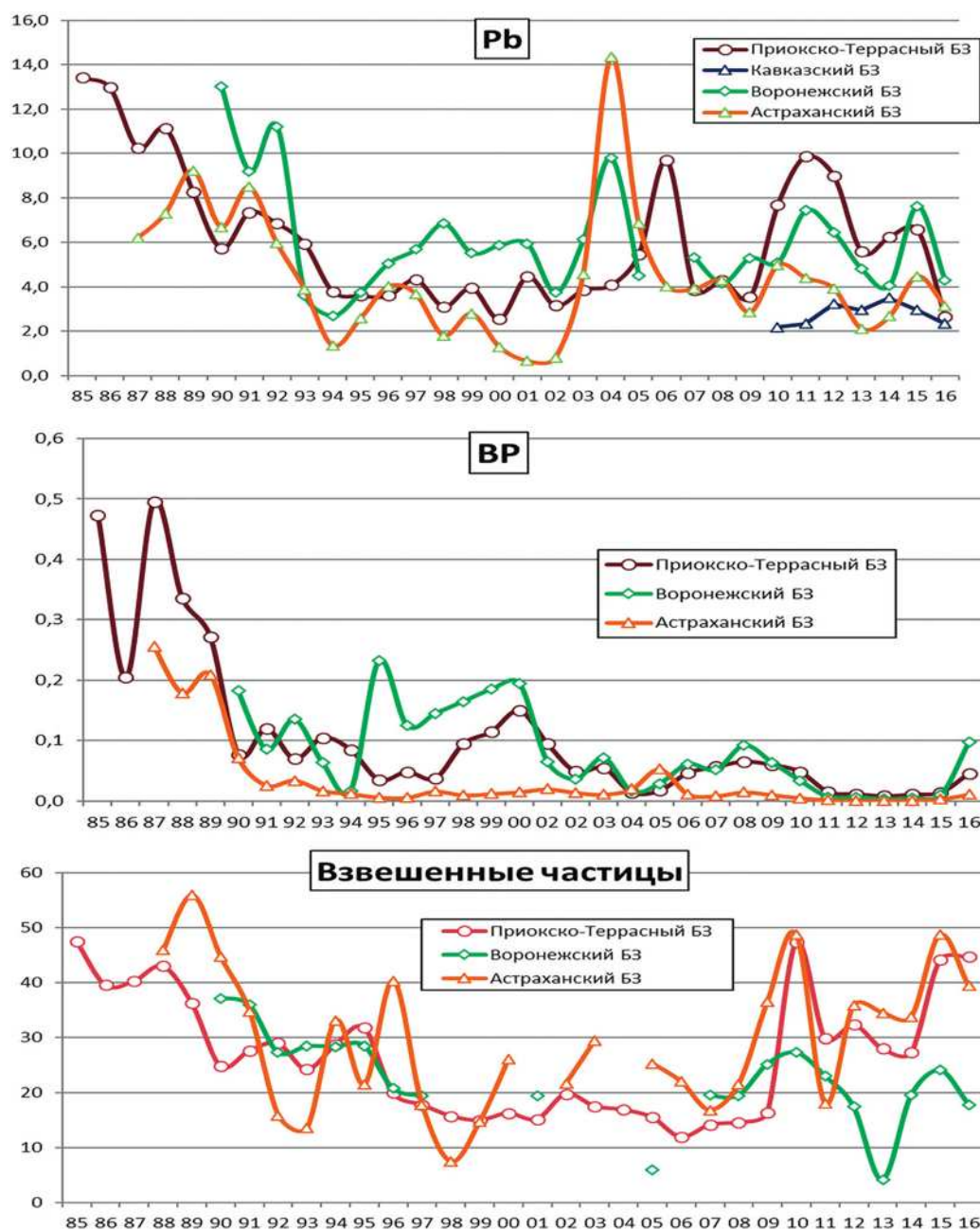


Рис. 2.14. Изменение фонового содержания свинца, 3,4-бензпирена (нг/м³) и взвешенных частиц (мкг/м³) в атмосферном воздухе фоновых районов

проб ниже предела измерения). В целом, содержание пестицидов в воздухе по данным измерений в 2016 г. находилось в пределах колебаний уровня их концентраций за последние 10 лет.

Взвешенные частицы

В 2016 г. среднегодовые концентрации взвешенных частиц в воздухе на ЕТР изменялись в пределах 18–45 мкг/м³, что на уровне значений последних 10 лет (рис. 2.14). Эпизодические повышенные концентрации взвешенных частиц наблюдались в теплый период года: среднесуточные концентрации превышали – 275 мкг/м³

(Астраханский БЗ) (табл. 2.11). Сезонные изменения содержания взвешенных частиц в атмосфере имеют ярко выраженный максимум в летний период (рис. 2.16), что обусловлено природным фактором.

Диоксид серы

В 2016 г. среднегодовые фоновые концентрации диоксида серы на равнинных станциях ЕТР оставались на низком уровне – около 0,1–0,7 мкг/м³ (рис. 2.15). В холодный период года наблюдались более высокие концентрации диоксида серы, увеличиваясь в отдельные сутки

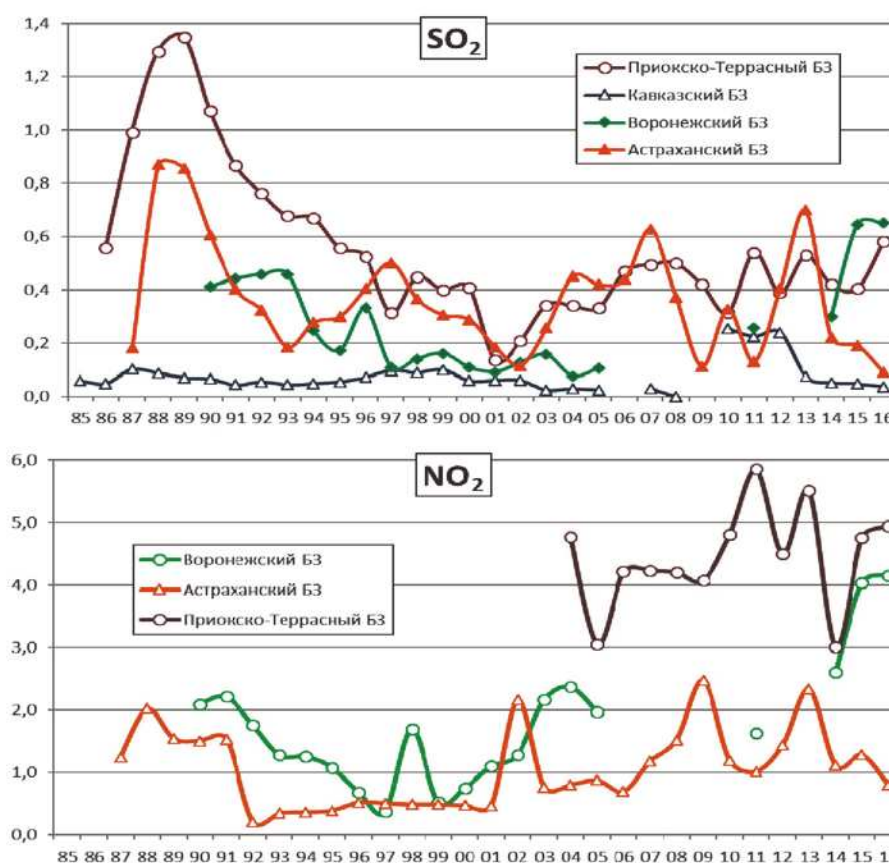


Рис. 2.15. Изменение фоновых содержания диоксида серы и диоксида азота в атмосферном воздухе фоновых районов (мкг/м³)

до 8 мкг/м³ (табл. 2.11). В долгосрочной динамике можно отметить стабилизацию уровней концентраций после отмечавшегося их уменьшения в течение 10 предыдущих лет. Сезонные изменения содержания диоксида серы имеют ярко выраженный максимум в холодный период года (рис. 2.16), что связано с отопительным сезоном.

Диоксид азота

В 2016 г. среднегодовые фоновые концентрации диоксида азота в воздухе на европейской территории сохранились на уровне прошлых лет, изменяясь от 0,8 до 5,0 мкг/м³ (рис. 2.15). Сезонные изменения фоновых концентраций диоксида азота ясно выражены: в холодный период в центре ЕТР повышается повторяемость среднесуточных высоких концентраций, достигающих 23 мкг/м³ (Приокско-Тerrasный БЗ) (табл. 2.11).

Сульфаты

В 2016 г. среднегодовые фоновые концентрации сульфатов в центре ЕТР составляли менее 0,7 мкг/м³, при этом значения меньше 5 мкг/м³ были зарегистрированы в 95% измерений. В южных районах ЕТР среднегодовые концентрации

составляли около 3,6 мкг/м³. В целом, относительно повышенные концентрации сульфатов в центре ЕТР характерны для холодного периода года, в южных районах – для теплого периода. Значительные межгодовые колебания средних концентраций не позволяют однозначно охарактеризовать тренды изменений, хотя можно проследить стабилизацию уровней сульфатов в центре ЕТР за последние 10 лет после их уменьшения в предыдущие годы.

Полиароматические углеводороды

Как и в предыдущие годы, в 2016 г. содержание бенз(а)пирена и бензперилена в атмосфере фоновых районов ЕТР в среднем составляло 0,004–0,1 нг/м³ (рис. 2.14, табл. 2.11). Сезонный ход подобен другим продуктам сгорания топлива – диоксидам серы и азота – с летним минимумом и зимним максимумом.

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

В систему Глобальной службы атмосферы (ГСА) ВМО входят 10 станций, распределенных по трем зонам: Европейская территория России

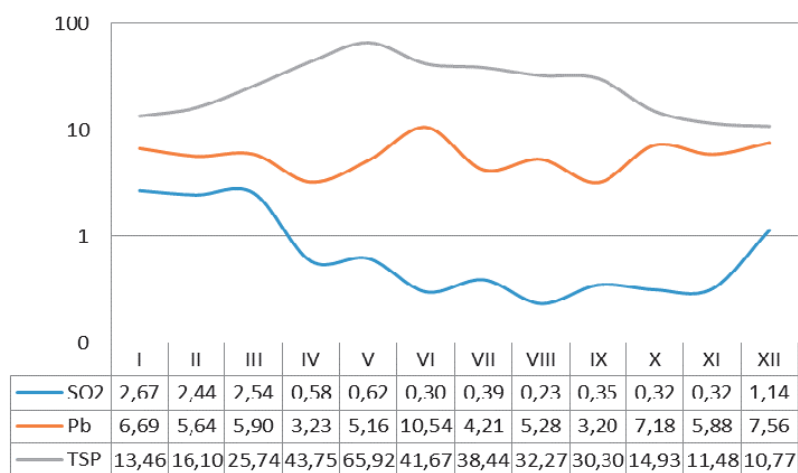


Рис. 2.16. Сезонный ход загрязняющих веществ в Приокско-Террасном БЗ, осредненный за 2003–2016 гг. (свинец – нг/м^3 , диоксид серы и взвешенные частицы – мкг/м^3)

(ЕТР) – Усть-Вымь, Воронежский БЗ и Приокско-Террасный БЗ; Азиатская территория России (АТР) – Туруханск, Хужир, Памятная, Терней (Сихотэ-Алинский БЗ); горные станции – Кавказский БЗ и Шаджатмаз. К группе горных станций добавлена метеостанция Приморская. В соответствии с рекомендацией ВМО на большинстве станций отбирались недельные пробы осадков, на ст. Хужир – месячные пробы, а на ст. Приморская отбор проб производился ежесуточно.

Минерализация и удельная электропроводность атмосферных осадков. Средневзвешенная за год сумма ионов в осадках ЕТР в 2007–2016 гг., в основном, не превышала 15 мг/л (табл. 2.12). На АТР в Памятной минерализация (M) осадков достигала 16 (2009 г.) и 18 мг/л (2010 г.), в Приморской – 16 мг/л (2013 г.). Абсолютный максимум минерализации (19 мг/л) наблюдался в осадках горной станции Шаджатмаз в 2015 г. Известно, что любое повышение суммы ионов M автоматически приводит к возрастанию удельной электропроводности k . Колебания суммы осадков, кислотности и химического состава осадков характерны для всего десятилетия. Для межгодовой суммы осадков они могут достигать 40% (Приокско-Террасный БЗ). В 2016 г. абсолютно минимальные значения M (и соответственно k) были определены в осадках Приокско-Террасного БЗ – 4,4 мг/л , абсолютно максимальные — в осадках Приморской (12,8 мг/л). Диапазон изменения среднегодовой величины рН, рассчитанной на основе среднемесячных концентраций, находится в пределах от 5,4 до 6,3 (табл. 2.12).

Максимальная кислотность осадков $\text{pH}_{\text{мин}}$ наблюдалась в осадках Приокско-Террасного БЗ – 4,3, Воронежского БЗ – 4,6 и на станции Усть-Вымь – 4,9, что обусловлено в основном природными и антропогенными локальными влияниями. Низкие значения рН установлены

также и в осадках других станциях ЕТР. Следовательно, европейская зона РФ подвергается периодически более сильному естественному закислению воздуха и осадков. В типично горном ландшафте (Кавказский БЗ и Шаджатмаз) величина рН редко бывает меньше 5,0. На закисление атмосферных осадков АТР возможно влияют локальные антропогенные источники загрязнения (лесные пожары и отопление углем). В осадках прибрежных станций по результатам многолетних наблюдений минимальные значения рН лежат в основном в интервале 4,0–4,5. Однако в 2011 г. абсолютно минимальные значения рН составили 3,7 (Приморская) и 3,9 (Терней).

Годовой ход минерализации и удельной электропроводности осадков. Изменение минерализации и удельной электропроводности осадков в 2016 г. представлено на рис. 2.17. На всех станциях наблюдалась синхронность между измеряемой величиной k и расчётной суммой ионов (M). Коэффициент детерминации показывает, что изменчивость удельной электропроводности связана с общей минерализацией на 92–96%. Однако отношение k/M для каждой станции или группы станций разное и k превышало в среднем минерализацию осадков от 1,5 до 3,5 раза. В Шаджатмазе размах отношения k/M достигал 1,2–3,6. В Кавказском и Воронежском БЗ, а также в Туруханске, Приморской и Тернее отношение удельной электропроводности к минерализации близко к 2 и варьировало в пределах единицы.

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

В течение всего 2016 г. величина минерализации была ниже значения регионального фона только в осадках Приокско-Террасного БЗ и Хужира. По одному разу в год 15 мг/л пре-

Таблица 2.12. Средневзвешенные за год концентрации ионов в осадках и величина pH на станциях фонового мониторинга, 2016 г.

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

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

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

В химическом составе осадков (ХСО) в отдельных пробах при величине pH, равной или меньше 5,0, преобладали сульфаты и нитраты. Равновесная кислотность (pH=5,6) или более высокие значения pH характерны для гидрокарбонатного типа осадков. Повышенные содержания гидрокарбонатов и сульфатов наблюдались в осадках горных районов. Влияние их сказывается, прежде всего, на величину pH, сильно снижая кислотность осадков при высоком содержании гидрокарбонатов. В среднем за 2007-2016 гг. на ЕТР содержание сульфатов составило 1,8 мг/л, гидрокарбонатов – 2,1 мг/л и соответственно 2,3 и 2,6 мг/л на АТР (рис. 2.18).

Следовательно, суммарное содержание сульфатов и гидрокарбонатов в осадках на АТР больше примерно на 20%, чем на ЕТР. Прибрежные станции характеризуются преоблада-

нием сульфатов, затем хлоридов или нитратов. По средним за год значениям, максимальные концентрации сульфатов составили 4,92 мг/л (Приморская) и 5,2 мг/л (Памятная), нитратов – 3,32 мг/л (Усть-Вымь) и 3,9 мг/л (Приморская) и гидрокарбонатов – 9,2 мг/л (Шаджатмаз). Содержание хлоридов в осадках сохранялось на всех станциях в пределах 0,5–1,5 мг/л, достигая в отдельных случаях 2,02 мг/л (Памятная) и на побережье морей 3–3,5 мг/л (Терней).

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

Кислотность атмосферных осадков. На рис. 2.19 представлены изменения среднегодовой величины pH за многолетний период. За период 2007–2016 гг. среднегодовые значения pH осадков изменялись в интервале от 5,6 до 6,3 на ЕТР, на АТР – 5,5–6,7, на горных станциях – 5,7–6,7 и на прибрежных – 5,2–6,0. В целом временной ход pH отличается значительными межгодовыми колебаниями и не позволяет однозначно оценить динамику изменений.

Выпадение веществ с осадками. В табл. 2.13 и на рис. 2.20 показаны средние за год выпадения веществ с атмосферными осадками (влажные выпадения Р) и ход изменения их со временем. По сравнению с 2015 г. годовая сумма осадков в 2016 г. снизилась на 20–30% в Усть-Выми, Памятной, Туруханске и Приморской и повысилась на остальных станциях примерно на ту же величину. По всем станциям, расположенным на ЕТР или АТР, величина суммарных влажных выпадений на ЕТР в 2 раза выше величины влажных выпадений на АТР. На всех станциях, за исключением Воронежского БЗ, сохранилось преобладание выпадений азота аммиачного над азотом нитратным в соотношении примерно от 1,2 до 2,8. Величина

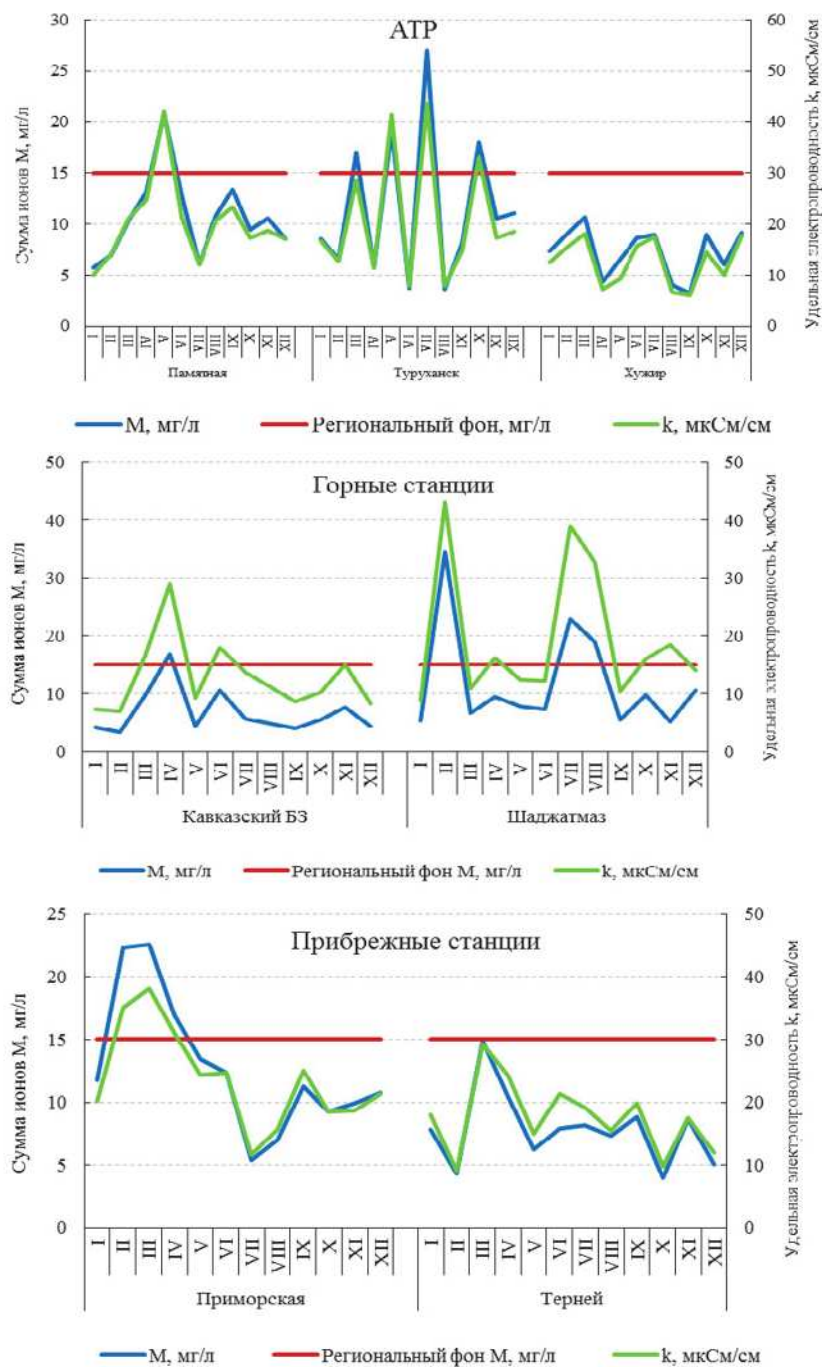


Рис. 2.17. Годовой ход минерализации и удельной электропроводности атмосферных осадков на станциях фонового мониторинга, 2016 г.

выпадения серы сульфатной примерно в 1,5 раза превышала величину выпадения суммарного азота на АТР и составила около половины от значения суммарного выпадения азота на ЕТР.

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

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

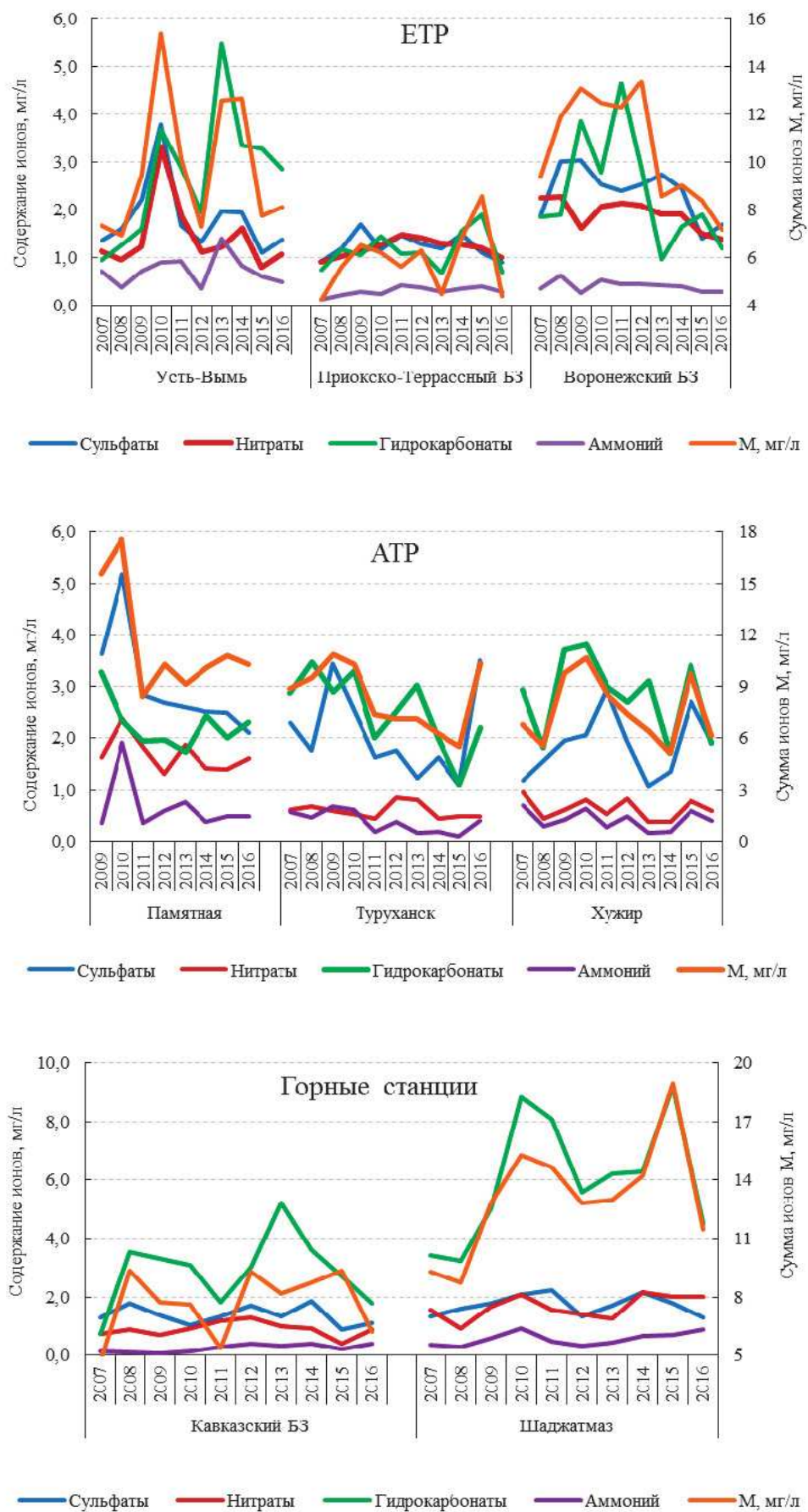


Рис. 2.18 (начало). Десятилетний ход содержания ионов и минерализации в осадках, 2007–2016 гг.



Рис. 2.18 (окончание). Десятилетний ход содержания ионов и минерализации в осадках, 2007–2016 гг.

2.3.6. Кислотность и химический состав атмосферных осадков

Средний за год состав и минерализация осадков. Годовая средневзвешенная минерализация осадков (М) (табл. 2.14) изменяется от 8,8 (СКФО) до 32 мг/л (ПФО), а отдельные ионы – от 0,1 (Zn) до 13 мг/л HCO_3^- (ЦФО). Хотя диапазон их изменений сохранился примерно таким же, как в 2015 г., загрязнение осадков уменьшилось на 14% только на ЕТР. Увеличилось число станций (с 2 до 5), на которых проводимость осадков превышала 100 мкСм/см. В Крыму преобладали хлориды и гидрокарбонаты, общее содержание которых составляло до 44% от суммы ионов, а содержание сульфатов и хлоридов увеличилось примерно на 20%.

В большинстве округов, за исключением ЮФО и СФО, в осадках преобладают гидрокарбонаты, содержание которых составило 48% (СКФО) и 36% (ЦФО) от суммы ионов. Диапазон содержания сульфатов в осадках составил от

11 (ЦФО) до 34% (СФО), нитратов – от 6 (СФО) до 22% (ЮФО) и хлоридов – от 6 (ПФО) до 22% (Крым). В осадках ЮФО содержание нитратов сравнимо с сульфатами и превышало содержание гидрокарбонатов на 30%. В осадках ЕТР суммарное содержание гидрокарбонатов и сульфатов составило 50%, а в осадках АТР – 56% от суммы ионов. Несмотря на наличие в окружающей среде мощных природных и антропогенных источников аммиака и оксидов азота, их доля в минерализации осадков (наряду с калием) оставалась самой низкой и составляла 0-10%. Суммарное содержание катионов в ХСО составило от 22 (ЦФО) до 30% (ПФО и Крым) от суммы ионов.

Осреднённые по площадям данные практически всегда сглаживают особенности химического состава осадков, характерные для отдельных пунктов. В табл. 2.15 представлены результаты измерения ХСО на станциях, где средняя за год минерализация осадков равна или превышает 50 мг/л и, соответственно, 100 мкСм/см, а годовое выпадение серы составляет более 2 т/км².

Таблица 2.13. Выпадение серы, азота и суммы ионов с осадками, 2016 г.

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

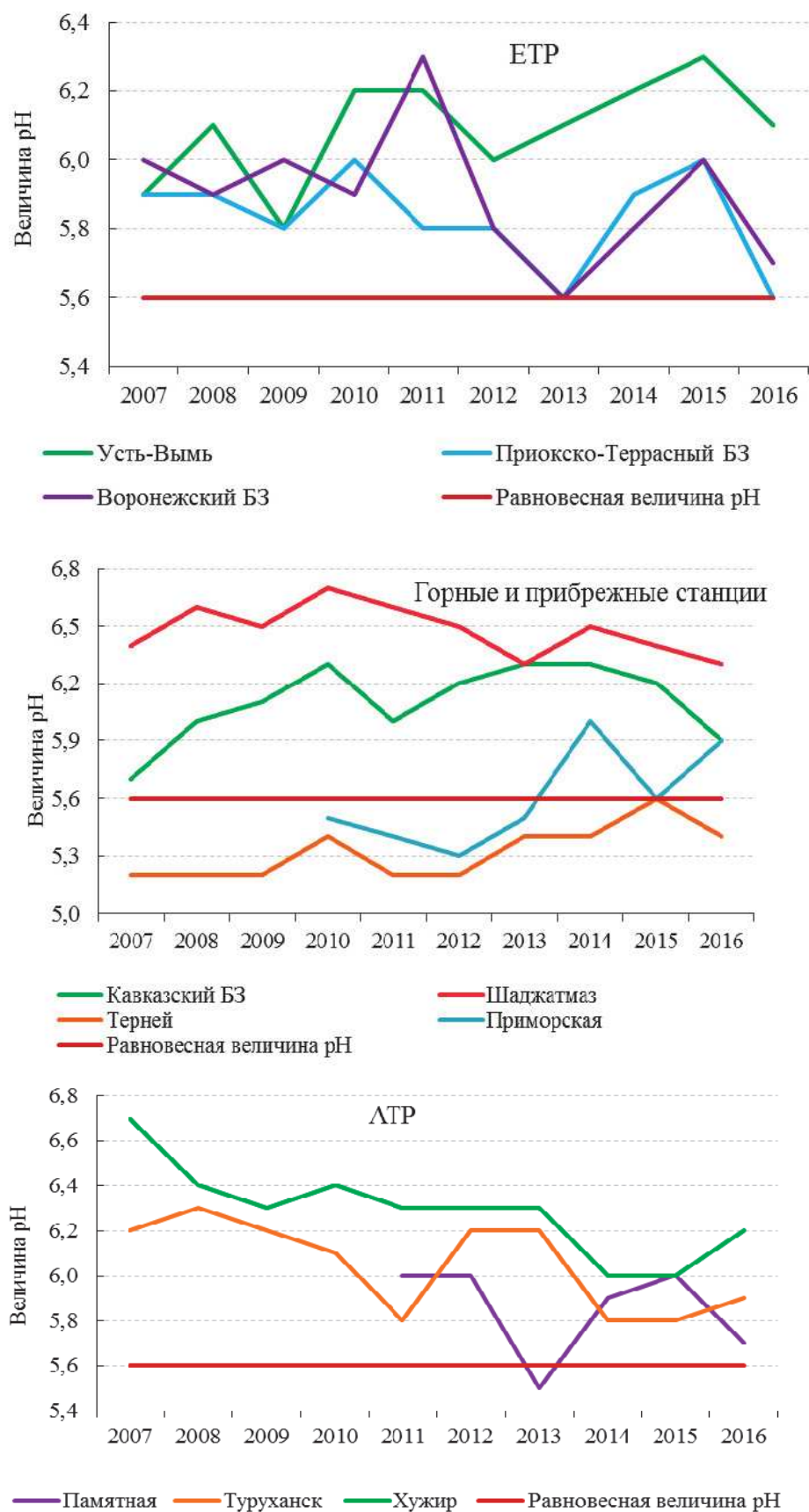


Рис. 2.19. Изменение со временем средней за год величины pH на станциях фонового мониторинга, 2007–2016 гг.

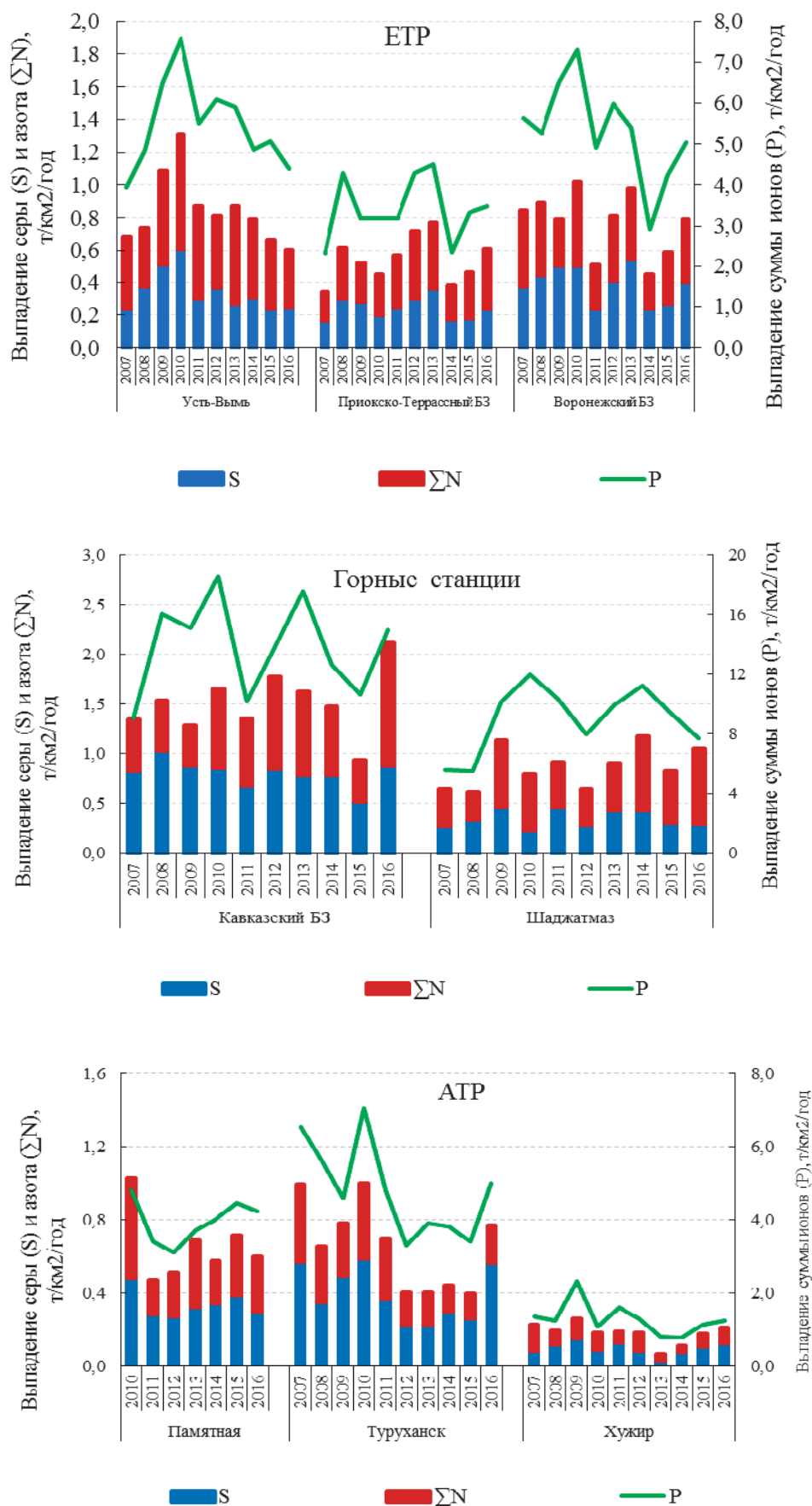


Рис. 2.20 (начало). Выпадение с осадками серы, азота и суммы ионов (P), 2007–2016 гг.



Рис. 2.20 (окончание). Выпадение с осадками серы, азота и суммы ионов (P), 2007–2016 гг.

Таблица 2.14. Средневзвешенная концентрация ионов в осадках по Федеральным округам, 2016 г.

ФО	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Zn ²⁺	M	pH	k, мкСм/см
	мг/л												
СЗФО	2,4	1,8	1,0	4,0	0,3	1,4	0,5	1,2	0,3	0,4	13,4	6,1	28
ЦФО	3,2	2,8	2,2	13,9	0,5	1,0	0,6	3,4	1,4	0,1	29,2	6,3	46
ПФО	5,8	1,9	3,2	10,6	0,8	1,5	0,8	4,1	0,6	2,7	32,0	6,4	51
ЮФО	3,0	1,4	2,8	2,0	0,5	0,8	0,5	1,2	0,3	0,1	12,8	5,9	26
СКФО	1,2	0,6	1,4	3,2	0,6	0,3	0,2	1,1	0,2	–	8,8	6,1	16
УФО	3,6	1,2	2,1	5,0	0,6	1,0	0,6	1,6	0,6	–	16,2	5,9	30
СФО	9,4	2,7	1,6	6,8	0,6	1,9	0,8	2,0	1,8	–	27,5	6,1	53
ДВФО	4,1	2,1	1,3	4,6	0,4	1,3	0,4	1,2	0,9	0,1	16,4	5,8	32
Крым	4,4	5,5	2,1	5,5	0,3	2,6	1,4	2,5	0,6	0,4	25,3	6,2	46

В химическом составе осадков большинства наиболее загрязненных станций (табл. 2.15) среди анионов преобладало содержание гидрокарбонатов и сульфатов, а среди катионов – кальция и натрия. Доля гидрокарбонат-ионов достигала 56% (Калач), а сульфатов – 62% (Норильск) от суммы ионов. Повышенное содержание хлоридов наблюдалось в осадках станций Диксон (54,5 мг/л) и Тула (16,4 мг/л). Отношение концентрации ионов кальция к минерализации было минимальным в осадках ст. Мариинск и Диксон (СФО), максимальным – Южно-Сахалинск, Калач и Белгород (аэропорт). Максимальное содержание ионов натрия было отмечено в осадках ст. Диксон.

Распределение минерализации по диапазонам. На рис. 2.21 приведены межгодовые изменения величины минерализации осадков ЕТР и АТР. Весь диапазон суммы ионов от 4 до 144 мг/л был разбит на условные градации: $M \leq 15$, $15 < M \leq 30$ и $M > 30$ мг/л. В среднем за рассматриваемые годы наибольшей остаётся повторяемость осадков, величина минерализации которых не превышала 15 мг/л. Доля таких осадков в 2016 г. составила около 40% на ЕТР и 50% на АТР. Повторяемость сильно минерализованных осадков в 2007–2016 гг. изменялась

в интервале от 20 до 35% на ЕТР и от 15 до 25% на АТР.

Изменения ХСО со временем. Хотя величина удельной электропроводности осадков в большей степени определяется суммой ионов, связь между ними далеко не во всех случаях линейна и однозначна. На рис. 2.22 представлены межгодовые изменения величин удельной электропроводности k и суммы ионов M . За период с 2007 по 2016 гг. среднее значение соотношения k/M варьировало в диапазоне от 1,6 (ЦФО) до 2,3 (ДВФО). Синхронность среднегодовых величин k и M характерна для осадков большинства федеральных округов, а коэффициент корреляции между ними изменялся от 0,35 (СКФО) до 0,96 (УФО).

Временные изменения концентрации отдельных ионов сильно варьируют не только по округам, но и в зависимости от природы компонента (рис. 2.23). В большинстве ФО остаются примерно одинаковыми колебания со временем значений аммония и нитратов. Повышенным содержанием нитратов выделяются Центральный, Южный и Приволжский федеральные округа. В осадках ЮФО содержалось равное количество сульфатов, гидрокарбонатов и нитратов. За период 2007–2016 гг. в осадках почти всех ФО среднегодовые концентрации сульфатов были

Таблица 2.15. Наиболее загрязнённые по ионному составу осадков населённые пункты РФ, 2016 г.

Станция	q, мм	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	M	pH	k, мкСм/см	Выпадение серы, т/км ² год
		мг/л												
СЗФО														
Никель	777	10,2	2,7	0,7	1,2	0,3	1,5	1,2	2,3	0,6	21	5,7	48	3
ЦФО														
Белгород (аэропорт)	679	6,1	1,8	2,4	27,5	0,8	1,8	1,1	6,2	2,2	50	6,9	75	1
Калач	539	6,4	2,8	2,2	31,9	0,7	2,5	1,1	6,8	2,8	57	6,7	83	1
Тула	745	5,2	16,4	3,7	16,8	0,9					58	6,3	98	1
Калуга	1722	4,2	4,4	2,7	28,4	0,8					43	6,5	73	2
ПФО														
Верхошижемье	608	7,7	2,8	2,8	32,1	1,1			6,1	2,1	65	5,2	111	2
Пенза	635	8,9	4,2	6,2	26,4	0,2	6,3	1,4	7,6	0,5	62	6,9	100	2
Саранск	470	14,8	4,8	3,0	24,1	1,1			4,9	1,1	75	6,3	127	2
СФО														
Барабинск	353	16,6	1,9	2,6	9,9	0,8	4,9	1,1	2,2	1,8	42	6,1	76	2
Диксон	445	9,0	54,5	1,1	11,9	0,8	31,2	1,8	4,9	3,2	119	6,6	207	1
Ермаковское	659	8,7	1,0	1,0	13,5	0,7	0,7	1,1	2,6	2,1	31	6,4	60	2
Мариинск	594	9,7	2,6	3,3	12,0	0,8	3,5	1,3	1,2	2,3	36	6,5	70	2
Могоча	558	18,3	0,5	0,8	6,9	0,3	0,5	0,4	1,6	1,6	31	6,5	93	3
Норильск	316	89,5	5,4	1,9	10,8	1,9	5,8	2,7	10,4	15,4	144	6,3	285	9
Славгород	422	20,2	3,0	3,1	11,2	0,3	3,0	0,9	3,8	4,6	50	6,3	89	3
ДВФО														
Южно-Сахалинск	837	8,3	5,4	1,4	12,4	0,6	3,4	0,3	4,6	1,5	38	6,7	63	2

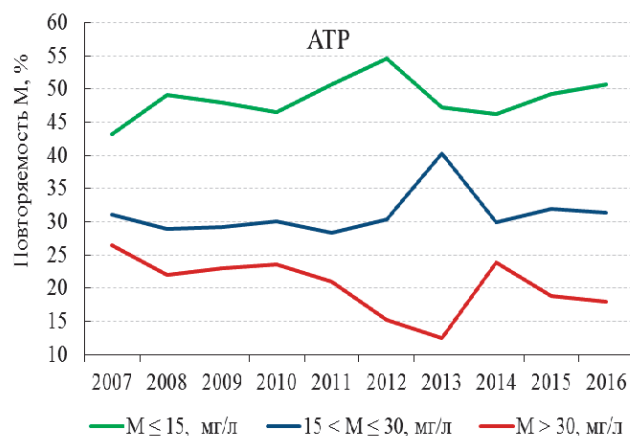
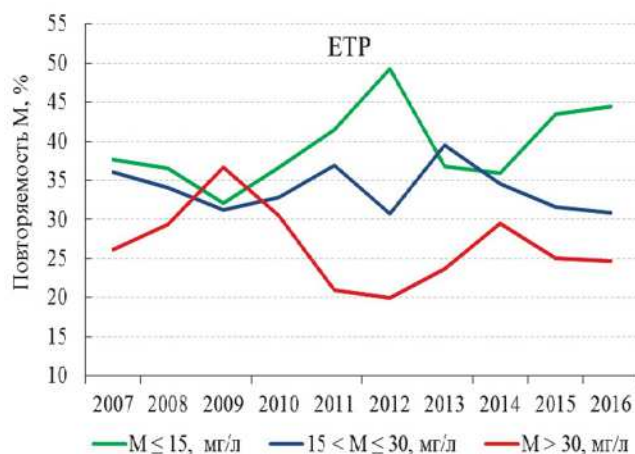


Рис. 2.21. Повторяемость минерализации осадков M (%) по градациям на ЕТР и АТР, 2007–2016 гг.

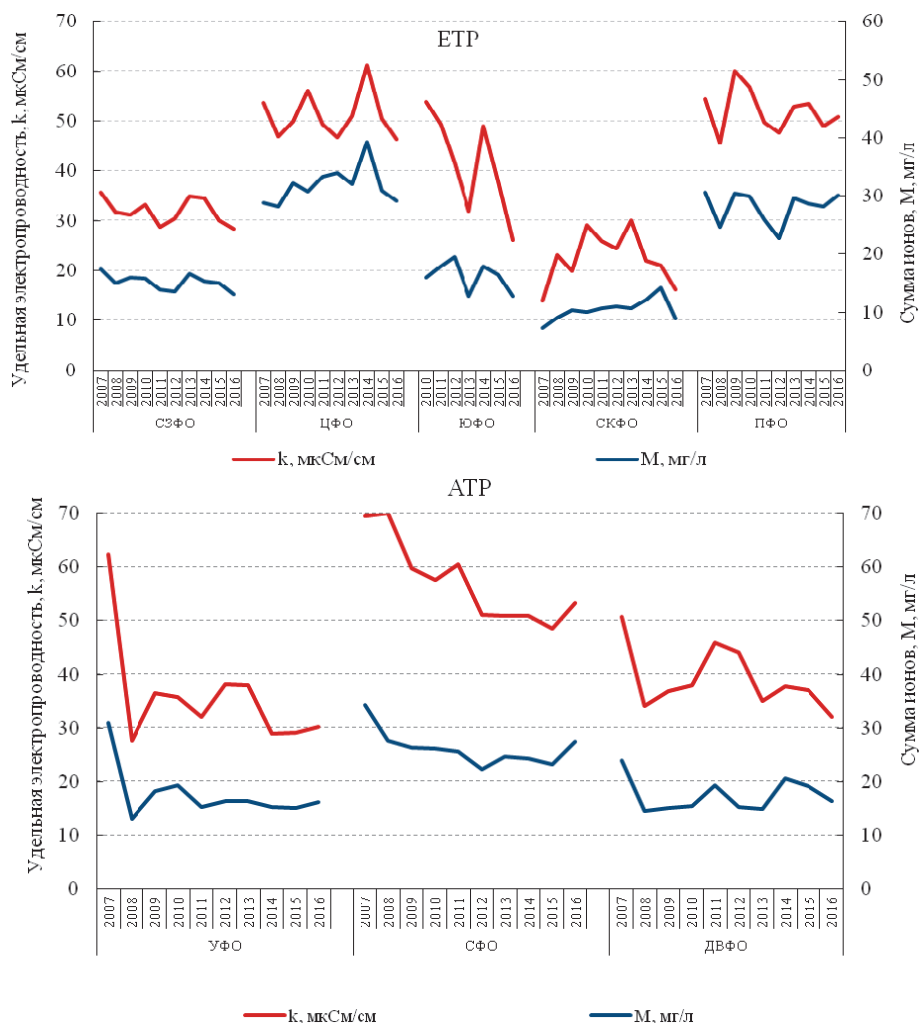


Рис. 2.22. Межгодовой ход величин суммы ионов (M) и удельной электропроводности (k) атмосферных осадков, 2007–2016 гг.

ниже среднегодовых концентраций гидрокарбонатов. Доля сульфатов была выше только в осадках СФО. Карбонаты и гидрокарбонаты попадают в осадки с техногенной пылью и в результате выветривания горных пород. Частично они могут образовываться при растворении диоксида углерода из воздуха, о чем свидетельствуют достаточно высокие значения величины рН. В 2016 г. среднегодовые значения величины рН изменялись в диапазоне 5,9 (ДВФО) – 6,4 (ПФО). По всем федеральным округам АТР за 10-летний период среднегодовая величина рН влажных выпадений понижается, то есть возрастает кислотность атмосферных осадков.

Выпадение серы, суммарного азота и суммы ионов с осадками

Влажные выпадения ионов с осадками и временной ход выпадений представлены на рис. 2.24 и в табл. 2.16. Годовая сумма осадков за 2016 г. на всей европейской территории либо осталась неизменной (ПФО), либо возросла на

40% (ЦФО и СКФО). На АТР годовая сумма осадков по рассматриваемым станциям сохраняется.

В 2016 г., также как и в предыдущие годы, наибольшее количество веществ ($P=22,5$ т/км²) выпало в ЦФО, наименьшее – 6,9 т/км² (УФО). Значения выпадений серы сульфатной (S) находились в пределах 0,5–1,5 т/км²/год, азота аммиачного (N(H)) – 0,2–0,8 т/км²/год, азота нитратного (N(O)) – 0,2–0,5 т/км²/год. Наиболее высокие содержания соединений азота отмечались в 2007 г. – 0,8 т/км²/год (УФО), в 2014 г. – 0,9 т/км²/год (ПФО) и в 2016 г. – 1,3 т/км²/год (СКФО). Практически во всех ФО величина годового выпадения серы сульфатной выше величины суммарного выпадения азота (ΣN). Превышение выпадений серы над азотом особенно характерно для восточных районов, где в СФО оно достигает 3,5. Превышение выпадений суммарного азота над серой характерно для СКФО. В Крыму, наряду с превышением в 2 раза азота нитратного над аммиачным, суммарного азота выпадает меньше на 70%, чем серы. В общем же, резкие временные колебания

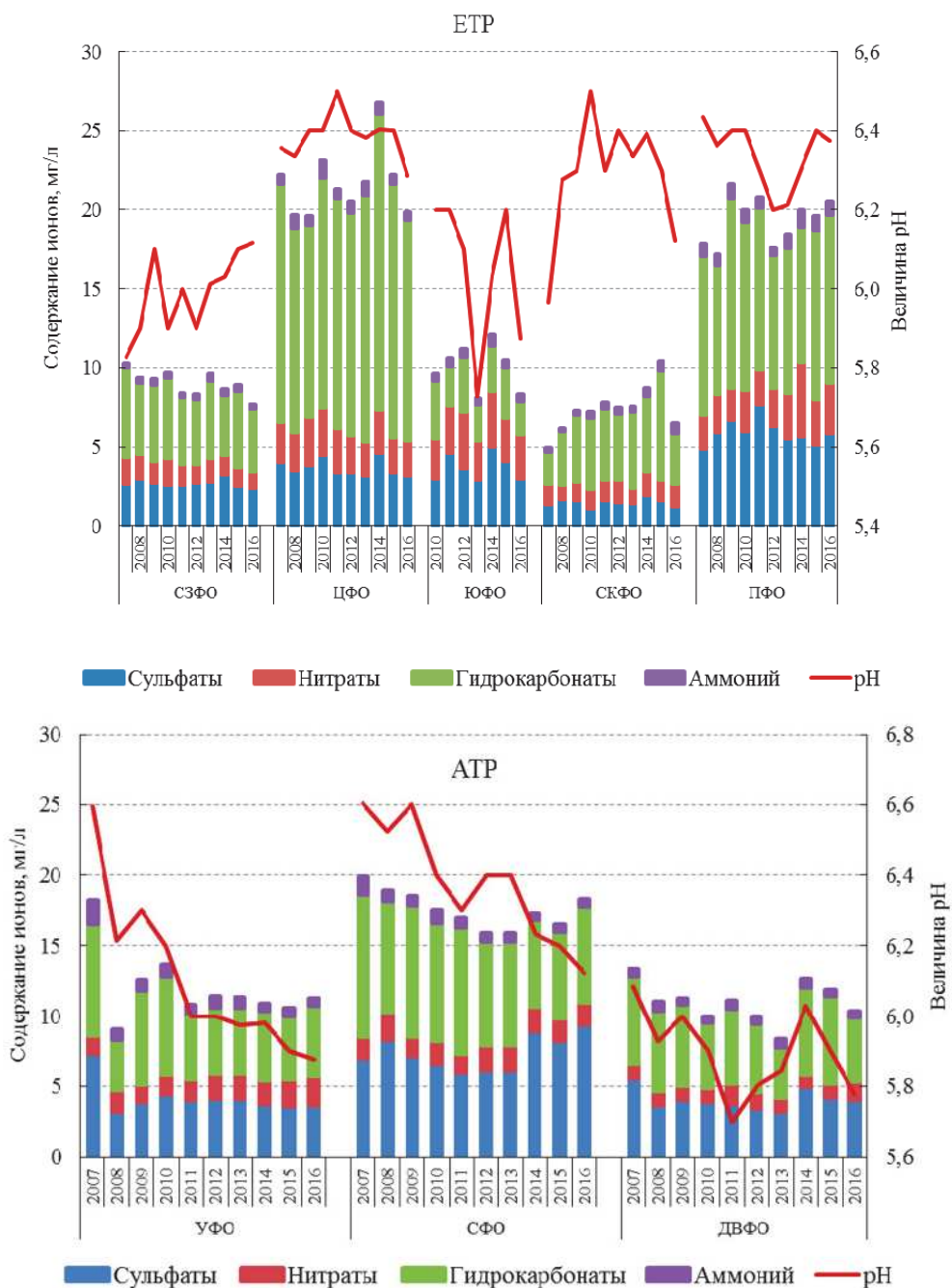


Рис. 2.23. Изменение концентрации ионов в атмосферных осадках Федеральных округов на ЕТР и АТР, 2007–2016 гг.

серы происходят в регионах с повышенным содержанием сульфатов.

2.3.6.1. Загрязнение и закисление снежного покрова в регионах Российской Федерации

Методология систематизации, обработки и представления результатов мониторинга химического состава снежного покрова (ХССП) на всей территории России была детально изложена в Обзорах за 2013–2015 гг.

Работы на сети наблюдений за загрязнением природной среды на основе снегомерной съемки (СНЗС) в 2016 г. велись в сетевых и межрегиональных лабораториях УГМС, где 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^+).

Обработка первичных данных наблюдений включала в себя расчет интенсивности выпадений серы I_S и азота I_N ($\text{кг/км}^2 \cdot \text{мес.}$) за время формирования снежного покрова на каждом ПН

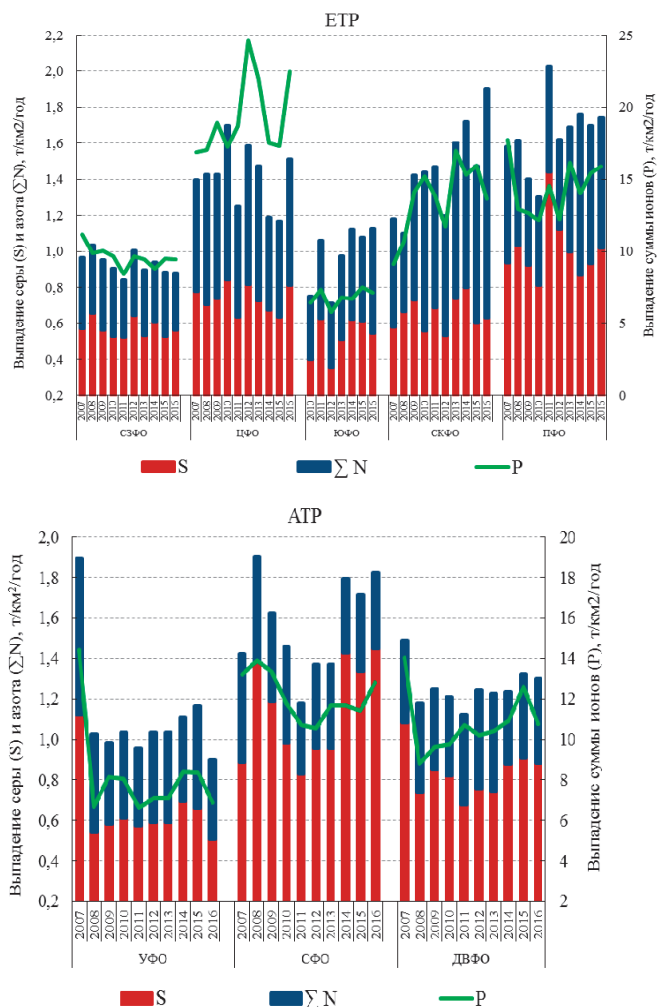


Рис. 2.24. Изменение влажных выпадений серы, суммарного азота и суммы ионов по Федеральным округам на ЕТР и АТР, 2007–2016 гг.

Таблица 2.16. Средние за год выпадения серы, азота и суммы ионов с осадками по ФО, 2016 г.

ФО	q, мм	S	N(O)	N(H)	Σ N	P	N(H)/N(O)	S/Σ N
		т/км²/год						
СЗФО	704,8	0,56	0,17	0,15	0,32	9,4	0,91	1,77
ЦФО	769,5	0,81	0,39	0,31	0,70	22,5	0,81	1,15
ПФО	526,3	1,02	0,38	0,34	0,72	16,8	0,88	1,41
ЮФО	555,3	0,55	0,36	0,22	0,58	7,1	0,62	0,94
СКФО	1542,4	0,63	0,50	0,78	1,28	13,6	1,56	0,49
УФО	424,5	0,51	0,21	0,18	0,39	6,9	0,90	1,31
СФО	466,7	1,45	0,17	0,21	0,38	12,8	1,22	3,87
ДВФО	656,6	0,88	0,19	0,23	0,42	10,8	1,21	2,12
Крым	570,7	0,84	0,27	0,14	0,42	14,5	0,53	2,00

по наблюдениям в 2016 г. (отбор проб снежного покрова в конце зимнего периода 2015–2016 гг.) и расчет среднего значения интенсивности выпадения серы и азота, а также среднего значения рН на площади каждого административно-го региона по наблюдениям в 2016 г.

Для визуализации результатов мониторинга ХССП строились два вида карт распределения по территории РФ показателей кислотности (рН) и интенсивности выпадений серы и азота:

1) в виде средних значений этих показателей на площади регионов и 2) в виде изолиний на всей площади страны.

Распределение рН снежного покрова в 2015–2016 гг. по регионам.

На рис. 2.25 показана карта-схема распределения средних по регионам значений показателя рН снежного покрова, рассчитанных по данным наблюдений на сети мониторинга ХССП в 2016 г.

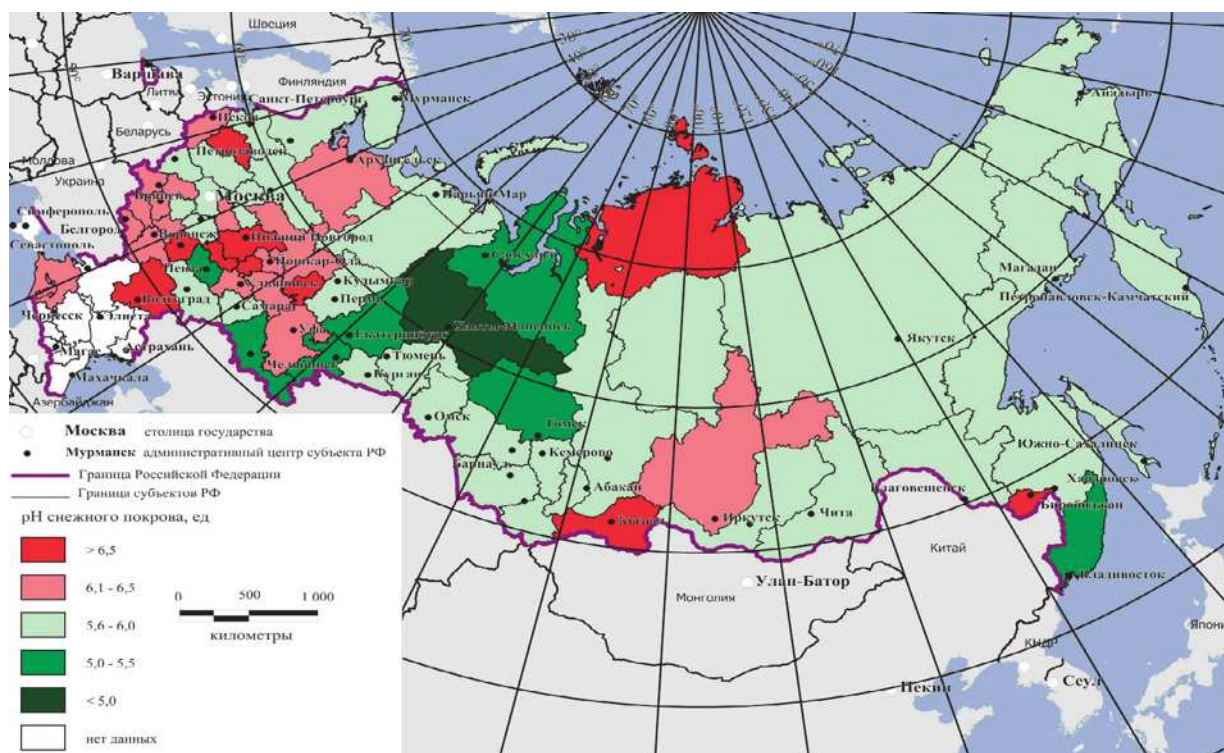


Рис. 2.25. Карта-схема распределения средних по площади регионов значений показателя pH снежного покрова по данным наблюдений на сети мониторинга ХССП в 2016 г.

Если условно подразделить осадки на кислые при $pH < 4$, слабокислые ($4 \leq pH < 5$), нейтральные ($5 \leq pH \leq 6$) и слабощелочные при $pH > 6$, то карта-схема на рис. 2.25 свидетельствует о том, что практически во всех регионах средний по площади региона показатель pH в снежном покрове был в пределах $5,0 < pH < 6,5$. При этом лишь на небольшой площади нескольких регионов среднее значение pH снежного покрова выходило за эти пределы.

Таким образом, если судить по средним значениям pH снежного покрова по площади каждого региона, то в целом по стране влагозапас в снежном покрове к концу зимнего периода 2015–2016 гг. характеризовался как нейтральный либо слабощелочной. Это свидетельствует об отсутствии масштабных процессов как закисления, так и защелачивания атмосферных осадков на территории страны в зимний период 2015–2016 гг.

На рис. 2.26 показана карта-схема распределения значений показателя pH снежного покрова на всей территории страны, построенная по данным наблюдений на сети мониторинга ХССП в 2016 г. по регулярной сетке $10 \times 10 \text{ км}^2$ расчетных значений показателя pH с использованием программы Mapinfo Vertical Mapper.

Визуализация показателя pH методом изолиний дает более объективное отражение распределения этого показателя по территории страны, нежели карты распределения средних

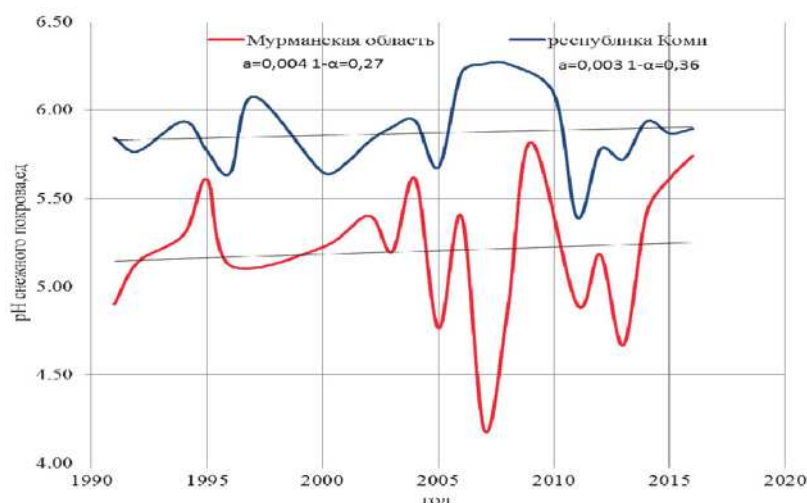
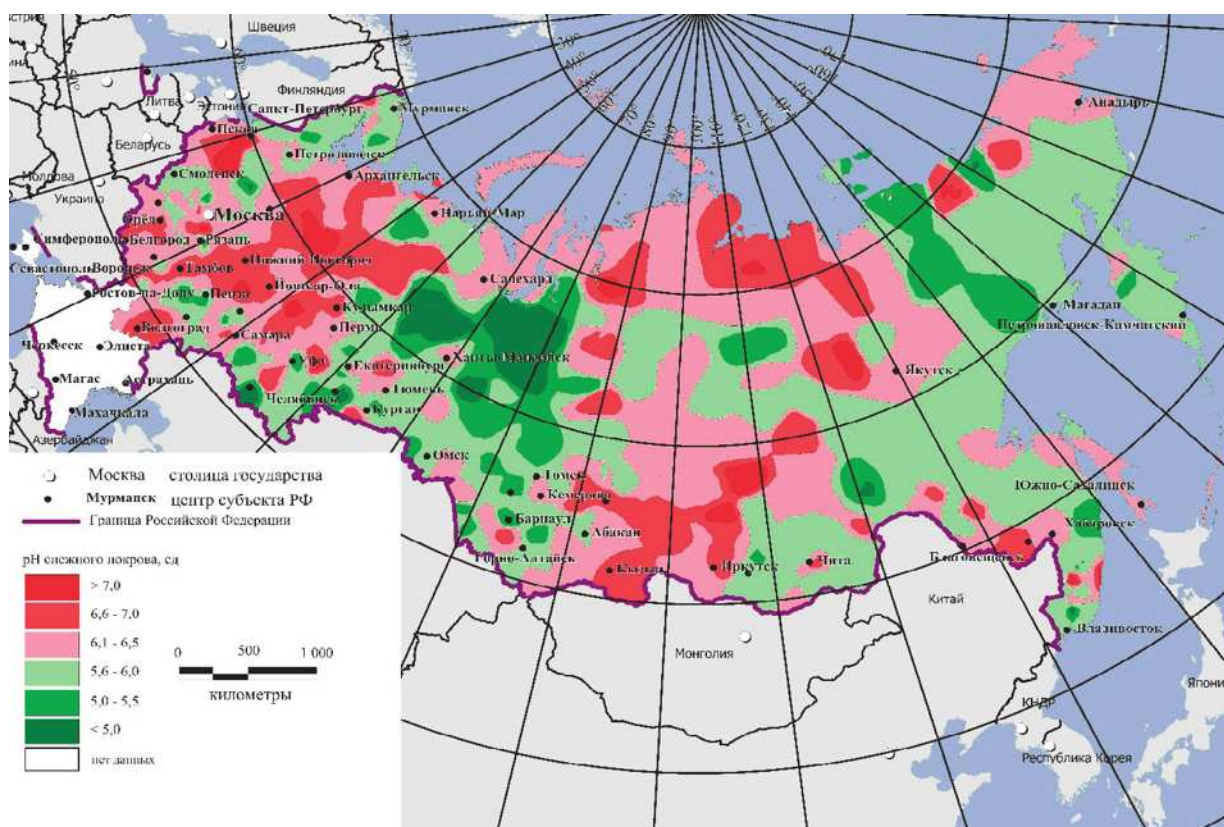
значений pH по регионам (рис.2.25). Так же, как для распределения средних значений pH по площади регионов (рис. 2.25), карта-схема на рис. 2.26 свидетельствует об отсутствии масштабных процессов как закисления, так и защелачивания атмосферных осадков на территории страны в зимний период 2015–2016 гг.

Аномалии в общей картине распределения pH на рис. 2.26 (отдельные пятна защелачивания с $pH > 7,0$ или закисления с $pH < 5,0$) могут быть связаны с загрязнением атмосферного воздуха выбросами из близких промышленных районов или от местных источников.

Линейные тренды изменения pH снежного покрова в промышленных и фоновых регионах за 1990–2016 гг.

За период 1990–2016 гг. были построены линейные тренды изменения во времени показателя pH снежного покрова на территории фоновых и промышленных регионов, по одному на ЕТР и АТР (рис. 2.27, 2.28).

В качестве условно фоновых районов на ЕТР была выбрана Республика Коми, промышленного – Мурманская область. Как видно из рис. 2.27, характеристики изменения pH за исследуемый период для фоновых и промышленных регионов довольно схожие: большой разброс показателя pH за 26 лет – в пределах 4,2–5,8 – для промышленного региона, 5,4–6,3 – для фоно-



вого; незначительный тренд к защелачиванию: наклон линии регрессии (показателя тренда) $a = 0,003–0,004$ при низком уровне значимости ($\sim 0,3$).

На АТР примером условно фонового региона послужила Республика Саха (Якутия), промышленного – Кемеровская область (рис. 2.28). Показатель тренда pH в фоновом регионе Республика Саха (Якутия) по абсолютной величине ($|a| = 0,006$) близок к показателям обоих

регионов на ЕТР (рис. 2.27). Динамика средних значений pH снежного покрова на площади Кемеровской области за 26 лет показывает заметный отрицательный тренд ($a = -0,06$) от существенного защелачивания (7,3 в 1991 г. по линии регрессии) к нормальной кислотности (5,8 в 2016 г.). Это явление может быть связано с изменением объема и химического состава, загрязняющих осадки промышленных эмиссий в регионе за рассматриваемый период.

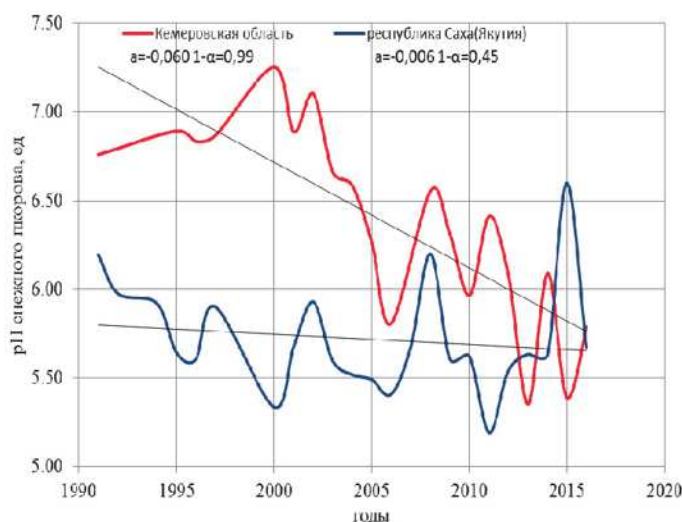


Рис. 2.28. Линейные тренды изменения pH снежного покрова в Кемеровской области и Республике Саха (Якутия) за 1990–2016 гг.

Распределение интенсивности выпадения серы в зимний период 2015–2016 гг. по регионам

На рис. 2.29 показана карта-схема распределения средних по регионам значений интенсивности выпадения серы I_S (кг/км²·мес.) в зимний период 2015–2016 гг. по данным мониторинга содержания сульфат-иона в снежном покрове. Карта-схема построена в виде диапазонов значений I_S в пределах границ каждого региона (субъекта РФ).

В зимний период 2015–2016 гг. (рис. 2.29) большая часть территории страны была подвержена воздействию фоновых и близких к фоновым потоков серы с атмосферными осадками – $I_S < 10 - 20$ кг/км²·мес. Максимальные значения $I_S > 80$ кг/км²·мес. приходятся на Самарскую, Свердловскую, Ульяновскую, Волгоградскую, Челябинскую области, Пермский край, Республики Башкортостан, Мордовия.

Распределение интенсивности выпадения азота в зимний период 2015–2016 гг. по регионам

На рис. 2.30 показана карта-схема распределения средних по регионам значений интенсивности выпадения азота I_N (кг/км²·мес.) в зимний период 2015–2016 гг., значения I_N рассчитаны по данным мониторинга содержания нитрат-иона и иона аммония в снежном покрове.

В зимний период 2015–2016 гг. большая часть территории страны была подвержена воздействию фоновых и близких к фоновым потоков азота – $I_N = [(<8) - 18]$ кг/км²·мес. Максимальные значения $I_N > 28$ кг/км²·мес. приходятся на небольшое число регионов ЕТР, Урала и Приморья.

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

Тяжелые металлы

В 2015–2016 геофизическом году средневзвешенные годовые фоновые концентрации свинца в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – около 0,5 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ – около 2,0 мкг/л, Астраханского БЗ – менее 0,5 мкг/л, Воронежского БЗ – около 1,5 мкг/л, Алтайский БЗ – 0,6 мкг/л. Средневзвешенная годовая фоновая концентрация свинца в атмосферных осадках на территории почти всех заповедников в рассматриваемый период была на том же уровне, что и в предыдущий период (табл. 2.17, рис. 2.31).

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

Наименьшие влажные выпадения свинца в рассматриваемый период были зафиксированы на территории Астраханского БЗ и составили менее 0,2 мг/м², как и в предыдущий геофи-

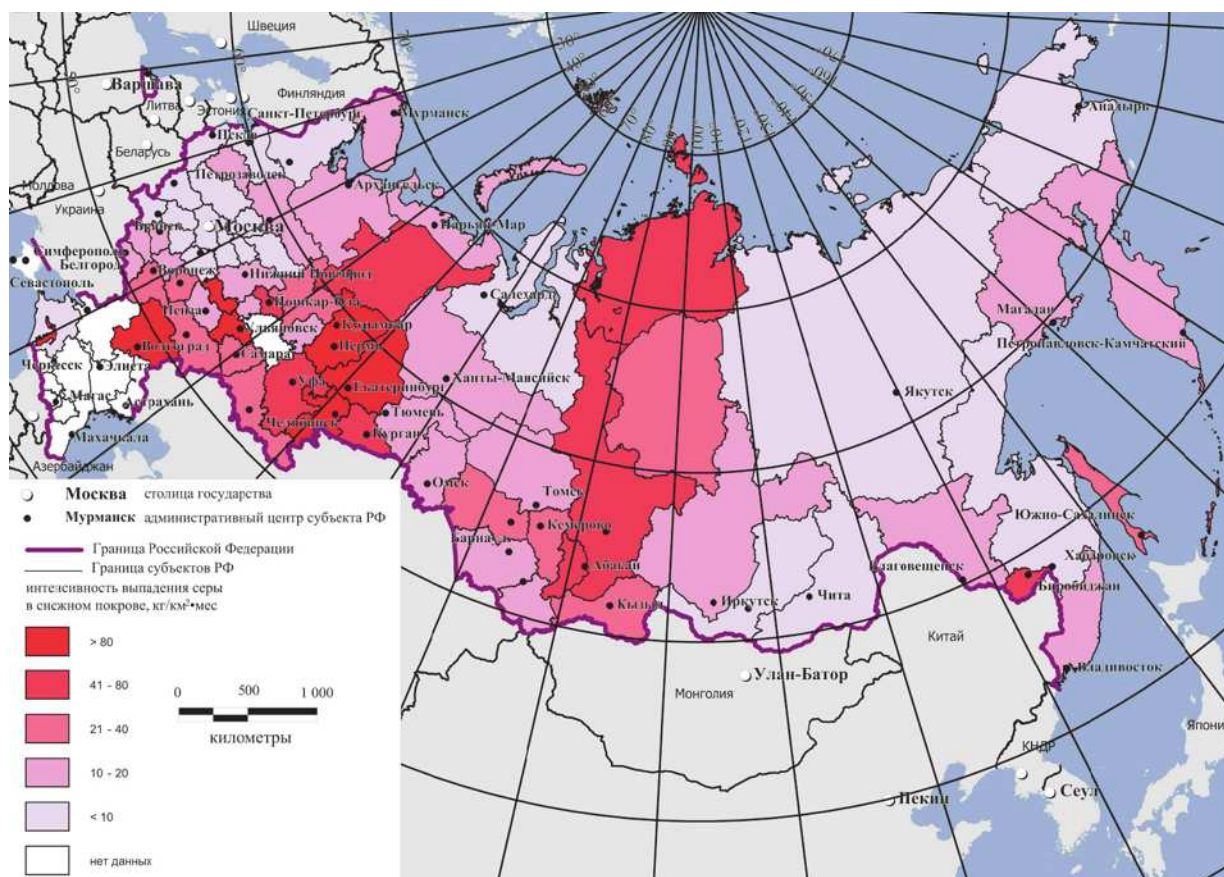


Рис. 2.29. Карта-схема распределения средних по регионам значений интенсивности выпадения серы I_S по данным наблюдений на сети мониторинга ХССП в 2016 г.

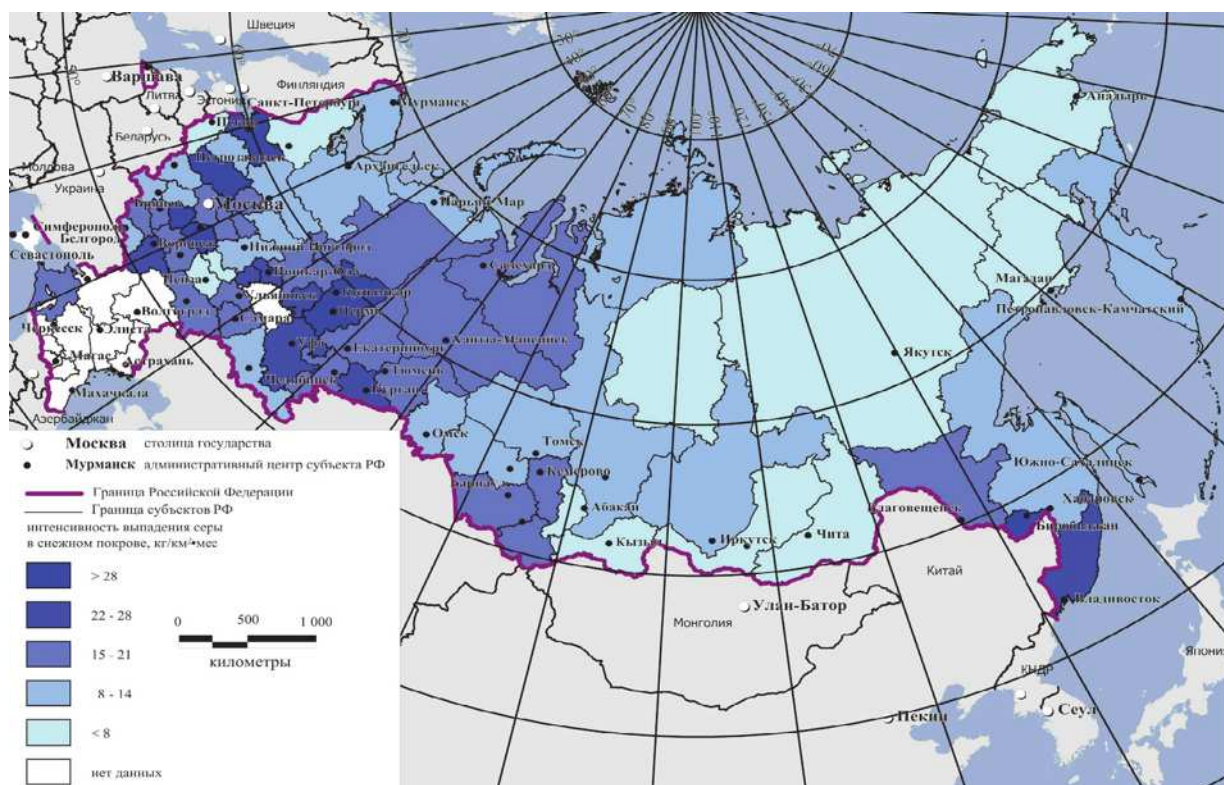


Рис.2.30. Карта-схема распределения средних по регионам значений интенсивности выпадения азота I_N по данным наблюдений на сети мониторинга ХССП в 2016 г.

зический год. На территории Алтайского БЗ влажные выпадения свинца составили около $0,6 \text{ мг/м}^2$, что несколько выше предыдущего геофизического года. На территориях Кавказского БЗ и Воронежского БЗ влажные выпадения свинца были около 1 мг/м^2 ($1,0$ и $1,2 \text{ мг/м}^2$ соответственно) (рис 2.32).

В 2015–2016 геофизическом году средневзвешенные годовые фоновые концентрации кадмия в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – $0,05 \text{ мкг/л}$, Приокско-Террасного БЗ – $0,16 \text{ мкг/л}$, Воронежского БЗ – $0,10 \text{ мкг/л}$, Алтайский БЗ – $0,07 \text{ мкг/л}$. Средневзвешенные годовые фоновые концентрации кадмия в атмосферных осадках на территории большинства заповедников в рассматриваемый период были на уровне предыдущего года (табл. 2.17, рис. 2.31).

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

зафиксирована в апреле 2016 года ($0,20 \text{ мкг/л}$), в остальные месяцы концентрации были ниже или близки к $0,1 \text{ мкг/л}$.

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

На территории Приокско-Террасный БЗ влажные выпадения ртути в 2015–2016 геофизическом году составили более $0,35 \text{ мг/м}^2$, на территории Воронежского заповедника – около $0,1 \text{ мг/м}^2$, Кавказского БЗ – около $0,8 \text{ мг/м}^2$, Ал-

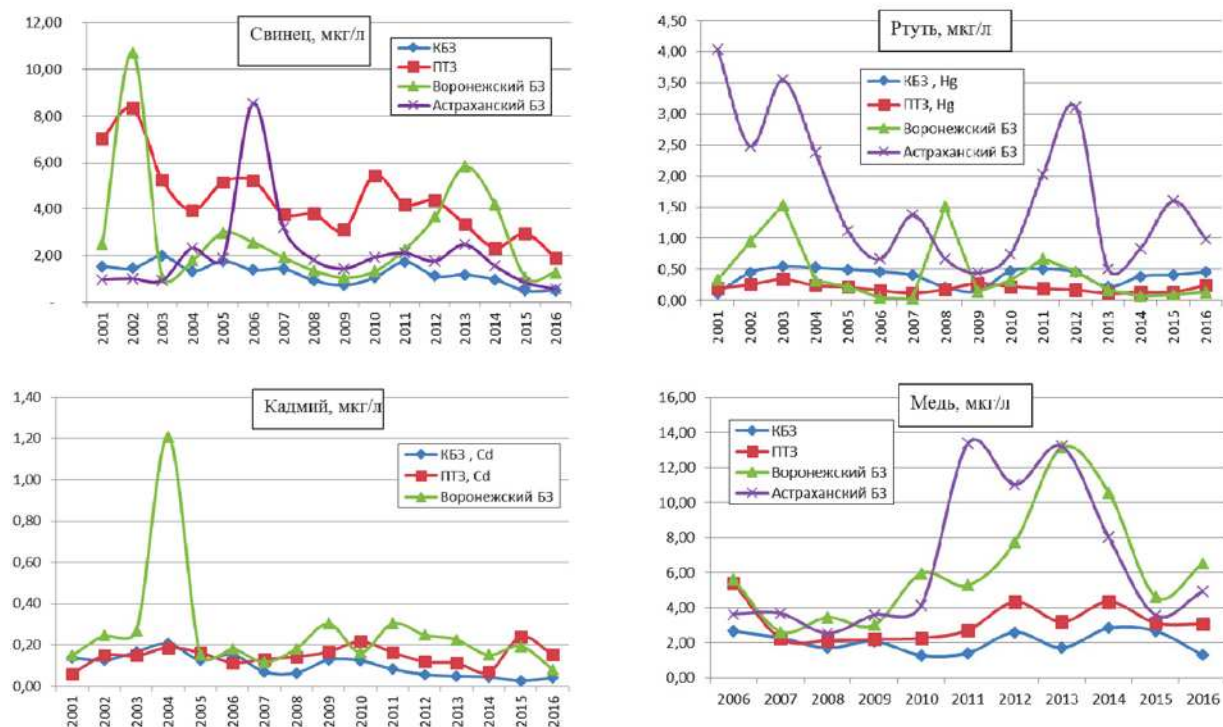


Рис. 2.31. Изменение содержания тяжелых металлов в атмосферных осадках фоновых районов в 2001–2016 гг.

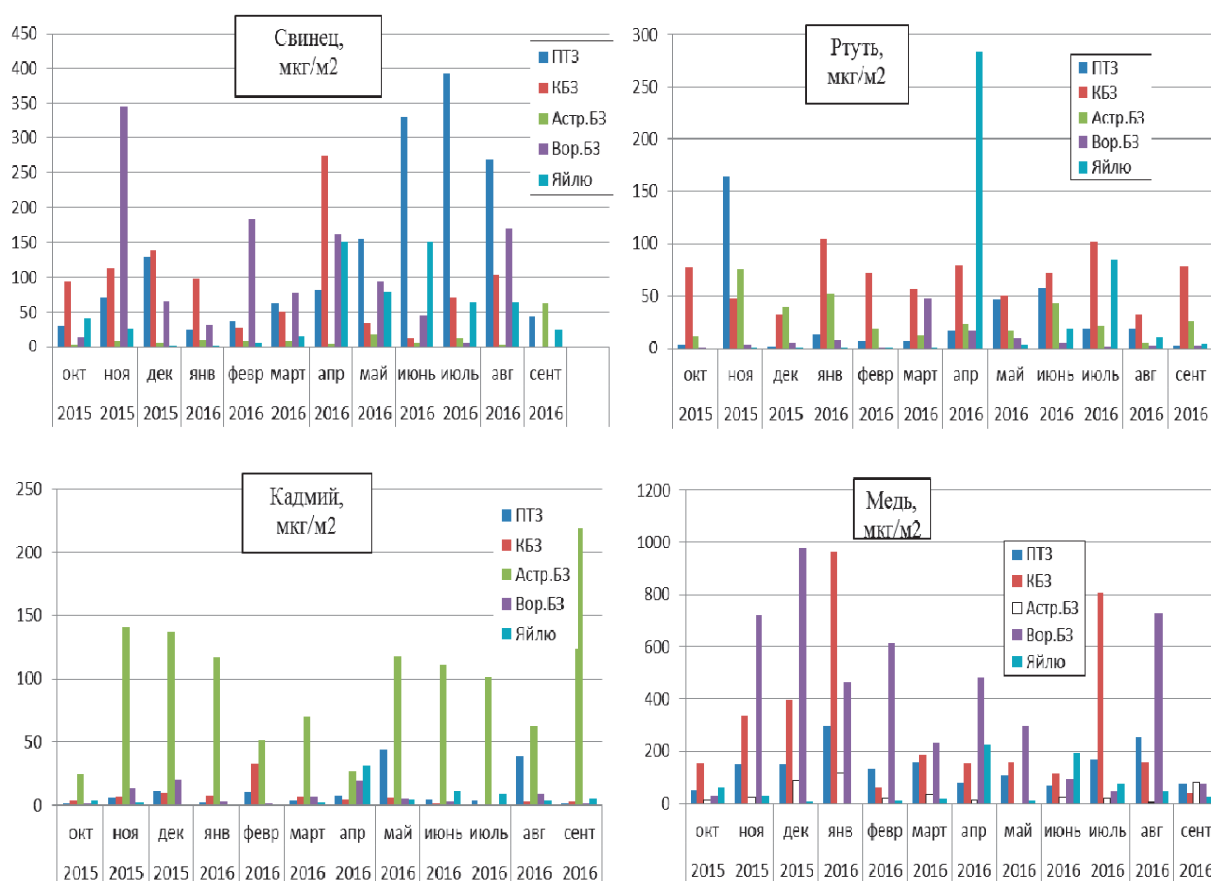


Рис. 2.32. Годовой ход выпадений тяжелых металлов с атмосферными осадками в фоновых районах

тайского заповедника – около $0,4 \text{ мг/м}^2$, Астраханского БЗ – около $0,35 \text{ мг/м}^2$. На территории Воронежского и Алтайского заповедников выпадения были выше, чем в предыдущий геофизический год (рис. 2.32).

В 2015–2016 геофизическом году средневзвешенные годовые фоновые концентрации меди в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – $1,3 \text{ мкг/л}$, Приокско-Террасного БЗ – $3,1 \text{ мкг/л}$, Воронежского БЗ – $6,5 \text{ мкг/л}$, Алтайского БЗ – $0,8 \text{ мкг/л}$ (табл. 2.17, рис. 2.31).

Среднемесячные концентрации меди на территории Приокско-Террасного БЗ находились, в основном в диапазоне от значений около 2 мкг/л до $3,8$ (максимальное значение в январе 2016 г.). В Кавказском БЗ концентрации варьировали от значений ниже предела обнаружения, до $4,5 \text{ мкг/л}$ (в июле 2016 г.). На территории Воронежского БЗ концентрации меди варьировали в наибольшем диапазоне: от $1,4 \text{ мкг/л}$ (октябрь 2015 г.) до $15,0 \text{ мкг/л}$ (август 2016 г.). В Астраханском БЗ концентрации варьировали от значений ниже предела обнаружения, до $3,9 \text{ мкг/л}$ (январь 2016 г.). На станции Яйлю максимальные концентрации были зафиксированы в апреле и июне ($1,4$ и $1,8 \text{ мкг/л}$ соответственно), в остальные месяцы значения концентраций не превышали 1 мкг/л .

На территории Приокско-Террасного БЗ влажные выпадения меди в рассматриваемый период составили менее около $1,7 \text{ мг/м}^2$, в Воронежском БЗ – более $4,5 \text{ мг/м}^2$, в Кавказском БЗ – более $3,5 \text{ мг/м}^2$, на станции Яйлю – около $0,7 \text{ мг/м}^2$, в Астраханском БЗ – более $0,4 \text{ мг/м}^2$ (рис. 2.32).

2.3.8. Выпадения серы и азота в результате трансграничного переноса загрязняющих воздух веществ (ЕМЕП)

В рамках выполнения международной «Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе» (ЕМЕП – Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe) на территории Европейской части России с 1980-х годов действует сеть мониторинга трансграничного загрязнения атмосферы. Данные наблюдений по программе ЕМЕП представляют собой регулярные измерения содержания в воздухе и атмосферных осадках основных химических соединений, формирующих кислотность и ионный баланс выпадений. В 2016 г. наблюдения проводились на четырех станциях ЕМЕП,

Таблица 2.17. Концентрации загрязняющих веществ в атмосферных осадках фоновых районов в 2016 г.

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

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

нпо – значение ниже предела обнаружения.

расположенных в северо-западном регионе России (Янискоски, Пинега) и в центральной части Европейской России: на станциях Данки (юг Московской области), Лесной заповедник (Тверская область). По результатам обработки годовых массивов данных оценены реальные величины атмосферных выпадений (нагрузок) серы и азота, в виде приоритетных кислотообразующих соединений, в районах размещения станций.

Кислотность атмосферных осадков определяется соотношением между анионами закисляющих соединений, образующимися из газообразных оксидов серы и азота в ходе химических реакций при переносе в атмосфере, и щелочными катионами, абсорбируемыми осадками в облачных слоях. На содержание ионов и их прекурсоров, скорость химических превращений, влияют как антропогенные, так и природные факторы, обеспечивая разную степень кислотности (изменение величины pH) выпадающих осадков в весьма широких пределах. Распределение повторяемости наблюдавшихся значений pH суточных осадков по характерным интервалам кислотности представлено в табл. 2.18. При полном отсутствии кислых осадков в 2016 г. на северо-западе ЕТР атмосферные выпадения в

целом нейтральные, с наибольшей вероятностью значений pH от 6 до 7, в то время как в Центральной части ЕТР около 80% осадков имеет значения pH от 5 до 6.

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

Таблица 2.18. Распределение измеренных значений показателя кислотности (ед. pH) по диапазонам характера закисления атмосферных осадков в районах расположения российских станций ЕМЕП в 2016 г.

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

ктически одинаковые значения среднегодовых концентраций, 0,25–0,34 мг N/л. Во внутригодовом ходе максимальные концентрации сульфатов в районах станций ЕМЕП наблюдались в весенний и осенний периоды, при более чем трехкратном превышении значений в холодный период по сравнению с теплым. Наиболее высокая концентрация нитратов и ионов аммония в осадках также наблюдается в холодный период года, отражая важную роль переноса от антропогенных источников при формировании уровней содержания азотсодержащих соединений в осадках.

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

Величина выпадений соединений серы и азота на подстилающую поверхность дает возможность оценить степень опасности воздействия загрязнения атмосферы на состояние окружающей среды, в частности, в долгосрочной перспективе избыточное поступление этих веществ, связанное с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу и их динамикой в странах

Европы, может привести к развитию процессов закисления или эвтрофикации в природных экосистемах. Идентификация роли фактора трансграничного переноса является важной задачей ЕМЕП, так как целями программы являются мониторинг состояния и изменений загрязнения атмосферы, подтверждение эффективности согласованных предпринятых природоохранных мер для улучшения качества окружающей среды в странах-участницах и в Европе в целом. Изменение значений годовых выпадений серы из атмосферы с осадками на российских станциях ЕМЕП представлено на рис. 2.33. При относительно большой вариации годовых значений можно отметить практически отсутствие направленного уменьшения сумм влажных выпадений за период действия Гетеборгского протокола (подписан в 1999 г.) с незначимыми характеристиками линейного тренда. По результатам расчета многолетних выпадений с осадками суммы нитратного и аммонийного азота (рис. 2.34) отмечается, что в целом на некоторых российских станциях ЕМЕП можно отметить рост выпадений азота. Темпы этого роста различны от станции к станции, что может быть связано с высокой межгодовой вариабельностью значений.

Поток загрязняющих веществ из атмосферы осуществляется не только с атмосферными осадками (влажные выпадения), но и при осаждении (поглощении) веществ в виде газов и аэрозольных частиц на подстилающей поверхности (сухие выпадения). По результатам наблюдений среднее содержание оксидов серы и азота (газы и аэрозоли) в атмосферном воздухе в целом закономерно возрастает с севера ЕТР к центральным районам России. Уровни среднесуточных концентраций газов и аэрозолей на станциях ЕМЕП значительно ниже, чем принятые критерии допустимых значений для самых чувствительных видов наземной растительности, указанные в научной литературе. Внутри-

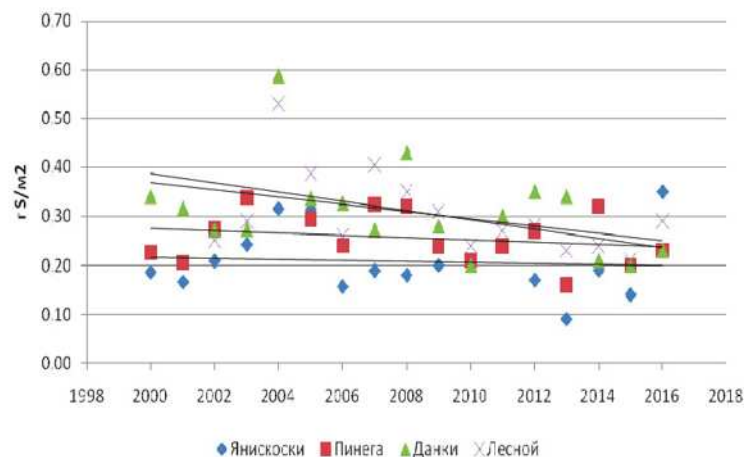


Рис. 2.33. Многолетние выпадения сульфатной серы из атмосферы с осадками на станциях ЕМЕП (г S/м²/год)

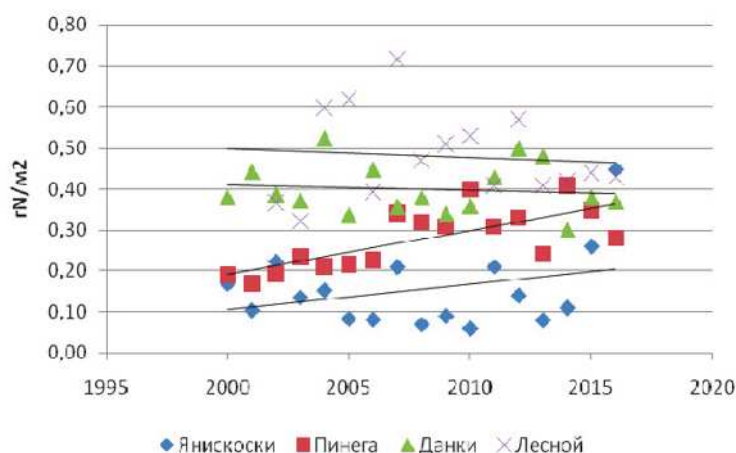


Рис. 2.34. Многолетние выпадения суммарного азота (нитратного и аммонийного) из атмосферы с осадками на станциях ЕМЕП (г N/м²/год)

Таблица 2.19. Сравнение суммарных влажных выпадений в 2016 г. и критических нагрузок серы и азота в районах расположения российских станций ЕМЕП

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

годовая изменчивость концентраций окислов серы имеет явную сезонную зависимость: наибольшие концентрации сернистого газа и аэрозольного сульфата на станции Данки в 2016 г. наблюдались в январе-марте (до 2,36 мкг/м³ и 2,08 мкг S/м³).

Вклад сухих выпадений в общий поток всех химических соединений серы и азота из атмосферы по ранее выполненным оценкам составляет для российских станций ЕМЕП около 40% (от суммарных) для серы и около 10% для азота. Последнее является несколько заниженной оценкой, поскольку в настоящее время в программу наблюдений не включены измерения газообразной азотной кислоты, аммиака и газовых оксидов азота. Сравнение годовых влажных выпадений серы и суммарного азота с осадками в 2016 г. с ориентировочными уровнями критических нагрузок выпадений из атмосферы для разных географических районов с использованием методических рекомендаций ЕЭК ООН, позволяют сделать вывод, что выпадения окисленной серы уже существенно ниже критических нагрузок (табл. 2.19). Для азота суммарные выпадения близки к критическим значениям, что является тревожным сигналом с учетом существующих тенденций изменения выпадений азота с осадками к росту год от года.

2.3.9. Региональное загрязнение воздуха и осадков по данным станций мониторинга ЕАНЕТ

На территории России в рамках международной Сети мониторинга выпадения кислотных осадков в Восточной Азии (ЕАНЕТ) с 2000–2002 гг. постоянно работают 4 станции мониторинга: три в регионе оз. Байкал – Иркутск (городская), Листвянка (региональная) и Монды (фоновая); одна в Приморском крае – Приморская (региональная). В настоящее время только станции ЕАНЕТ предоставляют результаты регулярного мониторинга содержания загрязняющих веществ в атмосфере вне городов на азиатской территории России.

По данным измерений в 2016 г. самое низкое содержание газовых примесей в воздухе наблюдалось на станции ЕАНЕТ Монды (рис. 2.35), при этом уровни концентрации аммиака были выше, чем для остальных газов как в среднем за год, так и в отдельные сезоны. Подобная картина наблюдается для большинства фоновых и региональных станций ЕАНЕТ других стран. Среднемесячные концентрации SO₂ на фоновом уровне (ст. Монды) в 2016 г. регистрировались на уровне 0,05–0,8 мкг/м³, за исключением декабря, когда среднемесячная концентрация составила 1,42 мкг/м³. Выра-

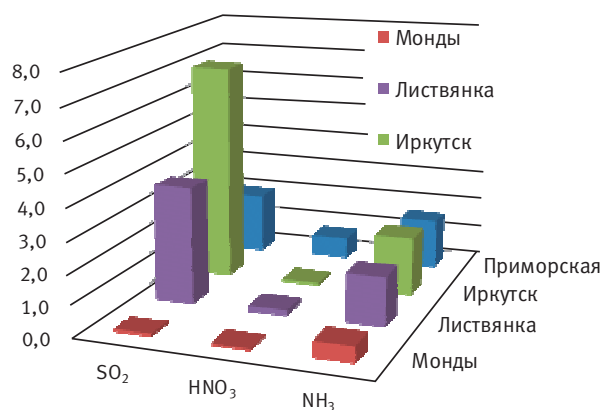


Рис. 2.35. Среднегодовое содержание газовых примесей в воздухе по данным измерений на станциях ЕАНЕТ в 2016 г. (мкг/м³)

женного сезонного хода содержания диоксида серы в воздухе на станции Монды не наблюдалось. На станции Приморская в последние три года наблюдается снижение содержания азот- и серосодержащих веществ, при этом концентрации SO_2 в Приморье ниже, чем в районе озера Байкал. По данным последних лет в атмосфере Байкальского региона измеряются повышенные концентрации газообразного хлористого водорода, что требует более детального анализа с учетом наблюдений предыдущих лет.

За весь период наблюдения на всех станциях ЕАНЕТ наибольшие концентрации в составе взвешенных частиц в характерны для сульфатов – около 60% состава атмосферных аэрозолей по массе, при этом наиболее высокие значения практически всех ионов характерны для измерений в Приморском крае (рис. 2.36). В Байкальском регионе за семнадцать лет наблюдений содержание практически всех основных ионов в воздухе уменьшилось вдвое. При этом наблюдаемое загрязнение атмосферы на ст. Листвянка в 5 и более раз превышает фоновые уровни загрязнения на ст. Монды. Концентрации сульфатов и аммония в аэрозолях

в Приморском крае продолжает оставаться заметно выше, чем в регионе Байкала.

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

В многолетнем ходе средних концентраций серо- и азотсодержащих веществ в воздухе отмечается некоторое уменьшение среднегодовых значений на станциях в регионе оз. Байкал по сравнению с 2010–2013 гг. (рис. 2.37). В Приморском крае в 2016 г. содержание в атмосфере аэрозолей серо- и азотсодержащих веществ понизилось в сравнении с 2013 годом за исключением диоксида серы, содержание которого растет последние два года и приблизилось к уровню 2013 года.

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

Согласно расчетам, содержание приземного озона на станции Монды статистически значимо убывает и за 15 лет уменьшилось более чем на 10 млрд⁻¹ (частиц на миллиард) при среднем уровне около 40 млрд⁻¹. Концентрации на станции Листвянка регистрировались примерно на уровне значений для станции Монды, за исключением летних месяцев, когда содержание озона выше и вследствие влияния локальных условий достигает иногда 120 млрд⁻¹. На обеих станциях наблюдается выраженный годовой ход концентраций озона

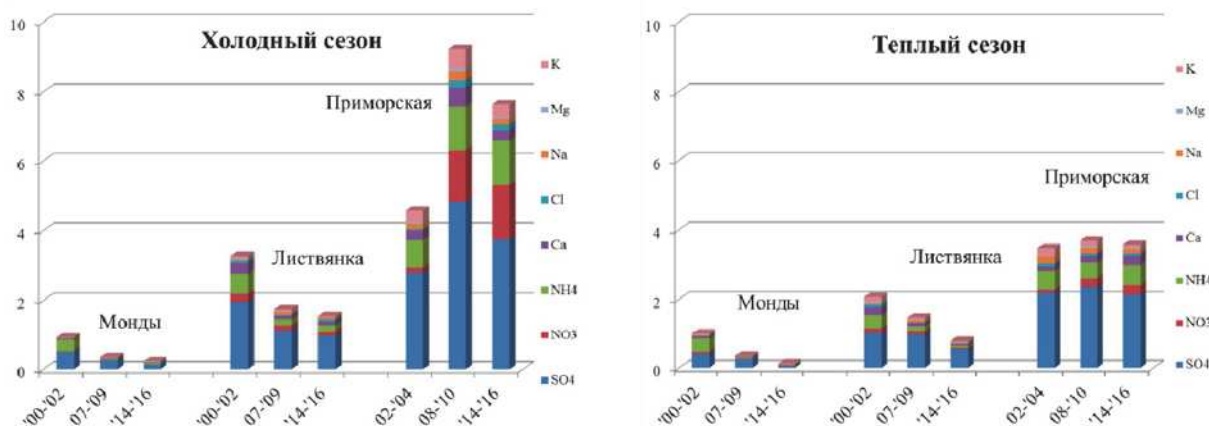


Рис. 2.36. Изменение среднего химического состава аэрозолей (мкг/м³) на станциях ЕАНЕТ в холодный (слева) и теплый (справа) периоды по наблюдениям в 2000–2016 г.

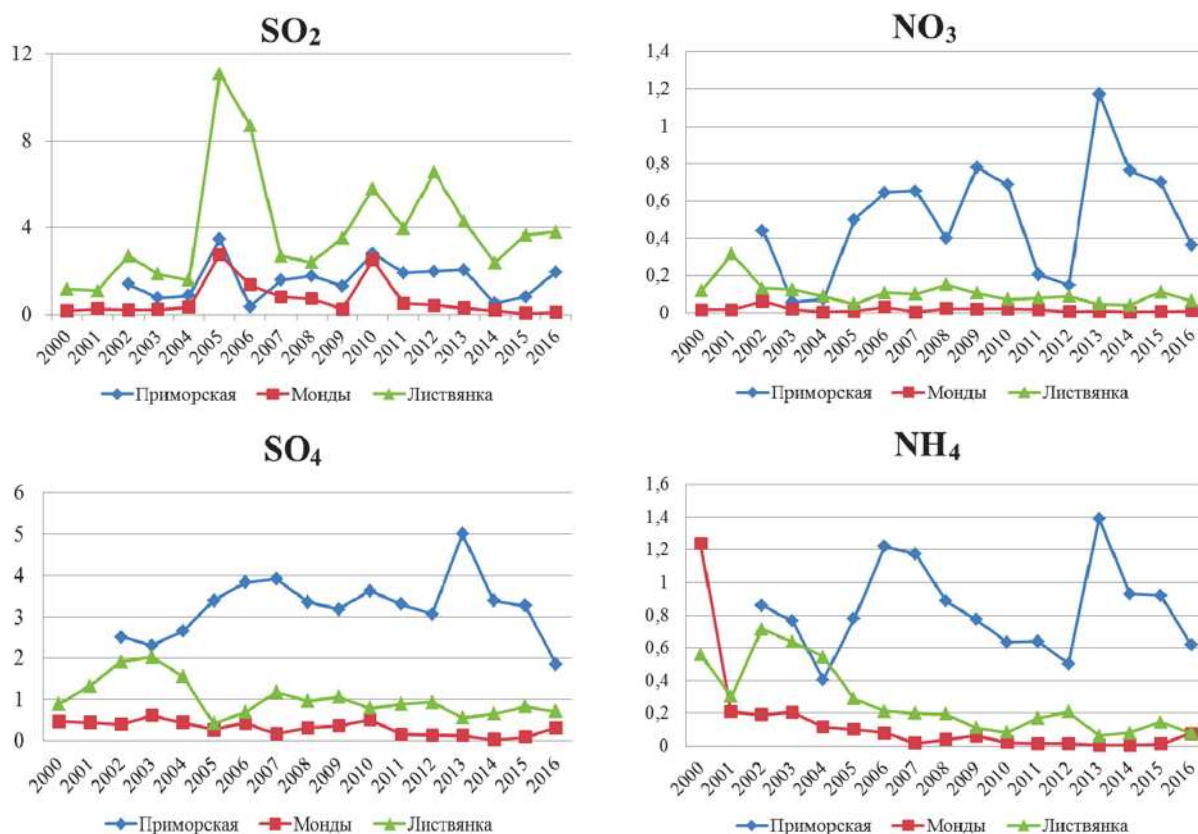


Рис. 2.37. Изменения средних годовых концентрации соединений серы (слева) и азота (справа) в воздухе на станциях ЕАНЕТ ($\mu\text{кг}/\text{м}^3$)

с максимум в весенние месяцы и минимумом в осенние.

По наблюдениям за загрязнением осадков в 2016 г. на региональном уровне, как и ранее, для Дальнего Востока характерно более высокое содержание сульфатов и аммония в осадках в течение всего года. Сезонные изменения выпадений сульфатов определяется в основном годовым ходом осадков. Максимальные потоки сульфатов в 2016 г. отмечены в Приморье в мае ($0,51 \text{ г}/\text{м}^2$) и сентябре-ноябре (более $0,26 \text{ г}/\text{м}^2$ в месяц), а в холодный период 2015–2016 г. влажные выпадения сульфатов в целом составили $0,52 \text{ г}/\text{м}^2$ (менее $0,25 \text{ г}/\text{м}^2$ в месяц в декабре-марте), несмотря на относительно высокие концентрации их в осадках (рис. 2.38). В регионе Байкала внутригодовой ход выпадений выражен явно с максимумами в конце весны-

лета практически для всех соединений, вместе с наибольшими суммами осадков в течение года (более 75% за апрель-август 2016 г.), что в целом соответствует картине прошлых лет наблюдений.

Вследствие региональных особенностей поступления осадков, при сравнимых уровнях концентраций кислотных соединений в осадках величина их влажных выпадений значительно выше в Приморском регионе, чем в Байкальском регионе (табл. 2.20). При этом уровни потоков серы и азота с осадками (без учета сухих выпадений) в Прибайкалье все еще ниже значений критических нагрузок, предлагаемых в Европе для оценки величины выпадений. Тем не менее, для некоторых районов Приморья общие выпадения азота могут приближаться к указанным критическим значениям.

Таблица 2.20. Сравнение суммарных выпадений серы и азота с осадками на станциях ЕАНЕТ в 2008–2016 г. и критических нагрузок, используемых в ЕМЕП, $\text{г}/\text{м}^2/\text{год}$

Станция	Влажные выпадения (в единицах элемента) (в скобках – среднее за 9 лет)			Критические нагрузки (ЕМЕП)	
	S (SO ₄)	N (NO ₃)	N (NH ₄)	S _{CL}	N _{CL}
Листвянка	0,09–0,34 (0,22)	0,032–0,10 (0,073)	0,034–0,16 (0,096)	1,6–2,4	0,56–0,98
Монды	<0,01–0,051 (0,030)	<0,001–0,022 (0,015)	<0,001–0,04 (0,020)	0,32–0,64	< 0,28
Приморская	0,44–0,78 (0,61)	0,087–0,33 (0,23)	0,31–0,58 (0,40)	1,6–2,4	0,56–0,98

2.4. Содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности

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

Станции комплексного фоновое мониторинга (СКФМ) организованы в пределах особо охраняемых природных территорий федерального значения – в биосферных заповедниках и национальных парках, которые приурочены к основным биоклиматическим зонам европейской и азиатской части России, а также к областям высотной поясности (рис. 2.39). Все эти территории, за исключением Алтайского БЗ (Яйлю), включены во Всемирную сеть биосферных резерватов ЮНЕСКО. Удаленность от источников загрязнения, ограничение антропогенной нагрузки, максимальная сохраняемость наземных и водных экосистем в их естественном состоянии позволяют считать поступление загрязняющих веществ на подобных территориях фоновым и оценивать на этой основе параметры глобального рассеивания поллютантов в биосфере.

На протяжении более 25 лет на постоянных пробных площадках СКФМ, выбранных в наиболее представительных биогеоценозах, с периодичностью 1 раз в 3–5 лет проводятся регулярные наблюдения за содержанием загрязняющих веществ в почвах и растительности.

Отбор проб компонентов системы «почва-растение» на СКФМ осуществляется по унифицированной схеме. Смешанные образцы почв отбираются методом конверта: в травянистых экосистемах с площади 100 м² из верхнего минерального слоя профиля на глубину 10 см, а

в лесных экосистемах – с площади 2500 м² из горизонта лесной подстилки и из нижележащих минеральных горизонтов на глубину 10 см. Средние пробы растительности отбираются из их фотосинтезирующих частей по фракциям: листва и хвоя древостоев, надземная часть разнотравья, гаметофиты мохового яруса.

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

Фоновое содержание загрязняющих веществ в почвах

Согласно результатам наблюдений, проводимых на СКФМ в последние годы, современный уровень содержания в почвах валовых форм соединений приоритетных тяжелых металлов – свинца, кадмия и меди – в целом близок к их среднемировым кларкам, установленным А.П. Виноградовым и Д.П. Малюгой во второй половине XX века (табл. 2.21.). Сопоставляются с кларковыми величинами и диапазоны варьирования содержания тяжелых металлов в почвах природных территорий, которые были зафиксированы за период 2005–2016 гг.

В почвах СКФМ за весь период наблюдений не отмечалось превышения содержания тяжелых металлов сверх установленных нормативных величин ориентировочно допустимых концентраций (ОДК). Вместе с тем, концентрации загрязнителей, численно превышающие величину 0,5 ОДК, были спорадически зарегистрированы за последнее десятилетие в

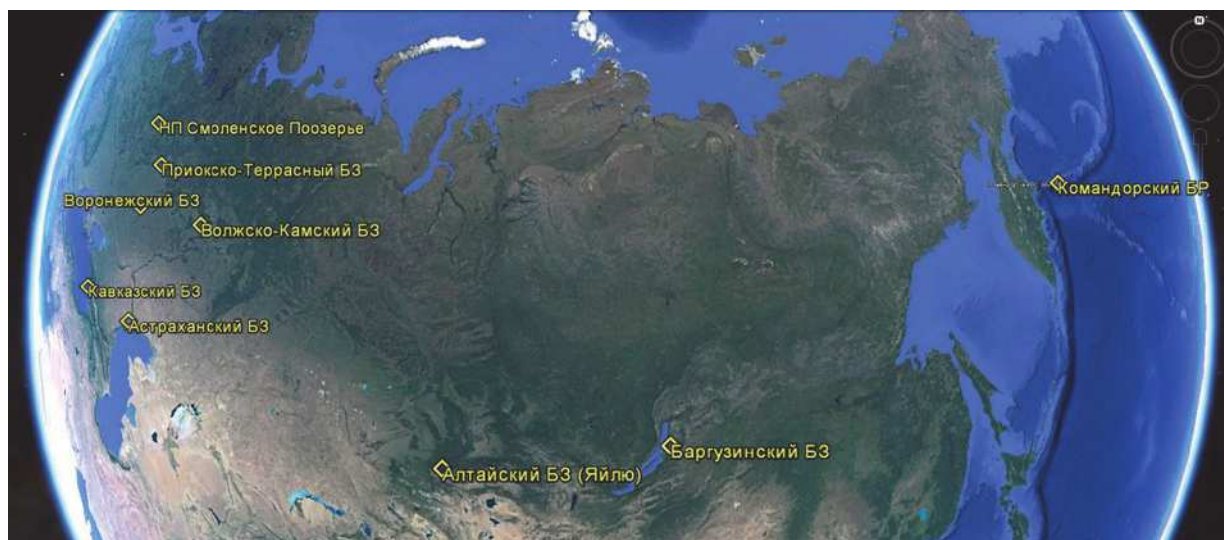


Рис. 2.39. Карта распределения станций КФМ на территории Российской Федерации

Таблица 2.21. Средние величины содержания тяжелых металлов в почвах СКФМ за период 2013–2016 гг. и диапазоны значений показателей за период 2005–2016 гг.

Станция СКФМ	Опробованные почвы	Свинец, мг/кг		Кадмий, мг/кг		Медь, мг/кг	
		Диапа- зон	2013 г./ 2016 г.	Диапа- зон	2013 г./ 2016 г.	Диапа- зон	2013 г./ 2016 г.
Центральный федеральный округ							
НП Смоленское Поозерье	Дерново–подзолистые супес- чаные	3,7–10,0	8,8	0,12–0,35	0,35	2,2–16,0	11,9
Приокско–Терра- сный БЗ	Дерново–подзолистые суглини- стые	1,4–19,0	4,6	0,02–0,66	0,64	0,53–58,0	2,6
Воронежский БЗ	Дерново–подзолистые песчаные	1,30–31,0	2,8	0,03–0,50	0,09	2,9–7,5	4,8
Южный федеральный округ							
Кавказский БЗ	Горные бурые лесные	6,3–25,0	19,3	0,05–0,32	0,18	7,8–27,6	18,0
Астраханский БЗ	Аллювиальные луговые и луго- во–болотные	1,5–6,6	2,1	0,07–0,3	0,14	9,7–14,0	9,4
Приволжский федеральный округ							
Волжско–Кам- ский БЗ	Дерново–подзолистые суглини- стые	2,9–12,0	8,5	0,05–0,56	0,16	7,6–20,4	18,0
Сибирский федеральный округ							
Алтайский БЗ (Яйлю)	Горно–луговые	3,7–12,5	10,8	0,05–0,80	0,22	6,10–57,0	8,5
Баргузинский БЗ	Горные мерзлотно–таежные	2,4–8,2	4,9	0,04–2,8	0,23	3,1–12,0	6,1
Дальневосточный федеральный округ							
Командорский БР	Подзолы	5,2	5,2	0,17	0,17	10,4	10,4
ОДК _{вал} *		32 / 65 / 130		0,5 / 1 / 2		33 / 66 / 132	
Кларк почв **		10		0,5		20	

* ОДК_{вал} по ГН 2.1.7.2042–06 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве» для песчаных и супесчаных почв / кислых почв суглинистого и глинистого состава с $pH_{KCl} < 5,5$ / близких к нейтральным и нейтральным почвам суглинистого и глинистого состава с $pH_{KCl} > 5,5$ соответственно.

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

автоморфных дерново-подзолистых почвах Приокско-Террасного БЗ (валовые формы соединений свинца, кадмия и меди) и Воронежского БЗ (соединения свинца), а также в горных бурых лесных почвах Кавказского БЗ (соединения свинца) и горно-луговых почвах Алтайского БЗ (соединения кадмия). Полученные данные свидетельствуют о наличии значимого антропогенного прессинга на природные экосистемы Центрального федерального округа – промышленно развитого региона с повышенной плотностью населения. В целом, в почвах СКФМ, расположенных на Европейской части территории России, отмечается тренд к относительному росту содержания валовых форм соединений свинца, кадмия и меди по сравнению со станциями фонового мониторинга на Азиатской части России (рис. 2.40).

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

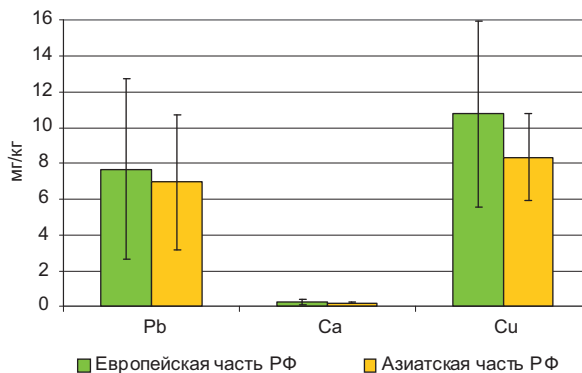


Рис. 2.40. Средние уровни содержания тяжелых металлов в почвах Европейской и Азиатской частей РФ за период наблюдений на СКФМ 2013–2016 гг.

Экологическое состояние почв СКФМ по показателям содержания в них приоритетных органических загрязнителей характеризуется в основном как благополучное. Как правило, лишь следовые количества поллютантов, поступившие в наземные экосистемы особо охраняемых природных территорий вследствие глобального рассеяния, обнаруживаются в почвах СКФМ (табл. 2.22). Так, содержание

Таблица 2.22. Средние величины содержания органических загрязняющих веществ в почвах СКФМ за период 2013–2016 гг. и диапазоны значений показателей за период 2005–2016 гг.

Станция КФМ	Опробованные почвы	Бенз(а)пирен, мкг/кг		сумма–ДДТ, мкг/кг		γ–ГХГЦ, мкг/кг	
		Диапазон	2013 г./ 2016 г.	Диапазон	2013 г./ 2016 г.	Диапазон	2013 г./ 2016 г.
Центральный федеральный округ							
НП Смоленское По- озерье	Дерново–подзолистые супесчаные	0,2–1,2	0,2	≤0,2–10,0	≤0,2	≤0,2–0,7	≤0,2
Приокско–Террасный БЗ	Дерново–подзолистые суглинистые	0,1–0,9	0,4	0,5–70,8	1,2	≤0,05–6,0	2,1
Воронежский БЗ	Дерново–подзолистые песчаные	0,1–18,1	0,09	0,5–77,9	28,0	≤0,05–4,5	3,2
Южный федеральный округ							
Кавказский БЗ	Горные бурые лесные	0,08–1,4	0,4	0,5–41,1	18,5	≤0,05–5,64	0,7
Астраханский БЗ	Аллювиальные луговые и лугово–болотные	0,08–0,45	0,4	0,3–25,1	22,3	≤0,05–13,2	0,5
Приволжский федеральный округ							
Волжско–Камский БЗ	Дерново–подзолистые суглинистые	0,1–0,3	0,1	0,5–71,4	23,3	≤0,2–4,5	2,8
Сибирский федеральный округ							
Алтайский БЗ (Яйло)	Горно–луговые	0,1–3,7	0,5	0,5–52,6	4,8	≤0,05–2,2	0,25
Баргузинский БЗ	Горные мерзлотно–та- ежные	0,3–1,6	0,5	0,5–98,6	15,5	≤0,05–3,4	1,7
Дальневосточный федеральный округ							
Командорский БР	Подзолы	0,3/ – *	0,3	36,0	36,0	1,1	1,1
ПДК		20		100		100	

* Нет данных.

наиболее типичного химического канцерогена органической природы – бенз(а)пирена – в почвах фоновых территорий, как правило, на один-два порядка меньше, чем величина ПДК. Лишь единично за весь период наблюдений на СКФМ в дерново-подзолистых почвах Воронежского БЗ отмечалось содержание бенз(а)пирена на уровне 0,9 ПДК, однако согласно последнему сроку опробования почв заповедника в настоящее время концентрации бенз(а)пирена находятся на уровне следовых количеств.

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

При контроле остаточных количеств инсектицида γ-гексахлорциклопексана (γ-ГХЦГ), который был запрещен к применению в России

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

Фоновое содержание загрязняющих веществ в растительности

Согласно данным фонового мониторинга состояния растительности в районах размещения СКФМ, проведенного в 2005–2016 гг., а также по данным последнего срока опробования содержание большинства тяжелых металлов и органических загрязнителей в фотосинтезирующих органах доминантных растений наземных экосистем находится в пределах интервалов колебаний характеристик природного фона (табл. 2.23 и 2.24).

В то же время, для ряда контролируемых параметров за последние 4 года наблюдений были отмечены максимальные значения. В частности, в 2013 г. на станции фонового мониторинга, расположенной в Приокско-Террасном БЗ, наблюдались наивысшие для многолетней динамики показатели содержания соединений кадмия в листе деревьев, а γ-ГХЦГ – как в листе деревьев, так и в разнотравье напочвенного покрова; в Воронежском БЗ были отмечены максиму-

Таблица 2.23. Средние концентрации тяжелых металлов в растительности СКФМ в 2013–2016 гг. и диапазоны значений показателей за период 2005–2016 гг.

Станция КФМ	Проба	Свинец, мг/кг		Кадмий, мг/кг		Медь, мг/кг	
		Диапазон	2013 г./ 2016 г.	Диапазон	2013 г./ 2016 г.	Диапазон	2013 г./ 2016 г.
Центральный федеральный округ							
НП Смоленское Поозерье	Осина, листва	0,3–7,3	1,2	0,18–0,96	0,90	– *	5,3
	Липа, листва		3,4		0,39		9,2
	Черника		0,3		0,22		8,0
	Мох		4,0		0,90		4,3
Приокско–Террасный БЗ	Береза, листва	0,05–1,5	0,4	0,15–3,50	0,30	0,7–20,0	4,9
	Разнотравье	0,51–1,5	0,3	0,16–0,71	0,49	1,9–9,0	2,3
Воронежский БЗ	Хвоя сосны	0,5–1,9	1,6	0,17–0,60	0,50	–	–
	Разнотравье	0,1–1,7	1,4	0,10–0,62	0,39		
	Мох	3,1–10,3	10,3	0,40–0,90	0,90		
Южный федеральный округ							
Астраханский БЗ	Ясень, листва	0,5–7,4	0,6	0,30–5,30	2,60	9,5–107,0	6,3
	Ветла, листва		0,3		2,30		5,2
	Тростник	0,68–17,0	0,3	0,40–6,70	0,37	3,3–98,0	7,8
	Ежевика		0,6		1,40		5,9
Кавказский БЗ	Разнотравье	0,54–2,3	2,3	0,10–0,65	0,38	2,8–7,6	2,8
Приволжский федеральный округ							
Волжско–Камский БЗ	Сосна, хвоя	1,3–2,9	2,5	0,25–0,50	0,40	3,7–18,0	4,2
	Разнотравье	1,4–3,9	3,0	0,28–2,70	1,50	3,5–9,8	3,5
	Мох	4,0–42,0	37,0	0,70–1,40	0,80	4,2–11,0	5,0
Сибирский федеральный округ							
Баргузинский БЗ	Листва деревьев	0,36–0,53	0,5	0,33–0,88	0,60	0,5–4,0	2,3
	Хвоя кедра	0,44–1,3	0,7	0,20–0,48	0,30	1,1–2,5	1,9
	Разнотравье	0,29–1,4	0,7	0,06–0,27	0,15	0,8–3,2	1,9
	Мох	1,0–3,5	2,2	0,30–1,30	0,60	2,3–3,2	2,7
Алтайский БЗ (Яйлю)	Разнотравье	1,0–2,6	1,4	0,19–0,66	0,19	2,4–7,2	6,1
Дальневосточный федеральный округ							
Командорский БР	Рододендрон	–	0,5	–	0,10	–	4,0

* Нет данных.

мы содержания соединений свинца в моховом покрове и суммы ДДТ и его метаболитов в хвое сосны; в Кавказском БЗ – γ -ГХГЦ в хвое и листе древесного яруса; в Алтайском БЗ (Яйлю) – бенз(а)пирена в травянистой растительности. Поскольку применение хлорсодержащих органических пестицидов групп ДДТ и ГХГЦ было в основном прекращено после 1990-х гг., то зафиксированное повышение их остаточных количеств в СКФМ может определяться спецификой биоклиматических особенностей вегетации в годы наблюдений, а также пространственной неоднородностью распределения поллютантов в растительном покрове.

Растительность мохового яруса древесных биогеоценозов, которая в силу отсутствия настоящих корней более других таксономических отделов растений может отражать уровни аэрогенного загрязнения наземных экосистем, характеризуется относительно повышенными величинами содержания свинца и суммы ДДТ и его метаболитов, в то время как для остальных контролируемых показателей относительное на-

копление может отмечаться как в растениях древесного, так и травянистого ярусов (рис. 2.41.)

В целом, для отдельных показателей фоновое загрязнение компонентов растительного покрова СКФМ веществами глобального рассеяния максимальные уровни содержания соединений свинца (37,0 мг/кг) отмечаются в моховом покрове Волжско-Камского БЗ; кадмия (2,1 мг/кг) и меди (59,5 мг/кг) – соответственно в листе ясеня и в травостое ежевики Астраханского БЗ; бенз(а)пирена (0,4 мкг/кг) – в хвое сосны Воронежского БЗ; остаточных количеств ДДТ и его метаболитов (122 мкг/кг) – в растительности мохового яруса; а остаточных количеств γ -ГХГЦ (4,0 мкг/кг) – в хвое сосны Волжско-Камского БЗ.

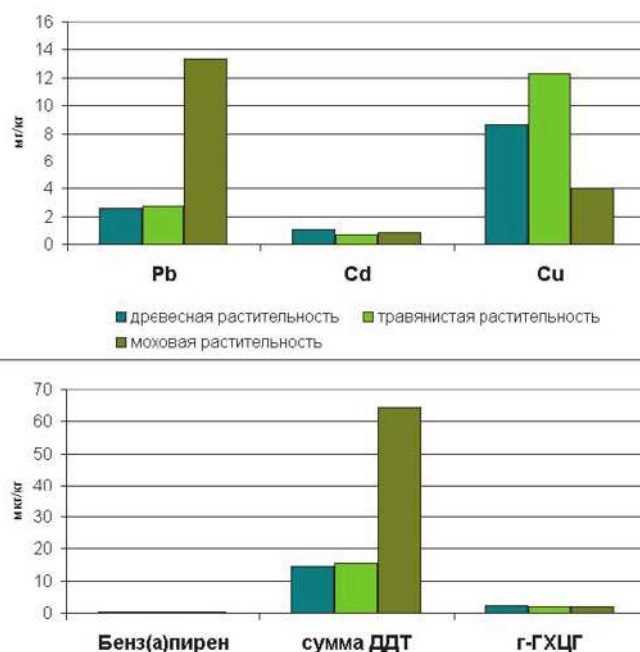
2.4.1.1. Оценка состояния сосны обыкновенной в древостоях естественного происхождения и посадках для территории Пензенской области

Одним из методов оценки состояния и выявления трендов состояния является изучение

Таблица 2.24. Средние концентрации органических загрязняющих веществ в растительности СКФМ в 2013–2016 гг. и диапазоны значений показателей за период 2005–2016 гг.

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

* Нет данных.

**Рис. 2.41.** Среднее содержание тяжелых металлов и органических загрязняющих веществ в растительности древесного, травянисто-кустарничкового и мохового ярусов (сравнительные данные для лесных экосистем СКФМ, в которых проводится одновременный пробоотбор растительности по всем ярусам)

параметров индивидуальной изменчивости деревьев. Данный метод используется в рамках Международной совместной программы комплексного мониторинга (МСП КМ). Для использования метода, его уточнения и верификации результатов необходимо иметь ясное представление о динамике вариабельности деревьев различного возраста и происхождения.

В целях уточнения методики, проведено сравнение индексированных рядов приростов подроста сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. в лесокультурах и в естественном возобновлении на территории Пензенской области. Общее количество исследуемых образцов составило 180 экземпляров (100 – естественного происхождения 80 – в посадках). Исследования проводились в 2002 году на территории Поволжского Федерального округа, на участках «Покровка» и «Усовка», заложенных в Никольском лесничестве Пензенской области.

В ходе корреляционного анализа, с применением ранговых коэффициентов Кендалла, для рядов индексов прироста обнаружены значимые коэффициенты корреляции ($p = 95\%$) для естественных древостоев участков «Покровка» и «Усовка» (табл. 2.25). Между рядами линейных приростов культур и естественных древостоев на одних и тех же участках, а также между параметрами посадок на различных участках значимых взаимосвязей обнаружено не было (табл. 2.25., рис. 2.42).

Согласно рис. 2.42 разброс значений индексов линейного прироста выше на началь-

ных этапах роста деревьев. Динамика индексов прироста, в целом, выравнивается в более поздний период – амплитуда отклонений индексов от единицы становится меньше, что может свидетельствовать о снижении уровня изменчивости древостоев по параметру линейного прироста.

Данное утверждение было проверено при помощи коэффициентов вариации индексов линейного прироста на пробных площадях (рис. 2.43).

Полученные результаты позволили сделать вывод о наличии значимого различия между отдельными деревьями в первые годы роста и об уменьшении вариации годовичных приростов с возрастом для всех экополигонов.

Наблюдаемое снижение вариабельности по мере роста деревьев объясняется процессами дифференциации и выпадения отдельных деревьев, что приводит к уменьшению уровня конкуренции между особями. Характеры дифференциации и конкуренции в лесокультурах и в природных фитоценозах, очевидно, значительно различаются между собой.

Для проверки результатов оценки изменчивости естественных древостоев и посадок было проведено сравнение статистических характеристик рядов индексов линейного прироста, осредненных по всем рассматриваемым пробным площадям и по всему массиву измерений. Результаты представлены в табл. 2.26, табл. 2.27.

Из представленных данных следует, что индексы линейного прироста, осредненные по



Рис. 2.42. Индексы линейного прироста *P. sylvestris* на участках «Покровка» и «Усовка»

Таблица 2.25. Значения коэффициентов корреляции Кендалла для рядов приростов на участках «Усовка» и «Покровка»

Название участка	Покровка (посадки)	Покровка (естеств.)	Усовка (посадки)	Усовка (естеств.)
Покровка (культуры)	1	-0,111	-0,200	-0,022
Покровка (естеств.)		1	0,378	0,822
Усовка (культуры)			1	0,378
Усовка (естеств.)				1



Рис. 2.43. Коэффициенты вариации индексов линейного прироста *P. sylvestris* на участках «Покровка» и «Усовка»

Таблица 2.26. Изменчивость осредненных рядов индексов линейного прироста сосны на участках «Покровка» и «Усовка»

№	Название участка	Происхождение древостоев	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации, %
1	«Покровка»	Посадки	0,16	16,96
		Естественные	0,13	12,73
2	«Усовка»	Посадки	0,15	16,08
		Естественные	0,10	9,80

Таблица 2.27. Изменчивость массивов рядов индексов линейного прироста сосны обыкновенной

№	Название участка	Происхождение древостоев	Число пробных площадей	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации, %
1	Участок Покровка	Посадки	6	0,24	24,51
		Естественные	10	0,21	21,49
2	Участок Усовка	Посадки	10	0,29	31,58
		Естественные	10	0,16	16,47

пробным площадям, для посадок варьируют сильнее. По всему имеющемуся массиву измерений для посадок, так же наблюдается более сильное варьирование значений, по сравнению с объектами естественного происхождения. Так, среднеквадратическое отклонение индексов линейного прироста на участке «Усовка» для естественных древостоев значимо ниже ($p = 95\%$), чем на участках с посаженными деревьями, что свидетельствует о более высоком уровне изменчивости приростов в культурах (табл. 2.27). Для объяснения причин того, что естественные древостои варьируют сходно, а культуры по этому признаку отличаются от естественного возобновления и различны между собой, было выдвинуто предположение о значительном влиянии на характер изменчивости ценологических факторов (характер почвенного покрова, освещение, конкуренция).

Все пробные площади расположены в географической близости друг от друга, в сходных климатических условиях. На всех пробных площадях участков «Покровка» и «Усовка», в культурах и в естественном возобновлении обнаружено снижение индивидуальной изменчивости линейных приростов подроста сосны, а также

сходство вариабельности индексированных ходов роста деревьев в естественном возобновлении. Сходство для рядов индексов приростов лесокультур и естественного возобновления отсутствует.

Зарегистрирован меньший уровень изменчивости естественных древостоев по сравнению с лесокультурами (как для временных рядов, так и для всего массива измерений).

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 в фоновых районах, прилегающих к техногенным. Согласно ИСО 11074-1-96, фоновая концентрация вещества в почвах – это средняя концентрация вещества в исследуемых почвах, зависящая от геологических и почвообразующих условий. Фоновый район для вещества в почвах изучаемого города – территория в районе расположения города с фоновой кон-

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

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

* но – не обнаружено

центрацией вещества в почвах, аналогичных почвам города.

Ежегодно летом отбирается от 1 до 10 объединённых проб почв в фоновых районах обследуемых городов, в которых определяются массовые доли тяжелых металлов (ТМ), нефти и нефтепродуктов (НП), фтора, нитратов, сульфатов, бенз(а)пирена (БП).

В табл. 2.28 представлены значения массовых

долей нитратов и водорастворимого фтора в почвах фоновых районов Западной Сибири, Иркутской, Самарской и Свердловской областей.

В 2016 и в 2009 годах были установлены фоновые значения массовых долей кислоторастворимых форм меди, цинка, никеля, свинца и кадмия для участков серой лесной почвы, расположенных в 25 км к юго-западу и в 20 км к северо-востоку от г. Уфа и для участка чернозёма

Таблица 2.29. Массовые доли кобальта, марганца, никеля и ртути, мг/кг, в почвах фоновых районов РФ

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Co	Mn	Ni	Hg
Верхнее Поволжье, Нижегородская обл. г.о. Дзержинск, п. Северный	Дерново-подзолистые	2016	<5–5	63–76	<10	<0,02
Дивеевский район с. Суворово			7–12	529–1248	20–33	<0,02
п. Цыгановка			9–11	786–840	26–31	<0,02
с. Елизарьево			8–9	574–793	27–30	<0,02
Республика Мордовия г. Саранск В, 3, от 20 до 25 км	Чернозёмы	2015–2016	5–18	381–692	15–42	0,02–0,04
Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола 20–23 км по 6 разным направлениям		2013–2016	<5–16	77–1546	<10–58	<0,02–0,07
Иркутская область, г. Зима в 2016 г. ССЗ 15 км, ЮВ 30 км	Серые лесные	2003, 2016	9–129	203–860	17–37	но–0,096
г. Саянск в 2016 г. ЮЮВ 9 км, ВЮВ 16 км, ЗЮЗ 7,5 км			6,5–74	244–750	11–38	0,020–0,083
Приморский край г. Дальнегорск в 2016 г. ЮЗ 50 км	Бурая лесная	2007, 2016	6–9	980–1090	10–12	0,071
с. Рудная Пристань в 2016 г. ЗСЗ 5 км	Бурая луговая		6–9	511–980	12–20	0,057
Республика Татарстан, г. Казань СЗ 20 км	Дерново-подзолистые	2008–2016	2–8	250–600	2–36	0,012–0,039
г. Нижнекамск, г. Набережные Челны СВ, Национальный парк «Нижняя Кама»			5–9	223–390	12–60	0,012–0,046
Свердловская область, п. Мариинск ЮЗ 54 км, от г. Екатеринбург	Подзолистые	1999–2016	4–44	77–3110	10–181	0,01–0,20

выщелоченного, находящегося в 23 км к северу от г. Стерлитамак Республики Башкортостан, которые изменялись в серой лесной почве от 20 до 28, от 64 до 88, от 59 до 97, от 10 до 13 и от 0,0 до 0,3 мг/кг, в чернозёме выщелоченном – от 17 до 23, от 77 до 78, от 46 до 110, от 14 до 15 и от 0,0 до 0,3 мг/кг соответственно.

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

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

В фоновой пробе почвы, отобранной в 2016 году в 13 км на юг от г. Нижний Тагил Свердловской области, массовые доли кислоторастворимых и подвижных форм хрома составили соответственно 43 и 1,0 мг/кг, свинца – 28 и 5,0 мг/кг, марганца – 935 и 112 мг/кг, никеля – 37 и 1,8 мг/кг, цинка – 94 и 16 мг/кг, меди – 69 и 3,7 мг/кг, кобальта – 19 и 0,9 мг/кг, кадмия – 1,1 и 0,4 мг/кг, ртути по валу – 0,06 мг/кг, нитратов – 3,1 мг/кг.

Фоновые массовые доли металлов, НП и сульфатов в чернозёмных почвах Волжского района Самарской области, установленные в 2006–2016 годах, представлены в табл. 2.30.

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

Массовые доли валовых и/или кислоторастворимых (сравнимых с валовыми) форм кад-

мия, меди, свинца и цинка, а также НП и БП в почвах отдельных фоновых районов Российской Федерации представлены в табл. 2.31.

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

В Нижегородской области в почвах п. Северный (фоновый район для г.о. Дзержинск) и Дивеевского района (с. Суворово, п. Цыгановка, с. Елизарьево) массовые доли валовой формы железа изменялись соответственно от 479 до 2344 мг/кг и от 3405 до 10500 мг/кг, магния – от 107 до 684 мг/кг и от 361 до 1427 мг/кг, хрома – от 0 до < 10 мг/кг и от 36 до 43 мг/кг. В почвах на расстоянии от 20 до 25 км в восточном направлении от г. Саранск валовое содержание железа варьирует от 4965 до 6512 мг/кг, магния – от 511 до 609 мг/кг, хрома – от < 10 до 10 мг/кг. На расстоянии от 20 до 23 км по разным направлениям от г. Йошкар-Ола валовая массовая доля железа в почве находится в пределах от 567 до 17890 мг/кг, магния – от < 60 до 1388 мг/кг, хрома – от < 10 до 55 мг/кг.

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

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

Таблица 2.30. Массовые доли металлов, НП и сульфатов, мг/кг, в почвах Волжского района Самарской области за 2006–2016 годы

Место наблюдений	Pb	Mn	Ni	Zn	Cu	Cd	Al	НП	Сульфаты
НПП «Самарская Лука» 30 км от г. Самара	8–88	43–515	11–87	35–219	11–118	0,2–2,8	920–3446	9–175	но–456
АГМС пос. Агрос ЮЗ 20 км от г. Самара	1–17	175–778	9–103	31–271	8–55	0,1–2,5	1020–6850	12–98	но–192

Таблица 2.31. Массовые доли кадмия, меди, свинца, цинка, НП и БП, мг/кг, в почвах фоновых районов РФ

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Cd	Cu	Pb	Zn	НП (БП)
Верхнее Поволжье, Нижегородская обл., Дивеевский район, с. Суворово	Дерново-подзолистые	2016	<0,5	12–18	<20	46–73	84–570
п. Цыгановка			<0,5	13–14	<20	46–51	52–86
с. Елизарьево			<0,5	14	<20	47–48	32–340
Республика Мордовия, г. Саранск 3В от 20 до 25 км	Чернозёмы	2015–2016	<0,5–1,3	<0,1–24	<20–20	<0,1–310	90–470
Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола от 20 до 23 км по 6 разным направлениям		2013–2016	<0,5–6,0	<5–54	<20–39	<10–83	25–207
Западная Сибирь, г. Новосибирск 3 38 км с. Прокудское	Подзолистые	1998–2016	но–3,0	3–30	1,6–40	5–47	9–264
г. Кемерово, д. Калинкино ЮЮЗ 55 км от ГРЭС	Серые лесные	1995–2016	но–6,3	4–41	5–31	18–169	6–110
г. Новокузнецк, пос. Сарбала ЮЮВ 32 км от ГРЭС	Подзолистые	1995–2016	<0,1–1,3	<0,1–27	но–25	<0,1–133	но–510
г. Томск, с. Ярское Ю 43 км от ГРЭС-2	Подзолистые	2001–2016	но–0,26	2–20	4,1–27	22–200	20–160
Иркутская область, г. Зима в 2016 г. ССЗ 15 км, ЮВ 30 км	Серые лесные	2003, 2016	но–1,36	14–26	16–80	12–72	40–550 по области
г. Саянск в 2016 г. ЮЮВ 9 км, ВЮВ 16 км, ЗЮЗ 7,5 км			но–1,58	14–46	но–88	12–59	
Приморский край г. Дальнегорск в 2016 г. ЮЗ 50 км	Бурая лесная	2007, 2016	но–0,53	4,6–30	22–67	100–106	(<0,005)
с. Рудная Пристань в 2016 г. ЗСЗ 5 км	Бурая луговая		но–0,93	10–14	32–92	106–132	
Республика Татарстан г. Казань СЗ 20 км	Дерново-подзолистые	2008–2016	но–0,5	2,5–11	4–18	10–180	50–96
г. Нижнекамск, г. Набережные Челны, Национальный парк «Нижняя Кама»		2008–2016	но–0,96	5–28	4–22	17–70	36–150
Свердловская область, п. Мариинск ЮЗ 54 км, от г. Екатеринбург	Подзолистые	1999–2016	0,5–2,2	13–368	7,0–137	44–201	–

Результаты наблюдений, проведенные с 1999 по 2016 год в районе п. Мариинск Свердловской области, показали, что в дерново-подзолистых почвах фоновые массовые доли подвижных форм хрома изменялись от 0,5 до 1,9 мг/кг, свинца – от 1,2 до 19 мг/кг, марганца – от 30 до 485 мг/кг, никеля – от 0,2 до 5,0 мг/кг, цинка – от 1,6 до 57 мг/кг, меди – от 0,5 до 25 мг/кг, кобальта – от <0,01 до 2 мг/кг, кадмия – от <0,01 до 1,12 мг/кг, содержание кислоторастворимых форм хрома – от 18 до 110 мг/кг.

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

В пробе, отобранной на бурой луговой почве в 5 км на запад-северо-запад от с. Рудная Пристань Приморского края, массовая доля

подвижных форм свинца составила 7,4 мг/кг, меди – 0,43 мг/кг, цинка – 18,6 мг/кг, марганца – 63 мг/кг, массовая доля водорастворимых форм цинка – 0,10 мг/кг, марганца – 0,26 мг/кг. В почве ниже предела обнаружения находилось содержание подвижных форм никеля и кадмия, а также водорастворимых форм свинца, меди, никеля и кадмия.

В табл. 2.31 не включены фоновые значения массовых долей ТМ в пробе почвы, отобранной в точке Московской области с координатами 55° 26' 39" с.ш., 38° 19' 52,6" в.д. Фоновое содержание кислоторастворимых форм свинца в изучаемой дерново-подзолистой почве составило 11 мг/кг, цинка – 22 мг/кг, кадмия – 0,8 мг/кг, меди – 9 мг/кг, кобальта – 5,5 мг/кг, никеля – 8,5 мг/кг, хрома – 20 мг/кг, марганца – 250 мг/кг, железа – 6500 мг/кг.

В большинстве регионов значения массовых долей ТПП в почвах варьируют в определенных пределах, зависящих от природной неоднородности почв, оставаясь в среднем за период наблюдений примерно на одном уровне. Отдель-

ные высокие значения фоновых массовых долей химических веществ в почвах встречаются редко. За многолетний период наблюдений превышение предельно допустимых и ориентировочно допустимых концентраций химических веществ в почвах наблюдается в единичных

случаях, которые не связаны с промышленным загрязнением.

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

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

Тяжелые металлы

В 2016 году фоновое содержание ртути, свинца, кадмия в поверхностных водах большинства фоновых районов России соответствовало интервалам величин, наблюдаемых в последние годы, и составило для ртути 0,05–1,2 мкг/л, свинца 0,5–2,1 мкг/л, кадмия 0,01–0,7 мкг/л (за исключением Астраханского БЗ, где концентрации кадмия и ртути стабильно высоки). На Азиатской территории России фоновые концентрации тяжелых металлов, как правило, ниже, чем на ЕТР (табл. 2.32).

Пестициды и ПАУ

В 2016 году концентрации суммы изомеров ДДТ в поверхностных водах большинства фоновых

территорий (за Исключением Воронежского БЗ), на которых проводятся регулярные измерения колебались внутри диапазона измерений прошлых лет и не превышали 150 нг/л. Концентрации γ -ГХЦГ в большей части проб также не превысили 150 нг/л.

Содержание бенз(а)пирена и бензперилена в поверхностных водах заповедников, как и в прошлые годы, составило от 0,5 до 1,3 нг/л (табл. 2.32).

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

Таблица 2.32. Фоновое загрязнение поверхностных вод по данным сети КФМ

Заповедник	Период наблюдений	Свинец, мкг/л		Кадмий, мкг/л		Ртуть, мкг/л	
		Диапазон	2016 г.	Диапазон	2016 г.	Диапазон	2016 г.
Кавказский БЗ	1982–2016	0,2–16,0	0,475	0,01–2,5	0,013	0,03–1,4	0,508
Приокско-Террасный БЗ	1987–2016	нпо–39,4	0,492	0,03–3,5	0,066	0,03–8,7	0,314
Баргузинский БЗ	1982–2008	0,2–7,4	1,7*	0,01–1,5	0,09*	0,01–9,7	1,03*
Астраханский БЗ	1988–2016	0,16–128,0	0,713	0,1–5,5	2,027	0,022–74	1,118
Воронежский БЗ	1990–2016	0,34–50	0,803	0,01–4,6	0,017	0,003–1,0	0,123
Яйлю	2002–2016	0,01–3,6	0,545	0,01–0,7	0,0236	0,01–0,097	0,0540
Смоленское поозерье	2009–2016	0,15–6,0	2,058	0,03–0,67	0,054	0,01–3,5	0,208
Байкальский БЗ	2011–2014	0,45–0,8*	0,61*	0,21–0,46*	0,294*	0,036–89*	17,88*
Волжско-Камский БЗ	2012–2015	0,18–0,33	0,255	0,036–0,21	0,123	0,005–0,008*	0,007
Центрально-лесной БЗ	1988–2011	0,2–66,6	0,8*	0,03–5,7	0,5*	0,03–0,5	0,2*

Заповедник	Период наблюдений	Бенз(а)пирен, нг/л		сумма-ДДТ, нг/л		-ГХЦГ, нг/л	
		Диапазон	2016 г.	Диапазон	2016 г.	Диапазон	2016 г.
Кавказский БЗ	1982–2016	0,05–8,9	0,900	нпо–370	147,967	нпо–188,4	10,967
Приокско-Террасный БЗ	1987–2016	0,05–12,9	0,771	нпо–215,2	86,083	нпо–129,3	35,325
Баргузинский БЗ	1982–2008	0,05–16,3	1,0*	1,6–112,5	17,57*	нпо–86,6	38,74*
Астраханский БЗ	1988–2016	нпо–11,7	0,889	нпо–328	91,106	нпо–92	8,472
Воронежский БЗ	1990–2016	0,05–5,6	0,863	нпо–32628	8320	нпо–151,6	151,6
Яйлю	2002–2016	0,2–3,6	1,323	нпо–311,24	80,629	нпо–258,8	6,750
Смоленское поозерье	2009–2016	0,16–0,88	0,49	нпо–288	60,43	нпо–29,1	9
Байкальский БЗ	2011–2014	0,05–1,64	1,06	1,6–112,5	17,57*	нпо–86,6	38,74*
Волжско-Камский БЗ	2012–2015	нпо–0,5	0,45	0,8–151,7	150,30		нпо*
Центрально-лесной БЗ	1988–2011	0,05–22,0	1,3*			нпо–15	нпо*

нпо – ниже предела обнаружения.

* Последнее измерение.

2.6. Радиационная обстановка на территории России

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

Дополнительное радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды на некоторых территориях РФ произошло вследствие радиационных аварий: в 1986 г. – на Чернобыльской АЭС, в 1957 г. – на ПО «Маяк», расположенном в Челябинской области. В 1967 г. из-за ветрового выноса радионуклидов с обнажившихся берегов оз. Карачай, куда сливались жидкие радиоактивные отходы ПО «Маяк», образовался Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС). Кроме того, источниками локального радиоактивного загрязнения окружающей среды являются некоторые предприятия ядерно-топливного цикла, такие как Сибирский химический комбинат в Томской области (СХК), Горно-химический комбинат (ГХК) в Красноярском крае и некоторые другие.

В 2011 г. некоторое влияние на радиационную обстановку на территории России оказали

аварийные выбросы японской АЭС «Фукусима-1». Однако это воздействие было незначительным и не имело долговременных последствий.

Наблюдения за радиоактивным загрязнением компонентов природной среды на территории России осуществляются радиометрической сетью Росгидромета. В 2016 г. наблюдения за мощностью экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения проводились на 1277 пунктах. Дополнительно измерения МЭД выполнялись на 30 постах в крупных городах. Наблюдения за радиоактивными атмосферными выпадениями проводились на 360 пунктах, за объемной активностью радионуклидов в приземном слое атмосферы – на 53 пунктах, за объемной активностью трития в атмосферных осадках – на 32 пунктах и в водах рек – на 15 пунктах, за объемной активностью ^{90}Sr в водах рек и озер – на 43 пунктах и в морях – на 10 станциях и в 10 пунктах – за содержанием гамма-излучающих радионуклидов в морском грунте.

Результаты мониторинга радиоактивного загрязнения компонентов природной среды техногенными радионуклидами в 2015–2016 годах

Таблица 2.33. Радиоактивность компонентов природной среды на территории России в 2015–2016 годах

Радионуклид, параметр	Единицы измерений	Диапазон среднемесячных значений (минимальное – максимальное)		Допустимые уровни
		2015 г.	2016 г.	
Воздух				ДОА _{НАС.} Бк/м ³
Объемная активность радионуклидов в приземной атмосфере				
Σβ	10 ⁻⁵ Бк/м ³	10,92 – 23,46* *	12,37 – 19,92	–
¹³⁷ Cs	10 ⁻⁷ Бк/м ³	1,58 – 3,51	1,52 – 3,51	27
⁹⁰ Sr	10 ⁻⁷ Бк/м ³	0,08 – 5,44	0,10 – 7,30	2,7
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu (Обнинск)	10 ⁻⁹ Бк/м ³	2,0 – 123,2	4,2 – 14,5	2,5·10 ⁻³
Радиоактивные атмосферные выпадения				
Σβ	Бк/м ² ·сутки	0,19 – 4,20	0,15 – 8,02	–
¹³⁷ Cs	Бк/м ² ·квартал	0,033 – 0,056* *	0,025 – 0,048	–
³ H	Бк/м ² ·мес.	25 – 135	40 – 160	–
Объемная активность радионуклидов в атмосферных осадках				
³ H	Бк/л	0,87 – 2,40	1,20 – 2,17	–
Вода				УВ, Бк/л
Объемная активность радионуклидов в речной воде				
⁹⁰ Sr	мБк/л	1,07 – 13,3	1,95 – 8,39	4,9
³ H	Бк/л	1,0 – 4,3	0,7 – 1,6	7600
Объемная активность радионуклидов в морской воде				
⁹⁰ Sr	мБк/л	1,1 – 3,5*	1,5 – 6,1*	–

Примечания. ДОО_{нас.} – допустимая объемная активность радионуклида в воздухе для населения по НРБ-99/2009.

УВ – уровень вмешательства для населения (допустимая объемная активность питьевой воды) по НРБ-99/2009

* Без Таганрогского залива Азовского моря.

** Пересчитанные данные с учетом оптимизированной сети наблюдений по состоянию на 01.01.2017 г.

на территории России за пределами отдельных территорий, загрязненных в результате аварийных ситуаций, приведены в табл. 2.33.

Анализ всей совокупности экспериментальных данных показал, что в последние 10 лет радиационная обстановка на территории Российской Федерации была спокойной и в 2016 г. по сравнению с 2015 г. существенно не изменилась.

В 2016 г. существенно уменьшилась по сравнению с 2015 г. среднемесячная объемная активность $^{239+240}\text{Pu}$ в воздухе, измеряемая в Обнинске, $-8,2 \cdot 10^{-9} \text{ Бк/м}^3$ (в 2015 г. $-27,0 \cdot 10^{-9} \text{ Бк/м}^3$).

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

2.6.1. Радиоактивное загрязнение приземного слоя воздуха

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

При осуществлении наблюдений за радиоактивным загрязнением приземного слоя атмосферы пробы радиоактивных аэрозолей и их выпадений на подстилающую поверхность отбирались непрерывно с суточной экспозицией,

затем в них определялось содержание суммарной бета-активности радионуклидов и отдельных гамма- и бета-излучающих радионуклидов техногенного и естественного происхождения. В окрестностях некоторых радиационно-опасных объектов (РОО) в приземной атмосфере определялись концентрации альфа-излучающих радионуклидов – изотопов плутония.

В 2016 г. наблюдалось незначительное увеличение среднегодовых значений объемной $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы во всех регионах РФ, за исключением южной части Восточной Сибири, пос. Новогорный (Челябинская обл.) и загрязненной после аварии на Чернобыльской АЭС зоны (Брянск, Курск). Наиболее значительное увеличение произошло в центре ЕТР – до $21,11 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$ (в 2015 г. $-17,65 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$) и на севере Восточной Сибири – до $17,51 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$ (в 2015 г. $-12,84 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$). Наиболее заметное снижение отмечено на юге Восточной Сибири – до $28,66 \times 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$ (в 2015 г. $-36,68 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$). Однако в среднем по России увеличение среднегодовых значений объемной $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы было незначительным – до $15,03 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$ (в 2015 г. $-13,88 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$) (рис. 2.44).

По данным оперативных наблюдений за радиоактивным загрязнением атмосферы в 2016 г. на территории России было зафиксировано 72 случая высоких значений (более пятикратного превышения над фоновыми уровнями) объемной $\Sigma\beta$ радионуклидов в аэрозолях (в 2015 г. – 31 случай).

Максимальное значение объемной $\Sigma\beta$ в 2016 г. наблюдалось в г. Благовещенске (Амурская обл.) в ноябре – $367,7 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$.

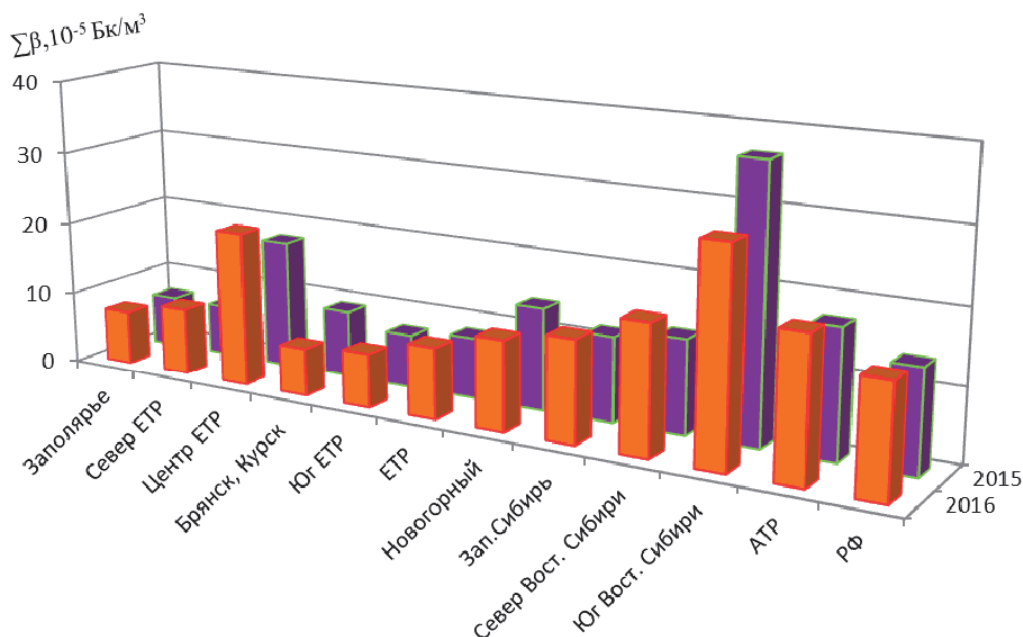


Рис. 2.44. Средние значения объемной $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы на территории РФ в 2015–2016 годах, 10^{-5} Бк/м^3

Повышенные величины объемной $\Sigma\beta$ в 2016 г. были зафиксированы также в пунктах наблюдения в населенных пунктах: Обнинске Калужской обл. (ФЭИ, Филиал НИФХИ) – $360,6 \times 10^{-5}$ Бк/м³, Благовещенске – $250,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ (в феврале), Владивостоке – $209,1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, Иркутске (Ангарский электролизный химический комбинат) – $201,3 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, пос. Большая Мурта Красноярского края – 235,3 и $212,9 \times 10^{-5}$ Бк/м³.

Чаше всего высокие значения объемной $\Sigma\beta$ в 2016 г. наблюдались в населенных пунктах: г. Сыктывкар (Республика Коми) – 21 случай, г. Барнаул (Алтайский край) и г. Кызыл (Республика Тыва) – по 7 случаев, с. Сухобузимское (Красноярский край) – 3 случая, г. Томск, г. Ухта (Республика Коми) и г. Уяр (Красноярский край) – по 5 случаев, пос. Большая Мурта (Красноярский край), г. Колпашево (Томская обл.), г. Кыштым (Челябинская обл.), г. Магадан, г. Нарьян-Мар (Ненецкий АО) и пос. Новогорный (Челябинская обл.) – по 2 случая, с. Аргаяш (Челябинская обл.), г. Благовещенск, с. Туруханск (Красноярский край), г. Красноярск (опытное поле), г. Обнинск, пос. Огурцово (Новосибирск) и г. Северодвинск (Архангельская обл.) – по 1.

В 2016 г. на территории России было зафиксировано 2 случая высоких значений $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений (в 2015 г. – 13 случаев). Оба случая были зафиксированы в п. Сосновый бор (100-км зона Ленинградской АЭС) в марте и июне 2016 г. ($9,8$ и 8 Бк/м²·сутки соответственно).

Среднегодовая, взвешенная по территории России, объемная активность ^{137}Cs в воздухе в 2016 г. сохранилась на уровне 2015 г. – $2,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Максимальная среднемесячная активность ^{137}Cs в воздухе вне загрязненных зон наблюдалась в ноябре в Обнинске – $38 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Повышенные относительно фоновых значения в пределах $(15-22) \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ наблюдались в Курчатове (Курская обл.) в январе, апреле, июле, сентябре 2016 г. Кроме Курчатова, повышенные среднемесячные объемные активности ^{137}Cs , на уровне $24 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, наблюдались в Мурманске (третий квартал 2016 г.).

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

Объемная активность $^{239+240}\text{Pu}$ в приземном слое атмосферы, ежемесячно определяемая в г. Обнинске изменялась от $4,2 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³ в июне до $14,5 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³ в октябре. Средняя объемная активность этих изотопов в воздухе г. Обнинска в 2016 г. составила $8,2 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³, что на шесть порядков ниже допустимой объем-

ной активности во вдыхаемом воздухе для населения по НРБ-99/2009 ($2,5 \cdot 10^{-3}$ Бк/м³).

Среднеквартальная объемная активность $^{239+240}\text{Pu}$ в приземном слое воздуха г. Курска за квартал 2016 г. (по измерениям объединенных за квартал проб) составила $2,5 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³.

Средневзвешенная по РФ плотность выпадения ^{137}Cs из атмосферы на подстилающую поверхность в 2016 г. составила $0,14$ Бк/м²·год (в 2015 г. – $0,18$ Бк/м²).

Выпадения ^{90}Sr глобального происхождения на территории РФ за пределами загрязненных зон были ниже предела обнаружения ($<0,2$ Бк/м²·год).

Среднемесячное содержание трития (^3H) в атмосферных осадках и месячные выпадения его из атмосферы с осадками за 2016 г. в разных пунктах наблюдения изменялись в диапазоне $(0,22-4,17)$ Бк/л и $(1,1-800)$ Бк/м²·месяц соответственно. Среднее содержание трития в осадках за 2016 г. по РФ незначительно увеличилось относительно 2015 г. ($1,6$ Бк/л) и составило $1,7$ Бк/л. Среднемесячное выпадение трития с осадками в 2016 г. заметно увеличилось – до $72,3$ Бк/м² (в 2015 г. – $69,3$ Бк/м²).

На загрязненных в результате Чернобыльской аварии территориях Европейской части России (Брянск, Курск) вследствие вторичного ветрового подъема до сих пор наблюдается повышенное содержание радионуклидов в воздухе. Основным дозообразующим радионуклидом на загрязненных территориях является ^{137}Cs . В 2016 г. его объемная активность в воздухе составила $5,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. (в 2015 г. – $11,7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³).

Повышенное содержание техногенных радионуклидов в приземном слое воздуха регулярно регистрируется и в районах, расположенных в 100-км зоне вокруг ПО «Маяк» на Южном Урале. В п. Новогорный максимальная среднемесячная объемная активность ^{137}Cs ($81 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) наблюдалась в октябре 2016 г., а среднемесячная за 2016 г. составила $29,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (в 2015 г. – $68,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), что на шесть-семь порядков ниже ДОО_{насел.} по НРБ-99/2009.

Выпадения ^{137}Cs в загрязненной зоне уменьшаются, однако до сих пор превышают фоновые уровни, характерные для незагрязненных зон. В 2016 г. выпадения ^{137}Cs в загрязненной после аварии на ЧАЭС зоне, усредненные по 10 пунктам, составляли $1,18$ Бк/м²·год (в 2015 г. $1,51$ Бк/м²·год). В отдельных населенных пунктах выпадения ^{137}Cs были намного выше. Максимальные выпадения ^{137}Cs в 2016 г. наблюдались в п. Красная Гора Брянской области – $6,9$ Бк/м²·год (в 2015 г. – $8,9$ Бк/м²·год).

В п. Новогорный (ПО «Маяк») годовые выпадения ^{137}Cs в 2016 г. существенно уменьшились – $13,1$ Бк/м²·год (в 2015 г. – $23,2$ Бк/м²·год).

2.6.2. Радиоактивное загрязнение поверхностных вод

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

В 2016 г. по сравнению с 2015 г. в воде рек России средняя объемная активность ^{90}Sr незначительно выросла и составила 4,8 мБк/л (2015 г. – 4,5 мБк/л), что на три порядка ниже уровня вмешательства для населения (4,9 Бк/л). До 2013 г. в осреднение по РФ не включались результаты измерений ^{90}Sr в водах рек Колва (п. Чердын), 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. К настоящему времени уровни активности ^{90}Sr в воде этих рек снизились до средних значений по РФ, что позволило учитывать их при расчете средней активности по РФ. Однако в последние годы отмечается рост активности ^{90}Sr в воде р. Невы (п. Новосаратовка Ленинградской обл.), которая в 2014–2016 годах в теплый период года составила 9,6 мБк/л, 8,8 мБк/л и 8,7 мБк/л соответственно, что существенно превышает среднее значение для рек РФ (4,8 мБк/л в 2016 году).

Объемная активность трития в водах рек в 2016 г. заметно уменьшилась по всем пунктам наблюдения на реках и составила в среднем 1,04 Бк/л (в 2015 г. – 1,85 Бк/л). Средняя удельная активность ^3H в обследованных реках РФ в 2016 г. колебалась в пределах 0,7–1,4 Бк/л. Меньшее из этих значений было зафиксировано в Северной Двине (п. Соломбала г.о. Архангельск), а большее – в Амуре (г. Комсомольск-на-Амуре).

Среднегодовое значение объемной активности трития в атмосферных осадках в 2016 г. составило 1,3 Бк/л (в 2015 г. – 1,6 Бк/л).

На АТР наиболее загрязненной остается р. Теча. Хотя прямые сбросы с ПО «Маяк» в реку не производятся, радионуклиды поступают с подземными водами от водоемов-хранилищ радиоактивных отходов и из ранее загрязненных Аксановских болот. Поэтому загрязнение реки радионуклидами, в основном ^{90}Sr , до сих пор остается достаточно высоким. Среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в воде р. Течи (п. Муслумово Челябинской обл.) в 2016 г. по сравнению с 2015 г. (6,07 Бк/л) уменьшилась в 1,4 раза и составила 4,40 Бк/л. Среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в р. Теча (п. Першинское Курганской обл.) по сравнению с 2015 г. (6,46 Бк/л) уменьшилась в 1,1 раза и составила 5,81 Бк/л.

Таким образом, наиболее загрязненной радиоактивным стронцием в 2016 г. является р. Теча в районе п. Першинское. Следует отметить, что, приведенные значения уровня загрязнения ^{90}Sr реки Теча по пункту Першинское в 1,2 раза выше уровня вмешательства для населения по НРБ-99/2009, а по пункту Муслумово составило 0,9 от величины уровня вмешательства. Но в обоих случаях активность ^{90}Sr в реке Теча на три порядка выше фонового значения для рек РФ (5,10 мБк/л).

В воде р. Исети (пункты Мехонское, Шадринск, Красноисетское Курганской обл.), после впадения в нее рек Течи и Миасса, среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в 2016 г. изменялась от 0,6 до 1,8 Бк/л, что в 2,7–8 раз ниже уровня вмешательства (4,9 Бк/л).

Уровни загрязнения морской воды ^{90}Sr практически мало изменяются от года к году. Среднегодовые объемные активности этого радионуклида в 2016 г. в поверхностных водах Белого, Баренцева, Каспийского, Охотского и Японского морей, а также в водах Тихого океана у берегов Восточной Камчатки (Авачинская губа) колебались в пределах от 1,64 и 1,48 мБк/л в Японском море и Авачинской губе до 2,76 мБк/л в Белом море. Объемная активность ^{90}Sr в Каспийском море в мае-июне составила в среднем 6,14 мБк/л (в 2015 г. среднегодовое значение было 3,47 мБк/л).

Максимальное содержание ^{90}Sr в 2016 г., также как и в 2015 г., было зафиксировано в Азовском море (Таганрогский залив) – 12,2 мБк/л (в 2015 г. – 14,95 мБк/л).

2.6.3. Радиационная обстановка на территории федеральных округов

Среднегодовые значения амбиентного эквивалента мощности экспозиционной дозы (МЭД) на территории федеральных округов находятся в пределах 0,11–0,16 мкЗв/ч, что соответствует естественному радиационному фону.

Повышенные значения МЭД были зафиксированы на территории СФО. Наибольшие среднесуточные значения МЭД наблюдались в Иркутске и Чите (0,13–0,27 мкЗв/ч), повышенные значения наблюдались в ДВФО – в диапазоне 0,08–0,18 мкЗв/ч и в ЮФО – в диапазоне 0,14–0,19 мкЗв/ч. На загрязненных территориях ЦФО значения МЭД не превышают фоновых уровней (табл. 2.34).

Даже в районах расположения радиационно-опасных объектов (РОО) среднегодовое значение МЭД в 2016 г. не превышало пределы колебания фонового уровня, например, в 100-км зоне Ленинградской АЭС изменялось от 0,11 до 0,16 мкЗв/ч, Кольской АЭС – от 0,12 до

Таблица 2.34. Радиационная обстановка на территории федеральных округов РФ в 2016 году

Федеральный округ	МЭД, мкЗв/ч	Объемная активность в воздухе		Выпадения из атмосферы	
		^{137}Cs , 10^{-7} Бк/м ³	^{90}Sr , 10^{-7} Бк/м ³	^{137}Cs , Бк/м ² ·год	^3H , Бк/м ² ·год
Дальневосточный	0,11 (0,08–0,18)*	1,1 (0,4–5,4)	2,3 (0,5–7,1)	0,11 (0,03–0,58)	656,3 (319,4–1536,8)
Приволжский	0,11 (0,08–0,16)	2,5 (0,4–11,0)	0,8 (0,5–1,2)	0,16 (0,12–0,22)	1074,7 (889,3–1305,8)
Северо-Западный	0,12 (0,1–0,19)	3,5 (1,0–24,0)	0,7 (0,1–1,2)	0,30 (0,21–0,40)	791,1 (603,7–935,0)
Сибирский	0,14 (0,10–0,27)	1,6 (0,2–5,4)	2,1 (0,3–5,4)	0,09 (0,03–0,14)	1055,9 (655,8–1730,6)
Уральский	0,12 (0,10–0,16)	8,9 (0,5–80,8)	3,3	0,21	937,0
Центральный	0,11 (0,10–0,15)	6,4 (1,5–18,4)	1,0 (0,5–1,8)	0,48 (0,20–0,65)	1242,4 (1233,6–1251,3)
Южный	0,16 (0,14–0,19)	1,9 (1,0–3,4)	0,4 (0,2–0,7)	0,20	793,9 (659,7–928,1)

* В скобках даны минимальные и максимальные средние значения по субъектам федерации, входящим в федеральный округ.

0,19 мкЗв/ч. На территории субъектов федерации СЗФО средние величины МЭД изменялись от 0,10 до 0,19 мкЗв/ч, а в целом по СЗФО среднегодовое значение МЭД составило 0,12 мкЗв/ч.

В 2016 г. так же, как и в 2015 г., на ЕТР наиболее высокое значение среднегодовой объемной активности ^{137}Cs в приземном слое атмосферы наблюдалось в ЦФО – $6,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, при этом ее значение было в 2,1 раза меньше, чем в 2015 г. ($13,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Наименьшее среднегодовое значение объемной активности ^{137}Cs отмечалось в Московской обл. (Подмосковная) – $2,7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, а наибольшее – в Курской области (Курчатов) – $11,5 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

После зарегистрированного в 2013 г. роста среднего значения объемной активности ^{137}Cs в СЗФО до $5,5 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, обусловленного радиационным инцидентом в г. Электросталь Московской обл., в 2015 г. ее значение снизилось. В 2016 г., так же, как и в 2015 г., оно составило $3,1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что соответствует характерным для округа значениям. В большинстве пунктов СЗФО наблюдается значительное снижение объемной активности ^{137}Cs (рис. 2.45). Наиболее низкие значения наблюдались в Вологде и Архангельске ($1,2 \cdot 10^{-7}$ и $1,8 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), наиболее высокие – в Мурманске и Северодвинске ($6,9 \cdot 10^{-7}$ и $5,8 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³).

Среднегодовое значение объемной активности ^{137}Cs в ПФО составило $2,5 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (в 2015 г. – $2,3 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). За исключением 2011 г. (авария на АЭС «Фукусима-1»), значения среднегодовых объемных активностей ^{137}Cs по ПФО за предшествующие 10 лет находились в пределах $(3–5) \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

Для АТР характерна большая неравномерность распределения среднегодовой объемной активности ^{137}Cs по населенным пунктам. При этом следует учесть, что многие из

пунктов СФО (Б. Мурта, Сухобузимское, Уяр, Огурцово, Колпашево) находятся вблизи РОО (рис. 2.46). Тем не менее, среднее по округу значение объемной активности ^{137}Cs составило $1,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (в 2015 г. – $1,7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Средневзвешенное значение по РФ в 2016 г. составляет $2,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что практически не отличается от значения 2015 г. – $2,5 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

Среднегодовые значения объемной активности ^{137}Cs по субъектам федерации в 2016 г. находились в пределах $(1,1–6,4) \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

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

Средняя объемная активность ^{90}Sr в приземной атмосфере в 2016 г. незначительно увеличилась и составила $1,19 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (в 2015 г. – $0,85 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), а по федеральным округам колеблется в пределах $(0,7–2,8) \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Наименьшие значения (без учета районов расположения радиохимических предприятий) были зафиксированы в ЮФО, СЗФО и ПФО, наибольшие – в ДВФО и УФО (табл. 2.34). Необходимо отметить, что в отдельных населенных пунктах округа среднегодовые значения объемной активности ^{90}Sr могут существенно отличаться от среднего значения по округу (рис. 2.47).

В некоторых городах ДВФО в первой половине 2016 г. объемная активность ^{90}Sr увеличилась по сравнению с тем же периодом 2015 г. (рис. 2.47). Особенно заметное увеличение произошло в Благовещенске (с $4,9 \cdot 10^{-7}$ до $7,3 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) и Якутске (с $0,7 \cdot 10^{-7}$ до $1,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Средняя объемная активность ^{90}Sr по ДВФО составила в первой половине 2016 г. $2,1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (в первой половине 2015 г. – $1,7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³).

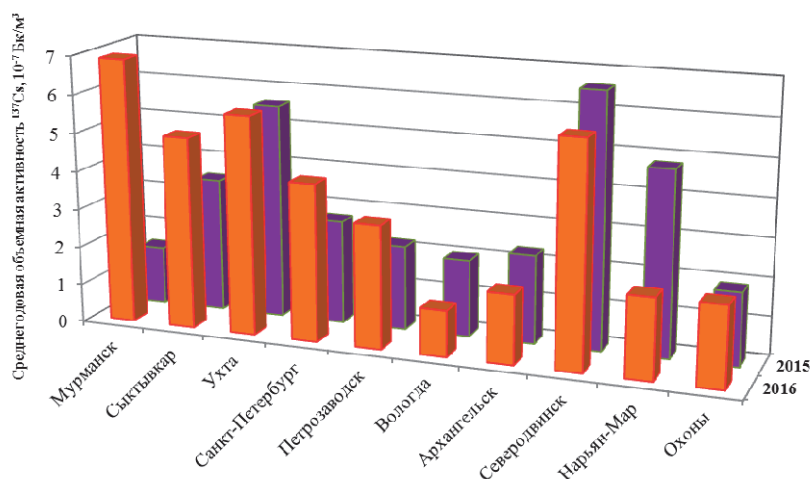


Рис. 2.45. Среднегодовая объемная активность ^{137}Cs в населенных пунктах СЗФО в 2015–2016 годах, 10^{-7} Бк/м^3

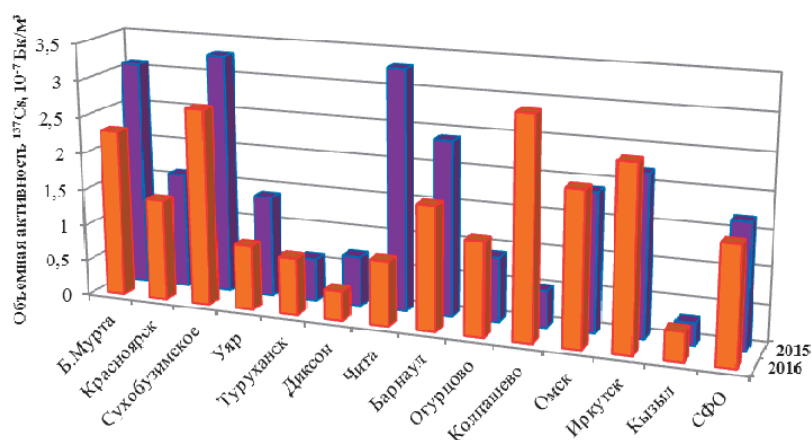


Рис. 2.46. Среднегодовая объемная активность ^{137}Cs в населенных пунктах СФО в 2015–2016 гг., 10^{-7} Бк/м^3

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

Атмосферные выпадения ^{90}Sr на подстилающую поверхность на территории большинства федеральных округов в 2016 г. были, как и в предыдущие годы, ниже предела обнаружения ($<0,2 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$).

Значимые количества атмосферных выпадений ^{90}Sr в 2016 г. наблюдались только в пос. Новогорном на территории УФО.

Разброс средних величин плотности атмосферных выпадений ^{137}Cs по федеральным округам в первой половине 2016 г. сравнительно небольшой (табл. 2.34). В 2016 г. наименьшая плотность выпадений ^{137}Cs отмечалась в СФО – $0,09 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$. В других округах она не превышала $0,48 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$. В ЦФО плотность выпадения ^{137}Cs была наибольшей – $1,0 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$, что соответствует значению 2015 г. и меньше значения 2014 года – $1,5 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$ (в 2013 г. наблюдалось резкое увеличение плотности выпадения до $8,5 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$ за счет радиационного инци-

дента на Машиностроительном заводе в г. Электросталь Московской обл.).

Высокие годовые выпадения ^{137}Cs регистрировались, как и ранее, на загрязненных территориях ЦФО: п. Красная Гора Брянской обл. – $6,9 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$ (в 2015 г. – $8,9 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$), г. Плавск Тульской обл. – $2,6 \text{ Бк/м}^2$ (в 2015 г. – $3,9 \text{ Бк/м}^2$).

На рис. 2.48 приведены среднегодовые объемные активности трития в атмосферных осадках на территории федеральных округов в 2015–2016 годах, кроме Северокавказского федерального округа, где данные наблюдения не проводятся.

Наименьшие значения объемной активности трития в атмосферных осадках в 2016 г., составившие $0,98$ и $1,04 \text{ Бк/л}$, отмечались в СЗФО и ЦФО (в 2015 г. – $1,25$ и $1,26 \text{ Бк/л}$ соответственно), наибольшее – в СФО, составившее $1,6 \text{ Бк/л}$ (в 2015 г. – $2,1 \text{ Бк/л}$). Диапазон значений по отдельным пунктам наблюдения незначительно расширяется – от $0,9 \text{ Бк/л}$ в Петропавловске-Камчатском до $2,5 \text{ Бк/л}$ в Иркутске и Енисейске. Среднегодовая активность трития в осадках для

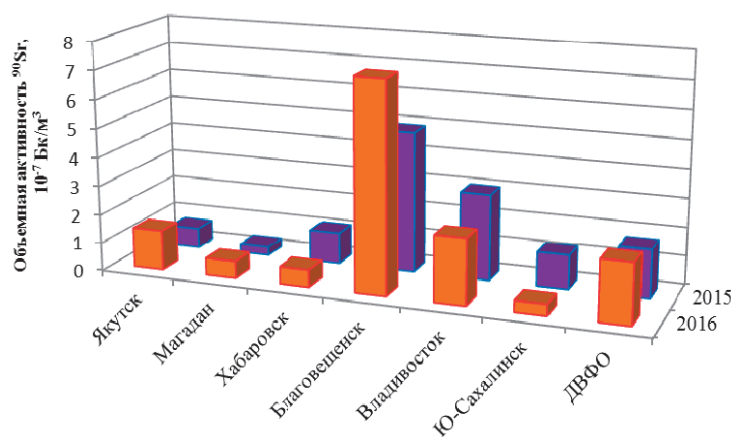


Рис. 2.47. Среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в населенных пунктах ДВФО в первом полугодии 2015 года и первом полугодии 2016 года, 10^{-7} Бк/м³

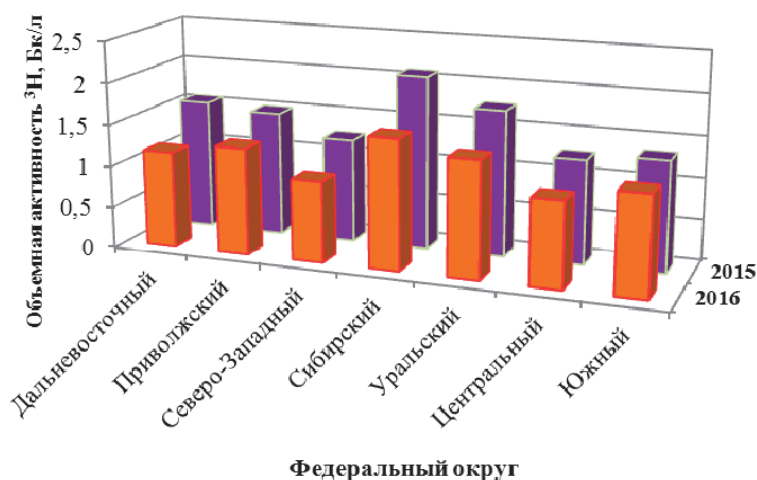


Рис. 2.48. Среднегодовая объемная активность ^3H в атмосферных осадках на территории федеральных округов РФ в 2015-2016 годах, Бк/л

всей территории РФ в 2016 г. составила 1,7 Бк/л (в 2015 г. – 1,6 Бк/л).

Содержание трития в речных водах хорошо согласуется с его содержанием в атмосферных осадках соответствующего региона и в среднем по территории РФ по 11 рекам (15 пунктов наблюдения) в 2016 г. составило 1,04 Бк/л (в 2015 г. – 1,8 Бк/л).

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

В ПФО проводятся наблюдения за содержанием ^{90}Sr в воде рек Вишера, Кама и Колва. В последние годы объемная активность ^{90}Sr в водах трех последних рек постоянно уменьшалась и в 2014 г. приблизилась к средним по ЕТР значениям. В 2016 г. содержание ^{90}Sr в воде этих рек существенно увеличилась – в Каме (п. Тюлькино) составило 14,0 мБк/л (в 2015 г. – 4,0 мБк/л), в Колве (п. Чердынь) и Вишере (п. Рябинино) – 9,0 и 8,5 мБк/л соответственно (в 2015 г. – по 6,0 мБк/л).

В поверхностных водах СЗФО в 2016 г. среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в воде р. Нева (Новосаратовка) составила 6,2 мБк/л (в 2015 г. – 8,8 мБк/л). В воде Онежского озера (Петрозаводская губа) объемная активность ^{90}Sr составила 3,4 мБк/л (в 2015 г. – 7,3 мБк/л), а в оз. Имандра – 2,6 мБк/л (в 2015 г. – 2,2 мБк/л).

В ЮФО объемная активность ^{90}Sr в воде рек Кубань, Волга и Дон составляла 2,0 мБк/л, 6,8 мБк/л и 5,2 мБк/л соответственно (в 2015 г. – 2,8 мБк/л, 3,8 мБк/л и 4,1 мБк/л).

В УФО в 2016 г. содержание ^{90}Sr в водах рек Обь (г. Салехард) и Пур (г. Уренгой) за пределами загрязненных территорий было выше среднего значения для рек АТР (5,3 мБк/л против 4,3 мБк/л в 2015 г.) и составило 5,5 мБк/л и 5,3 мБк/л соответственно (в 2015 г. – 5,7 мБк/л и 4,5 мБк/л).

Объемная активность ^{90}Sr в водах реках СФО изменялась от 5,1 мБк/л в р. Ангаре (Иркутск) до 3,9 мБк/л в р. Селенга при среднем значении по округу 4,5 мБк/л, что несколько ниже среднего значения по рекам РФ (5,2 мБк/л).

В 2016 г. средняя объемная активность ^{90}Sr в водах рек и озер ДВФО составила 4,7 мБк/л. Повышенное содержание ^{90}Sr было зарегистрировано в р. Оленек (Якутия) – 8,4 мБк/л (в 2015 г. – 14,8 мБк/л).

Содержание ^{90}Sr в оз. Ханка Приморского края, загрязненном во время проведения ядерных взрывов в Китае, в 2016 г. заметно уменьшилось до 7,3 мБк/л (в 2015 г. – 11,8 мБк/л).

3. Загрязнение окружающей среды регионов России

3.1. Загрязнение атмосферного воздуха населенных пунктов

3.1.1. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в России проводились в 243 городах на 678 станциях, из них регулярные наблюдения Росгидромета выполнялись в 223 городах на 620 станциях (рис. 3.1–3.2).

Для определения уровня загрязнения атмосферы используются следующие характеристики:

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

Уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивается при сравнении фактических концентраций с ПДК.

ПДК – предельно допустимая концентрация примеси для населенных мест, устанавливаемая Главным санитарным врачом Российской Федерации.

Средние концентрации сравниваются с ПДК среднесуточными ($\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$) и годовыми ($\text{ПДК}_{\text{год}}$), максимальные из разовых концентраций — с ПДК максимальными разовыми ($\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$).

Используются показатели качества воздуха:

ИЗА — комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей.

Величина ИЗА рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций. Показатель характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха.

СИ — стандартный индекс — наибольшая измеренная разовая концентрация примеси, деленная на $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$. Он определяется из данных наблюдений на станции за одной примесью, или на всех станциях рассматриваемой территории за всеми примесями за месяц или за год. В тексте приведено количество городов, в которых $\text{СИ} > 5$ или $\text{СИ} > 10$.

НП — наибольшая повторяемость, %, превышения $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$ по данным наблюдений за одной примесью на всех станциях города за год.

В соответствии с существующими методами оценки уровень загрязнения атмосферного воздуха считается повышенным при ИЗА от 5 до 6, $\text{СИ} < 5$, $\text{НП} < 20\%$, 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, $\text{СИ} > 10$, $\text{НП} > 50\%$.

3.1.2. Тенденции изменений загрязнения атмосферного воздуха

По данным регулярных наблюдений за период 2012–2016 гг. средние за год концентрации формальдегида не изменились, взвешенных

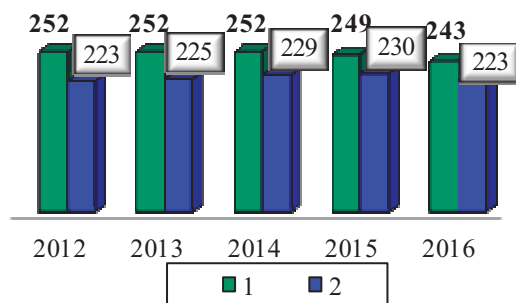


Рис. 3.1. Количество городов с наблюдениями за загрязнением воздуха (1), в том числе на сети Росгидромета (2)

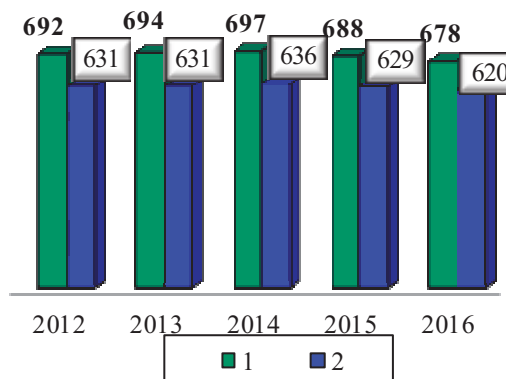
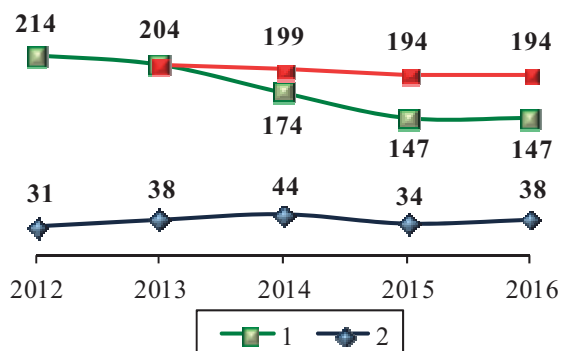
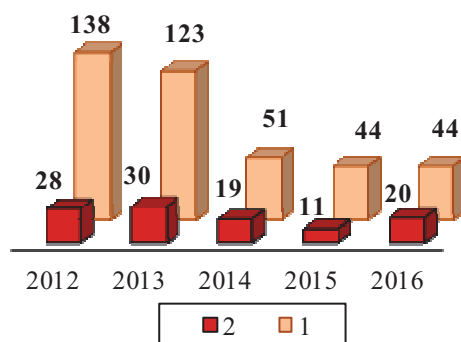


Рис. 3.2. Количество станций в городах с наблюдениями за загрязнением воздуха (1), в том числе на сети Росгидромета (2)

Таблица 3.1. Тенденция изменений средних за год концентраций примесей в городах РФ за период 2012–2016 гг.

Примесь	Количество городов	Тенденция изменений средних за год концентраций, %
Взвешенные вещества	216	–7
Диоксид азота	233	–19
Оксид азота	139	–17
Диоксид серы	223	–14
Оксид углерода	204	–18
Бенз(а)пирен	175	–30
Формальдегид	156	0

**Рис. 3.3.** Количество городов, в которых среднегодовые концентрации одного или нескольких веществ превышали 1 ПДК (1), с учетом прежней и новой ПДК формальдегида, отмечались значения СИ больше 10 (2)**Рис. 3.4.** Количество городов, в которых уровень загрязнения высокий и очень высокий (ИЗА > 7) (1), в том числе городов в Приоритетном списке (2)

веществ, диоксида азота, оксида азота, диоксида серы и оксида углерода снизились на 7–19%, бенз(а)пирена (БП) — на 30% (табл. 3.1, рис. 3.9–3.14).

За пять лет количество городов, где средние за год концентрации какой-либо примеси превышают 1 ПДК, снизилось на 67 (рис. 3.3), что обусловлено повышением в 2014 году по сравнению с прежним значением ПДК_{с.с.} формальдегида более чем в 3 раза. Если учитывать прежние ПДК формальдегида, то количество городов, где средние концентрации какой-либо примеси превышают 1 ПДК, в 2016 году составило бы 194 вместо 147, т.е. уменьшилось лишь на 20 городов за последние пять лет (рис. 3.3).

Количество городов, в которых максимальные концентрации превышают 10 ПДК, за пять лет увеличилось на 7, а по сравнению с 2015 годом — на 4 (рис. 3.3).

Количество городов, в которых уровень загрязнения атмосферы оценивается (по показателю ИЗА) как высокий и очень высокий, за пять лет снизилось на 94 города (рис. 3.4). Резкое снижение уровня загрязнения воздуха в городах обусловлено не улучшением качества воздуха, а связано с изменением ПДК_{с.с.} формальдегида, что приводит к занижению оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом и, соответственно, комплексного ИЗА.

При использовании для оценки прежней ПДК количество городов, в которых уровень загрязнения атмосферы оценивается (по показателю ИЗА) как высокий и очень высокий, составило бы 100 городов. Количество городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения воздуха в 2016 году по сравнению с прошлым годом не изменилось.

В список городов с наибольшим уровнем загрязнения воздуха в России в 2016 году (Приоритетный список) включено 20 городов (рис. 3.4, табл. 3.4). С учетом прежней ПДК_{с.с.} формальдегида в Приоритетный список в 2016 году были бы включены 29 городов. За пять лет количество городов в Приоритетном списке уменьшилось на 8, а с учетом прежней ПДК_{с.с.} формальдегида — увеличилось бы на 1 город.

Количество городов Приоритетного списка в 2016 году по сравнению с прошлым годом увеличилось на 9 городов.

Тенденция изменений загрязнения атмосферного воздуха отдельными веществами

Количество городов, где средние за год концентрации взвешенных веществ и диоксида азота превышали 1 ПДК, за пять лет уменьшилось на 26 и 36 соответственно, бенз(а)пирена — на 111

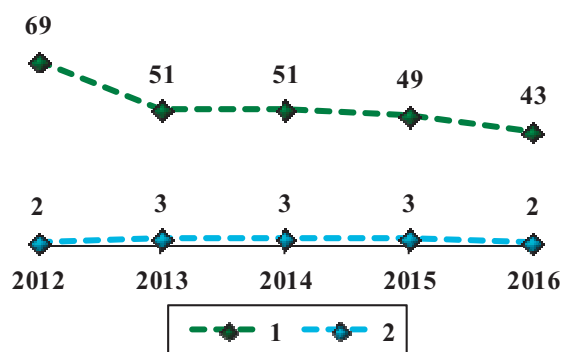


Рис. 3.5. Количество городов, в которых среднегодовые концентрации взвешенных веществ превышали 1 ПДК (1), СИ взвешенных веществ больше 10 (2)

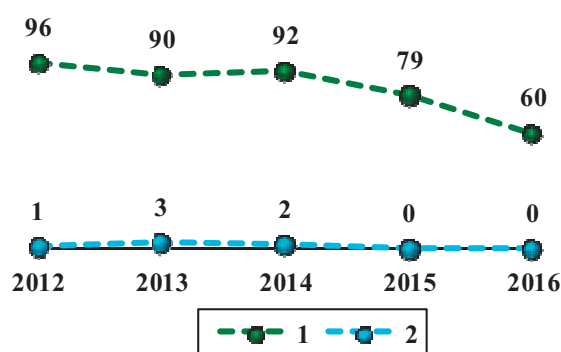


Рис. 3.6. Количество городов, в которых средне-годовые концентрации диоксида азота превышали 1 ПДК (1), СИ диоксида азота больше 10 (2)

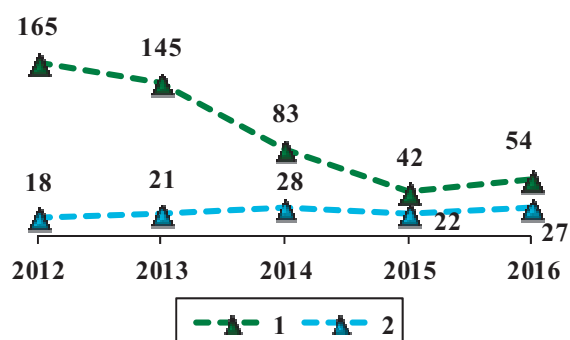


Рис. 3.7. Количество городов, в которых среднегодовые концентрации бенз(а)пирена превышали 1 ПДК (1), СИ бенз(а)пирена больше 10 (2)

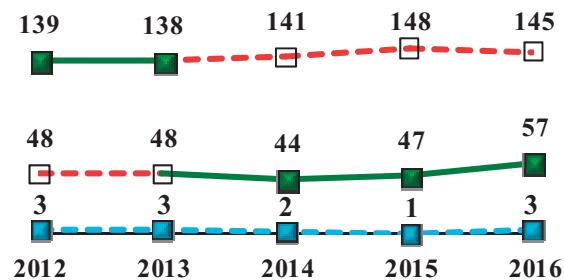


Рис. 3.8. Количество городов, в которых среднегодовые концентрации формальдегида превышали 1 ПДК, с учетом прежней (верхний ряд значений) и новой ПДК (средний ряд), СИ формальдегида больше 10 (нижний ряд)

городов, большинство из которых расположены на Европейской части России (рис. 3.5–3.7).

Количество городов, где максимальные разовые концентрации взвешенных веществ превышали 10 ПДК, за пять лет не изменилось, диоксида азота снизилось на 1 город, бенз(а)пирена увеличилось — на 9 городов за счет городов Азиатской части России (рис. 3.5–3.7).

Количество городов, где среднегодовые концентрации формальдегида превышают 1 ПДК, за пять лет снизилось со 139 до 57, что обусловлено изменением ПДК_{с.с.} (рис. 3.8). Если учитывать прежние ПДК_{с.с.}, то количество городов, где среднегодовые концентрации формальдегида превышают 1 ПДК, в 2016 году составило бы 145, то есть увеличилось за пять лет на 6 городов, а если учитывать новую ПДК — на 9 городов (рис. 3.8).

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

Сведения о выбросах от стационарных и передвижных источников загрязняющих веществ приводятся по данным Росстата.

За период 2012–2016 гг. среднегодовые кон-

центрации взвешенных веществ снизились на 7%, а выбросы от стационарных источников твердых веществ снизились на 26% (рис. 3.9).

Среднегодовые концентрации диоксида серы за последние пять лет снизились на 14%, суммарные выбросы от стационарных и передвижных источников снизились — на 7% (рис. 3.10).

Средние за год концентрации оксида углерода снизились на 18%, а суммарные выбросы от стационарных и передвижных источников существенно не изменились (рис. 3.11).

Средние концентрации диоксида азота снизились на 19%, оксида азота — на 17%. Суммарные выбросы от стационарных и передвижных источников существенно не изменились (рис. 3.12).

Средние концентрации бенз(а)пирена снизились на 30%. Выбросы от стационарных источников снизились только на 2% (рис. 3.13).

Среднегодовые концентрации формальдегида за пятилетний период изменились незначительно. Однако при сохранении уровня загрязнения формальдегидом в целом в городах России, все значения среднегодовых концентраций оказались ниже вновь установленного ПДК_{с.с.}, при этом количество выбросов формальдегида от стационарных источников за последние 5 лет увеличилось на 28% (рис. 3.14).

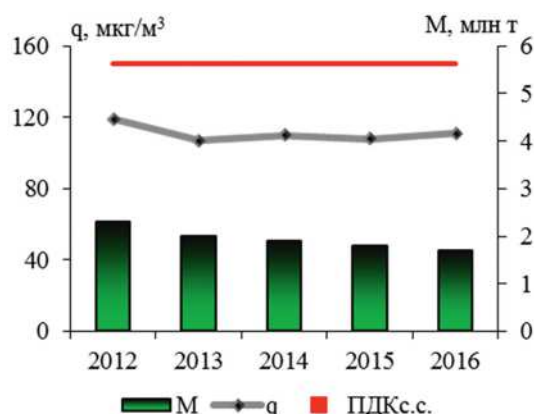


Рис. 3.9. Среднегодовые концентрации (q) взвешенных веществ и выбросы от стационарных источников (M) твердых веществ

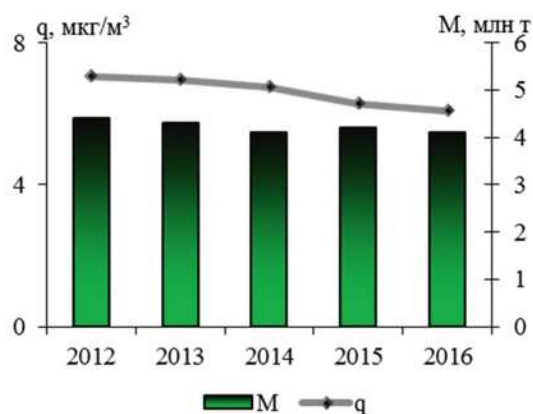


Рис. 3.10. Среднегодовые концентрации (q) и суммарные выбросы (M) диоксида серы

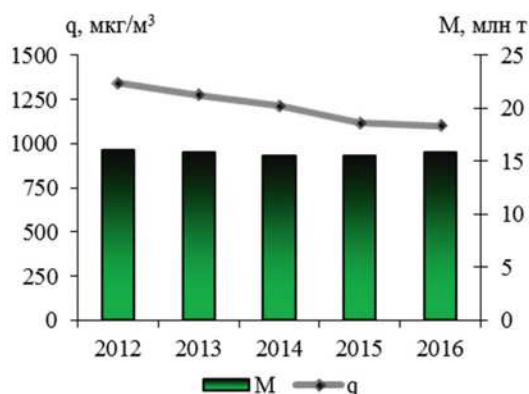


Рис. 3.11. Среднегодовые концентрации (q) и суммарные выбросы (M) оксида углерода

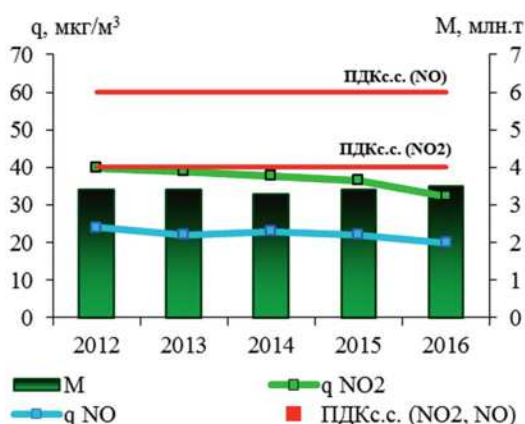


Рис. 3.12. Среднегодовые концентрации диоксида (q_{NO_2}) и оксида азота (q_{NO}) и суммарные выбросы (M) NO_x (в пересчете на NO_2)

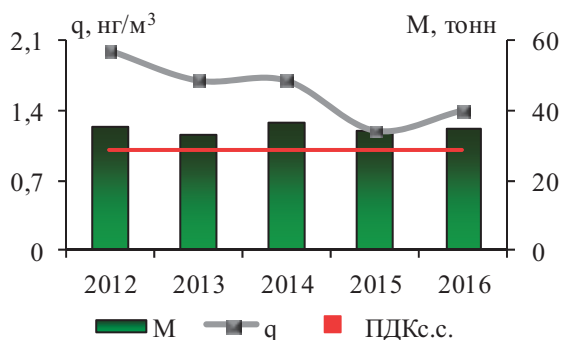


Рис. 3.13. Среднегодовые концентрации бенз(а)пирена (q) и выбросы от стационарных источников (M)

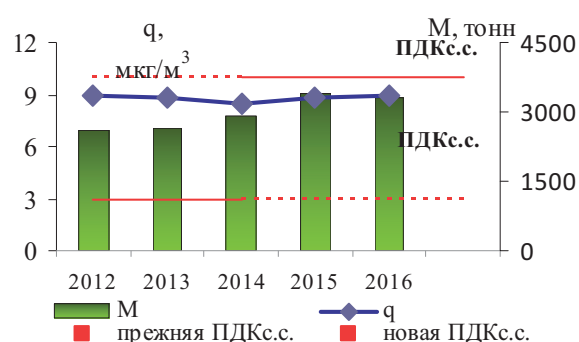


Рис. 3.14. Среднегодовые концентрации формальдегида (q), величины санитарно-гигиенического норматива, ПДКс.с., мг/м³, выбросы от стационарных источников (M)

3.1.3. Общая оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах

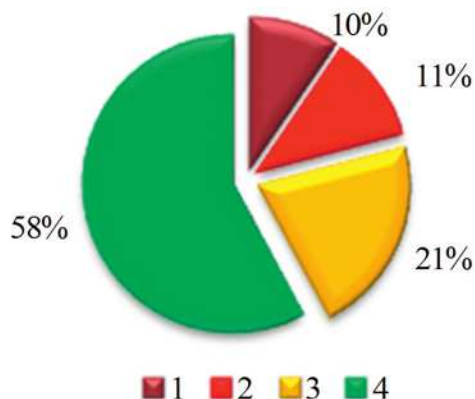
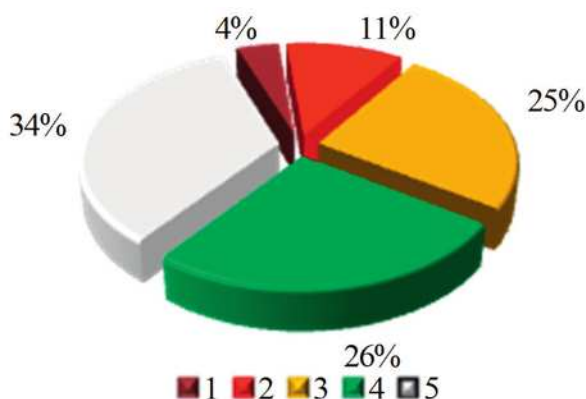
Средние за год q_{cp} и средние из максимальных концентрации q_m основных загрязняющих веществ, а также бенз(а)пирена и формальдегида, полученные по данным регулярных наблюдений в 2016 году в городах России, представлены в табл. 3.2.

В 44 городах (21% городов), уровень загрязнения воздуха оценивается как очень высокий и высокий (рис. 3.15), в 58% городов — как низкий.

В городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха проживает 16,4 млн человек, что составляет 15% городского населения России (рис. 3.16, табл. 3.5).

Таблица 3.2. Средние концентрации примесей в атмосферном воздухе городов России по данным регулярных наблюдений в 2016 году

Примесь	Число городов	Средние концентрации, мкг/м ³	
		$q_{\text{ср}}$	$q_{\text{м}}$
Взвешенные вещества	218	111	905
Диоксид азота	236	32	225
Оксид азота	159	20	229
Диоксид серы	228	7	180
Оксид углерода	217	1097	7068
Бенз(а)пирен (нг/м ³)	184	1,4	5,6
Формальдегид	159	9	81

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 распространенных примесей в целом по городам России. Средняя за год концентрация сероуглерода выше ПДК в 1,6 раза, бенз(а)пирена — в 1,4 раза, концентрации других веществ не превышают 1 ПДК. Средняя концентрация формальдегида в 2016 году составила 0,9 ПДК_{с.с.}, что с учетом прежнего норматива составляет 3,0 ПДК_{с.с.}. Средняя концентрация фенола в 2016 году составила 0,3 ПДК_{с.с.}, что с учетом прежнего норматива составляет 0,7 ПДК_{с.с.} (постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 12 января 2015 г. №3 г. Москва «О внесении изменения в ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» установлен новый гигиенический норматив среднесуточной концентрации фенола). Несмотря на снижение содержания загрязнения воздуха формальдегидом и фенолом, реальных изменений уровня загрязнения воздуха указанными загрязняющими веществами не происходит.

В целом по городам России средние из максимальных концентраций всех измеряемых примесей, кроме диоксида серы и оксида азота, превышают 1 ПДК. Средние из максимальных концентрации аммиака, диоксида азота, окси-

да углерода, формальдегида, фторида водорода, фенола и взвешенных веществ превысили ПДК в 1,1–1,8 раз, сероводорода, сероуглерода и хлорида водорода в 2–3,3 раза, этилбензола — в 4,1 раза и бенз(а)пирена — в 5,6 раз (рис. 3.18).

В 147 городах (60% городов, где проводятся наблюдения) средние за год концентрации какого-либо вещества превышают 1 ПДК. В этих городах проживает 56,2 млн чел. (рис. 3.19).

Превышают 1 ПДК средние за год концентрации взвешенных веществ в 42 городах, бенз(а)пирена — в 54 городах, диоксида азота — в 60 городах.

С учетом новых ПДК_{с.с.} сверхнормативно загрязнению воздуха формальдегидом подвержено 19,2 млн чел. в 57 городах, с учетом прежних ПДК_{с.с.} — 63,2 млн чел. в 145 городах (рис. 3.19).

Максимальные концентрации превышают 10 ПДК в 38 городах (табл. 3.3). В них проживает 12,9 млн чел. (рис. 3.20). Концентрации бенз(а)пирена превышают 10 ПДК в 27 городах с населением 9,6 млн чел., 5 ПДК — в 49 городах с населением 15,2 млн чел. Максимальные концентрации превышают 10 ПДК диоксида серы, сажи и метанола в 1 городе, взвешенных веществ и хлорида водорода — в 2 городах, сероводорода и формальдегида — в 3 городах. Всего за год от-

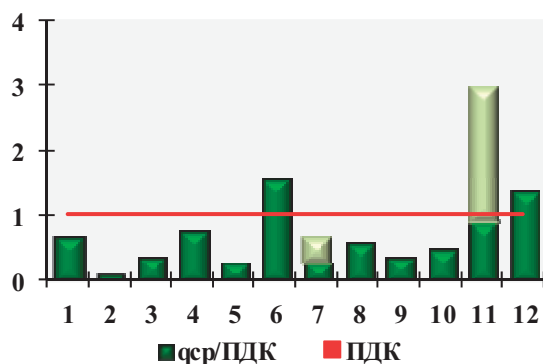


Рис. 3.17. Средние концентрации примесей в городах России

1 – взвешенные вещества (218), 2 – диоксид серы (228), 3 – оксид углерода (217), 4 – диоксид азота (236), 5 – оксид азота (159), 6 – сероуглерод (5), 7 – фенол с учетом прежней и новой ПДК_{с.с.} (97), 8 – фторид водорода (31), 9 – хлорид водорода (32), 10 – аммиак (75), 11 – формальдегид с учетом прежней и новой ПДК_{с.с.} (159), 12 – БП (184). Цифры в скобках указывают количество городов, в которых проводились регулярные наблюдения за данной примесью

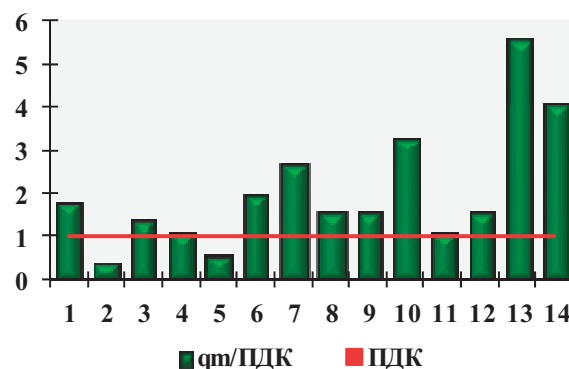


Рис. 3.18. Средние из максимальных концентрации примесей в городах России

1 – взвешенные вещества, 2 – диоксид серы, 3 – оксид углерода, 4 – диоксид азота, 5 – оксид азота, 6 – сероводород, 7 – сероуглерод, 8 – фенол, 9 – фторид водорода, 10 – хлорид водорода, 11 – аммиак, 12 – формальдегид, 13 – бенз(а)пирен, 14 – этилбензол

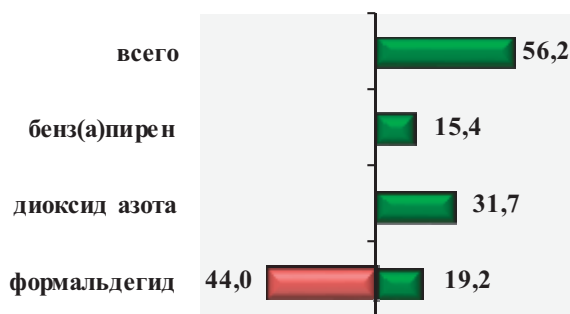


Рис. 3.19. Число жителей в городах (млн), находящихся под воздействием средних концентраций примесей в воздухе выше 1 ПДК, для формальдегида дано с учетом прежней и новой ПДК

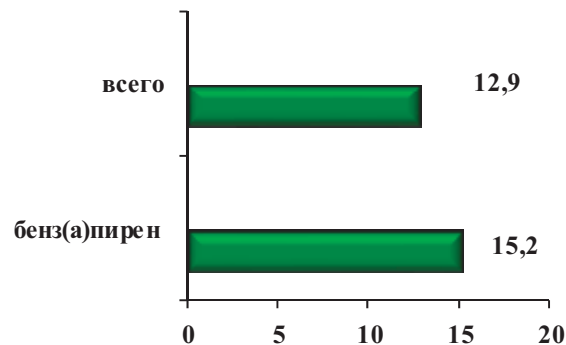


Рис. 3.20. Число жителей в городах (млн), находящихся под воздействием максимальных концентраций примесей в воздухе выше 10 ПДК (всего) и 5 ПДК бенз(а)пирена

мечено 166 случаев превышения 10 ПДК различных загрязняющих веществ.

Кроме случаев, приведенных в табл. 3.3, максимальные разовые концентрации хлорида водорода в Красноярске (3 случая) и оксида углерода в Новочеркасске достигли 10 ПДК_{м.р.}, а также максимальная среднесуточная концентрация взвешенных веществ в Новоалександровске достигла 10 ПДК_{с.с.}

Приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения в 2016 году (табл. 3.4) включает 20 городов с общим числом жителей в них 4,1 млн человек. В этот список включены города с очень высоким уровнем загрязнения воздуха, для которых комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) равен или выше 14.

При использовании для оценки уровней загрязнения воздуха прежних ПДК_{с.с.} формальдегида, количество городов Приоритетного списка в 2016 году составило бы 29 вместо 20.

В Приоритетном списке 2016 года сохранились все города, составляющие список в 2015 году, в том числе город Норильск, где выбросы диоксида серы в 2016 году составили 1,85 млн тонн в год. Очень высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Норильска подтверждается данными наблюдений за химическим составом атмосферных осадков. Как и в предыдущие годы, в 2016 году на территории Российской Федерации самые загрязненные атмосферные осадки сульфатами, составившими 89,5 мг/л (62% от суммарного состава ионов осадков) были зарегистрированы в Норильске. Выполненная оценка выпадений серы с осадками в наиболее загрязненных населенных пунктах Российской Федерации с установленными значениями критической нагрузки серы сульфатной на окружающую среду (2 т/км² год) показала, что влажные выпадения серы в Норильске (9,0 т/км² год) превысили критическое

Таблица 3.3. Перечень городов Российской Федерации, в которых были зарегистрированы случаи высокого загрязнения атмосферного воздуха (максимальные разовые концентрации отдельных примесей более 10 ПДК_{м.р.}) в 2016 году

Город	Примесь	Кол-во случаев	Макс. конц. ПДК ¹	Город	Примесь	Кол-во случаев	Макс. конц. ПДК ¹
Архангельск	бенз(а)пирен ³	1	20,5	Омск	формальдегид	2	11,6
Ачинск	бенз(а)пирен ⁴	2	12,7	Пермь	формальдегид	1	11,3
Белоярский	формальдегид	3	13	Петровск-Забайкальский	бенз(а)пирен ⁴	3	35,2
Биробиджан	бенз(а)пирен ⁴	3	24,6	Саратов	хлорид водорода	1	12,1
Благовещенск (Амурская обл.)	бенз(а)пирен ⁴	2	13,4	Саянск	бенз(а)пирен ⁴	1	10,3
Братск	бенз(а)пирен ⁴	9	80,3	Светогорск	сероводород	1	11,5
Зима	бенз(а)пирен ⁴	6	53,3	Свирск	бенз(а)пирен ⁴	1	14,9
Иркутск	бенз(а)пирен ⁴	1	18,1	Селенгинск	бенз(а)пирен ⁴	1	14,8
Кемерово	бенз(а)пирен ⁴	1	13,9	Улан-Удэ	бенз(а)пирен ⁴	5	21,7
Корсаков	взвешенные вещества ³	1	14,7	Усолье-Сибирское	бенз(а)пирен ⁴	4	14,1
Красноярск	бенз(а)пирен ⁴	14	40,6	Уфа	сероводород	1	15,9
Кызыл	бенз(а)пирен ⁴	4	17,5		хлорид водорода	5	17,5
Лесосибирск	бенз(а)пирен ⁴	6	33	Чегдомын	бенз(а)пирен ⁴	3	20,4
Магнитогорск	сероводород	1	12,4	Челябинск	оксид углерода	1	10,4
	бенз(а)пирен ⁴	8	38,5	Черемхово	бенз(а)пирен ⁴	3	17,2
Минусинск	бенз(а)пирен ⁴	4	36,9	Черногорск	бенз(а)пирен ⁴	3	16,3
Назарово	бенз(а)пирен ⁴	2	14,4	Чита	бенз(а)пирен ⁴	11	46,2
Никель	диоксид серы	31	25,6		взвешенные вещества	1	27,6
Новокузнецк	оксид углерода	1	13,4	Шелехов	бенз(а)пирен ⁴	3	20
	бенз(а)пирен ⁴	7	28,8	Южно-Сахалинск	сажа	1	10,7
Новосибирск	бенз(а)пирен ⁴	3	14	Ясная Поляна	метанол ⁵	4	22,1

¹ Приведены наибольшие разовые концентрации примесей, деленные на максимальную разовую ПДК_{м.р.}

² Приведена наибольшая из среднесуточных концентраций, деленная на ПДК_{м.р.}

³ Приведены среднесуточные концентрации, деленные на ПДК_{с.с.}

⁴ Приведены среднемесячные концентрации, деленные на ПДК_{с.с.}

⁵ Приведена максимальная из разовых концентрация, деленная на ПДК_{м.р. леса}

Таблица 3.4. Города с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы (ЗА) и вещества, его определяющие, в 2016 году

Город	Вещества, определяющие уровень ЗА	Город	Вещества, определяющие уровень ЗА
Биробиджан	БП, ВВ, NO ₂ , CO, Ф	Норильск*	SO ₂ , NO, NO ₂ , БП, ВВ
Благовещенск (Амурская обл.)	БП, NO ₂ , Ф, ВВ, NH ₃	Петровск-Забайкальский	БП, ВВ, CO, NO ₂ , SO ₂
Братск	БП, CS ₂ , ВВ, Ф, NO ₂	Селенгинск	БП, ВВ, O ₃ , Ф, NO ₂
Зима	БП, NO ₂ , HCl, Ф, CO	Улан-Удэ	БП, ВВ, O ₃ , PM10, PM2.5
Красноярск	БП, Ф, ВВ, NO ₂ , NH ₃	Усолье-Сибирское	БП, Ф, ВВ, NO ₂ , SO ₂
Кызыл	БП, сажа, ВВ, NO ₂ , Ф	Чегдомын	БП, ВВ, Ф, NO ₂ , CO
Лесосибирск	БП, ВВ, Ф, CO, NO ₂	Черемхово	БП, NO ₂ , ВВ, SO ₂ , CO
Магнитогорск	БП, ВВ, Ф, NO ₂ , CO	Черногорск	БП, Ф, NO ₂ , ВВ, CO
Минусинск	БП, NO ₂ , Ф, ВВ, CO	Чита	БП, ВВ, NO ₂ , Ф, фенол
Новокузнецк	БП, NH ₃ , ВВ, NO ₂ , CO	Шелехов	БП, ВВ, O ₃ , Ф, HF

БП — бенз(а)пирен, ВВ — взвешенные вещества, PM — взвешенные частицы фракций PM10 и PM2.5, Ф — формальдегид, CO — оксид углерода, CS₂ — сероуглерод, HCl — хлорид водорода, HF — фторид водорода, NH₃ — аммиак, NO₂ — диоксид азота, NO — оксид азота, O₃ — озон, SO₂ — диоксид серы.

Выделены вещества с наибольшим вкладом в уровень ЗА.

* С учетом данных о выбросах диоксида серы за 2016 год и данных наблюдений за химическим составом осадков.

Города Приоритетного списка не ранжируются по степени загрязнения воздуха

значение нагрузки в 4,5 раза, что является наибольшим значением среди загрязненных населенных пунктов Российской Федерации.

В Приоритетный список вновь включены Благовещенск (Амурская обл.), Красноярск, Лесосибирск, Магнитогорск, Новокузнецк, Чегдомын и Шелехов, которые входили в него ранее. После длительного перерыва в Приоритетный список включены Усье-Сибирское и Черемхово. Во всех этих городах среднегодовые концентрации бенз(а)пирена по сравнению с предыдущим годом увеличились в 1,3–2,6 раза. В Благовещенске, Красноярске, Лесосибирске и Магнитогорске по сравнению с 2015 годом также отмечен рост концентраций формальдегида.

Во всех городах Приоритетного списка, кроме Норильска, очень высокий уровень загрязнения воздуха, в основном, определяют концентрации бенз(а)пирена. Наибольшие средние за месяц концентрации достигали значений более 30 ПДК в Братске, Зиме, Красноярске, Лесосибирске, Магнитогорске, Минусинске, Петровске-Забайкальском и Чите.

Существенный вклад в уровень загрязнения воздуха вносят также сверхнормативные среднегодовые концентрации: взвешенных веществ – в 10 городах, формальдегида – в 7 городах, диоксида азота – в 4 городах, приземного озона – в 3 городах.

В Улан-Удэ превышают ПДК среднегодовые концентрации шести загрязняющих веществ, в Братске – пяти, в Селенгинске – четырех, в Лесосибирске, Магнитогорске, Норильске, Усье-Сибирском, Чегдомыне и Шелехове – трех.

В Братске загрязнение воздуха на протяжении многих лет является наиболее высоким в России. Этот город постоянно включается в Приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы. В течение последних 10 лет отмечается рост концентраций бенз(а)пирена, наибольшие среднемесячные

концентрации ежегодно превышают 10 ПДК. В 2016 году средняя за январь концентрация достигала 80 ПДК на посту, расположенном в центральной части Братска. Очень высокий уровень загрязнения атмосферы в Братске также обусловлен значительным содержанием в воздухе сероуглерода. На посту, расположенном в зоне влияния предприятий Братского лесопромышленного комплекса, средняя за год концентрация сероуглерода достигала 5 ПДК, а наибольшая повторяемость превышения ПДК_{м.р.} – 31%.

В Приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха вошли: 6 городов с предприятиями черной и цветной металлургии, 7 городов с предприятиями машиностроения, 4 города – с предприятиями лесной и деревообрабатывающей промышленности, по 3 города – с предприятиями угольной и химической промышленности, а также 7 городов, где основными источниками выбросов являются предприятия топливно-энергетического комплекса.

Все города Приоритетного списка расположены в Азиатской части территории России, которая характеризуется особо неблагоприятными для рассеивания примесей метеорологическими условиями, сопровождающимися мощными приземными инверсиями, застоями воздуха и туманами, способствующими накоплению примесей у поверхности земли, что и приводит к росту уровней загрязнения воздуха городов.

В 2016 году сформировался очень обширный и интенсивный сибирский антициклон, охватывающий территории Красноярского края, Иркутской области, Западной Сибири, Забайкалья и юга Дальнего Востока. В этой связи в холодный период 2016 года по сравнению с предыдущим годом заметно возросла повторяемость приземных и приподнятых инверсий температуры, слабых ветров, застоев воздуха. Необходимо отметить, что поскольку поступление бенз(а)пирена

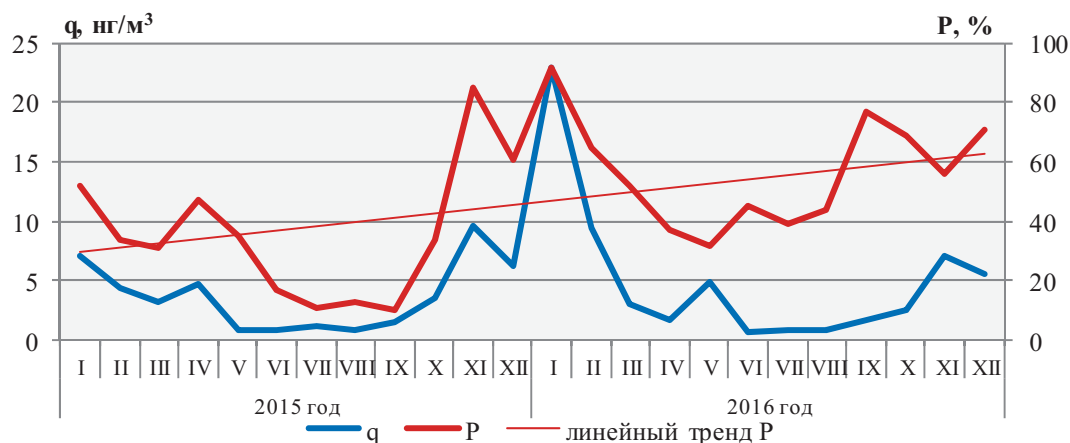


Рис. 3.21. Изменение среднемесячных концентраций бенз(а)пирена, q , нг/м³, и повторяемости P , %, приземных инверсий в Красноярске в 2015 и 2016 годах

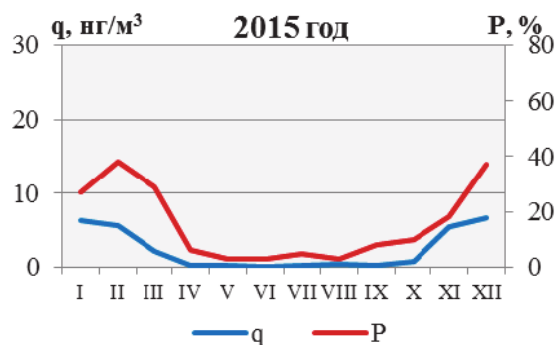


Рис. 3.22. Изменение среднемесячных концентраций бенз(а)пирена, q , нг/м³, и повторяемости застоев воздуха, P , %, в Чегдомыне в 2015 и 2016 годах

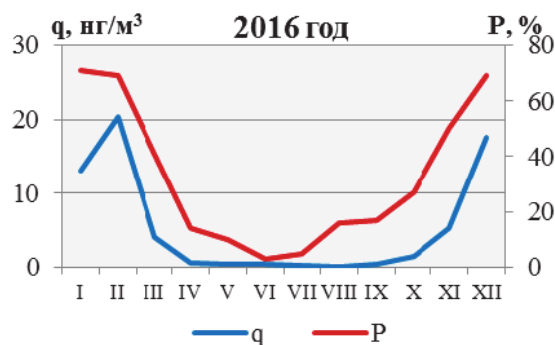


Рис. 3.23. Изменение среднемесячных концентраций бенз(а)пирена, q , нг/м³, и повторяемости приземной и приподнятой инверсий, P , %, в Магнитогорске в 2016 году

в атмосферный воздух происходит, в основном, в результате сгорания топлива, наибольшие концентрации данного загрязняющего вещества в городах России отмечаются в холодный период с началом отопительного сезона.

В Красноярске в первую половину холодного периода 2016 года рост повторяемости приземных инверсий на 30–40% способствовал увеличению концентрации бенз(а)пирена в 4 раза (рис. 3.21). В Чегдомыне Хабаровского края в холодный период 2016 года повторяемость застойных ситуаций (сочетание слабого ветра с приземной инверсией температуры) была выше в 2–3 раза, чем в тот же период 2015 года. Это привело к росту среднегодовой концентрации бенз(а)пирена более чем в 2 раза (рис. 3.22).

Характер изменения концентраций бенз(а)пирена в Магнитогорске хорошо согласуется с изменением в течение года повторяемости приземных и приподнятых инверсий (рис. 3.23). Не характерные для годового хода повышенные значения концентраций бенз(а)пирена в августе связаны с выбросами промышленных предприятий города.

3.1.4. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха на территориях субъектов Российской Федерации

Количество городов и станций в каждом из 77 субъектов Российской Федерации, где проводятся наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы, а также общее число городов со значениями основных показателей загрязнения: $ИЗА > 7$, $Q > ПДК$ (Q — средняя за год концентрация любого вещества), $СИ > 10$ и $НП > 20$ приведены в табл. 3.5.

В 44 городах РФ (21% городов) уровень загрязнения воздуха характеризуется как высокий и очень высокий ($ИЗА > 7$). В среднем по стране 15% городского населения испытывают воздействие высокого и очень высокого уровня загрязнения воздуха.

Сравнение уровней загрязнения воздуха в городах на территориях федеральных округов показывает, что более половины городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения расположены в Сибирском федеральном округе.

На территории Свердловской области и Хабаровского края имеется 3 города с высоким и очень высоким уровнем загрязнения, в Красноярском крае — 5 таких городов, в Иркутской области — 8. В 8 субъектах РФ уровень загрязнения воздуха высокий и очень высокий во всех городах, где проводятся наблюдения.

В 22 субъектах РФ 15% и более городского населения находится под воздействием высокого и очень высокого загрязнения воздуха, из них в 3 (Республика Бурятия, Хабаровский край и Таймырский АО) — более 75% городского населения.

В 54 субъектах РФ высокий и очень высокий уровень загрязнения воздуха городов не отмечен.

В 147 городах РФ средняя за год концентрация одного или нескольких веществ превышает ПДК ($Q > 1$ ПДК). На территориях Дальневосточного, Сибирского и Уральского федеральных округов в большинстве городов концентрации загрязняющих веществ превышают ПДК. В Ленинградской, Московской и Оренбургской областях, в Пермском, Приморском и Хабаровском краях, в Ханты-Мансийском автономном округе имеется по 4 таких города, в Свердловской области (и Екатеринбург) — 5 городов, в Красноярском крае и Сахалинской области — 6, в Ростовской области — 7, в Иркутской области — 14.

В городах 22-х субъектов Российской Федерации максимальная концентрация какого-либо вещества превышала 10 ПДК ($СИ > 10$). В республике Бурятия, в Забайкальском крае, в Кемеровской, Сахалинской и Челябинской областях имеется по 2 таких города, в Красноярском крае — 5, в Иркутской области — 8 городов.

Таблица 3.5. Характеристики уровня загрязнения воздуха на территориях субъектов и федеральных округов Российской Федерации в 2016 году

Субъект РФ	Количество						Население (%)
	городов	станций	городов, в которых				
	с регулярными наблюдения- ми за загрязнением воздуха		ИЗА>7	Q >ПДК	СИ >10	НП >20	с В и ОВ уровнем ЗВ
Центральный федеральный округ							
г. Москва	1	18	0	1	0	0	0
Белгородская обл.	3	9	0	1	0	0	0
Брянская обл.	1	4	0	1	0	0	0
Владимирская обл.	1	4	0	0	0	0	0
Воронежская обл.	1	6	1	1	0	1	66
Ивановская обл.	2	3	0	1	0	0	0
Калужская обл.	1	2	0	1	0	0	0
Костромская обл.	2	5	0	0	0	0	0
Курская обл.	1	4	0	1	0	0	0
Липецкая обл.	1	6	0	0	0	0	0
Московская обл.	10	20	0	4	0	0	0
Орловская обл.	1	4	0	1	0	0	0
Рязанская обл.	1	4	1	1	0	1	66
Смоленская обл.	1	4	0	1	0	0	0
Тамбовская обл.	1	4	0	1	0	0	0
Тверская обл.	1	1	0	1	0	0	0
Тульская обл.	3	10	1	2	1	1	0,1
Ярославская обл.	3	8	0	1	0	0	0
Всего по округу	35	116	3	19	1	3	5
Северо-Западный федеральный округ							
г. Санкт-Петербург	1	19	0	1	0	0	0
Карелия Респ.	3	3	0	0	0	0	0
Коми Респ.	4	9	0	1	0	0	0
Архангельская обл.	4	8	0	0	1	0	0
Вологодская обл.	2	11	0	1	0	1	0
Калининградская обл.	1	5	0	1	0	0	0
Ленинградская обл.	10	11	0	4	1	0	0
Мурманская обл.	9	20	0	3	1	0	0
Новгородская обл.	3	5	0	1	0	0	0
Псковская обл.	2	2	0	1	0	0	0
Ненецкий авт. округ	-	-	-	-	-	-	-
Всего по округу	39	93	0	13	3	1	0
Южный федеральный округ							
г. Севастополь	1	1	0	0	0	0	0
Адыгея Респ.	-	-	-	-	-	-	-
Калмыкия Респ.	-	-	-	-	-	-	-
Крым Респ.	5	10	0	3	0	0	0
Астраханская обл.	7	12	0	1	0	0	0
Волгоградская обл.	3	6	0	1	0	0	0
Ростовская обл.	8	16	2	7	0	4	45
Краснодарский край	3	8	0	0	0	0	0
Всего по округу	27	53	2	12	0	4	13
Северо-Кавказский федеральный округ							
Дагестан Респ.	1	3	1	1	0	1	43
Ингушетия Респ.	-	-	-	-	-	-	-
Кабардино-Балкарская Респ.	-	-	-	-	-	-	-
Карачаево-Черкесская Респ.	1	1	0	0	0	0	0
Респ. Северная Осетия – Алания	1	9	1	1	0	0	68
Чеченская Респ.	-	-	-	-	-	-	-
Ставропольский край	5	9	0	1	0	0	0
Всего по округу	8	22	2	3	0	1	19
Уральский федеральный округ							
Курганская обл.	1	5	1	1	0	1	61
Свердловская обл.	5	17	3	5	0	1	54
Тюменская обл.	2	8	0	2	0	0	0
Челябинская обл.	3	15	2	3	2	1	56
Ханты-Мансийский авт. округ – Югра	7	8	0	4	1	0	0
Ямало-Ненецкий авт. округ	1	1	0	0	0	0	0
Всего по округу	19	54	6	15	3	3	39

Окончание табл. 3.5

Субъект РФ	Количество						Население (%)
	городов	станций	городов, в которых				в городах
	с регулярными наблюдениями за загрязнением воздуха		ИЗА>7	Q >ПДК	СИ > 10	НП > 20	с В и ОВ уровнем ЗВ
Приволжский федеральный округ							
Башкортостан Респ.	5	20	0	2	1	0	0
Марий Эл Респ.	-	-	-	-	-	-	-
Мордовия Респ.	1	4	0	1	0	0	0
Татарстан Респ.	3	18	0	2	0	0	0
Удмуртская Респ.	1	6	0	1	0	0	0
Чувашская Респ.	2	3	0	0	0	0	0
Кировская обл.	2	6	0	0	0	0	0
Нижегородская обл.	5	17	0	2	0	0	0
Оренбургская обл.	5	13	0	4	0	0	0
Пензенская обл.	1	4	0	1	0	0	0
Пермский край	4	18	0	4	1	0	0
Самарская обл.	9	33	0	3	0	0	0
Саратовская обл.	2	9	0	2	1	0	0
Ульяновская обл.	1	4	0	1	0	0	0
Всего по округу	41	155	0	23	3	0	0
Сибирский федеральный округ							
Алтай Респ.	-	-	-	-	-	-	-
Бурятия Респ.	3	6	2	3	2	0	77
Тыва Респ.	1	3	1	1	1	0	68
Хакасия Респ.	3	4	1	2	1	0	20
Алтайский край	3	9	1	2	0	0	48
Забайкальский край	3	7	2	2	2	0	49
Красноярский край	6	18	5	6	5	1	61
Таймырский АО (в сост. Красноярского края)	1	3	1	1	0	0	99
Иркутская обл.	18	39	8	14	8	3	70
Кемеровская обл.	3	18	2	3	2	0	47
Новосибирская обл.	3	12	1	3	1	0	73
Омская обл.	1	8	0	1	1	0	0
Томская обл.	1	7	0	1	0	0	0
Всего по округу	46	134	24	39	23	4	50
Дальневосточный федеральный округ							
Саха Респ. (Якутия)	4	7	0	2	0	0	0
Камчатский край	2	6	0	0	0	0	0
Приморский край	5	10	1	4	0	0	11
Хабаровский край	4	10	3	4	1	0	80
Амурская обл.	3	3	1	3	1	0	41
Магаданская обл.	1	3	0	1	0	0	0
Сахалинская обл.	6	9	1	6	2	2	49
Еврейская авт. обл.	1	1	1	1	1	0	65
Чукотский авт. округ	2	2	0	2	0	0	0
Всего по округу	28	51	7	23	5	2	33
Всего по РФ	243	678	44	147	38	18	15

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

3.2. Загрязнение почвенного покрова

3.2.1. Загрязнение почв токсикантами промышленного происхождения

В 2007–2016 годах наблюдения за уровнем загрязнения почв токсикантами промышленного происхождения (ТПП) – тяжёлыми металлами (ТМ), фтором, нефтью и нефтепродуктами (НП), сульфатами, нитратами, бенз(а)пиреном (БП) и другими – проводились на территориях Республики Башкортостан, Республики Марий

Эл, Республики Мордовия, Республики Северная Осетия-Алания, Республики Татарстан, Удмуртской Республики, Чувашской Республики, Краснодарского края, Приморского края, Иркутской, Кемеровской, Кировской, Московской, Нижегородской, Новосибирской, Омской, Оренбургской, Пензенской, Самарской, Саратовской, Свердловской, Томской и Ульяновской областей. Для каждой территории определён

перечень ТПП, измеряемых в почве. В 2016 году наблюдения за загрязнением почв ТПП проводились в районе 37 населённых пунктов. Для определения в почвах уровней массовых долей ТМ, мышьяка, НР, фтора, сульфатов, бенз(а)пирена и нитратов было обследовано 33, 1, 24, 15, 8, 2 и 12 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 са-

моочищения, 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 2016 году в почвах измерялись массовые доли алюминия, железа, кадмия, кобальта, магния, марганца, меди, мышьяка, никеля, свинца, ртути, хрома и цинка в различных формах (валовых (в), подвижных (п), кислоторастворимых (к, извлекаемых 5 н азотной кислотой), водорастворимых (вод).

Приоритетными при выборе пунктов наблю-

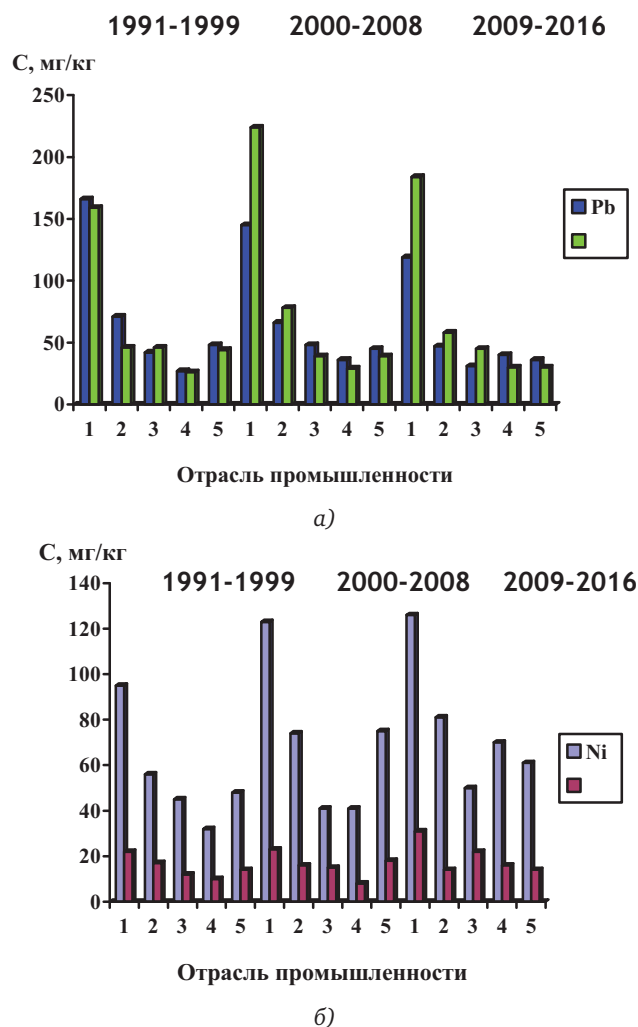


Рис. 3.24. Динамика средних по отраслям промышленности массовых долей, усредненных за определенные периоды:

а – свинца и меди; б – никеля и кобальта в почвах 5-километровых зон вокруг предприятий металлургической промышленности (1), машиностроения и металлообработки (2), топливной и энергетической промышленности (3), химической и нефтехимической промышленности (4), строительной промышленности и производства стройматериалов (5)

дений за загрязнением почв ТМ являются районы, в которых находятся предприятия цветной и чёрной металлургии, энергетики, машиностроения и металлообработки, топливной и энергетической, химической и нефтехимической промышленности, предприятия по производству стройматериалов, строительной промышленности. Динамика средних массовых долей ТМ по отраслям промышленности, усреднённых за 8 или 9 лет, в почвах пятикилометровых зон вокруг предприятий представлена на рис. 3.24.

Оценка степени опасности загрязнения почв комплексом ТМ проводится по показателю загрязнения Z_{ϕ} (с учётом фонов) и/или Z_k (с учётом кларков), являющимся индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье человека.

Согласно показателю загрязнения Z_{ϕ} , к опасной категории загрязнения почв ТМ относятся

2,2% обследованных за последние десять лет (в 2007–2016 годах) населённых пунктов, их отдельных районов, одно- и пятикилометровых зон вокруг источников загрязнения, пунктов многолетних наблюдений (ПМН), состоящих из участков многолетних наблюдений (УМН), к умеренно опасной – 9,3%.

Результаты наблюдений с 2007 по 2016 годы показали, что к опасной категории загрязнения почв металлами (приоритетные ТМ указаны в скобках), согласно Z_{ϕ} ($32 \leq Z_{\phi} < 128$), относятся почвы УМН-1 г. Свирск (свинец, медь, цинк, кадмий) Иркутской области; почвы однокилометровой зоны от ОАО «СУМЗ» в г. Ревда (медь, свинец, кадмий, цинк), почвы городов Кировград (цинк, свинец, медь, кадмий) и Реж (никель, кадмий, хром, кобальт) Свердловской области.

Почвы 88,5% населённых пунктов (в среднем) по показателю загрязнения Z_{ϕ} относятся

Таблица 3.6. Перечень населённых пунктов РФ с умеренно опасной категорией загрязнения почв металлами (2007–2016 гг.)

Республика, край, область, населённый пункт	Год наблюдений	Зона обследования радиусом, км, вокруг источника	Приоритетные техногенные металлы
Умеренно опасная категория загрязнения, $16 \leq Z_{\phi} < 32$ и $13 \leq Z_k \leq 15$ при $Z_k \geq 20$			
Иркутская область	2014	Территория города*	Свинец, кобальт, кадмий
г. Свирск	2016	УМН-3*, 5	Свинец, медь, кадмий
г. Слюдянка	2013	Территория города	Никель, кобальт, свинец
г. Черемхово	2014	Территория города	Свинец, медь, цинк
Нижегородская область	2011–2013	Территория городского округа	Свинец, цинк
г. Дзержинск			
г. Нижний Новгород	2014	Заречная часть	Цинк, медь, железо
Оренбургская область	2009	От 0 до 5*	Медь, цинк, свинец, кадмий
г. Медногорск			
г. Орск	2016	Территория города	Медь, свинец, кадмий
Приморский край	2016	От 0 до 20 от города*	Цинк, свинец, кадмий
г. Дальнегорск			
с. Рудная Пристань	2016	От 0 до 1 от села*	Свинец, кадмий, цинк
п. Славянка	2010	Территория посёлка	Цинк, медь, свинец
Республика Башкортостан	2011	От 0 до 1*	Медь, цинк, свинец, кадмий
г. Баймак			
г. Белорецк	2011	От 0 до 1	Медь, цинк, свинец
г. Давлеканово	2014	ТГ	Кадмий, свинец
г. Сибай	2011	От 0 до 1*	Медь, кадмий, цинк, свинец
г. Учалы	2011	От 0 до 1	Цинк, медь, кадмий, свинец
Республика Северная Осетия-Алания	2015	От 0,2 до 2**	Свинец, кадмий, цинк, ртуть, медь
г. Владикавказ			
Свердловская область	2014	Территория города	Никель, хром, кадмий
г. Асбест			
г. Верхняя Пышма	2012	От 0 до 1*	Медь, цинк, хром, никель
г. Ревда	2014	0 до 5*	Медь, свинец, кадмий, цинк
	2016	УМН-1*	
г. Первоуральск	2014	Территория города*	Свинец, медь, цинк, кадмий
г. Полевской	2013	От 0 до 1	Никель, хром, кобальт, цинк

* По показателю Z_k почвы относятся к опасной категории загрязнения.

** По показателю Z_k почвы относятся к чрезвычайно опасной категории загрязнения.

к допустимой категории загрязнения ТМ, хотя отдельные участки населённых пунктов могут иметь более высокую категорию загрязнения ТМ, чем в целом по городу. Особенно сильно могут быть загрязнены ТМ почвы однокилометровой зоны вокруг крупного источника промышленных выбросов ТМ в атмосферу.

Перечень населённых пунктов с умеренно опасной категорией загрязнения почв ТМ представлен в табл. 3.6.

В основном, с 2007 года явного накопления общего содержания ТМ в обследованных в 2016 году почвах городов и их окрестностей не зарегистрировано (табл. 3.7), за исключением, возможно, свинца, кадмия и кобальта в почвах г. Зима.

Тенденция к увеличению средних массовых долей цинка отмечена в почвах г. Стерлитамак Республики Башкортостан, цинка и железа – в почвах г. Нижний Тагил Свердловской области, кадмия – в почвах городов Набережные Челны и Нижнекамск Республики Татарстан, свинца, кадмия и кобальта – в почвах г. Саянск Иркутской области.

Увеличение массовых долей подвижных форм свинца прослеживается в почвах с. Рудная Пристань Приморского края, кадмия – в почвах г. Невьянск Свердловской области, в последних из которых выявляется тенденция к уменьшению валовой массовой доли ртути.

Динамика средних значений массовых долей кислоторастворимых форм ТМ в почвах УМН-1 г. Свирск Иркутской области представлена на рис. 3.25.

Показатель загрязнения почв Z_{Φ} не является универсальным, учитывающим уровень загрязнения почв каждым отдельным ТМ. Основным критерием гигиенической оценки загрязнения почв каждым отдельным металлом является ПДК и (или) ОДК ТМ в почве. Почвы, в которых обнаружено превышение 1 ПДК ТМ, не могут быть отнесены к допустимой категории загрязнения. Сравнение уровней массовых долей ТМ в очагах загрязнения почв ТМ, для которых не разработаны ПДК и ОДК, проводится с их фоновыми массовыми долями (Φ). Значение массовой доли ТМ, составляющее от 3 до 5 Φ и более

Таблица 3.7. 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	Cd
Дальнегорск, Приморский край 5-км зона от ЗАО ГХК «БОР»	1986	в	348	1104	19	424	35	–
	2007	к	351	866	11	445	26	2,0
	2016	к	212	978	12	433	27	1,9
Зима, Иркутская обл.	1996	в	57	880	47	240	46	–
	2003	в	29	510	31	97	41	–
	2009	в	41	571	25	131	27	0,08
	2016	к	100	138	48	132	33	1,98
Йошкар-Ола, Республика Марий Эл	2013	в	53	102	22	63	50	<4,0
	2014	в	94	507	23	31	16	1,3
	2015	в	<35	789	33	85	41	<5,0
	2016	в	<24	660	<22	63	16	<2,2
Нижнекамск, Республика Татарстан ПМН	2008	к	13	684	50	100	22	0,28
	2010	к	14	–	54	92	19	0,64
	2014	к	17	493	35	62	31	0,68
	2016	к	14	514	46	71	28	1,13
Самара Самарская обл. ПМН (УМН-2)	2006	к	14	390	56	110	35	0,83
	2012	к	23	438	43	135	22	1,6
	2014	к	9	209	33	92	14	0,5
	2016	к	5	290	69	95	24	0,3
Ревда, Свердловская обл. ПМН	2008	к	377	1262	36	778	1715	12
	2010	к	341	1272	29	429	1177	6,0
	2012	к	396	679	24	440	1236	7,3
	2016	к	249	1360	25	370	905	5,8
	2008	п	72	111	2,0	252	571	5,0
	2010	п	77	69	1,9	131	362	3,4
	2012	п	215	43	2,0	194	524	5,1
	2016	п	58	92	2,1	136	314	3,4
Уфа, Республика Башкортостан	2002	к	32	–	77	65	53	0,37
	2009	к	34	–	123	153	41	0,23
	2016	к	28	–	57	104	39	0,30

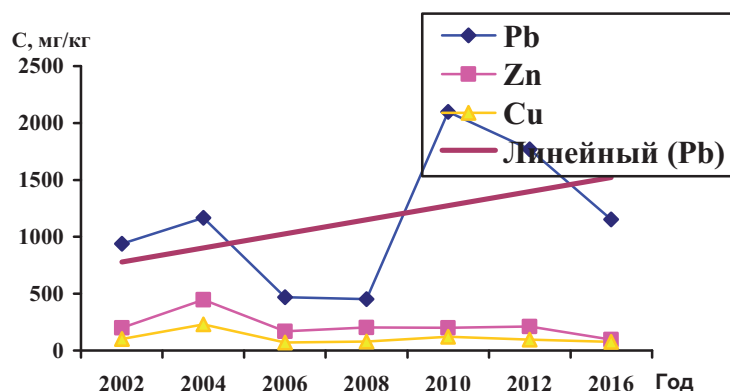


Рис. 3.25. Динамика средних массовых долей ТМ (С) в почве УМН-1 г. Свирск Иркутской области, расположенного в 0,5 км на юг от ЗАО «Актех-Байкал»

(в каждом конкретном случае) служит показателем загрязнения почв данным ТМ. Опасность загрязнения тем выше, чем выше концентрация ТМ в почве и выше класс опасности ТМ.

За последние пять лет наблюдений отмечается значительное загрязнение почв ТМ (среднее значение не ниже 3 ПДК, 3 ОДК или 9 Ф). При неоднократном обследовании почв города за этот период приведены уровни загрязнения последнего года наблюдений. Здесь и далее первая цифра в скобках обозначает среднюю массовую долю ТМ или иного ТПП в почвах изучаемой площади, вторая цифра – максимальную массовую долю.

С 2012 по 2016 год обнаружено загрязнение почв: – кадмием – в городах Белебей (к 4,5 и 16 ОДК), Верхняя Пышма (вод > 14 и > 28 Ф, Ф < 0,01 мг/кг), Владикавказ (в 94 и 324 ОДК), Давлеканово (к 8 и 51 ОДК), Кировград (к 3 и 14 ОДК, п 14 и 45 Ф, Ф 0,4 мг/кг), Ревда (однокилометровая зона вокруг источника к 8 и 12 ОДК, п 5 и 11 Ф, Ф 0,4 мг/кг), Ревда (ПМН к 6 и 10 ОДК, п 8 и 18 Ф, Ф 0,4 мг/кг), Реж (к 14 и 104 ОДК, п 32 и 292 Ф, Ф 0,4 мг/кг); – марганцем – в г. Нижний Тагил (п 3 и 6 ПДК); – медью – в городах Верхняя Пышма (к 3 и 27 ОДК, п 33 и 314 ПДК), Владикавказ (в 7 и 33 ОДК), Кировград (к 6 и 42 ОДК, п 91 и 966 ПДК), Невьянск (п 3 и 7 ПДК), Первоуральск (п 14 и 55 ПДК), Ревда (к 3 и 34 ОДК, п 19 и 100 ПДК), Ревда (ПМН к 14 и 28 ОДК, п 105 и 245 ПДК); – никелем – в городах Асбест (к 6 и 34 ОДК, п 3 и 13 ПДК), Владикавказ (в 3 и 4 ОДК), Давлеканово (к 4 и 10 ОДК), Полевской (однокилометровая зона вокруг ОАО «СТЗ» к 5 и 14 ОДК, п 3 и 6 ПДК), Реж (к 15 и 86 ОДК, п 10 и 40 ПДК); – свинцом – в городах Берёзовский (к 3 и 20 ПДК, п 7 и 30 ПДК), Верхняя Пышма (п 4 и 28 ПДК), Владикавказ (в 64 и 294 ПДК), Дальнегорск (30-километровая зона к 7 и 52 ПДК, п 7 и 20 ПДК), Зима (к 3 и 6 ПДК), Иркутск (пятикилометровая зона вокруг города к 5 и 9 ПДК), Каменск-Уральский (п 5 и 47 ПДК), Кировград (к 8 и 64 ПДК, п 19 и 103 ПДК), Невьянск (п 4 и

6 ПДК), Первоуральск (к 4 и 16 ПДК), Ревда (к 4 и 27 ПДК, п 3,5 и 21 ПДК), Ревда (ПМН к 8 и 18 ПДК, п 10 и 21 ПДК), Саянск (к 3 и 6 ПДК), Свирск (к 9 и 63 ПДК), Свирск (УМН-1 к 36 и 46 ПДК, УМН-3 к 11 и 18 ПДК), с. Рудная Пристань (к 23 и 80 ПДК, п 155 и 254 ПДК); – цинком – в городах Владикавказ (в 27 и 40 ОДК), Дальнегорск (к 3 и 7 ОДК, п 3 и 6 ПДК), Кировград (к 6 и 34 ОДК, п 26 и 176 ПДК), Невьянск (п 3 и 5 ПДК), Ревда (однокилометровая зона вокруг источника к 7 и 8 ОДК, п 12 и 14 ПДК), Ревда (ПМН к 3 и 7 ОДК, п 6 и 12 ПДК).

В 2016 году наблюдения за загрязнением почв мышьяком проводились в г. Орск Оренбургской области. Почвы города, согласно ПДК (2 мг/кг), загрязнены токсикантом (4 и 5 ПДК), согласно ОДК (10 мг/кг), содержание мышьяка в почвах находится в пределах нормы.

Загрязнение почв фтором

Наблюдения за загрязнением почв фтором проводились в Иркутской, Кемеровской, Новосибирской, Самарской и Томской областях, за загрязнением атмосферных выпадений фтористыми соединениями – в Иркутской области.

Динамика массовой доли фтора по валу в почвах района г. Братск, представлена на рис. 3.26.

Фоновое содержание фтора по валу в почве составляет 24 мг/кг. Среднее значение валовой массовой доли фтора в почвах г. Братск по результатам наблюдений 2016 года составляет в слое почвы от 0 до 5 см – 1025 мг/кг (47 Ф), от 5 до 10 см – 750 мг/кг (31 Ф), максимальное значение – 1400 (58 Ф) и 1000 (42 Ф) мг/кг соответственно.

За последние пять лет зафиксировано загрязнение водорастворимыми формами фтора выше 1 ПДК отдельных участков почв в районе и (или) на территории городов Каменск-Уральский, Новокузнецк, Свирск, п. Листвянка. Тенденция к накоплению водорастворимых соединений фтора в почвах не выявлена.

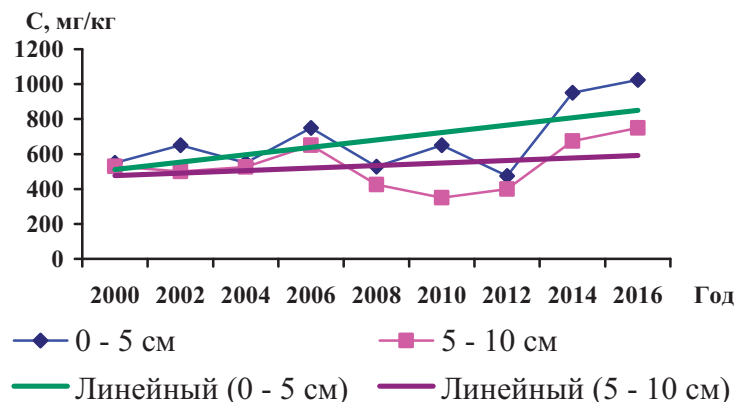


Рис. 3.26. Динамика средней массовой доли фтора по валу (С) в слое почвы от 0 до 5 см и от 5 до 10 см в районе г. Братск (пробы отобраны на удалении 2 (С), 8 (СВ), 12 (ВСВ) и 30 (СВ) км от ОАО «РУСАЛ-БрАЗ», направления указаны в скобках)

В 2016 году в Иркутской области в районах расположения ОАО «РУСАЛ Братск» и его филиала продолжались наблюдения за атмосферными выпадениями фтористых соединений.

Среднегодовое значение плотностей выпадений фторидов ($1,52 \text{ кг/км}^2 \cdot \text{месяц}$), зарегистрированное в районе п. Листвянка, принято за фоновое.

В районе г. Братск наибольшая среднегодовая плотность выпадений фторидов ($60,4 \text{ Ф}$), как и максимальная, за месяц ($85,4 \text{ Ф}$ в ноябре), были отмечены в п. Чекановский, расположенном в 2 км от ОАО «РУСАЛ Братск». Среднегодовая и максимальная за месяц плотности выпадений фторидов составили соответственно в г. Иркутск 1,6 и 6,3 Ф (в марте), в г. Шелехов – 24,4 и 57 Ф (в декабре).

С 2007 по 2016 год в районе г. Братск наблюдается тенденция к увеличению, а в городах Иркутск и Шелехов – к уменьшению загрязнения атмосферных выпадений фтористыми соединениями.

Загрязнение почв нефтепродуктами и бенз(а)пиреном

В 2016 году наблюдения за массовой долей НП в почвах и её динамикой проводились на тер-

риториях Западной Сибири, Республики Марий Эл, Республики Мордовия, Республики Татарстан, Иркутской, Нижегородской и Самарской областей. Обследовались почвы как вблизи наиболее вероятных мест импактного загрязнения – вблизи добычи, транспортировки, переработки и распределения НП, – так и в районах населённых пунктов и за их пределами.

Наблюдения за загрязнением почв бенз(а)пиреном в 2016 году осуществлялись в районе г. Дальнегорск и с. Рудная Пристань Приморского края. В одной пробе почвы из восьми, отобранных в районе г. Дальнегорск, содержание БП составило 1 ПДК (ПДК $0,02 \text{ мг/кг}$). Почвы с. Рудная Пристань загрязнены БП (2 и 6 ПДК).

По результатам наблюдений 2016 года наибольшее загрязнение почв НП (1384 и 4709 мг/кг или 15 и 52 Ф , $\text{Ф } 90 \text{ мг/кг}$) было зафиксировано в зоне нефтяного пятна площадью $31,75 \text{ га}$, образовавшегося вблизи п. Тьреть Заларинского района Иркутской области в результате аварии, произошедшей в марте 1993 года на 654 км нефтепровода «Красноярск – Иркутск». Динамика средних массовых долей НП в почвах района аварии представлена на рис. 3.27.

Загрязнение почв НП (среднее содержание НП выше 500 мг/кг) отмечается в городах Йошкар-Ола Республики Марий Эл (647 и 5200 мг/кг

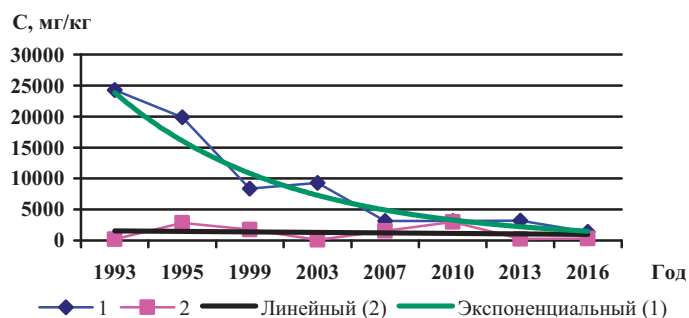


Рис. 3.27. Динамика средних массовых долей НП в почвах нефтяного пятна (1) и за его пределами по разным направлениям до 250 м (2) вблизи п. Тьреть Заларинского района Иркутской области

или 13 и 108 Ф, Ф 48), Казань Республики Татарстан (535 и 1860 мг/кг или 8 и 30 Ф, Ф 63 мг/кг), Омск Омской области (микрорайон «Иртышская набережная» 623 и 2588 мг/кг или 16 и 65 Ф, Ф 40 мг/кг), Томск Томской области (ПМН 602 и 1325 мг/кг или 6 и 13 Ф, Ф 100 мг/кг). В почвах ПМН г. Томск отмечается тенденция к увеличению содержания НП.

Загрязнение почв нитратами и сульфатами

Наблюдения за уровнем загрязнения почв нитратами проводились на территориях Западной Сибири, Самарской и Свердловской областей. Загрязнена нитратами только почва ПМН г. Новосибирск (1,6 и 2,7 ПДК). В целом наблюдается тенденция к уменьшению нитратов в почвах или сохранению их на уровне содержания за последние пять лет.

Наблюдения за загрязнением почв сульфатами осуществлялись на территориях Приморского края, Иркутской и Самарской областей. В районах городов Зима (1 и 4 ПДК) и Саянск (1 и 3 ПДК) почвы загрязнены сульфатами. На отдельных участках почв ПМН в г. Самара, НПП «Самарская Лука» Волжского района Самарской области концентрации сульфатов составляют от 1 до 2 ПДК.

Тенденция к накоплению содержания сульфатов в обследованных почвах не выявлена. С 2007 года наблюдается уменьшение массовых долей сульфатов в обследованных почвах Приморского края.

3.2.2. Загрязнение почв остаточными количествами пестицидов

Основным источником поступления пестицидов в почву является их применение в сельскохозяйственном производстве. В соответствии с Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов на территории Российской Федерации разрешены к применению более тысячи средств защиты растений, в основе которых около 300 действующих веществ. В 2016 г. в субъектах РФ, где проводились наблюдения, наиболее широко применялись гербициды на основе глифосата, 2,4-Д, МЦПА, дикамбы, феноксапроп-П-этила, трифлуралина.

В 2016 г. были обследованы почвы различного типа на территории 38 субъектов Российской Федерации, общая обследованная площадь составила 29,4 тыс. га. Обследовались почвы сельскохозяйственных угодий, отдельных лесных массивов, зон отдыха в 481 пункте на территории 115 районов, в 156 хозяйствах. На территории 8 субъектов Российской Федерации были обследованы почвы вокруг 10 складов и мест за-

хоронения пестицидов, непригодных к употреблению или запрещенных к применению.

В 2016 г. участки, почва которых загрязнена пестицидами выше установленных гигиенических нормативов, были обнаружены на территории 13 субъектов Российской Федерации. Несмотря на запрет применения препаратов ДДТ в 70-х годах, до сих пор загрязнение почв этим персистентным инсектицидом на территории России отмечается наиболее часто. Также на отдельных участках отмечалось загрязнение почв ГХЦГ, ГХБ, трифлуралином, 2,4-Д, ТХАН. В 2016 г. превышений нормативов содержания метафоса, далапона, триазиновых гербицидов в почве не было зарегистрировано.

Загрязненные участки почв пестицидами являются на территории Российской Федерации ежегодно, при этом до 2014 года наблюдалась тенденция снижения доли загрязненных почв. В 2015 и 2016 годах доля загрязненных почв на выборочно обследованной территории увеличилась. Наиболее высокое содержание персистентных хлорорганических пестицидов наблюдалось в почвах садов, не подвергающихся пахоте. Загрязненные почвы также были обнаружены на локальных участках, прилегающих к территориям пунктов хранения или захоронения пестицидов. Сохраняется загрязнение на многолетних пунктах наблюдений, расположенных в зонах отдыха, почва которых не подвергается механической обработке.

Центральный федеральный округ

В 2016 г. на территории ЦФО были обследованы почвы Белгородской, Брянской, Владимирской, Воронежской, Костромской, Курской, Липецкой, Московской, Рязанской, Тамбовской, Тульской и Ярославской областей общей площадью 3639 га. В почвах определялось содержание хлорорганических инсектицидов, 2,4-Д, триазиновых гербицидов и трифлуралина.

В 2016 г. на территории ЦФО 12% обследованных почв были загрязнены суммарным ДДТ, максимальное содержание которого составило 10,9 ПДК. Превышения ПДК были зафиксированы в Белгородской, Воронежской и Курской областях. Минимальное среднее содержание ДДТ в почвах (0,003 мг/кг) наблюдалось в Костромской, Московской и Тульской областях. Наиболее загрязненными из обследованных территорий оказались почвы садов в Курской области, где среднее содержание ДДТ в почвах соответствовало 5,6 ПДК.

Загрязнение почв другими определяемыми пестицидами на обследованных территориях в 2016 г. не было выявлено. Содержание суммарного ГХЦГ в почвах не превышало 0,18 ПДК,

среднее содержание не превышало 0,012 мг/кг, что соответствует значениям, которые наблюдаются последние 5 лет. Наличие остаточного количества гербицидов 2,4-Д, трифлуралина, прометрина наблюдалось в почвах всех обследованных областей. При этом содержание гербицидов не превышало установленных гигиенических нормативов, максимальные уровни соответствовали для: трифлуралина – 0,4 ОДК, 2,4-Д – 0,7 ПДК, прометрина – 0,13 ПДК. Симазин, который не входит в перечень разрешенных к применению пестицидов, в почвах на территории ЦФО не был обнаружен.

Южный федеральный округ

В 2016 г. на территории ЮФО проводились наблюдения за загрязнением почв остаточным количеством (ОК) пестицидов в Астраханской, Волгоградской, Ростовской областях и Краснодарском крае. Всего весной и осенью было обследовано 4550 га сельскохозяйственных угодий. Также, как и в предыдущие годы, содержание ни одного из 14 определяемых пестицидов не превышало ПДК или ОДК. В почвах сельскохозяйственных угодий наблюдались следовые количества хлорорганических пестицидов, паратион-метила (метафоса), гербицидов 2,4-Д, ТХАН, трифлуралина. Пестициды прометрин, симазин, семерон, пропазин, фозалон на обследованной территории ЮФО не были обнаружены.

Средняя концентрация суммарного ДДТ и его метаболитов на обследованной территории составила 0,004 мг/кг, а максимальная концентрация – 0,07 ПДК. ГХЦГ в обследованных почвах присутствовал в следовых количествах, среднее содержание которого составило 0,003 мг/кг. Близкие ОК хлорорганических пестицидов наблюдались в почвах, используемых для выращивания различных культур – овощей, зерновых, бобовых, масличных.

На обследованных почвах было выявлено загрязнение действующими наименованиями пестицидов: паратион-метил (метафос), ТХАН, 2,4-Д, концентрации которых составляли сотые доли установленных нормативов. В целом по региону ОК определяемых пестицидов сохранилось на прежнем уровне.

Приволжский федеральный округ

В 2016 г. на территории ПФО были обследованы почвы в республиках: Башкортостан, Марий Эл, Мордовия, Удмуртской, Чувашской, в областях: Кировской, Нижегородской, Оренбургской, Пензенской, Самарской, Саратовской и Ульяновской общей площадью 8114 га на содержа-

ние 14 действующих наименований пестицидов, а также полихлорированных бифенилов (ПХБ). Также в 2016 г. продолжалось обследование почв в местах складирования и захоронения пестицидов.

В 2016 г. было выявлено загрязнение почв ОК суммарного ДДТ в Оренбургской, Пензенской, Самарской, Саратовской и Ульяновской областях. Превышение ПДК суммы ДДТ наблюдалось весной на 56% от обследованной площади (827 га) и осенью на 19% от обследованной площади (316 га). Максимальные концентрации на уровне 4,3 ПДК отмечались весной в Самарской области, осенью – на уровне 5,4 ПДК в Пензенской области. В обследованных хозяйствах республик Башкортостан, Марий Эл, Мордовия, Удмуртской, Чувашской, в Кировской и Нижегородской областях ОК суммарного ДДТ в почве весной и осенью составляли десятые доли ПДК, либо не были обнаружены.

Загрязненные почвы ОК суммарного ГХЦГ были выявлены в Оренбургской и Самарской областях. Так, в почве садов, не подвергающейся регулярной вспашке, в Сызранском районе Самарской области содержание ГХЦГ соответствовало 2,2 ПДК. Загрязненные почвы общей площадью 246 га также были выявлены под зерновыми, масличными культурами и клубнеплодами. В других субъектах на территории Приволжского федерального округа: республиках Башкортостан, Марий Эл, Мордовии, Удмуртской, Чувашской, в Кировской и Нижегородской областях загрязненные ГХЦГ и ГХБ почвы не были обнаружены. Загрязненные ГХБ почвы были выявлены на площади 52 га весной и 84 га осенью в Самарской и Пензенской областях. Максимальное содержание 1,9 ОДК было зафиксировано в Пензенском районе весной. По сравнению с предыдущим годом доля загрязненных ГХБ почв на территории Приволжского ФО снизилась с 56 до 5%.

На загрязненном хлорорганическими пестицидами участке сада в с. Лесная поляна Сызранского района Самарской области был заложен разрез. Было установлено, что в результате миграции пестициды присутствовали по всему изученному профилю до глубины 2 метра (рис. 3.28) В верхнем гумусном горизонте содержание ДДТ и его метаболита ДДЭ было ниже, чем в переходном слое, что свидетельствует о постепенном самоочищении за счет процессов биodeградации, разложения под действием света и кислорода воздуха, испарения. В глинистом горизонте на глубине от 120 см происходило накопление ДДТ. Снижение содержания ГХЦГ до глинистого водупорного горизонта происходило равномерно. В отличие от ДДТ проникновения ГХЦГ на глубину более 160 см не произошло.

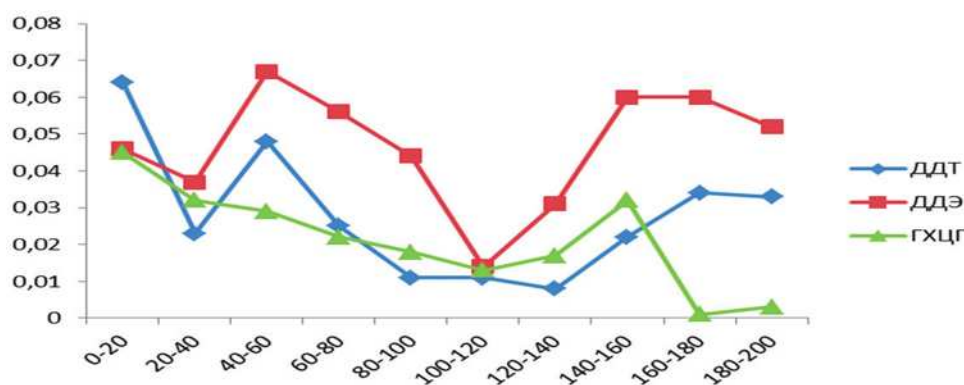


Рис. 3.28. Распределение хлорорганических пестицидов по почвенному профилю в результате многолетней вертикальной миграции

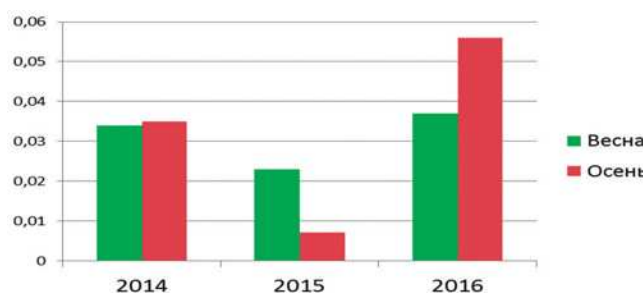


Рис. 3.29. Среднее содержание гербицида 2,4-Д в почвах на территории Приволжского ФО

В 2016 г. на выборочно обследованной территории ПФО загрязнение почв метафосом было обнаружено только на одном участке площадью 18 га в Самарской области под картофелем (3,8 ПДК). На территории других областей загрязнения не было выявлено. Данный пестицид разрешен к применению и используется в сельскохозяйственном производстве. В связи с этим не исключено загрязнение локальных участков в местах применения препаратов паратион-метила, которые также были выявлены в 2015 году. Незначительные остаточные количества метафоса в почве после окончания полевого сезона свидетельствует о соблюдении регламентов его применения.

В 2016 г. на обследованной территории ПФО среднее содержание гербицида 2,4-Д в почвах было несколько выше, чем в предыдущем году (рис. 3.29). Загрязнение наблюдались только осенью, под зерновыми и картофелем. Максимум составил 1,7 ПДК в д. Чебеньки в Оренбургской области, а также 1,2 ПДК – в ООО «Княжуха» в Ульяновской области и 1,1 ПДК – в ООО АФ «Белозерки» Ставропольского района Самарской области. По-видимому, это обусловлено неполным разложением внесенной в вегетационный период дозы гербицида. Содержание 2,4-Д в почвах Пензенской и Саратовской областей после уборки урожая не превышало 0,8 ПДК. В Нижегородской, Кировской областях, а также на территории республик Башкортостан, Марий Эл, Мордовии, Удмуртской, Чувашской, ОК 2,4-Д не было обнаружено.

В 2016 г. на содержание в почве ОК далапо-на было обследовано весной и осенью 545 га сельскохозяйственных земель. Зафиксированные в 2014 и 2015 годах случаи загрязнения почв далапоном свидетельствуют о том, что проводилось несанкционированное применение этого препарата. Загрязнения почв этим вышедшим из обращения пестицидом в 2016 году не было обнаружено (рис. 3.30).

При выборочном обследовании были обнаружены локальные участки, загрязненные гербицидами трифлуралином (1 ОДК на площади 1 га под зерновыми в Саратовской области) и ТХАН (1 ОДК на двух участках суммарной площадью 12 га в Оренбургской области). Во всех трех случаях загрязнение было обнаружено весной. В течение лета произошло разложение остатков этих гербицидов и при осеннем повторном

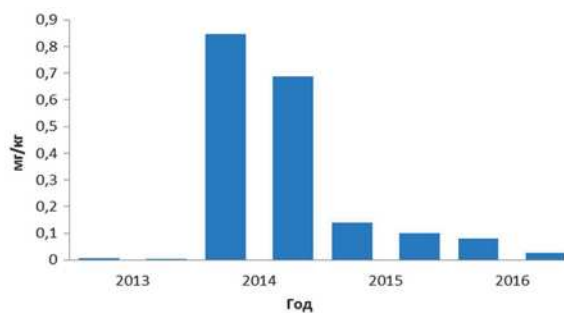


Рис. 3.30. Динамика содержания далапона в почве участка многолетних наблюдений в Самарской области

обследовании содержание гербицидов на этих участках снизилось до следовых уровней. Триазиновые гербициды прометрин, симазин, атразин в почве большинства обследованных земель не были обнаружены.

Осенью 2016 г. были обнаружены почвы, загрязненные ПХБ, на площади 25 га в Кстовском районе Нижегородской области, что составляет 8% от обследованных на эту группу соединений территорий. Максимальное содержание ПХБ составило 5,0 ПДК (0,30 мг/кг) под зерновыми. Учитывая отсутствие каких-либо промышленных предприятий, полигонов ТБО, мест складирования и захоронения ядохимикатов, несанкционированных свалок («прямых» источников ПХБ), можно сделать вывод, что загрязнение почв данной территории может быть связано или с утечкой технических жидкостей от используемой сельхозтехники, или с переносом вещества с ливневыми и поверхностными водами с сильно загрязненных территорий (например, автомагистралей). Также были загрязнены почвы возле склада ядохимикатов на территории Дебесского района Удмуртской Республики (2,7 ПДК). На территории Кировской области содержание ПХБ не превышало ПДК.

Уральский федеральный округ

В 2016 г. на территории Уральского федерального округа наблюдения за содержанием пестицидов в почве проводились в Курганской области в Белозерском, Варгашином и Лебяжье-вском районах. Весной и осенью было обследовано 2806 га сельскохозяйственных угодий. Обследованные почвы составляют 0,2% от общей посевной площади Курганской области. Кроме того, были продолжены наблюдения за загрязнением почв в с. Хутора Лебяжье-вского района на расстоянии от 10 до 100 метров от места захоронения 127 тонн пестицидов, а также были обследованы почвы зон отдыха на территории города Кургана и в пункте многолетних наблюдений на территории детского оздоровительного лагеря им. Коли Мяготина в Белозерском районе. В почве определялось содержание ДДТ и его метаболита ДДЕ, изомеров ГХЦГ и гербицида 2,4-Д. В 2016 году ОК суммарного ДДТ были обнаружены в почвах Белозерского и Варгашинского районов, а также в городе Кургане. ДДТ был обнаружен в почве под парами, максимальное содержание которого составило 0,27 ПДК. Также, как и в предыдущие годы, ОК суммарного ГХЦГ в пробах почв сельхозугодий обнаружено не было. В зонах отдыха ГХЦГ был обнаружен в следовых количествах.

Многолетние наблюдения за динамикой содержания ДДТ в почве проводятся на террито-

рии детского оздоровительного лагеря им. Коли Мяготина в Белозерском районе. Территория лагеря неоднократно обрабатывалась препаратами ДДТ для борьбы с энцефалитным клещом, последняя санкционированная обработка этим инсектицидом была проведена в 1997 г. В дальнейшем использовались другие пестициды, с 2008 по 2015 годы территория лагеря не обрабатывалась, так как лагерь был временно закрыт. Почвы лагеря были опасно загрязнены ДДТ, до настоящего времени содержание ДДТ в почве превышает ПДК. В 2016 г. после долгого перерыва лагерь приступил к работе, территория была обработана инсектоакарицидом «Ципертрин» (действующее вещество циперметрин). В 2016 году среднее содержание ОК суммарного ДДТ в почве леса на площади 6 га составило: весной – 3,09 ПДК при максимальном уровне 19,23 ПДК на территории центральной площадки лагеря, осенью – 1,75 ПДК при максимальном уровне 7,96 ПДК на территории стадиона. В 2015 г. осенью среднее содержание суммарного ДДТ в почве леса на площади 6 га составляло 1,85 ПДК при максимальном уровне 10,25 ПДК на территории стадиона. В 2016 г., как и в прошлые годы, почвы обследованной территории Курганской области содержали остаточные количества 2,4-Д, не превышающие гигиенического норматива. Гербицид был обнаружен в пробах почвы, отобранных под парами Белозерского и Варгашинского районов и под зерновыми культурами на полях Варгашиного и Лебяжье-вского районов. Максимальные уровни 2,4-Д весной составляли 0,97 ПДК, осенью – 0,30 ПДК, а средние уровни находились: весной – в пределах 0,0–0,49 ПДК, осенью – в пределах 0,01–0,12 ПДК.

Сибирский федеральный округ

В 2016 году на территории СФО были обследованы почвы Алтайского края, Иркутской, Кемеровской, Новосибирской, Омской и Томской областей общей площадью 10 178 га на содержание 11 действующих наименований пестицидов. 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.

Загрязненные ДДТ почвы были обнаружены в Иркутской и Новосибирской областях. В 2016 г. на территории СФО не обнаружено почв, загрязненных ГХЦГ, трифлураленом, ГХБ, метафосом, -дигидрогептахлором, гербицидами 2,4-Д, пиклорамом. Максимальное содержание ГХЦГ было зафиксировано в Искитимском

районе Новосибирской области и составило 0,14 ПДК, трифлуралина – 0,23 ОДК в Искитимском районе и 0,21 ОДК в Коченевском районе Новосибирской области.

В 2016 г. в Омской области обследовались почвы в Калаченском, Одесском, Оконешиниковском, Павлоградском и Тарском районах под зерновыми, подсолнечником, льном и паром. Всего весной и осенью было обследовано 1675 га. Почв, загрязненных выше гигиенических нормативов ОК хлорорганических пестицидов, не было обнаружено. ОК суммарного п,п'-ДДТ были зарегистрированы осенью – в почвах Павлоградского района. Среднее содержание ДДТ в обследованных 200 га почвы этого района составило 0,021 мг/кг, максимальное – 0,37 ПДК. В 2016, также как и в предыдущем году, в обследованных почвах ГХЦГ, ГХБ и трифлуралин не были обнаружены.

В Иркутской области обследовались почвы в Балаганском, Заринском, Зиминском, Иркутском, Киренском и Тулунском районах на сельскохозяйственных угодьях. ОК суммарного ДДТ в незначительных количествах были обнаружены в почвах всех указанных районов. Превышение ПДК было зафиксировано в 4 случаях. Среднее содержание суммарного ДДТ в почвах под всеми видами культур составило 0,06 ПДК весной и 0,05 ПДК осенью. Превышение гигиенического норматива содержания ДДТ в почве, как и в предыдущем году, было выявлено в Иркутском районе на водосборе реки Куды. Максимальное его содержание наблюдалось на полях ОАО «Хомутовское» под костром – 2 ПДК весной и 1,3 ПДК осенью. Результаты наблюдений за загрязнением почв данного района свидетельствуют о наметившейся тенденции на снижение содержания ДДТ в почвах. При анализе проб почвы, отобранных с разных глубин в разрезах на загрязненных участках в ОАО «Хомутовское», было обнаружено проникновение ДДТ на глубину 0,5 м, что соответствует результатам наблюдений 2014 года. В предыдущем году содержание ДДТ было выявлено на глубине не более 20 см, что свидетельствует о неоднородности загрязнения и различиях в скорости вертикальной миграции даже для близкорасположенных участков.

В почвах Иркутской области содержание изомеров ГХЦГ не превышало 0,09 ПДК. На водосборе реки Куды в почве присутствовали ДДТ и ГХЦГ. ОК ГХБ были обнаружены в единичных пробах в Заларинском районе (до 0,07 ОДК). Содержание в почвах Иркутской области ОК пестицидов метафоса, 2,4-Д и пиклорама не было выявлено.

В 2016 г. в Алтайском крае обследование почв проводилось осенью на территории г. Барнаула, в Заринском, Зональном, Славгородском,

Поспелихинском, Рубцовском и Мариинском районах под зерновыми, паром, масличными культурами и корнеплодами. Присутствие ОК суммарного ДДТ было выявлено на отдельных участках в Зональном районе (0,03 и 0,02 ПДК). ОК трифлуралина в почве не было обнаружено. Гербицид 2,4-Д присутствовал в почвах в остаточных количествах, наибольшее среднее содержание 2,4-Д 0,025 мг/кг было выявлено под картофелем.

В Кемеровской области обследовались почвы двух хозяйств, а также вблизи склада пестицидов. В почвах были обнаружены ОК суммарного ДДТ (максимум – 0,07 ПДК в Мариинском районе, среднее содержание – 0,0004 мг/кг) и ОК ГХЦГ (максимум – 0,09 ПДК на территории ООО «Колос» Крапивинского района). Почв, загрязненных гербицидом трифлуралином, не было обнаружено. Максимальное содержание трифлуралина в почве составило 0,03 ОДК.

В Новосибирской области были обследованы почвы в Баганском, Здвинском, Искитимском, Коченевском, Карагатском, Карасукском, Маслянинском, Новосибирском и Ордынском районах. Средний уровень содержания ДДТ по области составил 0,0008 мг/кг весной и 0,0004 мг/кг осенью. Максимальное значение 1,1 ПДК осенью было обнаружено на территории ЗАО «Птицефабрика» Карагатского района. Также загрязнение почв ДДТ сохраняется на участке многолетних наблюдений вне территории детского оздоровительного центра «Лесная сказка» в Искитимском районе (до 4,3 ПДК). В почвах Новосибирской области также сохраняются следовые количества ГХЦГ, максимальное ОК, составившее 0,14 ПДК, было отмечено весной на поле Кулундинского отделения СИБНИИК в Баганском районе и осенью под пшеницей на территории агрофирмы «Лебедевская» в Искитимском районе. Воды зоны потенциального смыва с загрязненных участков в Искитимском районе (р. Бердь, Бердский залив Новосибирского водохранилища) не загрязнены пестицидами. В обследованных почвах присутствовали ОК трифлуралина, максимум соответствовал 0,21 ОДК весной и 0,23 ОДК осенью.

В Томской области обследования почв проводились на площади 145 га в трех районах на территории 5 хозяйств и вблизи 1 склада пестицидов. Превышений гигиенических нормативов содержания пестицидов в почве не было выявлено. Наблюдались остаточные количества персистентных ДДТ и ГХЦГ, содержание не превышало 0,10 ПДК суммарного ДДТ, и 0,04 ПДК суммарного ГХЦГ. Максимум содержания трифлуралина в почве 0,12 ОДК был зафиксирован в Томском районе под картофелем. Под зерновыми и злаками трифлуралин не был обнаружен.

**Дальневосточный
федеральный округ**

В 2016 г. на территории ДФО обследование почвы проводилось на территории Приморского края в Уссурийском, Октябрьском, Ханкайском, Черниговском, Кировском, Дальнереченском районах осенью на площади 851 га на землях сельхозназначения. В почвах определялись галоидорганические пестициды – ДДТ и его метаболиты; изомеры ГХЦГ и гербицид трифлуралин.

Среднее содержание суммарного ДДТ, в целом по краю, под всеми видами культур (зерновыми, зерновыми) составило 0,45 ПДК (0,045 мг/кг). Максимальное содержание суммарного ДДТ под зерновыми составило 1,6 ПДК (0,160 мг/кг). Зафиксировано превышение норматива ПДК суммарного ДДТ в Черниговском (максимум 1,6 ПДК), Чугуевском (максимум 1,3 ПДК) и Ханкайском (максимум 1,1 ПДК) районах Приморского края.

Результаты обследования показали, что почвы Приморского края слабо загрязнены ОК ДДТ и не загрязнены ГХЦГ и трефланом. Среднее ОК суммарного ГХЦГ составило 0,002 мг/кг при максимальном 0,10 ПДК в СПКХ «Хорольское» Хорольского района.

Продолжались многолетние наблюдения за динамикой содержания ДДТ в почве на территории объединения личных подсобных хозяйств «Путиенко» с. Халкидон Черниговского района. Анализ средних значений ОК пестицидов в почве Черниговского района показывает, что по сравнению с предыдущим годом в 2016 году сумма ДДТ уменьшилась и составила 1,0 ПДК (2015 г. – 1,35 ПДК). Содержание суммы ГХЦГ в почве данного участка практически не изменяется и сохраняется на уровне 0,02 ПДК.

**Северо-Кавказский
федеральный округ**

В 2016 году на территории СКФО были обследованы почвы Ставропольского края и Карачаево-Черкесской Республики по 134 га весной и осенью на содержание 14 действующих наименований пестицидов. На обследованной территории загрязненные ядохимикатами почвы не были обнаружены. Среднее ОК суммарного ДДТ составило 0,03 ПДК весной и 0,04 ПДК осенью, ГХЦГ – 0,03 ПДК. Максимальное ОК трифлуралина – 0,05 ОДК, ТХАН – 0,02 ОДК, 2,4-Д и метафоса – 0,04 ПДК. ОК триазиновых гербицидов и фозалона в почве не было обнаружено. Содержание определяемых пестицидов в почве в течение последних 5 лет практически не изменяются.

Состояние участков, прилегающих к местам хранения пестицидов

В 2016 г. продолжались 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. Для оценки возможного распространения пестицидов от мест хранения в 2016 г. было проведено обследование вокруг 10 складов неликвидных пестицидов в 8 субъектах Российской Федерации.

В Костромской области на полях, расположенных рядом с заброшенными складами хранения удобрений и пестицидов, на территории ОПХ «Минское» загрязнений почвы ХОП не было обнаружено. Максимальный уровень суммарного ДДТ соответствовал 0,19 ПДК, суммарного ГХЦГ – 0,16 ПДК, трифлуралина – 0,4 ОДК.

В Удмуртской Республике продолжалось обследование почв на территории Дебесского и Сарапульского районов в районе расположения 2 складов с ядохимикатами. Результаты анализа показали, что содержание п,п'-ДДТ, п,п'-ДДЭ, альфа- и гамма-ГХЦГ, ГХБ, симазина, прометрина, 2,4-Д кислоты, трифлуралина в отобранных пробах почвы были ниже пределов обнаружения используемых методик измерений. Весной в пробах почв, отобранных на расстоянии до 100 м от склада в Дебесском районе, содержание ПХБ превышало ПДК в от 1,8 до 2,7 раз.

Результаты обследований почвы вокруг склада пестицидов ООО «Агрофирма Белозерки» в Ставропольском районе Самарской области по четырем румбам на расстоянии 0, 50, 200, 300 и 500 м от склада выявили превышение нормативов содержания ГХБ, суммарных ДДТ и ГХЦГ. Все отобранные пробы были загрязнены ДДТ выше ПДК, 50% проб – выше 5 ПДК. Загрязнение распространяется преимущественно в южном и западном направлениях от склада. Максимальное содержание пестицидов (9,8 ПДК ДДТ и 2,2 ПДК ГХЦГ) наблюдалось в 50 м. к югу от склада. Также в почве присутствовали такие пестициды, как трифлуралин, 2,4-Д, далапон, ТХАН. Триазиновые гербициды и метафос были обнаружены в отдельных пробах в незначительном количестве.

В почве вокруг склада АО «Агрохимия» Новоузенского района Саратовской области также отмечалось превышение нормативов содержания суммарных ДДТ и ГХЦГ, ГХБ, ТХАН. Максимум содержания ГХБ (1,6 ПДК) и ДДТ (2,3 ПДК)

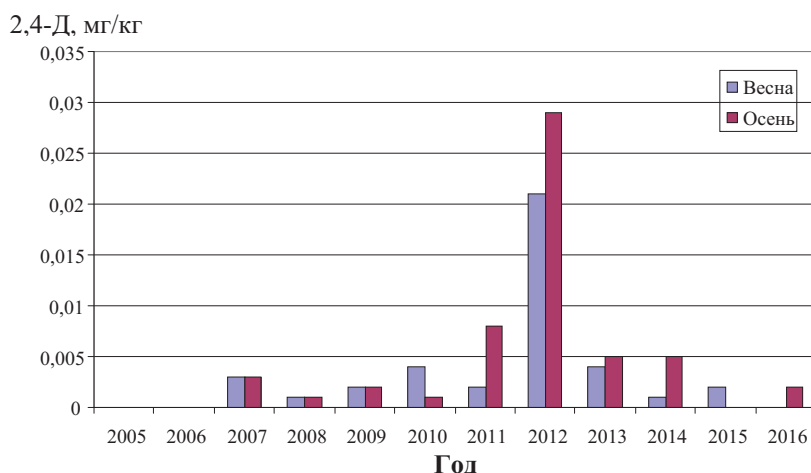


Рис. 3.31. Среднее содержание ОК 2,4-Д в почве сельхозугодий вблизи захоронения ядохимикатов

был обнаружен в 500 м к западу от склада. Почвы в северном направлении от склада загрязнены ТХАН (максимум 1,13 ПДК). В почвах также присутствовали 2,4-Д, далапон, прометрин, симазин, трифлуралин (максимум 0,68 ОДК), метафос не был обнаружен.

В Курганской области продолжались наблюдения за содержанием пестицидов в почве поля площадью 400 га, расположенного на расстоянии 10–200 метров от захоронения ядохимикатов в Лебяжьевском районе. Хлорорганические пестициды в почве не были обнаружены. Весной поля были обработаны пестицидами, в том числе на основе производных 2,4-Д, что могло повлиять на обнаружение остатков этого гербицида в почве осенью (рис. 3.31). Превышений нормативов содержания 2,4-Д не было выявлено, среднее содержание составило 0,02 ПДК, максимальное – 0,19 ПДК. Таким образом, полученные данные наблюдений свидетельствуют о том, что захоронение непригодных пестицидов не оказывает загрязняющего влияния на почву Курганской области.

Результаты обследований территории в разных направлениях от склада хранения пестицидов в Томском районе Томской области показали, что в почвах присутствовали незначительные количества ДДЭ и альфа-ГХЦГ, не превышающие 0,04 ПДК. Отсутствие ДДТ и гамма-ГХЦГ свидетельствует о том, что попадание пестицидов в почву произошло давно, а в настоящее время распространения загрязнения не происходит. Кроме того, в одной пробе было обнаружено 0,04 ОДК трифлуралина, что также не представляет угрозы окружающей среде. Другие пестициды не были обнаружены.

По результатам анализа проб почв, отобранных вблизи склада пестицидов в пос. Новостройка Кемеровской области, были выявлены содержание ДДТ и ДДЭ во всех отобранных пробах в количестве от 0,07 до 0,17 ПДК, ГХЦГ – от

0,02 до 0,04 ПДК, а также следовые количества трифлуралина. Данные многолетних наблюдений свидетельствуют о стабильном состоянии почв данного участка.

В Иркутской области были обследованы почвы, прилегающие к складам пестицидов в с. Холмогой Заларинского района и с. Кимельтей Зиминского района. Пробы отбирались в четырех направлениях (С, В, Ю и З) санитарно-защитной зоны (СЗЗ) складов ядохимикатов в верхнем (0–5 см) почвенном горизонте на расстояниях: 0; 0,1; 0,5; 1,0 км от размещения складов, а также на расстоянии 1,5 км для определения содержания ХОП и 2,4-Д. Содержание в почве 2,4-Д кислоты не было зарегистрировано. В Зиминском районе максимум содержания ДДТ (0,07 ПДК) наблюдался непосредственно у склада в восточном направлении. На расстоянии до 100 м от склада в почве присутствовали ДДТ, ГХЦГ, ГХБ (до 0,9 ПДК), на большем удалении было зафиксировано присутствие только следовых количеств ГХБ. В Заларинском районе следовые количества хлорорганических пестицидов наблюдались также только на расстоянии до 100 м от склада. Исключением является проба, отобранная на поле в 1 км от склада и содержащая 0,04 ПДК ГХЦГ. Учитывая то, что данный участок используется в сельскохозяйственном производстве, наличие ГХЦГ в отобранной пробе не может быть однозначно отнесено к влиянию объекта хранения пестицидов. Превышение ПДК хлорорганических пестицидов в почве не было зарегистрировано ни в одном из районов обследования.

Результаты обследований 2016 г, также, как и в предыдущие годы, свидетельствуют, что в большинстве случаев распространения загрязнения от складов пестицидов не произошло, а выявленное загрязнение носит локальный характер.

3.3. Загрязнение поверхностных вод

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

Анализ динамики качества поверхностных вод на территории Российской Федерации представлен на основе статистической обработки данных государственной наблюдательной сети за загрязнением поверхностных вод суши (по гидрохимическим показателям) в 2016 г. по наиболее характерным для каждого водного объекта показателям.

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

Поверхностные воды Северо-Запада. Загрязнение речных бассейнов Калининградской области, в основном, связано с поступлением сточных вод промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Наиболее высокая загрязненность воды рек наблюдается в местах расположения промышленно развитых городов:

на р. Преголя – Черняховска, Гвардейска, Калининграда, на р. Неман – Немана, Советска. В многолетнем плане вода рек оценивается как «загрязненная», за исключением устьевой части р. Преголя (в черте г. Калининград), где вода характеризуется как «грязная».

Общий уровень загрязненности трансграничных водотоков рукава Матросовка и р. Шешупе в 2016 г. стабилизировался, вода характеризовалась как «загрязненная». Среднегодовые концентрации загрязняющих ингредиентов: органических веществ (по ХПК), нитритного азота, соединений железа не превышали 2 ПДК.

Качество воды большинства водотоков бассейна р. Нева достаточно стабильно, значительного ухудшения не отмечается. В 2016 г. вода большинства створов характеризовалась как «загрязненная». Воды бассейна р. Невы загрязнены соединениями меди, железа, цинка, марганца, органическими веществами (по ХПК).

Как «грязные» характеризуются воды рек Мга, Ижора, Охта. Критического уровня достигала загрязненность воды легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅), аммонийным и нитритным азотом, соединениями железа, марганца.

Самым загрязненным притоком р. Нева на протяжении десятилетий остается р. Охта в створе г. Санкт-Петербург (рис. 3.32). В течение 2016 г. были зарегистрированы по 4 случая экстремально высокого и высокого загрязнения воды соединениями марганца (до 56 и до 34 ПДК

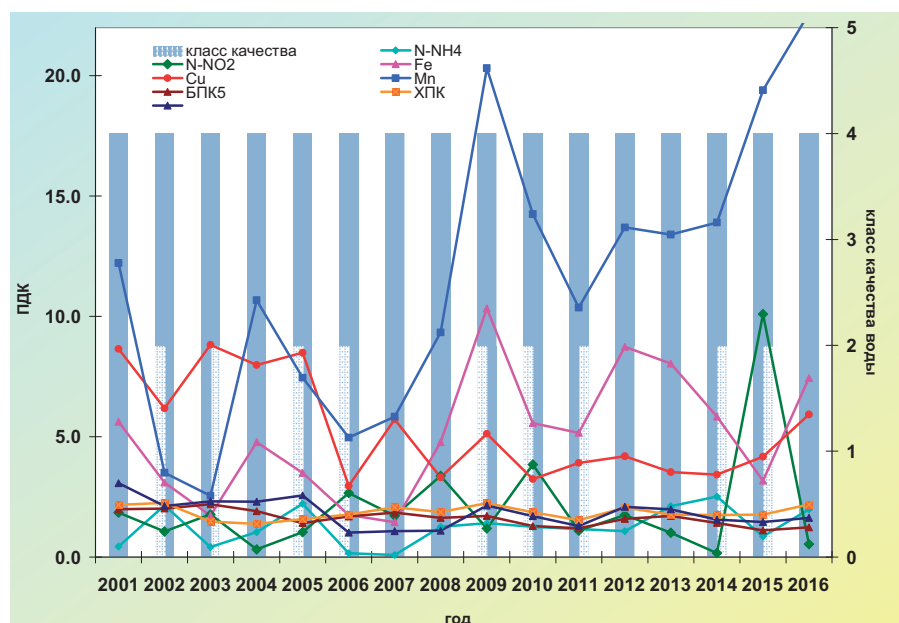


Рис. 3.32. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Охта, 0,05 км выше устья, в черте г. Санкт-Петербург

соответственно); содержание нитритного азота достигало 15 ПДК (ВЗ).

Основными источниками загрязнения поверхностных вод Ильмень-Волховского бассейна являются промышленные предприятия, животноводческие, жилищно-коммунальные объекты, сбрасывающие неочищенные, или недостаточно очищенные сточные воды. Качество воды большинства рек относится к классу «загрязненных».

В многолетнем плане наблюдается загрязнение воды р. Волхов по всей длине соединениями железа, меди, марганца, органическими веществами. На протяжении многих лет органические вещества (по ХПК) в воде ниже г. Кириши (Новгородская обл.) достигали критического уровня загрязненности, в 2013–2015 гг. величина ХПК составляла 100–120 мг/л, в 2016 г. незначительно снизилась до 90 мг/л.

Малые реки Кольского полуострова. Наиболее распространенными загрязняющими веществами вод малых рек Кольского полуострова на протяжении последних десятилетий являются соединения никеля, меди, марганца, железа, молибдена, нефтепродукты, сульфатные ионы, аммонийный и нитритный азот, органические вещества (по БПК₅ и ХПК), дитиофосфат крезидовый.

В 2016 году на 21 водном объекте на территории Мурманской области было зарегистрировано 122 случая высокого загрязнения и 75 случаев экстремально высокого загрязнения. Из 122 случаев высокого загрязнения 65 случаев связано с высоким содержанием соединениями никеля, 6 – меди, 4 – ртути, 11 – молибдена, 10 – дитиофосфатом и соединениями азота, 5 – соединениями фосфора, 3 – трудноокисляемыми

органическими веществами (по ХПК), 2 – легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) и сульфатами.

Негативное влияние на водные объекты Мурманской области оказывают сточные воды предприятий горнодобывающей, горнообработывающей и металлургической промышленности: р. Ньюдай, р. Хауки-лампи-йоки, р. Луоттн-йоки, р. Печенга, р. Нама-йоки, р. Колос-йоки – АО «Кольская ГМК»; р. Можель и р. Ковдора – АО «Ковдорский ГОК»; р. Белая и оз. Большой Вудъявр – АО «Апатит».

В 2016 г. вода оз. Большой Вудъявр и р. Ковдора характеризовалась как «загрязненная»; р. Печенга, р. Нама-йоки, р. Белая, р. Ньюдай, р. Луоттн-йоки, р. Колос-йоки, р. Можель, р. Роста, р. Хауки-лампи-йоки – «грязная»; ручья Варничный – «экстремально грязная».

В воде р. Хауки-лампи-йоки наблюдалось превышение ПДК соединений цинка, меди, никеля, марганца, и сульфатов, концентрации которых в среднем варьируют в пределах 2–4, 8–17, 15–27,5, 8–14 и 2–3 ПДК соответственно. В течение 2002–2016 гг. вода реки стабильно характеризуется как «грязная» (рис. 3.33).

Загрязнение вод малых рек Кольского полуострова, испытывающих постоянную нагрузку сточными водами промышленных комплексов и населенных пунктов при низкой способности к самоочищению в условиях Арктики, в течение ряда десятилетий носит хронический характер, что подтверждается повторяющимися случаями ВЗ и ЭВЗ, высоким средним уровнем содержания вредных веществ в воде, накоплением их в донных отложениях водных объектов.

Бассейн реки Дон. Качество воды р. Дон колеблется от «слабо загрязненной» до «грязной».

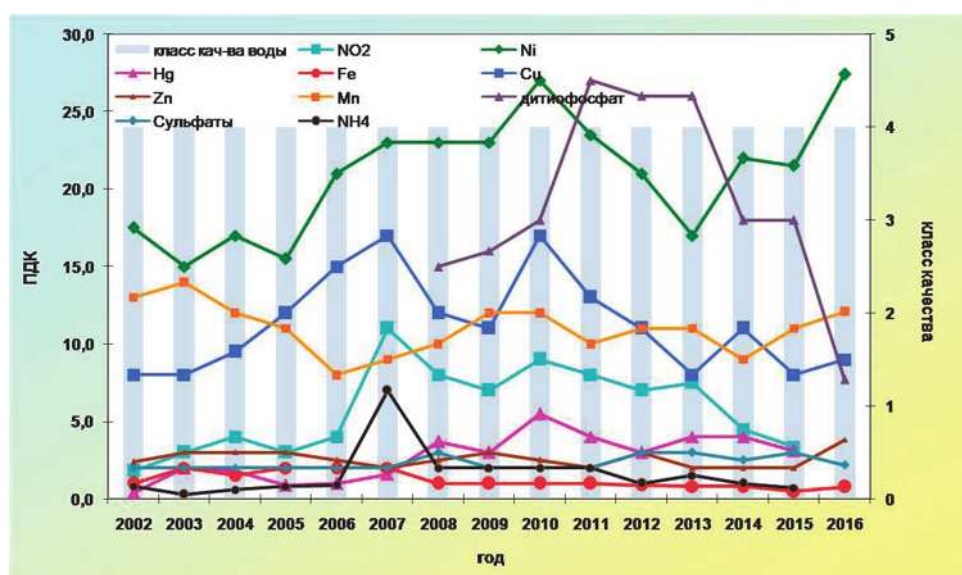


Рис. 3.33. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Хауки-лампи-йоки, г. Заполярный в многолетнем плане

Наиболее загрязнена р. Дон в верхнем течении в створах г. Донской, где в многолетнем плане характеризуется как «грязная». Основными источниками загрязнения являются сточные воды: выше г. Донской – Новомосковского городского водоканала, ниже г. Донской – ООО «Коммунальные ресурсы «Дон» и др. В 2016 г. отмечена тенденция незначительного ухудшения качества воды в створе выше г. Донской, где количество загрязняющих веществ возросло до 11, а содержание аммонийного азота достигало 42,5 ПДК. В обоих створах города фиксировался дефицит растворенного в воде кислорода до 3,05 мг/л и 3,10 мг/л. Содержание основных загрязняющих веществ в створах выше и ниже г. Донской мало изменилось и составляло: органических веществ по (БПК₅ и ХПК) и сульфатов – 2 ПДК, фенолов – 3 и 2 ПДК, нитритного азота 2-2,5 ПДК, соединений меди – 3 ПДК, железа ниже ПДК и 2 ПДК, аммонийного азота 7 и 5 ПДК. Критический уровень загрязненности воды в створах г. Донской достигался аммонийным азотом – выше города, аммонийным и нитритным азотом – ниже города, содержание этих веществ в воде составляло 42,5 ПДК, 23,5 и 8 ПДК соответственно.

В 2016 г. в воде обоих створов города фиксировались случаи ВЗ аммонийным азотом (22 и 42,5 ПДК, 18 и 23,5 ПДК), обусловленные сбросом сточных вод ООО «Новомосковский городской водоканал» и ООО «Коммунальные ресурсы «Дон». В большинстве створов верхнего течения р. Дон и контрольных створах г. Воронеж и г. Нововоронеж вода характеризовалась как «загрязненная».

В среднем течении реки (ст. Казанская – г. Калач-на-Дону) в течение последних шести лет качество воды практически не изменяется и оценивается как «загрязнённая».

В 2016 г. вода в нижнем течении р. Дон на участке г. Ростов-на-Дону – г. Азов в большинстве створов по-прежнему характеризовалась «грязной», в контрольных створах г. Ростов-на-Дону и в фоновом створе г. Азов – «загрязнённой». В воде большинства створов наблюдалось снижение содержания соединений железа до значений ниже ПДК – 1 ПДК и увеличение соединений меди выше г. Ростов-на-Дону и в черте города (на уровне нового водозабора) в среднем до 2 ПДК.

В 2016 г. наметилась тенденция роста содержания сульфатов и величины минерализации воды р. Дон ниже г. Ростов-на-Дону; содержание органических веществ (по БПК₅ и ХПК) ниже г. Волгодонск и ниже г. Ростов-на-Дону, сульфатов и величина минерализации воды ниже г. Волгодонск практически не изменились и стабилизировались на уровне 2014 г. (рис. 3.34). Наиболее минерализована вода р. Дон в верховье – выше г. Донской и в нижнем течении выше р.п. Багаевский, среднегодовая величина которой в 2016 г. составила 808 и 1139 мг/л, максимальная 1105 мг/л и 1448 мг/л.

Существенное негативное влияние на качество воды р. Дон оказывает р. Северский Донец, берущая начало в Белгородской области, протекающая по территории Украины и впадающая в р. Дон на территории Ростовской области. Наиболее загрязнен участок реки в трансграничном пункте х. Поповка, где вода в многолетнем плане характеризуется как «грязная».

Наименее загрязнённой вода реки остается в верхнем течении на территории Белгородской области у с. Беломестное, в створах Белгородского водохранилища и характеризуется на протяжении последних четырех лет как «загрязнённая». Загрязненность р. Северский Донец возрастает на территории Ростовской области,

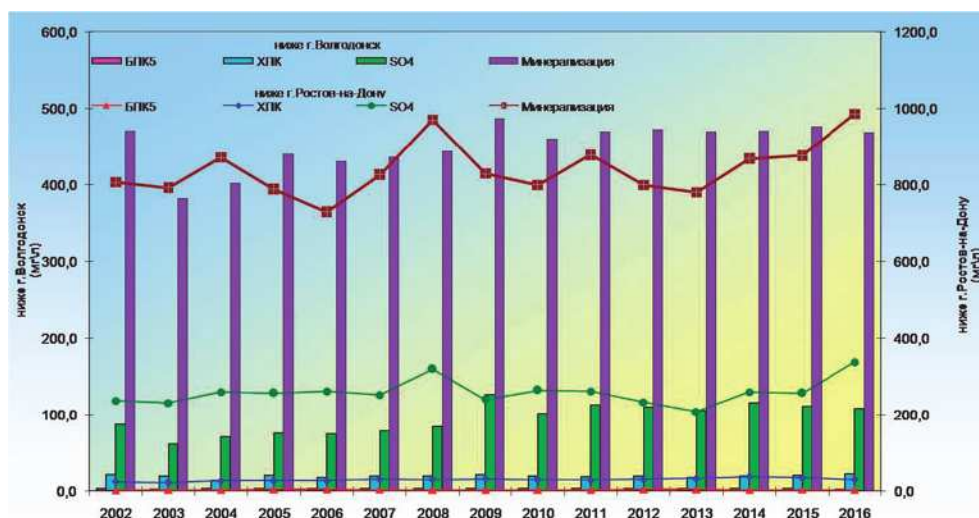


Рис. 3.34. Динамика концентраций отдельных характерных загрязняющих веществ в воде р. Дон ниже г. Волгодонск и ниже г. Ростов-на-Дону

где вода на всём протяжении реки до устья в течение последних 9–11 лет стабильно характеризуется как «грязная». В 2016 г. для реки характерна загрязненность воды: в верхнем течении – органическими веществами (по БПК₅ и ХПК), в Белгородском водохранилище – органическими веществами (по БПК₅ и ХПК), нитритным азотом и соединениями меди; в нижнем течении – органическими веществами (по БПК₅ и ХПК), нитритным азотом, соединениями железа, магния, сульфатами; в отдельных створах хлоридами; в устье – фенолами. Среднегодовое содержание большинства этих загрязняющих веществ колебалось в пределах 2–4 ПДК, за исключением сульфатов, составивших 5–7 ПДК. В 2016 г. в воде Белгородского водохранилища наблюдалось снижение среднегодового содержания и повторяемости случаев превышения ПДК соединений марганца до 1 ПДК и 23–38%, увеличение – соединений меди до 2 ПДК и 69–77%, нитритного азота (21 км ниже г. Белгород) до 2 ПДК и 46%. В воде р. Северский Донец на участке г. Каменск-Шахтинский – г. Белая Калитва снизилось число случаев загрязнения фенолами и нефтепродуктами от 33–83% и 33–100% до 0–33% и 0–39%, содержание этих веществ в воде были ниже или в пределах 1 ПДК.

Большинство притоков р. Северский Донец в течение ряда лет характеризуются низким качеством воды. Вода рек Болхолец, Оскол (контрольные створы г. Старый Оскол), Осколец – притоки верхнего течения р. Северский Донец; почти всех наблюдаемых притоков нижнего течения – рек Большая Каменка, Глубокая (кроме створа ниже г. Миллерово), Калитва (г. Белая Калитва), Быстрая, Кундрючья в 2016 г. оценивалась как «грязная». Незначительное улучшение качества воды отмечалось в контрольном створе г. Миллерово (р. Глубокая), где в результате снижения содержания органических веществ (по БПК₅), аммонийного азота, соединений меди до 1 ПДК, соединений магния до 3 ПДК в среднем и уменьшения количества критических показателей загрязненности воды от 7 до 3 (сульфаты, хлориды, нитритный азот) изменился класс качества, вода вместо «экстремально грязной» оценивалась как «грязная». Достигался критический уровень загрязненности воды: нитритным и аммонийным азотом р. Оскол (7 км ниже г. Старый Оскол), нитритным азотом – р. Болхолец (г. Белгород), р. Оскол (25 км ниже г. Старый Оскол), р. Осколец (г. Губкин, г. Старый Оскол) (Белгородская область); сульфатами – во всех притоках, протекающих по территории Ростовской области (кроме р. Калитва, с. Раздолье), к которым добавлялся нитритный азот в р. Большая Каменка, хлоридами и нитритным азотом в р. Глубокая (ниже г. Миллерово). В 2016 г. были зарегистрированы

случаи высокого загрязнения воды: нитритным азотом 14–19,5 ПДК – р. Оскол, пгт Волоконовка; 10–23 ПДК – р. Осколец, выше и ниже г. Губкин; 13 ПДК – р. Осколец, в черте г. Старый Оскол, в результате сброса недостаточно очищенных сточных вод МУП «Губкинский водоканал», ОАО «Лебединский ГОК», предприятиями г. Губкин, ООО «Песчанский завод сухих кормовых дрожжей»; сульфатами – 13–13,5 ПДК – р. Кундрючья (г. Красный Сулин) в результате вымывания атмосферными осадками и грунтовыми водами из отвалов шахтных пород.

Высокое содержание в воде сульфатов, достигающее 16 ПДК (уровень ВЗ), остается характерным также для притоков нижнего течения р. Дон – рек Тузлов, Грушевка, что обусловлено влиянием шахтных вод.

В 2016 г. наблюдалось снижение уровня загрязненности воды аммонийным азотом р. Оскол (контрольные створы г. Старый Оскол), р. Глубокая (ниже г. Миллерово), нитритным азотом – р. Кундрючья (выше г. Красный Сулин); фенолами – р. Глубокая (г. Каменск-Шахтинский); органическими веществами (по БПК₅), соединениями меди и магния – р. Глубокая (ниже г. Миллерово) и увеличение нитритным азотом – р. Болхолец (г. Белгород), р. Нежеголь (выше г. Щебекино); соединениями меди – р. Осколец (выше г. Губкин и в черте г. Старый Оскол); фенолами – р. Кундрючья (устье).

Бассейн Кубани. Качество воды р. Кубань в 2016 г. практически не изменилось и во всех створах на участке реки г. Невинномысск – г. Краснодар вода характеризовалась как «загрязнённая». К характерным загрязняющим веществам воды р. Кубань в 2016 г. в большинстве створов (кроме устьевых участков) относились: соединения железа, меди, к которым добавлялись на участке г. Невинномысск – ст. Ладожская – сульфаты, ниже г. Кропоткин – фенолы, в контрольных створах г. Краснодар – нитритный азот, в отдельных створах – органические вещества (по БПК₅ и ХПК). Среднегодовые концентрации большинства указанных веществ колебались, в основном, в пределах 2–3 ПДК, соединений меди – 3–5 ПДК, максимальные концентрации составляли 3–6 и 5–14 ПДК соответственно. Вода устьевых участков р. Кубань (х. Тиховский – г. Темрюк), в основном, загрязнена органическими веществами (по ХПК) на уровне 2 ПДК. Кроме того, было отмечено превышение ПДК нефтепродуктами, содержание которых достигало 2 ПДК.

Воды р. Кубань в районе г. Краснодар, начиная с 2000 г., практически постоянно характеризуется как «загрязнённая».

В 2016 г. наблюдался небольшой рост содержания соединений железа в воде Краснодарско-

го водохранилища до 2,5 ПДК, в створах г. Краснодар (р. Кубань) – до 3 ПДК и соединений меди у ст. Ладожская и ниже г. Кропоткин – в среднем до 4,5-5 ПДК.

В 2016 г. вода большинства притоков р. Кубань, р. Большой Зеленчук (г. Невинномысск), р. Адагум, р. Пшеха (г. Апшеронск), р. Белая (п. Гузерипль) оценивалась как «загрязнённая».

Бассейн р. Северная Двина. Верхнее течение р. Северная Двина загрязнено сточными водами предприятий гг. Великий Устюг, Красавино, Котлас, льяльными водами судов речного флота и водами притоков р. Сухона и р. Выгегда.

С 2010 года вода на участке р. Северная Двина у г. Красавино (Вологодская область) стабильно оценивается как «грязная» (рис. 3.35).

В среднем, нижнем течении и в устье р. Северная Двина (Архангельская область) в 2016 г. вода характеризуется как «загрязненная».

Сточные воды предприятий целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности, жилищно-коммунального хозяйства, льяльные воды судов речного и морского флота являются основными источниками загрязнения рек бассейна Северной Двины, в том числе и устьевого участка реки, где в 2016 году наблюдалось незначительное снижение среднегодового содержания в воде соединений алюминия, цинка, марганца, меди.

В дельте Северной Двины наиболее загрязнена протока Кузнечиха, качество воды которой оценивается как «грязная», менее загрязнены рукава – Никольский, Корабельный, Мурманский и протока Маймакса, вода которых характеризуется как «загрязненная».

Среднегодовое содержание соединений марганца стабилизировалось на уровне 3–6 ПДК, незначительно снизилось содержание соединений алюминия до 1–2 ПДК, меди – до 2 ПДК, железа до 3,5–4 ПДК, цинка до уровня ниже ПДК.

На фоне низкой водности в марте 2016 г. в прот. Кузнечиха (4 м выше устья) и прот. Маймакса наблюдались случаи сгонно-нагонных явлений, сопровождающиеся проникновением морских вод в дельту реки, вследствие чего минерализация воды достигала концентраций 5400–9600 мг/л, концентрация хлоридов – 3000–5400 мг/л, ионов натрия – 1300–2500 мг/л и сульфатов – 600–960 мг/л.

Река Сухона на территории Вологодской области загрязнена льяльными водами судов речного флота, сточными водами предприятий деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, жилищно-коммунального и сельского хозяйства. В 2016 г. вода реки характеризовалась как «грязная», что обусловлено ростом среднегодовых концентраций соединений марганца до 5–8 ПДК, цинка и меди – до 1,5–4 и 2–5 ПДК, железа – до 3-6 ПДК, органических веществ (по ХПК) – до 3,5–4,5 ПДК.

Река Пельшма на протяжении многолетнего периода оценивается «экстремально высоким» уровнем загрязненности воды. Негативное влияние на формирование химического состава воды р. Пельшма оказывают недостаточно очищенные сточные воды ОАО «Сокольский ЦБК» и объединенных очистных сооружений г. Сокол.

На протяжении последних лет критическими показателями загрязненности воды являются органические вещества (по БПК₅ и ХПК) и лигносульфонат. В течение года было зарегистрировано 8 случаев экстремально высокого загрязнения органическими веществами (по БПК₅), концентрации которых достигали 20–50 ПДК, и 17 случаев высокого загрязнения лигносульфонатами, концентрации которых достигали 11–45 ПДК. Максимальные концентрации органических веществ (по ХПК) достигали 5,0–5,5 ПДК. В 2016 г. критического уровня загрязненности достигали также соединения

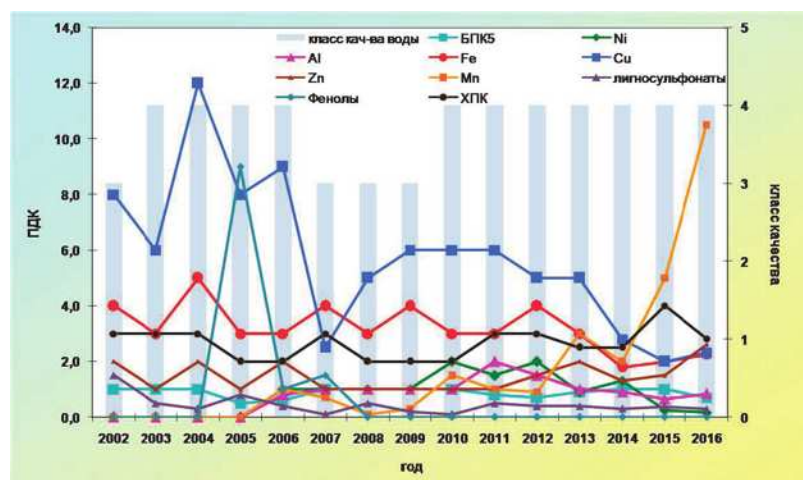


Рис. 3.35. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Северная Двина, г. Красавино, 3,5 км ниже города за многолетний период

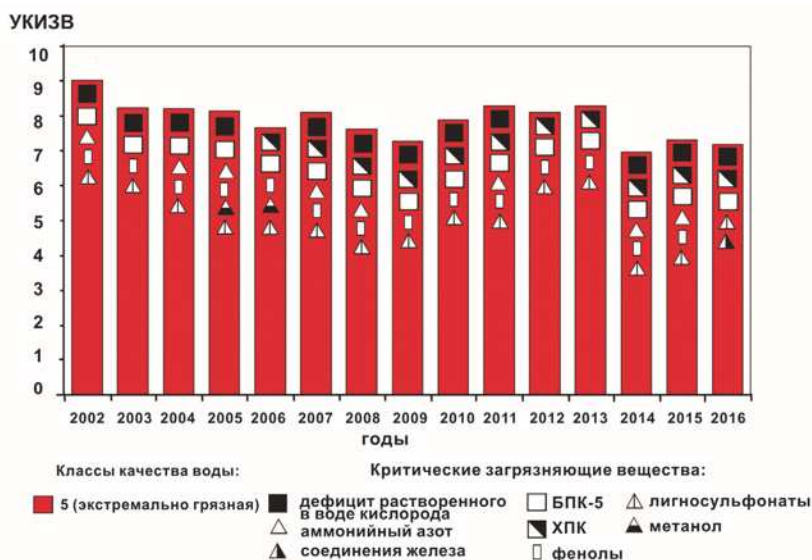


Рис. 3.36. Динамика качества воды р. Пельшма, г. Сокол в многолетнем плане

железа, максимальные концентрации которых увеличились до 16 ПДК (рис. 3.36).

Кислородный режим реки Пельшма в течение многих лет сохраняется неудовлетворительным. В 2016 г. дефицит растворенного в воде кислорода отмечался в июне – 2,43 мг/л и ноябре – 2,28 мг/л; острый дефицит – в период с мая по октябрь и соответствовал 0–1,98 мг/л.

Вода **р. Вычегда** в 2016 г. в большинстве створов верхнего, среднего и нижнего течений оценивалась как «загрязненная». В верхнем течении повысилось среднегодовое содержание фенолов до 7 ПДК, соединений марганца – до 8 ПДК, а содержание соединений меди и алюминия понизилось до 1 ПДК.

В среднем течении реки увеличились средние за год концентрации соединений меди до 3 ПДК, марганца – до 7 ПДК; возросло содержание фенолов до 8 ПДК.

Бассейн р. Обь один из крупнейших на земном шаре, объединяет территории с различной орографией и широким биоклиматическим диапазоном. Наиболее характерной особенностью водосбора Оби является его исключительная заболоченность (особенно в нижнем течении).

В 2016 г. вода р. Обь в верхнем течении в большинстве створов на участке с. Фоминское – г. Камень-на-Оби (Алтайский край), в фоновом створе г. Барнаул и в районе г. Камень-на-Оби оценивалась как «загрязненная»; в контрольном створе г. Барнаул – как «грязная». Улучшение качества воды было зафиксировано в районе с. Фоминское, где вода характеризовалась как «слабо загрязненная» (в 2015 г. – как «загрязненная»).

В среднем течении р. Обь и Новосибирском водохранилище (Томская, Новосибирская обл.) вода в большинстве створов (54%) оценивалась

как «загрязненная», в остальных створах – как «грязная».

В Новосибирском водохранилище критического уровня загрязненности воды достигали нефтепродукты в районе с. Спирино-Чингисы, пгт Ордынское, с. Береговое, с. Ленинское, Бердского залива. 13 мая 2016 г. в створе Бердский залив был зарегистрирован один случай низкого содержания растворенного в воде кислорода – 2,96 мг/л.

В Ханты-Мансийском, Ямало-Ненецком АО в нижнем течении р. Обь в 2016 г. на участке г. Нижневартовск – г. Салехард вода оценивалась как «грязная». В многолетнем плане ниже г. Салехард вода оценивалась как «грязная», в ранние годы – «грязная» и «экстремально грязная» (рис. 3.37). Критического уровня загрязненности воды в нижнем течении достигали соединения железа; в отдельных створах – цинка, марганца, меди; в створе р. Обь с. Мужы – органические вещества (по БПК₅); в створе р. Обь пгт Октябрьское – растворенный в воде кислород, минимальное содержание которого снижалось до уровня 0,79 мг/л.

Река Полуй, приток Оби в нижнем течении, в многолетнем периоде постоянно характеризуется низким качеством воды, в 2016 г. вода характеризовалась как «грязная». Характерными загрязняющими веществами являлись органические вещества (по ХПК), аммонийный азот, соединения железа, меди, цинка, марганца, фенолы, повторяемость превышения ПДК которыми составляла 50–100%. Критического уровня загрязненности воды во всех створах достигали соединения железа, цинка и растворенный в воде кислород. В течение 2016 г. в створах г. Салехард было зарегистрировано 4 случая ВЗ соединениями цинка (10,5–35 ПДК), 3 случая

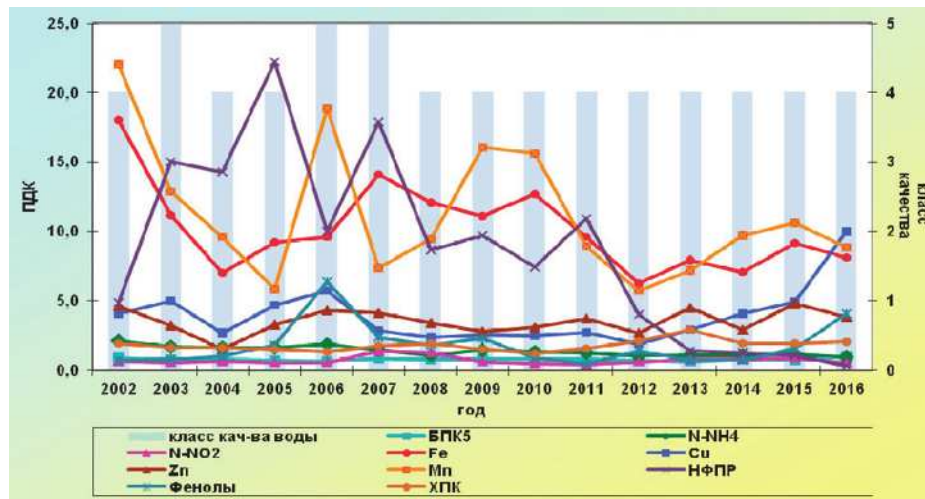


Рис. 3.37. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и класса качества воды р. Обь ниже г. Салехард в многолетнем плане

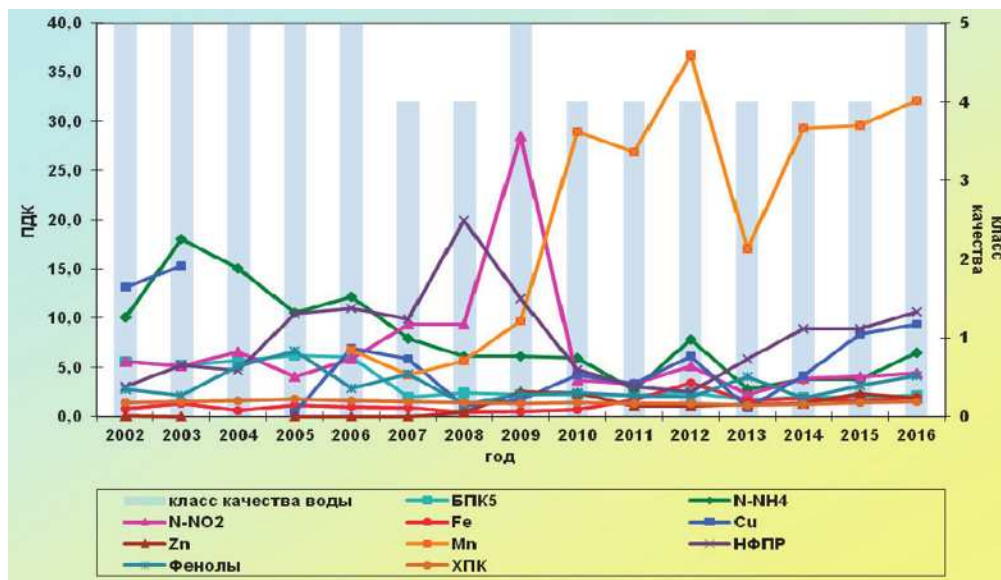


Рис. 3.38. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и класса качества воды р. Каменка в многолетнем плане

острого дефицита растворенного в воде кислорода (1,31–1,80 мг/л).

Как и в предыдущие годы, качество вод **малых рек, протекающих в районе г. Новосибирск**, сохраняется крайне низким. Вода рек Тула, Нижняя Ельцовка, Ельцовка I, Ельцовка II, Плющиха, Камышенка характеризовалась как «грязная»; р. Каменка – как «экстремально грязная» (рис. 3.38). Критического уровня загрязненности воды всех рек достигали соединения марганца, нефтепродукты; в отдельных реках – аммонийный и нитритный азот, соединения цинка, меди.

Бассейн р. Иртыш. Качество воды р. Иртыш (с. Татарка) на границе Казахстана с Россией в 2016 г. по сравнению с 2015 г. не изменилось, вода характеризовалась как «загрязненная». Ниже по течению на территории Омской об-

ласти вода реки также характеризовалась как «загрязненная»; за исключением створа с. Карташево, где в 2016 г. наблюдалось улучшение качества воды до уровня «слабо загрязненная».

На участке г. Тобольск – г. Ханты-Мансийск вода характеризовалась как «грязная». Критического уровня загрязненности достигали в фоновом и контрольном створах г. Тобольск – органические вещества (по БПК₅); у с. Уват – нефтепродукты; п. Горноправдинск и г. Ханты-Мансийск – соединения железа.

В 2016 г. в черте г. Омск было зарегистрировано 2 случая ВЗ соединениями марганца (48 и 49 ПДК); в черте с. Уват – 1 случай ЭВЗ нефтепродуктами (57 ПДК).

Вода **р. Исеть** ниже г. Екатеринбург в многолетнем плане оценивается как «грязная» и «экстремально грязная». Критического уровня

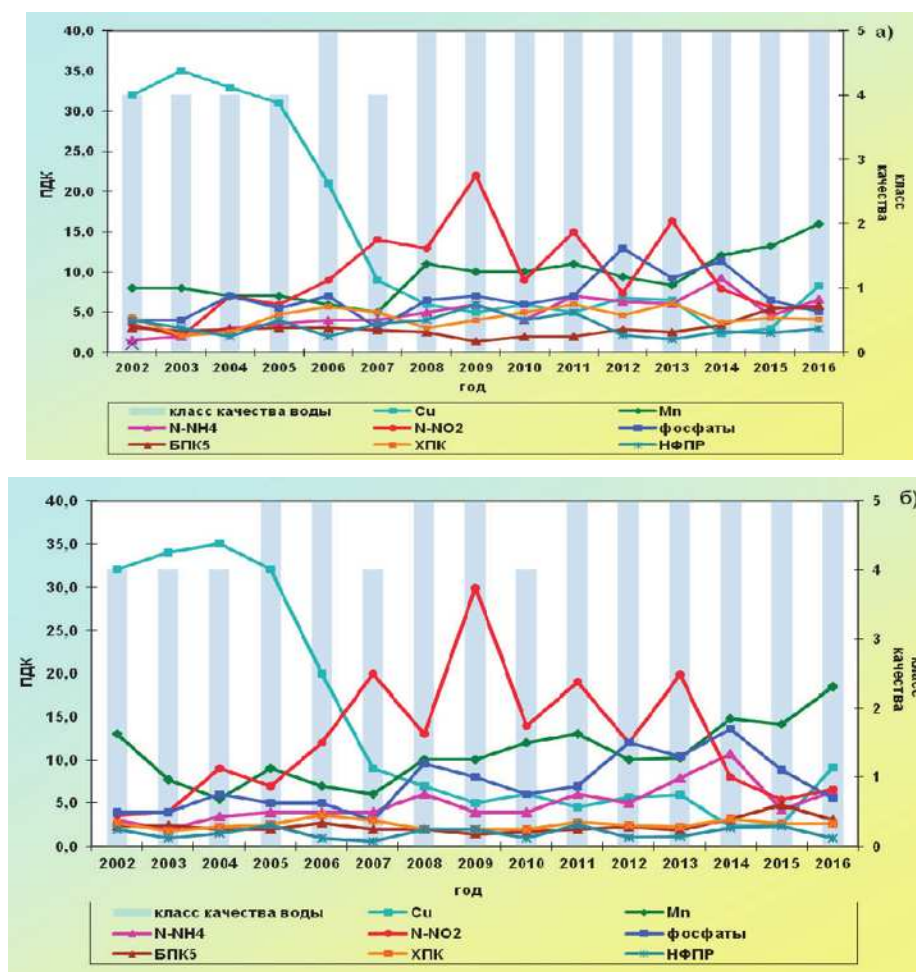


Рис. 3.39. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и класса качества воды р. Исеть: а — 7 км ниже г. Екатеринбург; б — 19,1 км ниже г. Екатеринбург в многолетнем плане

загрязненности воды в обоих створах достигали органические вещества (по ХПК и БПК₅), аммонийный и нитритный азот, фосфаты, соединения меди, марганца; в створе 7 км ниже г. Екатеринбург – фенолы (рис. 3.39). В створе 7 км ниже г. Екатеринбург в воде р. Исеть в ноябре 2016 г. наблюдался дефицит растворенного в воде кислорода на уровне ВЗ – 2,57 мг/л.

В 2016 г. качество воды **р. Миасс** в створе 6,6 км ниже г. Челябинск незначительно улучшилось, вода оценивалась как «грязная»; количество критических показателей уменьшилось от пяти в 2015 г. до одного (нитритный азот) в 2016 г., максимальная концентрация которого достигала 10 ПДК. Вода р. Миасс в створе д. Сычево, как и в предыдущие годы, характеризовалась как «грязная», критические показатели загрязненности отсутствовали.

Река Пышма в многолетнем плане в створах выше и ниже г. Березовский характеризуется «экстремально грязной» водой. В 2016 г. в створе 15 км выше г. Березовский в воде р. Пышма в феврале и сентябре наблюдался дефицит растворенного в воде кислорода на уровне ЭВЗ –

0,40–1,87 мг/л. Основными загрязняющими веществами в створах города в воде р. Пышма являлись соединения меди, никеля, марганца, аммонийный и нитритный азот, соединения железа и цинка, органические вещества (по БПК₅ и ХПК) и соединения мышьяка.

Бассейн р. Енисей. В 2016 году вода р. Енисей в Красноярском крае, Республиках Тыва и Хакасия в большинстве створов характеризовалась как «загрязненная»; в районе пгт Черемушки, г. Абакан, контрольном створе г. Саяногорск – как «слабо загрязненная», в контрольном створе г. Дивногорск и в районе г. Игарка вода характеризовалась как «грязная». Как и в предыдущем году, на участке с. Селиваниха – г. Игарка критическими загрязняющими веществами воды являлись нефтепродукты; в контрольном створе г. Дивногорск – соединения алюминия.

Качество вода притоков р. Енисей в многолетнем плане характеризуется широким диапазоном: как «грязная» (реки Мана, Кача, Б.Пит, Подкаменная Тунгуска, Чуня, Тея, Елогуй, Н.Тунгуска, Ерачимо, Турухан, руч. Миханьский), «загрязненная» (реки Аскиз, Ирба,

Джебь, Есауловка, БюТель, Кан, Анжа, Илань, Б.Уря, Рыбная, Уярка, Бузим, Черная, Советская Речка, Тапса, Элегест, Хемчик, Эрзин, Оя, Кебеж, Матур, Уйбат, Туба, Кизир, Копь, Сыда, Туим, Агул) и «слабо загрязненная» (реки Большой Енисей, Малый Енисей, Алаш, Ус, Абакан, Большой Он, Казыр). Критическими загрязняющими веществами воды отдельных рек являлись соединения меди (р. Тея, руч. Миханьский), марганца (реки Кача, Тея), цинка (реки Подкаменная Тунгуска, Нижняя Тунгуска), алюминия (реки Мана, Тея), железа (р. Тея), нефтепродукты (реки Подкаменная Тунгуска, Б.Пит, Елогуй, Ерачимо, Советская Речка), хлориды, сульфаты, органические вещества (по ХПК) (оз. Шира).

Вода **Братского водохранилища** в 2016 г., также как и в многолетнем плане, характеризуется как «условно чистая»; в районе г. Усолье-Сибирское, с. Мальта, залива Сухой Лог, контрольном створе г. Свирск незначительно ухудшилась до уровня «слабо загрязненная».

В 2016 г. вода **Усть-Илимского водохранилища**, в основном, оценивалась как «условно чистая»; в контрольных створах п. Энергетик, с. Усть-Вихорева, п. Седаново – как «слабо загрязненная»; в фоновом створе с. Усть-Вихорева, в районе п. Суворовский, р.п. Игирма – как «загрязненная».

Р. Вихорева в 2016 г. в районе г. Вихоревка и у п. Чекановский характеризовалась «слабо загрязненной» водой. В районе с. Кобляково произошло улучшение качества воды от уровня «грязная» в 2015 г. до «слабо загрязненная»

вследствие снижения среднегодовых и максимальных концентраций нефтепродуктов, сульфидов и сероводорода, нитритного азота в 1,5–2 раза; критического уровня загрязненности достигали органические вещества (по ХПК). Характерными загрязняющими веществами р. Вихорева в районе с. Кобляково в 2016 г. являлись органические вещества (по БПК₅ и ХПК), аммонийный азот, формальдегид, фенолы, сульфиды и сероводород, превышение ПДК которыми составляло 57–100% (рис. 3.40).

Бассейн р. Лена. Распространенными загрязняющими веществами р. Лена и бассейна р. Лена на протяжении последних лет являются органические вещества (по БПК₅ и ХПК), фенолы, в отдельных створах к ним добавляются соединения железа, меди, цинка, марганца, нефтепродукты и нитритный азот.

В створе ниже г. Якутск вода в многолетнем плане устойчиво характеризуется как «загрязненная» (рис. 3.41).

Бассейн р. Колыма. В 2016 г. среднегодовые концентрации соединений меди составляли 5 ПДК, марганца – 11 ПДК. В течение 2002–2016 гг. отмечено уменьшение содержания в воде соединений свинца от 8 ПДК (2002 г.) до уровня ниже ПДК в 2015–2016 гг. Содержание остальных ингредиентов находилось в пределах ПДК. Вода р. Колыма ниже п. Усть-Среднекан в многолетнем плане характеризуется как «грязная» (рис. 3.42).

В бассейне р. Колыма наблюдался один случай экстремально высокого загрязнения соединениями марганца.

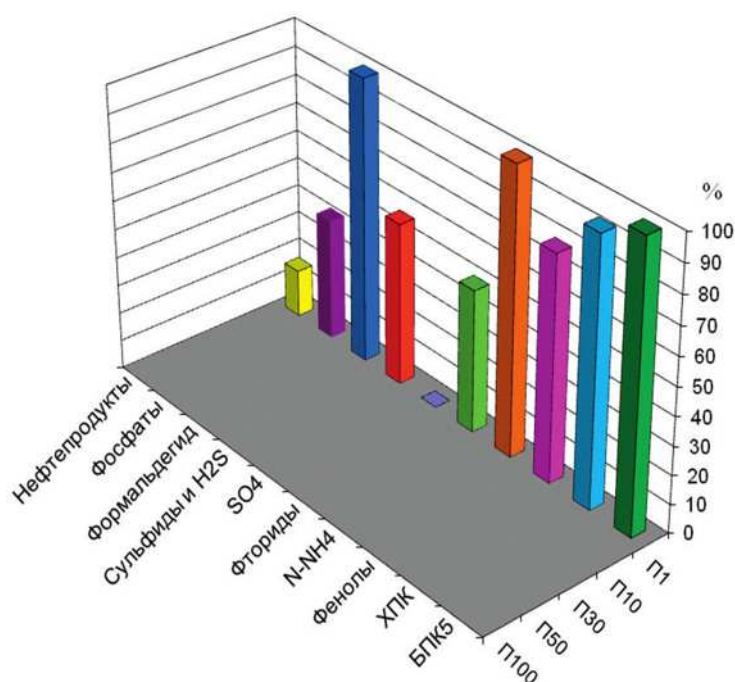


Рис. 3.40. Повторяемость числа случаев превышения ПДК разного уровня загрязняющими веществами в воде р. Вихорева, 7 км ниже с. Кобляково в 2016 г.

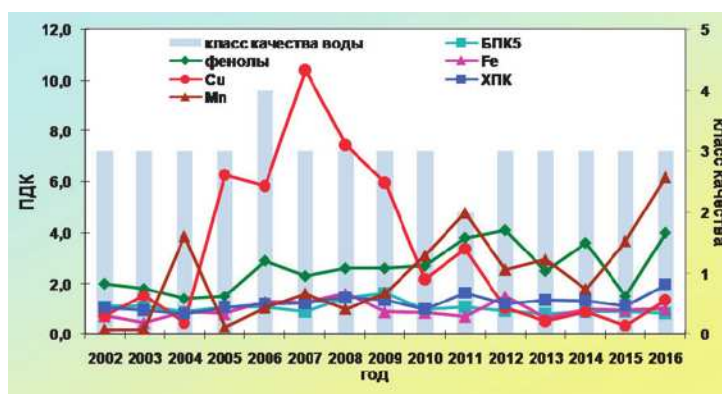


Рис. 3.41. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Лена, г. Якутск в многолетнем плане

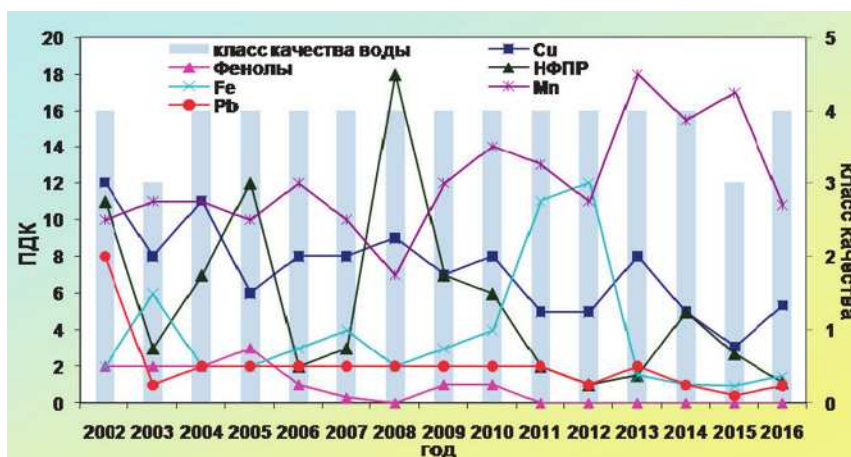


Рис. 3.42. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Колыма, п. Усть-Среднекан

Бассейн р. Волга. В последнее десятилетие вода Верхне-Волжских водохранилищ, за исключением единичных створов, характеризуется как «загрязненная». Вода Рыбинского водохранилища в Вологодской области (ниже г. Череповец) оценивается как стабильно «грязная».

К наиболее характерным загрязняющим веществам воды Верхне-Волжских водохранилищ, среднегодовое содержание которых в последние 10 лет изменяется, как правило, незначительно, относятся органические вещества (по ХПК), соединения меди, в отдельных створах – органические вещества (по БПК₅) и фенолы; в Ивановском, Угличском и Рыбинском водохранилищах к ним добавляются соединения железа и цинка. Кроме того, в Рыбинском водохранилище в районе г. Череповец отмечается неустойчивая загрязненность воды в концентрациях до 2–3 ПДК соединениями алюминия. Максимальные концентрации перечисленных загрязняющих веществ, как правило, колебались в пределах от 1 ПДК до 4 ПДК, реже до 6 ПДК, соединений меди до 13–28 ПДК. В Рыбинском водохранилище ниже г. Череповец максимальная концентрация нитритного азота достигала 10 ПДК, что

соответствует критерию высокого загрязнения. В 2016 г. критическими показателями загрязненности воды Рыбинского водохранилища в черте с. Мякса являлись органические вещества (по ХПК), концентрации которых в течение всего года превышали ПДК, максимальное и среднегодовое значения составили 4 ПДК и 3 ПДК соответственно.

В течение 2005–2016 гг. в Чебоксарском водохранилище преобладают «загрязненные» воды. Вода водохранилища в черте г. Нижний Новгород на протяжении 2011–2016 гг. стабильно оценивается как «грязная». Из приоритетных показателей загрязненности воды водохранилища наиболее часто отмечаются органические вещества (по ХПК), соединения меди и соединения железа, максимальные концентрации которых по акватории водоема варьируют, как правило, в пределах: 2–3 ПДК, 3–9 ПДК и 2–7 ПДК соответственно. Единичные случаи загрязненности воды соединениями железа и меди в концентрациях выше 10 ПДК наблюдались в воде водохранилища ниже г. Балахна. В 2015–2016 гг. критическим показателем загрязненности воды водохранилища ниже г. Нижний Новгород был

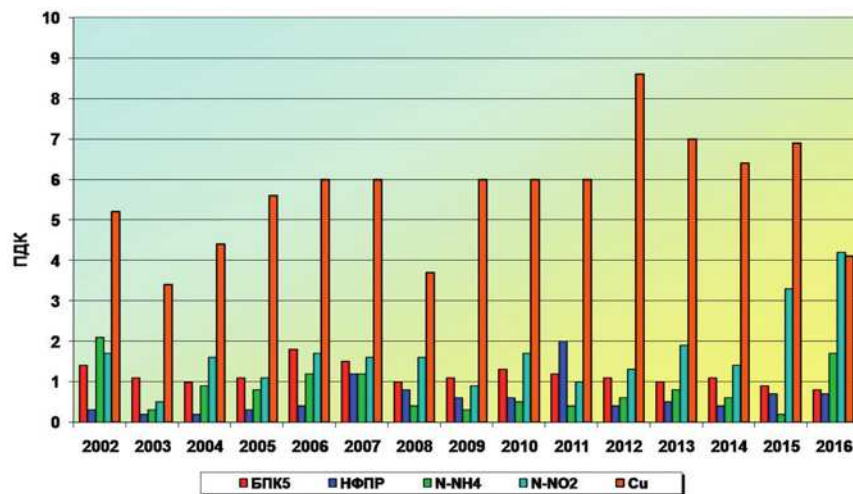


Рис. 3.43. Динамика содержания загрязняющих веществ в воде Чебоксарского водохранилища, 4,2 км ниже г. Нижний Новгород

нитритный азот. Источником загрязнения воды у правого берега водохранилища ниже г. Нижний Новгород азотом аммонийным (до 9 ПДК) и нитритным (до 25 ПДК) являются загрязненные сточные воды Нижегородской станции аэрации. В 2016 г. сохранилась тенденция роста среднего уровня загрязненности воды водоема ниже г. Нижний Новгород нитритным азотом до 4 ПДК и наметилась тенденция роста аммонийным азотом до 2 ПДК (рис. 3.43). Сохраняется стабильным уровень загрязненности воды в районе г. Кстово азотом нитритным до 8–9 ПДК и аммонийным до 3 ПДК. Как и в предыдущие годы, метанол в концентрациях от 1 до 2 ПДК был зарегистрирован в водохранилище в районе г. Нижний Новгород и г. Кстово.

В течение многолетнего периода в Куйбышевском и Саратовском водохранилищах преобладают «загрязненные» воды. На протяжении 2009–2016 гг. вода Куйбышевского водохранилища ниже г. Казань и в районе г. Козловка стабильно характеризуется как «грязная».

Вода водохранилищ характеризуется максимально высокой периодичностью загрязненности по акватории органическими веществами (по ХПК), среднегодовые и максимальные концентрации которых в течение многолетнего периода практически не изменяются и находятся в пределах 1,5–2 ПДК и 2–3 ПДК соответственно. Характерный уровень загрязненности воды органическими веществами (по БПК₅) до 2 ПДК наблюдался в отдельных створах как Куйбышевского, так и Саратовского водохранилища; соединений меди – до 6–28 ПДК, железа – до 4–6 ПДК, алюминия – до 2–10 ПДК – в Куйбышевском водохранилище на территории Республики Татарстан. В 2015–2016 гг. загрязненность воды Саратовского водохранилища соединениями меди снизилась от 1 ПДК – 3 ПДК до эпизодиче-

ской. В воде Куйбышевского водохранилища в районе г. Зеленодольск и г. Казань отмечалась устойчивая загрязненность воды азотом аммонийным до 2 и 3 ПДК и нитритным до 10 и 5 ПДК соответственно.

В 2010–2016 гг. вода Волгоградского водохранилища и р. Волга у г. Волгоград на территории Волгоградской области оценивается как «загрязненная». К характерным загрязняющим веществам воды как водохранилища, так и реки относятся органические вещества (по ХПК), соединения меди и цинка, повторяемость случаев превышения ПДК которыми оценивается как максимально высокая, уровень загрязненности воды (в среднем 1 ПДК, соединениями меди – 3 ПДК) – как низкий. Загрязненность воды фенолами, нитритным азотом, соединениями молибдена до 2–3 ПДК и органическими веществами (по БПК₅) до 1 ПДК оценивается как устойчивая, нефтепродуктами до 3–7 ПДК – как эпизодическая.

Вода участка р. Волга ниже г. Астрахань в течение последних восьми лет стабильно оценивается как «грязная». В 2015–2016 гг. по сравнению с предыдущими десятилетиями на этом участке реки возрос уровень загрязненности воды нефтепродуктами в среднем до 2,5–4 ПДК (рис. 3.44). Содержание в воде остальных характерных для этого участка реки загрязняющих веществ изменилось несущественно и в среднем составило: органических веществ (по БПК₅ и ХПК) около 2 ПДК, соединений меди – 4 ПДК, железа и цинка – 2 ПДК, фенолов – 1 ПДК. На этом участке реки сохраняется неустойчивой загрязненность воды нитритным азотом – до 5 ПДК.

Качество воды большинства притоков всех Волжских водохранилищ варьирует, как правило, от «загрязненных» до «грязных». Вода от-

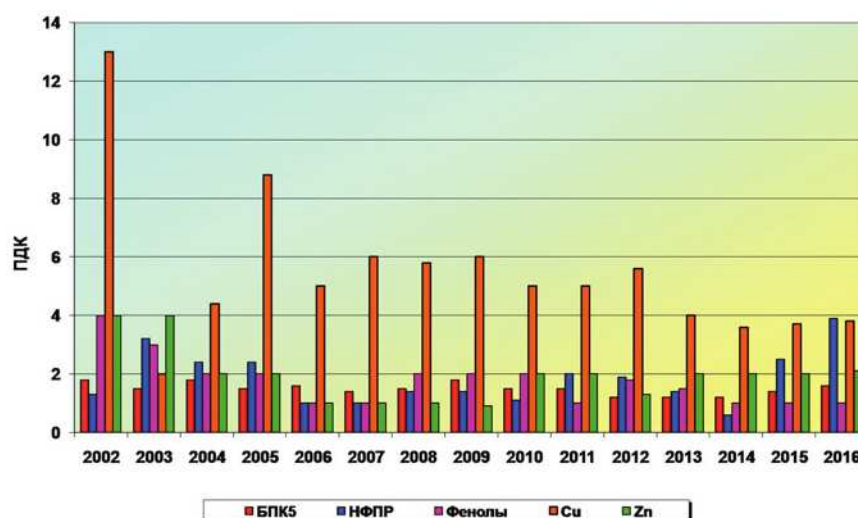


Рис. 3.44. Динамика содержания загрязняющих веществ в воде р. Волга, г. Астрахань

дельных водотоков в бассейне Верхне-Волжских водохранилищ характеризуется как «грязная» (реки на территории Московской области – Дубна, Сестра и Кунья; отдельные реки на территории Ярославской области – Юхоть, Сить, Которосль и Вологодской области – Ягорба).

Критические показатели загрязненности воды р. Кунья – аммонийный азот и органические вещества (по БПК₅); р. Кошта – аммонийный и нитритный азот, соединения цинка и марганца; р. Сестра – аммонийный азот; рек Андога, Чагодоща и Молога – органические вещества (по ХПК); р. Немда – соединения железа. В течение года было зарегистрировано 5 случаев высокого загрязнения воды р. Кошта в черте г. Череповец, из них два случая соединениями цинка (10 и 13 ПДК) и по одному случаю нитритным азотом (11 ПДК), соединениями кадмия (3 ПДК) и марганца (32 ПДК).

В бассейне Чебоксарского водохранилища по-прежнему как «грязная» характеризуется вода отдельных рек: в Нижегородской области – Пыра, Линда, Кудьма, Сундовик и Пьяна, в Республике Мордовия – Инсар и Нуя. К критическим показателям загрязненности воды, которые в течение 2016 г. неоднократно превышали критерии ВЗ, относятся в водных объектах: Нижегородской области – соединения железа (34 ПДК) и марганца (39–49 ПДК) в р. Пыра; сульфатные ионы (6–8 ПДК), аммонийный (12–22 ПДК) и нитритный (19 ПДК) азот в р. Кудьма; сульфатные ионы (6 ПДК) в р. Пьяна; Республики Мордовия – аммонийный (26–27 ПДК) и нитритный (19 ПДК) азот, органические вещества (по БПК₅) (5,5 ПДК) в р. Инсар; органические вещества (по БПК₅) (5,4 ПДК) и нитритный азот (18 ПДК) в р. Нуя. В поверхностных водах бассейнов Куйбышевского и Саратовского водохранилищ существенных изменений уровня загрязненности воды в боль-

шинстве створов не произошло, в преобладающем числе створов вода характеризовалась как «загрязненная». В 2016 г. по сравнению с 2015 г. произошло некоторое улучшение качества воды р. Падовая до уровня 2014 г. – от «экстремально грязной» до «грязной» в результате снижения в 4 раза среднего уровня загрязненности воды аммонийным азотом (до 3 ПДК), органическими веществами (по БПК₅ и ХПК) – в 2–3 раза (до 1 и 2 ПДК соответственно). Как следствие, уменьшилось и число критических показателей загрязненности воды от 4 до 1 (нитритный азот). По-прежнему как «грязная» оценивается вода рек Степной Зай, Зай, Карла, Казанка, Большой Кинель, Чапаевка, Крымза и Чагра.

В течение 2016 г. в водных объектах Республики Татарстан было зарегистрировано 15 случаев высокого загрязнения воды, что почти в 2 раза меньше, чем в 2015 г.; из них 14 случаев нитритным азотом (р. Зай и р. Степной Зай – 11–20 ПДК) и 1 случай соединениями марганца (р. Зай – 37 ПДК). В поверхностных водах Самарской области зафиксировано 16 случаев ВЗ, из них в р. Чапаевка – 8 случаев органическими веществами (по БПК₅) (6–7 ПДК) и 1 случай соединениями марганца (42 ПДК); в р. Падовая – по одному случаю аммонийным и нитритным азотом (16 и 11 ПДК); р. Безенчук – органическими веществами (по ХПК 15 ПДК). Экстремально высокий уровень загрязненности воды соединениями марганца отмечался в р. Чапаевка (56 ПДК), р. Безенчук (139 ПДК) и р. Чагра (83 ПДК). В 2016 г. по сравнению с 2015 г. возрос уровень загрязненности воды р. Чапаевка хлорорганическими пестицидами, в течение года зарегистрировано по 4 случая ВЗ и ЭВЗ α-ГХЦГ (от 3 ПДК до 28 ПДК); высокое содержание ХОП в воде реки явилось результатом вторичного загрязнения.

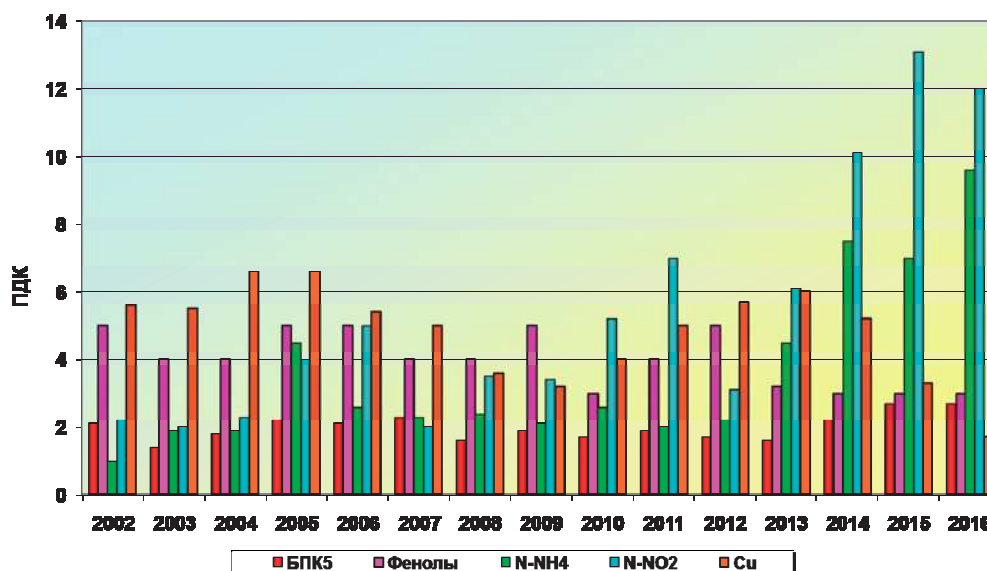


Рис. 3.45. Динамика содержания загрязняющих веществ в воде р. Ока, ниже г. Коломна

Бассейн р. Ока. Степень загрязненности воды р. Ока изменяется по течению. На участке реки, протекающей по территориям Орловской, Калужской и Тульской областей, в течение многолетнего периода вода характеризуется как «загрязненная». Ниже по течению реки в пределах Московской области и вплоть до устья качество вод в преобладающем числе створов ухудшалось до «грязных», что обусловлено не только воздействием сточных вод, но и поступлением загрязненных вод р. Москва.

Устойчивость и степень загрязненности воды реки отдельными загрязняющими веществами значительно изменяется по течению реки. Загрязненность воды р. Ока ниже г. Коломна нитритным и аммонийным азотом в 2014–2016 гг. возросла по сравнению с предыдущим многолетним периодом до критического уровня и в 2016 г. в среднем составила 10 и 12 ПДК соответственно (рис. 3.45). В 2016 г. к двум критическим показателям загрязненности воды реки ниже г. Коломна добавились органические вещества (по БПК₅), максимальное содержание которых приближалось к уровню ВЗ и составило 4,9 ПДК.

Высокая загрязненность воды нитритным азотом, характеризующаяся как критическая (до 8–12 ПДК), сохранилась и ниже по течению реки, и в 2016 г. отмечалась выше г. Рязань, г. Павлово и в районе г. Нижний Новгород.

В 2016 г. в р. Ока было зафиксировано 10 случаев высокого загрязнения воды, что на 5 случаев меньше, чем в предыдущем году, из них: на территории Московской области ниже г. Коломна – 4 случая нитритным азотом (13–40 ПДК), 5 случаев аммонийным азотом (11–18 ПДК), на территории Рязанской области ниже г. Касимов – 1 случай нитритным азотом (12 ПДК).

Случаи загрязненности воды реки метанолом, в концентрациях, незначительно превышающих ПДК, по-прежнему отмечались на участках реки в районе г. Дзержинск и г. Нижний Новгород.

В притоках р. Ока преобладает вода, характеризующаяся как «грязная». Содержание органических веществ (по БПК₅), нитритного и аммонийного азота, реже органических веществ (по ХПК) достигает критического уровня загрязненности воды, в основном, в притоках, протекающих по территориям Московской и Тульской областей, а также в отдельных водотоках Рязанской и Владимирской областей.

Наиболее загрязненными притоками верхнего течения р. Ока являются водные объекты Тульской области: р. Упа, р. Мышега и Шатское водохранилище, вода которых характеризуется как «грязная». В них неоднократно регистрировались случаи ВЗ воды нитритным азотом: в р. Упа – 3 случая (12–14 ПДК), Шатском водохранилище – 4 случая (12–32 ПДК). В 2016 г. качество воды р. Мышега изменилось до «грязной», в результате снижения среднегодовых концентраций азота аммонийного в 3 раза и нитритного в 10 раз – до 2 ПДК, а также не было зарегистрировано ни одного случая ВЗ и ЭВЗ воды, что нехарактерно для этого водного объекта.

Далее по течению р. Ока на территории Московской области до устья р. Москва по уровню загрязненности воды органическими веществами (по БПК₅), аммонийным и нитритным азотом, достигающим критического уровня, выделяются реки Нара и Лопасня, вода которых за многолетний период оценивалась как «грязная».

Река Москва. Качество воды р. Москва снижается от «загрязненной» выше г. Москва до

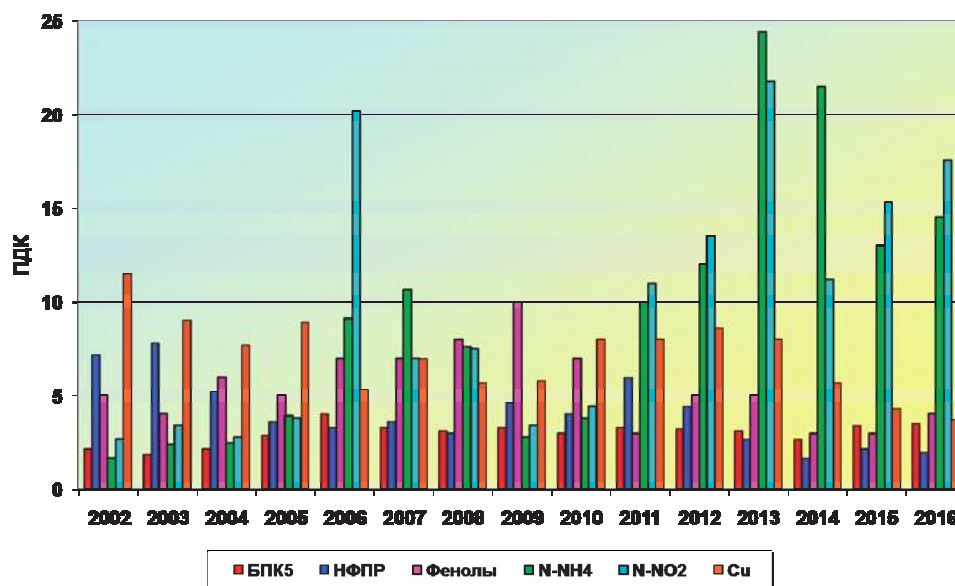


Рис. 3.46. Динамика содержания загрязняющих веществ в воде р. Москва, г. Москва выше Бесединского моста

«грязной» как в черте г. Москва, так и ниже по течению вплоть до впадения в р. Ока. Вода притоков р. Москва по качеству оценивается как «грязная». На протяжении ряда лет критически загрязняющими веществами воды, как р. Москва, так и ее притоков, являются аммонийный и нитритный азот, органические вещества (по БПК₅). В 2016 г. было зафиксировано 156 случаев высокого загрязнения воды р. Москва вышеперечисленными ингредиентами, из них в воде р. Москва, г. Москва 25 случаев ВЗ нитритным азотом (11–49 ПДК), 27 случаев аммонийным азотом (11–27 ПДК), 6 случаев органическими веществами (по БПК₅) (11–16 ПДК); р. Москва, д. Мячково 23 случая ВЗ нитритным азотом (10–33 ПДК), 18 случаев аммонийным азотом (10–30 ПДК), 9 случаев органическими веществами (по БПК₅) (5–8 ПДК). В течение 2010–2016 гг. сохраняется высокий средний уровень загрязненности воды реки в черте г. Москва в районе Бесединского моста МКАД аммонийным и нитритным азотом, пик загрязненности воды которыми достигал в 2013 г. (24 ПДК и 22 ПДК соответственно) (рис. 3.46).

Река Клязьма. Повышение эффективности работы Щелковских очистных сооружений после проведенной реконструкции способствовало некоторому улучшению качества воды р. Клязьма на территории Московской области от «экстремально грязной» до «грязной». Ниже по течению на территории Владимирской области вода реки стабильно оценивается как «грязная». По течению реки от створа выше г. Щелково до створа ниже г. Орехово-Зуево возрастает средний уровень загрязненности воды аммонийным и нитритным азотом от значений ниже ПДК до 5 и 6 ПДК соответственно. Несмотря

на повышение качества воды, загрязненность реки ниже г. Павловский Посад, выше и ниже г. Орехово-Зуево органическими веществами (по БПК₅), аммонийным и нитритным азотом достигает критического уровня. В створах выше и ниже г. Орехово-Зуево было зафиксировано соответственно по 3 и 4 случая высокого загрязнения воды нитритным азотом (от 11 ПДК до 15 ПДК).

Наиболее загрязненным притоком не только р. Клязьма, но и бассейна р. Ока, по-прежнему, является р. Воймега как выше, так и ниже г. Рошаль, качество воды которой ухудшилось от «грязной» в 2009–2012 гг. до «экстремально-грязной» в 2013–2016 гг. Критические загрязняющие вещества воды реки – аммонийный азот, органические вещества (по ХПК и БПК₅), соединения железа в течение года неоднократно превышали уровень ВЗ (10 случаев – 38–49 ПДК). Кроме того, в течение года было отмечено 7 случаев дефицита и 2 случая острого дефицита растворенного в воде кислорода (2,61–3,69 мг/л и 1,45–1,59 мг/л соответственно).

Бассейн р. Кама, самого большого и мощного притока р. Волга, отличается высокой водностью, поскольку полностью расположен в пределах зон избыточного увлажнения. Для ряда частных водосборов в пределах бассейна характерно наличие карстующихся и трещиноватых пород, определяющих сульфатный состав и высокую минерализацию воды на отдельных участках рек Дема, Уршак, Юрюзань, Белая, Ирень и др.

Поверхностные воды бассейна испытывают также антропогенное воздействие со стороны многих отраслей промышленности, муниципальных образований городов и других насе-

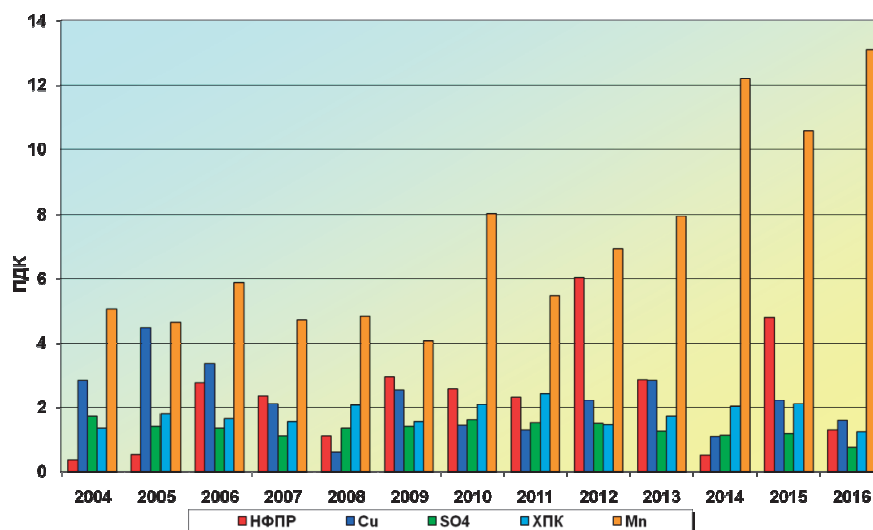


Рис. 3.47. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды Нижнекамского водохранилища в районе д. Андреевка в многолетнем плане

ленных пунктов, загрязненного поверхностного стока с хорошо освоенных и густо заселенных водосборных площадей.

В 2016 г. в бассейне р. Кама наблюдалась тенденция улучшения качества воды наряду со стабилизацией на многих участках ряда водных объектов. Уменьшилось до 32% количество створов, вода в которых оценивалась как «грязная». Одновременно возросло до 64% количество створов, вода в которых оценивалась как «загрязненная».

В многолетнем плане вода собственно р. Кама, каскада ее водохранилищ и притоков, характеризовалась повышенным содержанием марганца, железа, меди и органических веществ (по ХПК), повторяемость превышения ПДК которыми в целом для бассейна в 2016 г. составляла 92 %, 73 %, 84 % и 70 % соответственно. Повышенные концентрации соединений марганца и железа в воде многих водотоков и водоемов бассейна обусловлены, в определенной степени, влиянием природных факторов.

В 2016 г. по всему течению р. Кама и каскада ее водохранилищ, за исключением единичных створов, вода оценивалась как «загрязненная». По-прежнему сохранялась несколько повышенной загрязненность воды Нижнекамского водохранилища в пункте д. Андреевка, где вода из года в год характеризуется как «грязная». Изменение в многолетнем плане среднегодового содержания наиболее характерных загрязняющих веществ в воде Нижнекамского водохранилища в пункте д. Андреевка представлено на рис. 3.47. В 2016 г. в воде Нижнекамского водохранилища увеличилась загрязненность воды соединениями марганца в среднем до 13 ПДК, хотя одновременно наблюдалось незначительное снижение содержания нефтепродуктов, соединений меди,

сульфатов и органических веществ (по ХПК).

Среди притоков р. Кама и ее водохранилищ (без бассейна р. Белая) возросло до 79% число створов, в которых вода характеризовалась как «загрязненная».

В 2016 г., как и в прошлые годы, к наиболее загрязненным относились реки (или их участки, отдельные пункты) Косьва, Чусовая, Северушка, Иж, вода которых характеризовалась как «грязная».

Река Косьва на участке ниже г. Губаха многие годы сохраняется загрязненной соединениями железа, марганца, реже – фенолами и аммонийным азотом. В створе 0,3 км ниже г. Губаха химический состав воды формируется под влиянием шахтных вод Кизеловского угольного бассейна. В 2016 г. по сравнению с предыдущим годом среднегодовые концентрации соединений железа и марганца существенно не изменились и составляли 47 и 10 ПДК. Максимальная концентрация в воде соединений железа достигала уровня экстремально высокого загрязнения – 118 ПДК. В 2016 г., как и в предыдущем году, отмечалась загрязненность воды фенолами и аммонийным азотом до 4 ПДК, значения ХПК превышали 3 ПДК.

Река Чусовая. Химический состав воды р. Чусовая формируется под влиянием сточных вод предприятий жилищно-коммунального хозяйства муниципальных образований городов Полевской, Дегтярск, Ревда, Первоуральск, р.п. Староуткинск, в целом Первоуральского-Ревдинского промузла.

В воде р. Чусовая на протяжении ряда лет регистрируется большое количество загрязняющих веществ, таких как соединения меди, шестивалентного хрома, цинка, железа, аммонийного азота, фенолов, сульфатов, фторидов и

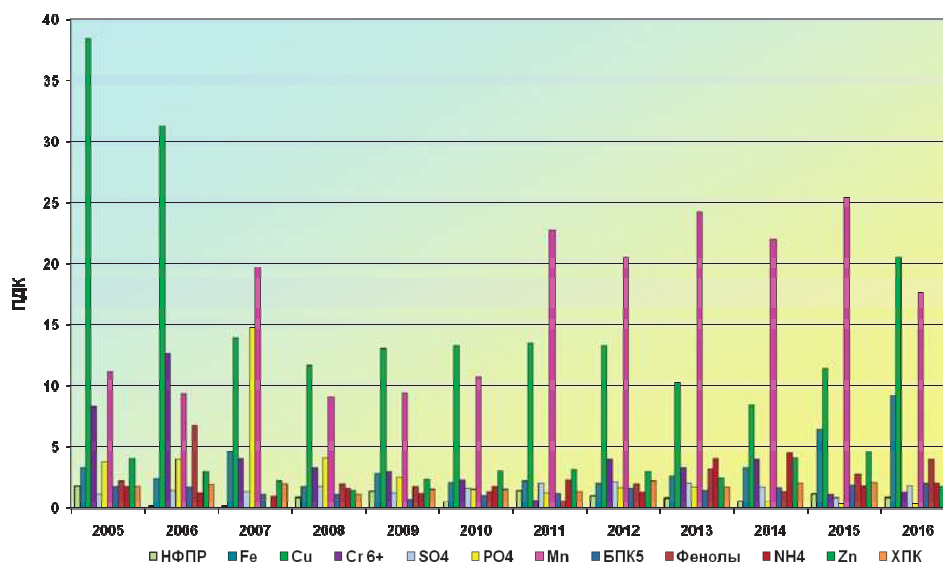


Рис. 3.48. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Чусовая, 1,7 км ниже г. Первоуральск в многолетнем плане

других химических веществ. Изменение среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ в воде р. Чусовая в створе 1,7 км ниже г. Первоуральск представлено на рис. 3.48.

По сравнению с предыдущим годом на этом участке несколько повысилась загрязненность воды соединениями железа, меди, сульфатов, но в тоже время снизилась соединениями марганца, цинка, нефтепродуктов, органических веществ (по ХПК). Вода р. Чусовая на участке 1,7–17 км ниже г. Первоуральск в 2016 г., как и за многолетний период наблюдений, характеризовалась, как «грязная».

Влияние сбросов в р. Чусовая в районе Первоуральско-Ревдинского промузла прослеживается вниз по течению вплоть до с. Усть-Утка. В приустьевой части реки, в районе г. Чусовой, загрязненность химическими веществами уменьшалась, вода р. Чусовая характеризовалась как «загрязненная». Случаев высокого загрязнения на этом участке реки не наблюдалось.

В контрольных створах 1,7 км и 17 км ниже г. Первоуральск максимальные концентрации соединений меди достигали уровня «экстремально высокого» (84 ПДК) и «высокого» загрязнения (46 ПДК). Максимальные концентрации соединений марганца, достигали 31 и 41 ПДК.

Бассейн р. Белая расположен на территории Республики Башкортостан, где качество поверхностных вод формируется под влиянием сточных вод топливно-энергетического, химического, металлургического, машиностроительного комплексов, жилищно-коммунального хозяйства.

В многолетнем плане вода р. Белая характеризовалась повышенным содержанием соединений марганца, железа, меди, нефтепродуктов, никеля и фенолов, повторяемость превышения

ПДК которыми составляла 100%, 72%, 79%, 71%, 42% и 55% соответственно. Повышенное содержание нефтепродуктов обусловлено преимущественно организованным и неорганизованным их поступлением со сточными водами предприятий нефтехимической, нефтедобывающей промышленности и других отраслей экономики, а также смывом с территорий аграрного сектора, предприятий и населенных пунктов.

В 2016 г вода р. Белая большинства створов характеризовалась как «грязная», на участке г. Мелеуз – г. Салават, в основном, как «загрязненная».

Изменение среднегодового содержания основных загрязняющих веществ р. Белая в контрольном створе 10,5 км ниже г. Стерлитамак представлено на рис. 3.49.

В 2016 г. на участках р. Белая ж.д.ст. Шушпа – г. Белорецк и в районе р.п. Прибельский несколько повысилась загрязненность воды нефтепродуктами в среднем до 4–5 ПДК при максимальных концентрациях в пределах 18–25 ПДК. В районе г. Уфа и г. Дюртюли отмечалось снижение содержания в воде нефтепродуктов, среднегодовые концентрации которых не превышали 1 и 2 ПДК.

На значительном протяжении от г. Белорецк до р.п. Прибельский в воде р. Белая повысилась содержание соединений железа, в среднем до 4–6 ПДК.

Притоки р. Белая многие годы характеризуются преимущественно повышенным содержанием в воде соединений марганца, железа, меди, цинка, никеля, нефтепродуктов и органических веществ (по ХПК), повторяемость превышения ПДК которыми в 2016 г. в целом для притоков составляла 96%, 76%, 80%, 51%, 37%, 43%

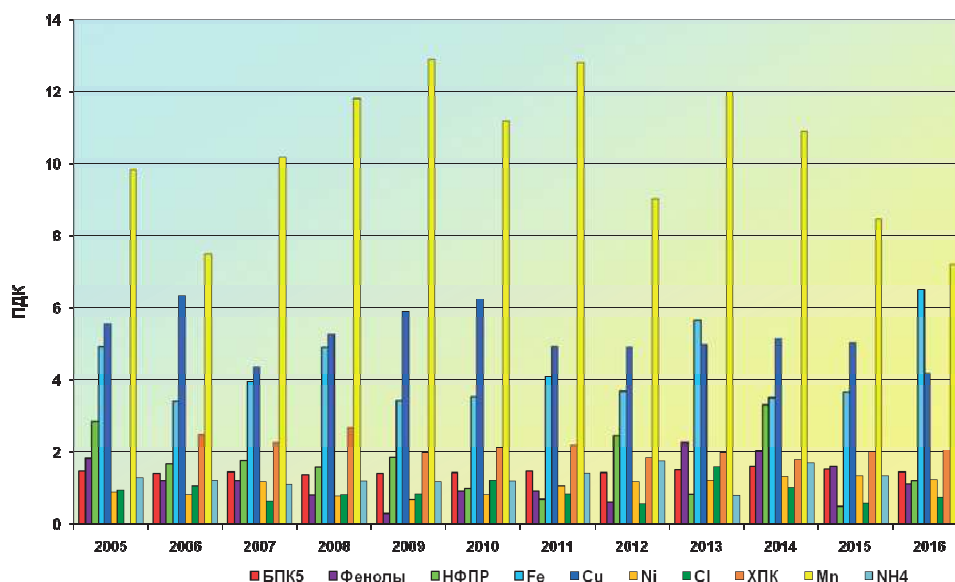


Рис. 3.49. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Белая, 10,5 км ниже г. Стерлитамак в многолетнем плане

и 68% соответственно. Вода притоков р. Белая варьировала от «загрязненных» до «грязных». Возросло до 55% количество створов, вода в которых характеризовалась как «загрязненная». Число створов, где вода оценивалась как «грязная», по сравнению с предыдущим годом снизилось до 43%.

По-прежнему повышенное содержание сульфатов, обусловленное, в основном, наличием в бассейне карстовых явлений, наблюдалось в водах рек Ашкадар, Селеук, Уршак, Шугуровка, Дема, Чермасан, Быстрый Таныш. В 2016 г. среднегодовые концентрации сульфатов в водах этих рек достигали 1–4 ПДК, в р. Уршак и оз. Асли-Куль – 8 ПДК.

В водах рек Уршак в районе д. Булгаково, Уфа в районе г. Уфа, Шугуровка в черте г. Уфа, Мияки в черте р. Мияки-Тамак, Чермасан ниже д. Новоюмраново повысилось содержание нефтепродуктов, в среднем до 7-9 ПДК. Как и в предыдущие годы, содержание нефтепродуктов в воде р. Сим на всем протяжении и р. Уфа в районе г. Нязепетровск не зарегистрировано.

В 2016 г. на некоторых участках рек Инзер, Уршак, Уфалейка, Шугуровка, Чермасан и Быстрый Таныш сохранилось высокое содержание соединений марганца в воде, в среднем 14–24 ПДК.

Бассейн р. Амур. Качество воды водных объектов бассейна р. Амур формируются под влиянием своеобразных природных условий, наличия сложной системы проток, рукавов, рудоносных и коллекторно-дренажных вод. На качество поверхностных вод бассейна оказывают влияние поступающие сточные воды городских очистительных сооружений, железнодорожного транспорта, поверхностный сток с водосборной

площади и неорганизованные источники загрязнения, как со стороны РФ, так и КНР.

К наиболее характерным загрязняющим веществам водных объектов бассейна относятся соединения железа, марганца, алюминия, меди и органические вещества (по ХПК), повторяемость превышения ПДК которыми в 2016 г. составляла 84%, 77%, 85%, 89% и 66% соответственно. Для рек бассейна характерна высокая повторяемость случаев высокого и экстремально высокого уровня загрязненности воды соединениями марганца, железа, меди, цинка. Частично это обусловлено природными особенностями, в ряде водных объектов или их участков также влиянием сточных вод предприятий различных отраслей ЖКХ и пр.

В 2016 г. в бассейне преобладали «загрязненные» воды. Более чем в 30% створов вода ряда водных объектов соответствовала категории «грязная».

Река Амур. Качество воды реки практически не изменилось, вода характеризовалась, в основном, как «загрязненная». В районе с. Черняево несколько возросла загрязненность воды аммонийным азотом, в среднем до 3 ПДК. Практически по всему течению снизилась загрязненность воды нефтепродуктами, в среднем до величины ниже 1 ПДК.

Многолетние тенденции изменения качества воды р. Амур в районе крупного промышленного центра г. Амурск представлены на рис. 3.50).

В 2016 г. в воде р. Амур в районе г. Амурск снизились концентрации соединений марганца и меди, в среднем до 4 и 6 ПДК, нефтепродуктов – до значений ниже 1 ПДК.

Характер и степень загрязненности воды водных объектов бассейна р. Амур существенно

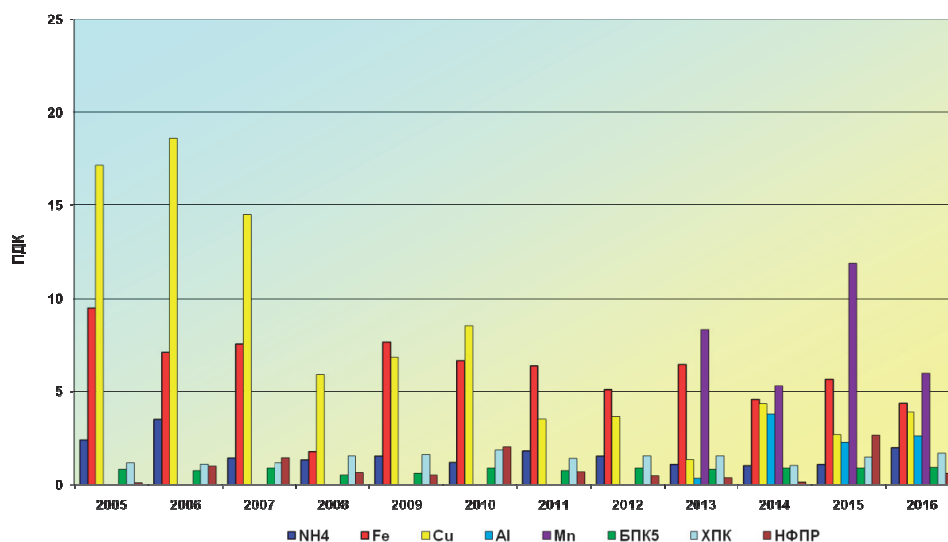


Рис. 3.50. Динамика среднегодового содержания основных загрязняющих веществ в воде р. Амур в пункте г. Амурск

различались, как в пространственном, так и во временном аспектах. В 2016 г. загрязненность воды отдельных водных объектов на некоторых участках оставалась весьма высокой.

Река Чита в Забайкальском крае в зоне влияния городских очистных сооружений г. Чита характеризуется повышенным содержанием соединений азота. В 2016 г. на этом участке было зафиксировано два случая высокого загрязнения воды реки – нитритным азотом (до 17 ПДК) и один случай – аммонийным азотом (12 ПДК).

Река Березовая ниже с. Федоровка в Хабаровском крае на протяжении многих лет относится к наиболее грязным малым водотокам страны. В 2016 г. в этом створе среднегодовая концентрация нефтепродуктов достигла 35 ПДК, нитритного азота была близка к уровню высокого загрязнения и составила 9 ПДК. Содержание растворенного в воде кислорода снижалось до 2,59 мг/л.

В течение многих лет как «грязная» характеризуется **р. Черная** у с. Сергеевка. В 2016 г. наблюдались высокие концентрации соединений марганца (до 41 ПДК), острый дефицит растворенного в воде кислорода (до 1,95 мг/л), содержание органических веществ (по БПК₅) на этом участке достигало 11,0 мг/л.

В 2016 году на территории Приморского края «экстремально грязной» в бассейне **р. Уссури** сохранилась **р. Дачная** в зоне влияния недостаточно очищенных сточных вод предприятий г. Арсеньев. В воде реки отмечалась высокая загрязненность органическими веществами (по БПК₅) – 32,7 мг/л, среднегодовая концентрация аммонийного азота превышала ПДК в 30 раз и др. Изменение среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ в воде р. Дачная в черте г. Арсеньев представлено на рис. 3.51.

В целом в бассейне р. Уссури в 2016 г. стали превалировать «грязные» воды.

Загрязненность воды большинства рек **бассейна Японского моря** в 2016 г. изменилась незначительно и лишь в отдельных водотоках наблюдалось некоторое улучшение или ухудшение качества воды. Практически в равной степени вода оценивается как «загрязненная» и «грязная».

Ежегодно в **р. Рудная** на участке 1 км ниже р.п. Краснореченский – 11 км ниже п. Горбуша фиксируется экстремально высокая загрязненность воды соединениями цинка, среднегодовые концентрации которых в 2016 г. составляли 57 ПДК и 19 ПДК. Содержание соединений марганца достигало в среднем 26 ПДК и 6 ПДК. Отмечалась загрязненность воды р. Рудная соединениями железа, меди, алюминия, в среднем на уровне 2–4 ПДК.

Сохранилась высокая минерализация воды и концентрация сульфатов и магния в р. Кневичанка в зоне влияния сточных вод «Артем-ТЭЦ». Среднее за год значение минерализации в 2016 г. составило 1221 мг/л при максимальном 4390 мг/л.

Как «грязная» оценивалась в 2016 г. вода р. Раковка в районе г. Уссурийск, которая отличалась высокой комплексностью загрязненности. Вода реки загрязнена фенолами, нитритным азотом и соединениями цинка. В течение года в р. Раковка в черте г. Уссурийск наблюдались случаи высокого и экстремально высокого загрязнения воды соединениями марганца до 49 ПДК и алюминия до 83 ПДК.

Реки о. Сахалин. Основными загрязняющими веществами водных объектов Сахалинской области в течение многих лет являются соединения железа, меди и марганца. В 2016 г. концен-

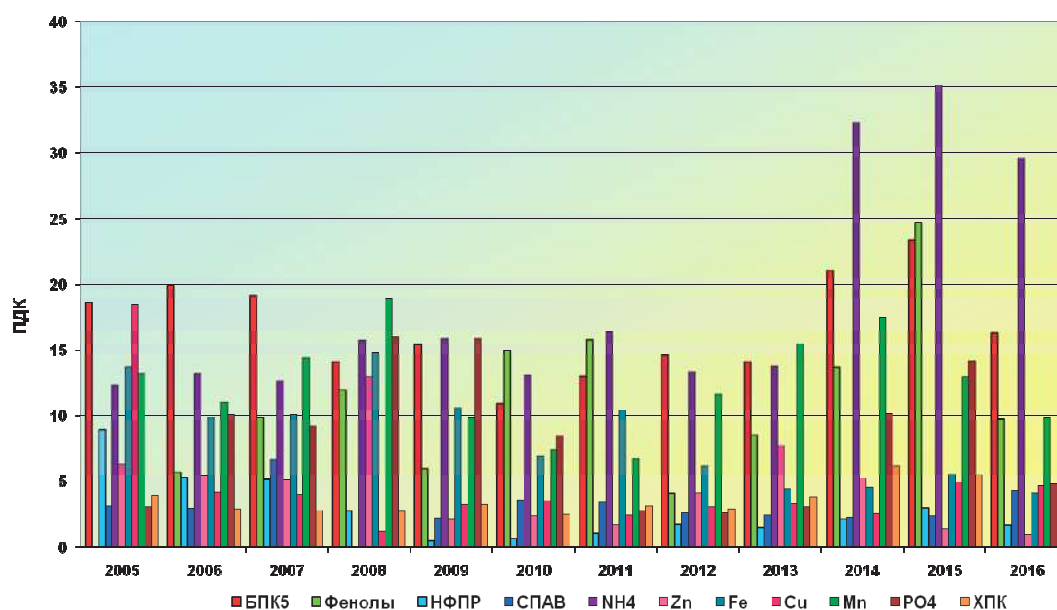


Рис. 3.51. Динамика среднегодового содержания основных загрязняющих веществ в воде р. Дачная в черте г. Арсеньев

трации этих веществ были в среднем на уровне 4, 5 и 1,5 ПДК соответственно. В реках бассейна р. Поронай отмечалось загрязнение воды органическими веществами (по БПК₅ и ХПК), значения которых в 2016 г. достигали в среднем 3,47 мг/л и 41,1 мг/л.

Вода рек **Сусуя и Красносельская** в районе г. Южно-Сахалинск характеризовалась как «грязная». Среднегодовые концентрации аммонийного и нитритного азотом превышали ПДК в 3 раза.

В **р. Охинка** в пункте г. Оха, также как и в предыдущие годы, отмечалась экстремально высокая загрязненность воды нефтепродуктами, среднегодовая концентрация которых в 2016 г. достигала 378 ПДК. В реке наблюдались также превышения ПДК соединениями кадмия, железа, меди, фенолами, органическими веществами (по ХПК).

Реки полуострова Камчатка. Речные воды Камчатского края характеризуются как «мягкие», маломинерализованные. В 2016 году вода большинства рек на полуострове оценивалась как «загрязненная». По-прежнему во всех реках наблюдалась устойчивая загрязненность воды нефтепродуктами, среднегодовые концентрации которых в воде большинства рек варьировали в пределах 2–11 ПДК; рек **Озерная** и **Паужетка** достигали 29 ПДК и 19 ПДК. Во всех реках полуострова наблюдались превышения ПДК соединениями меди, реже соединениями железа.

В **р. Камчатка** в районе г. Ключи, р. Авача у г. Елизово фиксировалось превышение ПДК фенолов в среднем 4–6 раз, а в р. Красная на участке ниже п. Краснореченск – в среднем в 9 раз.

Реки Крыма в подавляющем большинстве оцениваются хорошим качеством воды.

Реки, впадающие в Черное море. «Слабо загрязненной» оценивается вода: р. Улу-Узень, 0,2 км СВ от с. Солнечногорское; р. Демерджи, в черте г. Алушта, р. Альма, в черте пгт Почтовое; р. Кача, 0,5 км выше с. Баштановка; р. Кучук-Узенбаш, в створе 0,5 км ниже с. Много-речье, р. Бельбек, 0,5 км выше с. Фруктовое; р. Бююк-Узенбаш, в черте с. Счастливое; р. Черная, 2 км ниже с. Хмельническое; р. Дерекойка, 0,5 км выше г. Ялта; и как «загрязненная»: р. Дерекойка, в черте г. Ялта; р. Таракташ, 0,25 км ниже пгт Судак.

Характерными загрязняющими веществами для всех рек являются соединения меди, среднегодовые концентрации которых составляли 2–3 ПДК, максимальные – не превышали 3–5,5 ПДК; в отдельных створах к ним добавились соединения железа, магния, сульфаты, нитритный азот, органические вещества (по БПК₅ и ХПК), нефтепродукты, среднегодовое и максимальное содержание которых колеблется в пределах 1–3 ПДК.

Вода Партизанского, Счастливого водохранилищ оценивается как «слабо загрязненная», Чернореченского – как «условно чистая». Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в воде составили 1–3 ПДК, максимальные – 1–4 ПДК. Для этих водохранилищ характерна загрязненность воды соединениями меди; в отдельных створах – соединениями железа и органическими веществами (по БПК₅). Повторяемость случаев превышения ПДК для большинства химических веществ находится в пределах 25–100%.

Реки, впадающие в Азовское море (р. Салгир, р. Малый Салгир и р. Биюк-Карасу) характеризуются в большинстве створов «загрязненной»; р. Салгир у с. Пионерское и р. Биюк-Карасу в створах г. Белогорск – «слабо загрязненной» водой. Для этих рек характерными загрязняющими веществами являются соединения меди, среднегодовые концентрации которых составили 2–3 ПДК, максимальные – 3–5 ПДК; повторяемость случаев превышения ПДК незначительно снизилась до 75–92%. Среднегодовое содержание органических веществ (по БПК₅ и ХПК), соединений железа, сульфатов, нитритного азота было ниже или в пределах ПДК, максимальное – 1–4 ПДК. В 2016 г. небольшой дефицит растворенного в воде кислорода был зарегистрирован в воде р. Салгир у с. Двуречье (3,61 мг/л). Минерализация воды рек варьировала от 297–618 мг/л до 472–936 мг/л. Менее минерализована вода р. Биюк-Карасу, более минерализованной остается вода р. Салгир у с. Двуречье. В р. Салгир (с. Пионерское, с. Двуречье), р. Малый Салгир (выше г. Симферополь) были зарегистрированы хлорорганические пестициды.

Воды Аянского, Симферопольского и Феодосийского водохранилищ в 2016 г. оцениваются как «слабо загрязненные»; характерным для водохранилищ является повышенное содержание в воде соединений меди, превышающих средние за год значения ПДК в 2–3 раза, максимальные – в 3–4,5 раза. В 2016 г. в воде всех выше перечисленных водохранилищ наблюдался рост случаев нарушения нормативов содержания соединений железа от 0–25% до 50–75% и органическими веществами (по БПК₅) в Феодосийском водохранилище от 25% до 100%, среднегодовые концентрации не превышали 1–1,5 ПДК, максимальные – 2 ПДК. В воде водохранилищ в марте, июне, сентябре были зарегистрированы хлорорганические пестициды (ДДД, ДДЭ, α - и γ -ГХЦГ).

3.3.2. Гидробиологическая оценка состояния пресноводных объектов

Гидробиологические наблюдения за состоянием пресноводных экосистем проводятся по основным экологическим сообществам: фитопланктона, зоопланктона, перифитона и зообентоса. Каждое из этих сообществ наблюдается по ряду параметров, позволяющих получать информацию о количественном и качественном составе экосистем поверхностных вод различных регионов России.

По данным наблюдений рассчитываются обобщенные гидробиологические индексы, на основе которых проводится оценка качества

вод по пятибалльной шкале: I класс – «условно чистые», II класс – «слабо-загрязненные», III класс – «загрязненные», IV класс – «грязные», V класс – «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.

Наблюдения за состоянием поверхностных вод суши по гидробиологическим показателям в 2016 году осуществлялись в 18 субъектах Российской Федерации, в том числе в 9 областях (Астраханская, Иркутская, Ленинградская, Псковская, Мурманская, Нижегородская, Ростовская, Самарская, Еврейская АО), в Республиках Бурятия, Татарстан и Саха (Якутия), Карелия, а также в Амурском, Красноярском, Хабаровском и Забайкальском краях и в г. Санкт-Петербург.

Проводилась оценка состояния экосистем водных объектов: каскада водохранилищ на р. Волга, рек Лена, Енисей, Ангара, Амур, Дон, Селенга, водных объектов Санкт-Петербурга, Казани, Астрахани, Тольятти, Мурманска, Красноярска, Читы и др., трансграничных водных объектов – Псковского и Чудского озер, рек Паз и Амур, а также водоемов и водотоков в границах крупных городов.

Прослеживаются следующие изменения в состоянии загрязнения пресноводных водных объектов по гидрографическим регионам.

Каспийский гидрографический район

Наблюдения проводились на каскаде водохранилищ р. Волга и ее крупных притоках. По показателям планктонных организмов воды Горьковского, Чебоксарского, Саратовского и Куйбышевского водохранилищ характеризуются как «слабо загрязненные». В тоже время по показателям зообентоса воды Куйбышевского водохранилища характеризуются как «грязные» и «экстремально грязные» в зоне влияния г. Нижнекамска и г. Набережные Челны.

По показателям зообентоса наблюдается улучшение качества вод водных объектов в районе г. Казань, г. Зеленодольск и г. Ульяновск от «загрязненной» в 2014 г. до «слабо загрязненной» в 2015–2016 гг. В черте г. Казань воды оз. Средний Кабан в 2016 гг. характеризуются как «слабо загрязненные» (в 2014–2015 г. – «грязные»). Также по показателям зообентоса в 2016 г. отмечено улучшение качества вод рек Кривуша, Самара, Съезжая (от «загрязненных» до «слабо загрязненных»). Улучшение качества вод водных объектов также регистрируется на р. Вятка, в верховьях р. Зай. По показателям фитопланктона изменения качества вод в регионе не отмечено.

Воды Нижней Волги по показателям зообентоса характеризуются как «загрязненные». Воды рукавов Камызяк, Бузан, Кривая Болда, Кигач, Ахтуба по показателям состояния фитопланктона характеризуются как «слабо загрязненные», а по показателям зообентоса отмечены улучшения качества вод в районе Красного Яра от «грязных» (2014–2015 гг.) до «загрязненных» (2016 г.) и в районе п. Аксарайский от «экстремально грязных» (2014–2015 гг.) до «грязных» (2016 гг.). Ухудшение качества вод в 2016 г. отмечено в районе Селитренное от «загрязненных» в 2015 г. до «грязных» в 2016 г.

В целом значительных изменений состояния рассмотренных водных экосистем не произошло. Состояние экосистем Волжского каскада водохранилищ характеризуется как состояние антропогенного экологического напряжения с элементами экологического регресса.

Балтийский гидрографический район

Наиболее загрязненными водоемами района по показателям зообентоса остаются восточная и центральная части трансграничных Чудского и Псковского озер, воды которых характеризуются как «грязные». По сравнению с 2014 г. в этих водоемах отмечается снижение качества воды. По показателям фито- и зоопланктона качество воды озер сохраняется неизменным – «слабо загрязненным».

Среди водотоков Онежского озера к наиболее загрязненным относится р. Неглинка (в районе г. Петрозаводск). В 2016 г. качество ее вод по показателям зообентоса снизилось от «загрязненных» (2014–2015 гг.) до «грязных». Качество вод р. Шуя по показателям зообентоса также понизилось – от «слабо загрязненных» (2014 г.) до «загрязненных» (2015–2016 гг.).

Азовский гидрографический район

За период наблюдений 2013–2016 гг. по показателям зообентоса наблюдается улучшение

состояния экосистем рек Маныч, Северский Донец, Калитва, Кундрючья, Б. Каменка, Аксай, Дон (от «грязных» в 2013 г. до «слабо-загрязненных» и «загрязненных» в 2015–2016 гг.), в районе г. Аксай и г. Ростов-на-Дону (от «грязных» до «загрязненных»).

С 2013 г. сохраняются «слабо-загрязненными» воды р. Быстрая, за исключением 2015 года, когда ее воды характеризовались как «загрязненные».

Воды Веселовского водохранилища и р. Дон (г. Константиновск, ст. Раздорская, ст. Багаевская, г. Семикаракорск, с. Колузаево) характеризуются как «загрязненные». Воды р. Дон в районе г. Азов с 2013 г. характеризуются как «грязные».

Наблюдаются колебания качества вод р. Тузов и Пролетарского водохранилища (2013 г., 2015 г. – «грязные», 2014 г., 2016 г. – «загрязненные»).

В целом значительных изменений состояния водных экосистем не зарегистрировано.

Карский гидрографический район

Отмечается тенденция улучшения качества воды р. Манна: по показателям зообентоса повысилось от «слабо загрязненных» (2014 г.) до «условно чистых» (2015–2016 гг.), по показателям зоопланктона – варьировало между «условно чистыми» и «слабо загрязненными». К «слабо загрязненным» относятся воды притоков Енисея р. Березовка и р. Есауловка, качество вод которых по показателям зообентоса в 2016 г. характеризовалось как «слабо загрязненные» (в 2014 г. – «грязные», в 2015 г. – «загрязненные»).

По-прежнему наиболее загрязненными в районе остаются воды р. Кача (приток р. Енисей в районе г. Красноярск) по показателям зообентоса и относятся к «грязным» (в 2014 г. – к «экстремально грязным», в 2015 г. – «грязным»). Воды р. Енисей в районе г. Дивногорск характеризуются как «загрязненные».

Воды Братского и Иркутского водохранилищ в 2014–2016 гг. характеризуются как «условно чистые» – «слабо загрязненные». Качество вод р. Уда относится к «слабо загрязненным» (по показателям зоопланктона в 2015 г. «условно чистые»). На р. Джиде улучшилось качество вод по показателям фитопланктона и зообентоса от «слабо загрязненных» до «условно чистых», по показателям зоопланктона воды реки за период 2014–2016 гг. также характеризуются как «условно чистые».

В 2015–2016 годах отмечено ухудшение качества вод по показателям фитопланктона в реках Чикой, Селенга (от «условно чистых» до «слабо

загрязненных»), по показателям зоопланктона и зообентоса воды также характеризуются как «слабо загрязненные». В р. Ангара по показателям фитопланктона и зообентоса в 2016 г., также как и в 2014 г., воды характеризуются как «слабо загрязненные». По показателям зоопланктона воды р. Ангара в период с 2014 г. по 2016 г. характеризуются как «условно чистые». На р. Белая отмечено улучшение качество вод по показателям зоопланктона от «слабо загрязненных» (в 2014 г.) до «условно чистых» (в 2015–2016 гг.).

В целом состояние биоценозов большинства рек и озер района сохраняется без существенных изменений в пределах сложившегося состояния экологической системы от экологического благополучия до экологического регресса. Выявлены положительные тенденции изменения качества вод и состояния экосистем для ряда притоков Енисея, рек Мана, Кача, Березовка, Есауловка, а также притоков Селенга, рек Уда и Джиды.

Тихоокеанский гидрографический район

К наиболее грязным водным объектам бассейна относятся р. Гилюй, Амурская протока, р. Березовая (негативное влияние ТЭЦ-3 у с. Федоровка) и р. Амур (г. Хабаровск, г. Амурск, г. Комсомольск-на-Амуре), воды которых по показателям зообентоса с 2013 по 2016 г. характеризуются как «экстремально грязные». Наметилась тенденция ухудшения качества воды по показателям зообентоса р. Амур в створе у с. Богородское (от «слабо загрязненных» – «загрязненных» в 2012–2013 гг. до «загрязненных» – «грязных» в 2015–2016 гг.). Качество вод р. Амур в г. Благовещенск и г. Николаевск-на-Амуре по показателям зоопланктона с 2013 г. не изменилось и характеризуется как «слабо загрязненные».

Наблюдается тенденция ухудшения качества вод по показателям зообентоса рек Хор и Л. Хинган от «загрязненных» в 2013 г. до «грязные» в 2016 г. Качество вод рек Кульдур, Большая Бира, Малая Бира, Зея, Хинган, Сита, Черная, Уркан ухудшилось к 2016 г. до «экстремально грязных». Состояние водных экосистем переходит из состояния антропогенного экологического регресса в метаболический регресс, что проявляется в ещё большем сокращении видового разнообразия и снижении общей биомассы биоценоза.

Отмечено положительное изменение состояния водных экосистем рек Тунгуска, Ивановка и Зейского водохранилища, качество вод которых по показателям зоопланктона переходит от «слабо загрязненных» (2013 г.) к «условно чистым» (2016 г.). Такая же тенденция по показателям

зообентоса наблюдается на р. Тында, где водные экосистемы восстанавливаются из состояния антропогенного экологического напряжения до экологического благополучия.

Баренцевский гидрографический район

В 2015–2016 гг. отмечается общая тенденция улучшения качества воды рек Лотта, Ковдора, Кица, Акким по показателям зообентоса от «загрязненных» до «слабо загрязненных», рек Колос-Йоки и Териберка – от «грязных» до «загрязненных». По показателям фито- и зоопланктона воды озер Имандра и Чуозеро, по-прежнему, характеризуются как «слабо загрязненные». В тоже время отмечено резкое снижение качества воды по показателям зообентоса в озерах: Мончеозеро – от «условно чистых» до «загрязненных», Ловозеро – от «слабо загрязненных» до «грязных». Поверхностные воды этих водоемов, по-прежнему, характеризуются как «слабо загрязненные».

Состояние биоценозов большинства рек и озер района сохраняется без изменений в пределах сложившегося состояния экологической системы от экологического благополучия до экологического напряжения. За период 2014–2016 гг. выявлены положительные тенденции изменения состояния экосистем реки Лотта, озер Ловозеро и Имандра.

Восточно-Сибирский гидрографический район

Наиболее загрязненным водным объектом района в 2016 г. по-прежнему остается залив Неелова. За период 2014–2016 гг. качество его вод по показателям зообентоса снизилось от «загрязненных» до «грязных». По показателям фитопланктона качество вод сохраняется неизменным и характеризуется как «слабо загрязненные».

Второй по загрязненности водный объект — нижнее течение р. Лены у станции Хабарова, который по показателям зообентоса характеризуется как «загрязненный», по показателям фитопланктона – как «слабо загрязненный». Отмечено снижение качества воды по показателям зообентоса у пос. Кюсюр от «условно чистых» до «слабо загрязненных». По сравнению с 2014 г. наблюдается положительная динамика изменения по показателям зообентоса качества воды р. Копчик-Юрэгэ – от «слабо загрязненных» до «условно чистых» и в озере Мелкое – от «грязных» до «условно чистых». По показателям фитопланктона качество воды этих водных объектов сохраняется высоким и характеризуется как «условно чистые». Состояние экосистем соответствует экологическому природному благополучию с элементами антропогенного напряжения.

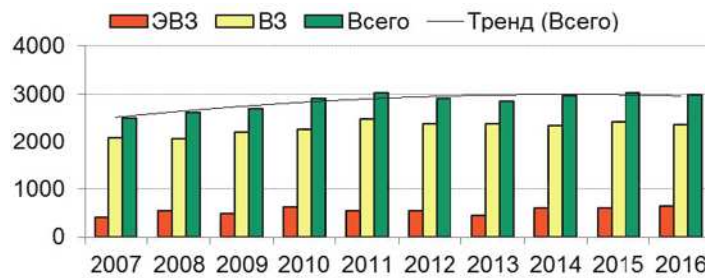


Рис. 3.52. Динамика количества случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод суши на территории Российской Федерации

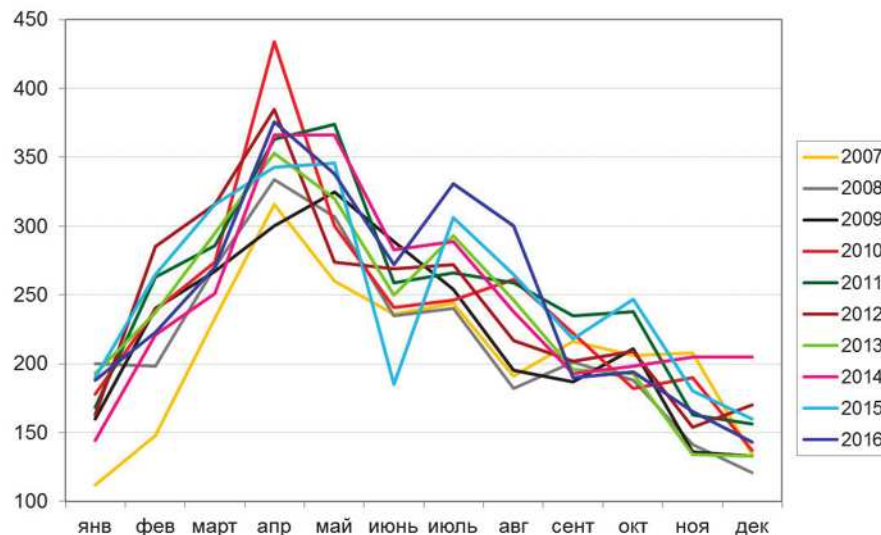


Рис. 3.53. Динамика внутригодового распределения количества случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод суши на территории Российской Федерации за период 2007–2016 гг.

Состояние вод р. Лена и залива Неелова соответствует экологическому антропогенному напряжению и экологическому регрессу соответственно.

3.3.3. Водные объекты с наибольшими уровнями загрязнения, аварийные ситуации

В 2016 году на территории Российской Федерации было зарегистрировано 2990 случаев высокого загрязнения (ВЗ) и экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ). Экстремально высокие уровни загрязнения поверхностных вод имели место в 638 случаях на 136 водных объектах, что на 6% больше, чем в 2015 году (598 случаев на 144 водных объектах). Высокие уровни загрязнения наблюдались в 2352 случаях на 321 водном объекте (в 2015 году – 2423 случая на 331 водных объектах). Следует отметить, что последние пять лет суммарное количество ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод находится примерно на одном уровне (рис. 3.52).

Анализ внутригодового распределения количества случаев ВЗ и ЭВЗ за 10-летний период показывает, что их максимум приходится на апрель (рис. 3.53).

Как и в предыдущие годы, максимальную нагрузку от загрязнения испытывают бассейны рек Обь, Волга и Амур, на долю которых приходится свыше 70% всех случаев ВЗ и ЭВЗ (рис. 3.54). В 2012–2014 гг. на бассейн реки Волга приходилось около 40% количества случаев ВЗ и ЭВЗ, в 2016 году эти показатели уменьшились до 33%. В бассейне реки Обь случаи ВЗ и ЭВЗ по сравнению с прошлым годом сократились примерно на 7%. В бассейне реки Амур третий год подряд наблюдается устойчивая динамика роста загрязнения.

В табл. 3.8 приведено количество случаев ВЗ и ЭВЗ, зарегистрированных в 2016 году в бассейнах рек Российской Федерации.

В 2016 году ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод было зафиксировано в 53 субъектах Российской Федерации. Около 70% случаев ВЗ и ЭВЗ пришлось на водные объекты Свердловской (15,9%), Московской (11,6%), Нижегородской (7,2%), Челябинской (6,5%), Мурманской (5,3%), Иркутской (4,1%), Новосибирской (3,9) областей, Хабаровского (6,9), Приморского (6,4%) и Пермского (3,7%) краев (рис. 3.55). На протяжении последних десяти лет на Свердловскую область приходится наибольшее среди субъектов Российской Федерации количество случаев ВЗ и ЭВЗ. За пе-

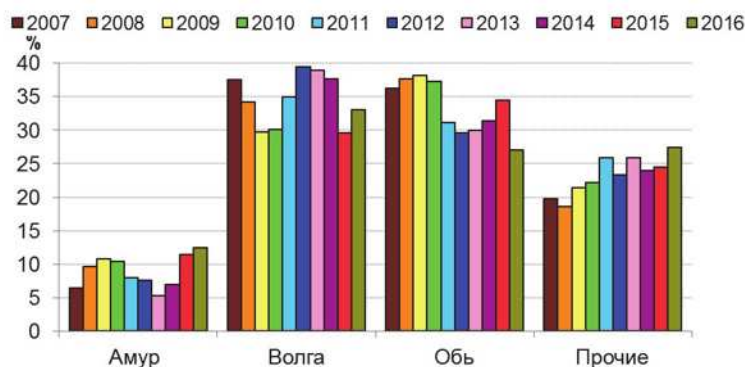


Рис. 3.54. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по бассейнам рек (в % от общего числа случаев ВЗ и ЭВЗ на территории Российской Федерации) за период 2007–2016 гг.

Таблица 3.8. Экстремально высокое и высокое загрязнение поверхностных вод Российской Федерации в 2016 году

Бассейны рек	Число случаев			Субъекты Российской Федерации*
	ВЗ	ЭВЗ	Сумма	
Волга	916	72	988	Кировская, Московская, Нижегородская, Рязанская, Самарская, Свердловская, Тульская, Челябинская области; Пермский край; Удмуртская республика
Обь	563	246	809	Курганская, Новосибирская, Омская, Свердловская, Тюменская, Челябинская области; Ямало-Ненецкий авт. округ.
Амур	271	101	372	Амурская область, Приморский и Хабаровский края.
Ангара	66	21	87	Иркутская область.
Сев.Двина	37	37	74	Вологодская область
Урал	52	9	61	Оренбургская, Челябинская области
Днепр	13	38	51	Смоленская область
Енисей	46	2	48	Иркутская область, Красноярский край
Терек	44		44	Республика Сев. Осетия-Алания
Дон	20		20	Белгородская область
Колыма	15	2	17	Магаданская область
Лена	14	1	15	Иркутская область
Прочие	295	109	404	Ленинградская, Мурманская, Новосибирская области, Приморский край
Итого	2352	638	2990	

* Приведены субъекты Российской Федерации, для которых число случаев ВЗ и ЭВЗ больше 10.

риод 2010–2016 гг. в Челябинской, Мурманской и Новосибирской областях показатели ВЗ и ЭВЗ находятся примерно на одном уровне, в отличие от Нижегородской и Иркутской областей, где участились случаи загрязнения примерно в два раза. В Хабаровском крае по сравнению с 2012–2013 гг. число ВЗ и ЭВЗ выросло примерно на 75%.

По сравнению с предыдущим годом в 2016 году отмечено резкое уменьшение суммарного количества случаев ВЗ и ЭВЗ в Астраханской области, Алтайском крае и почти в 3 раза в Забайкальском крае, Ханты-Мансийской АО, Республике Коми, Камчатском крае (рис. 3.56).

Динамика роста доли количества случаев ВЗ и ЭВЗ, приходящейся на регион, в течение последних пяти лет имеет место в Амурской и Смоленской области. За период 2010–2013 гг. фиксировалось примерно по 4 случая суммарного количества ВЗ и ЭВЗ в Амурской, Смоленской

областях и Ямало-Ненецком автономном округе, а в 2016 году в этих субъектах уже наблюдалось 73; 51 и 31 случаев соответственно.

Устойчивый тренд снижения доли количества случаев ВЗ и ЭВЗ за период 2012–2016 гг. наблюдается в Забайкальском и Камчатском крае.

Экстремально высокие и высокие уровни загрязнения зафиксированы в 2016 году по 32 ингредиентам. Примерно 60% всех случаев связано с загрязнением поверхностных вод взвешенными веществами, марганцем, нитритным и аммонийным азотом (рис. 3.57). Суммарный вклад цинка, железа и дефицита растворённого кислорода в загрязнение поверхностных вод составляет около 10–14% ежегодно. Доля загрязнения поверхностных вод тяжелыми металлами (железо общее, ртуть, никель, молибден, кадмий, свинец) за пятилетний период находится в пределах 23–30% от общего числа случаев. Количество случаев загрязнения поверхностных

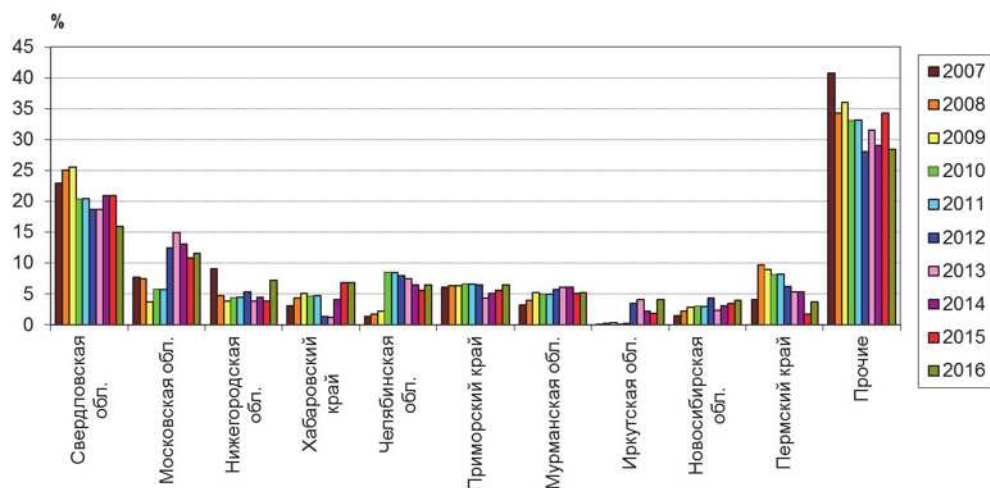


Рис. 3.55. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по субъектам Российской Федерации за период 2007–2016 гг.

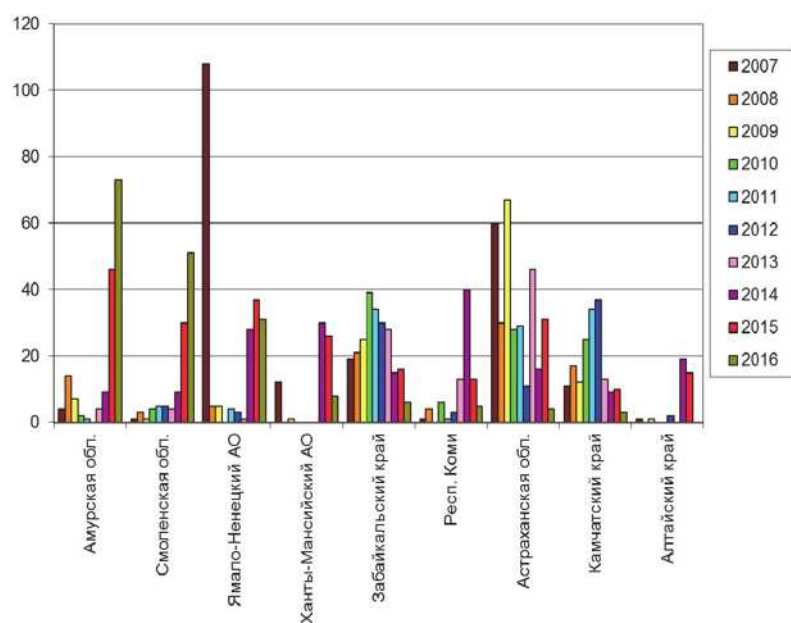


Рис. 3.56. Динамика количества случаев ВЗ и ЭВЗ в отдельных субъектах Российской Федерации

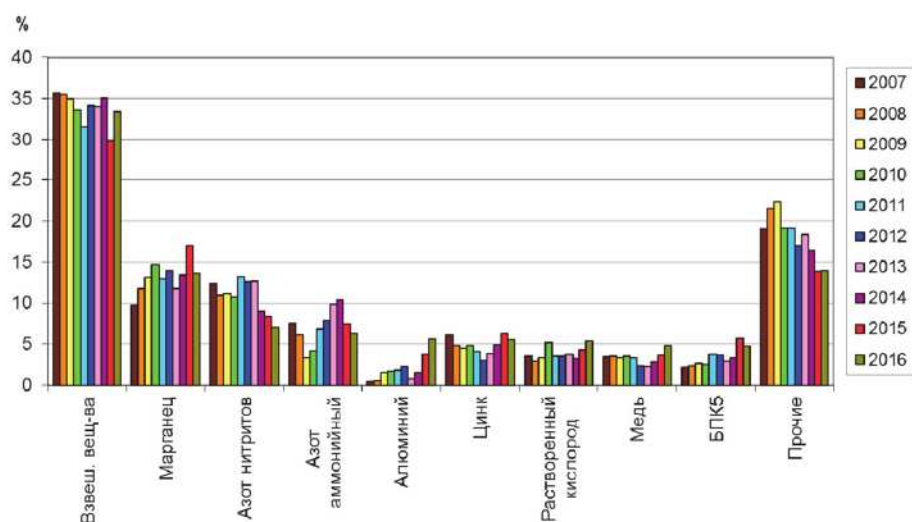


Рис. 3.57. Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по ингредиентам (в % от общего количества случаев ВЗ и ЭВЗ на территории Российской Федерации)

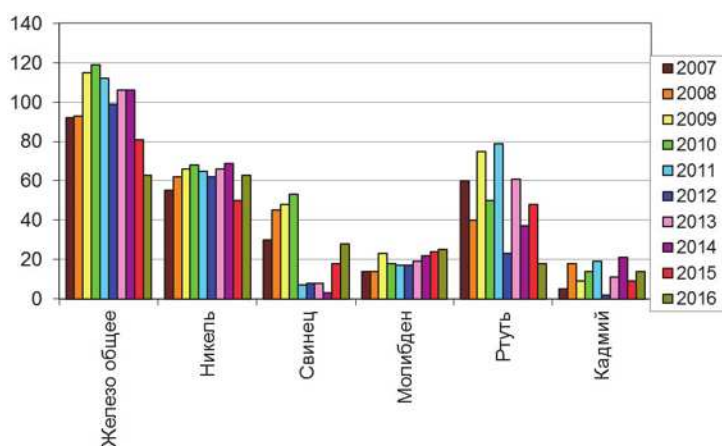


Рис. 3.58. Динамика количества случаев ВЗ и ЭВЗ тяжелыми металлами (в % от общего числа случаев ВЗ и ЭВЗ на территории Российской Федерации)

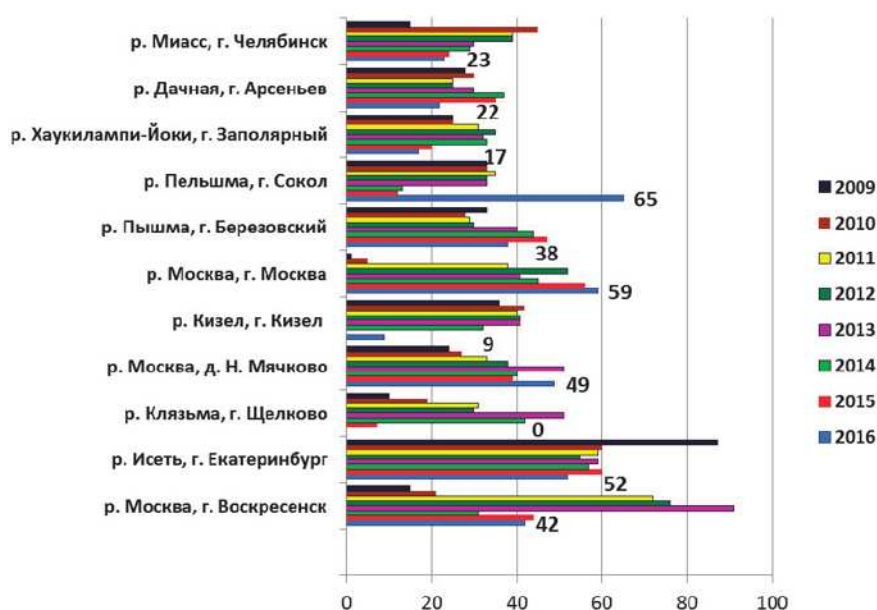


Рис. 3.59. Пункты наблюдения, в которых регистрировалось максимальное число повторений случаев ВЗ и ЭВЗ за период 2009–2016 гг.

вод свинцом увеличилось до 28 по сравнению с показателями 2011–2014 гг., когда регистрировалось от 3 до 8 случаев в год. Несколько лет подряд наблюдается тенденция снижения количества случаев ВЗ и ЭВЗ ртутью и общим железом. Хотя следует отметить, что в 2016 году увеличилось по сравнению с предыдущим годом, количество случаев загрязнения поверхностных вод никелем, молибденом и кадмием (рис. 3.58).

В 112 случаях наблюдалось уменьшение концентрации в воде растворённого кислорода до 3 мг/л и ниже, в 47 случаях из них его содержание было менее 1 мг/л. Увеличение биохимического потребления кислорода (БПК₅) свыше 10 мг/л было зарегистрировано 141 раз. Максимальное значение БПК₅ – 260 мг/л, было зафиксировано в декабре 2016 г. в р. Рязанка (приток р. Великая и р. Кудьма), г. Богородск Нижегородской области.

В 2016 г. случаи ЭВЗ были зафиксированы на 171 пункте наблюдения, ВЗ – на 205 пунктах. На 102 пунктах (60%) отмечены два и более случая ЭВЗ, на 32 пунктах (19%) – более 5 случаев повторения ЭВЗ. На 72 пунктах наблюдения (35%) регистрировались два и более случая ВЗ, при этом на 112 пунктах (55%) – более 5 случаев ВЗ. Максимальное число повторений случаев ВЗ и ЭВЗ – 65 раз наблюдалось на пункте р. Пельшма, г. Сокол (рис. 3.59).

В 2016 году на территории Российской Федерации было зафиксировано семь аварий, из них три в бассейне р. Урал. По сравнению с 2015 годом число аварий уменьшилось более чем в 3 раза. Было зафиксировано шесть аварий, связанных с прорывом нефтепровода, последствием стали отдельные нефтяные и масляные пятна на водной поверхности. В одном случае произошел прорыв газопровода, кото-

рый привел к факельному выбросу из слоя воды с последующим возгоранием. Случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод во всех авариях не было зафиксировано. Повторных аварий на одном пункте наблюдения зарегистрировано не было.

3.3.4. Загрязнение поверхностных водных объектов в результате трансграничного переноса химических веществ

Качество воды трансграничных водных объектов, расположенных на участках границы Российской Федерации с 12 государствами, оценивалось по результатам режимных наблюдений, проведенных в 2016 г. на 53 водных объектах (48 рек, 2 протоки, 2 озера, 1 водохранилище) в 71 пункте, 70 створах, на 75 вертикалях. По сравнению с 2015 годом число пунктов увеличилось на два: закрыт труднодоступный пункт р. Кызыл-Хем п. Уш-Бельдыр на участке границы с Монголией и возобновлены наблюдения во временно закрытых пунктах на реках Западная Двина (д. Верховье), Днепр (д. Хлыстовка) и Сож (д. Бахаревка) на участке границы с Белоруссией.

Наиболее распространенными загрязняющими веществами в воде водных объектов на границе России с сопредельными государствами являлись: с Норвегией – соединения никеля, меди, цинка, марганца, ртути; с Финляндией – органические вещества (сумма легко- и трудноокисляемых органических веществ по ХПК, далее ОВ), соединения меди, железа, ртути; с Эстонией – ОВ, соединения меди; с Литвой – легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅ воды, далее ЛОВ), ОВ, нитритный азот; с Польшей – ОВ, ЛОВ, нитритный азот, соединения железа; с Белоруссией – ОВ, ЛОВ, соединения железа, меди, марганца; с Украиной – ОВ, ЛОВ, соединения железа, сульфаты, главные ионы (по сумме), нитритный азот; с Азербайджаном – соединения меди, сульфаты, нефтепродукты; с Казахстаном – ОВ, соединения меди, марганца; с Монголией – ОВ, ЛОВ, соединения меди, марганца; с Китаем – ОВ, ЛОВ, соединения железа, меди, марганца, алюминия. Перечисленные показатели превышали ПДК в 40-100% проанализированных проб воды.

Дефицит растворенного в воде кислорода наблюдался в августе на границе с Белоруссией в воде р. Днепр в пунктах г. Смоленск и д. Хлыстовка.

Критические показатели загрязненности воды трансграничных водных объектов установлены для 23 пунктов наблюдений, расположенных на 20 водных объектах. На границе с Норвегией критическими показателями являлись соединения меди и никеля (2 пункта), с Белоруссией – соединения марганца (3 пун-

кта), соединения марганца и растворенный в воде кислород (2 пункта), с Украиной – сульфаты (3 пункта), сульфаты и нитритный азот (1 пункт), нитритный азот (1 пункт), с Казахстаном – нитритный азот (3 пункта), соединения марганца (2 пункта), меди (1 пункт), с Монголией – ЛОВ (1 пункт), с Китаем – соединения алюминия (1 пункт), железа (1 пункт), алюминия и железа (1 пункт), алюминия и железа, нитритный азот (1 пункт).

Нарушение норм качества воды в пограничных районах России чаще всего было в пределах от 1 до 10 ПДК, отмечены единичные случаи выше этих значений ПДК.

Наименее загрязнены участки рек в основном на западной части границы России: с Норвегией (р. Патсо-йоки), Финляндией (реки Патсо-йоки, Лендерка, Вуокса), с Эстонией (р. Нарва и три вертикали на оз. Чудско-Псковское), с Украиной (реки Сейм и Псёл). На юге границы наименее загрязнены участки рек Терек (Грузия) и Кыра (Монголия). Вода здесь характеризовалась как «условно чистая» или «слабо загрязненная».

Наиболее загрязненные участки рек, вода которых характеризовалась как «грязная», отмечены в 2016 г. на границе с Норвегией (р. Колос-йоки); Белоруссией (р. Днепр в пунктах г. Смоленск и д. Хлыстовка и р. Сож д. Бахаревка); с Украиной (реки Северский Донец, Кундрючья, Большая Каменка, Миус); с Казахстаном (реки Малый Узень, Илек (п. Веселый), р. Уй (п. Бобровский, с. Усть-Уйское), р. Тобол, р. Ишим); с Монголией (р. Ульдза-Гол); с Китаем (реки Уссури, Сунгача, Раздольная, Аргунь (п. Молоканка, с. Кути), р. Амур (с. Черняево), протока Прорва, оз. Ханка). В остальных пунктах наблюдений вода характеризовалась как «загрязненная».

В течение 2012–2016 гг. степень загрязненности трансграничных поверхностных вод в пунктах наблюдений на реках Лендерка, Вуокса, Нарва (2 пункта) и Патсо-йоки (5 пунктов) характеризовалась от «условно чистой» до «слабо загрязненной». В большинстве пунктов наблюдений качество воды характеризовалось как «загрязненная» и «грязная», только вода р. Уй в районе с. Усть-Уйское в 2013 и 2015 гг. оценивалась как «очень грязная».

Расчет переноса химических веществ по результатам наблюдений на 33 реках в районе пересечения границы с Финляндией, Польшей, Республикой Беларусь, Украиной, Грузией, Азербайджаном, Казахстаном, Монголией и Китаем приведен за предыдущий 2015 г., что обусловлено регламентом поступления необходимой гидрологической информации.

Наибольшее количество водной массы было внесено на территорию России через границу с

Казахстаном и Финляндией (соответственно 45 и 35% из контролируемой), вынесено с территории России в Украину и Беларусь примерно одинаковое количество (соответственно 36,2 и 35,9%).

Максимальное количество главных ионов (по сумме), органических веществ (по ХПК), минеральных форм азота, общего железа, фенолов, нефтепродуктов, соединений меди, цинка, общего хрома, хлорорганических пестицидов поступило в 2015 г. с речным стоком на территорию России из Казахстана; кремния и соединений никеля – из Монголии; общего фосфора – из Украины.

Самое высокое количество главных ионов, минерального азота, общего фосфора, кремния и соединений никеля было вынесено в 2015 г. из России на территорию Украины; органических веществ, общего железа, фенолов, нефтепродуктов, соединений меди – на территорию Республики Беларусь; соединений цинка и общего хрома – на территорию Казахстана, изомеров ГХЦГ – на территорию Монголии.

В 2016 г. максимальные количества переносимых отдельными реками химических веществ уменьшались в следующей последовательности: сумма главных ионов – 6953 тыс. т, органические вещества – 390 тыс. т, биогенные элементы (кремний – 90,2, минеральный азот – 13,0, общее железо – 5,56, общий фосфор – 1,66 тыс. т), нефтепродукты – 595 т, соединения цинка – 220 т, соединения меди – 99,2 т, фенолы – 34,4 т, соединения шестивалентного хрома – 11,9 т, никеля – 9,84 т, хлорорганические пестициды (ДДТ – 111 кг, ГХЦГ – 57 кг) (табл. 3.9).

Наибольшее количество большей части переносимых выше веществ поступило в Россию в 2016 г. со стоком наиболее многоводной р. Иртыш (37,2 км³); соединений никеля и шестивалентного хрома – с водой р. Селенга (12,3 км³); общего железа – с водой р. Раздольная (2,98 км³).

Высокие значения переноса веществ, следующие за максимальными, наблюдались со стоком рек: Вуокса (органические вещества, общее железо и соединения меди), Северский Донец (главные ионы и общий фосфор), Ишим (соединения никеля и ХОП), Селенга (органические вещества, кремний, соединения цинка, нефтепродукты и фенолы), Раздольная (минеральный азот).

В целом за период 2012–2016 гг. из Казахстана в Россию со стоком р. Иртыш было внесено максимальное количество органических веществ (1,69 млн т), главных ионов (24,8 млн т), минерального азота (35,5 тыс. т), кремния (334 тыс. т), общего железа (12,1 тыс. т), нефтепродуктов (2,31 тыс. т), соединений меди,

цинка, шестивалентного хрома (соответственно 447, 1033 и 81,3 т), фенолов (80,2 т), Σ ДДТ (382 кг), Σ ГХЦГ (116 кг); из Украины р. Северский Донец – общего фосфора (7,43 тыс. т); из Монголии р. Селенга – соединений никеля (250 т).

Высокое количество большей части определяемых химических веществ поступило за рассматриваемый пятилетний период с водой р. Селенга. Помимо р. Селенга, повышенное количество органических веществ, минерального азота, кремния, общего железа и соединений меди перенесено через границу со стоком р. Вуокса; кремния, нефтепродуктов, соединений меди и цинка, фенолов, изомеров ГХЦГ – р. Онон; главных ионов, минерального азота, общего фосфора, соединений цинка – р. Тобол; минерального азота, общего железа, соединений никеля, общего хрома – р. Раздольная; главных ионов, нефтепродуктов, фенолов – р. Северский Донец; соединений никеля и ХОП – р. Ишим.

Изучение динамики поступления в Россию определяемых химических веществ в 2012–2016 гг. свидетельствует о следующем: со стоком р. Патсо-йоки в 2015 г. наблюдалось существенное увеличение переноса из Финляндии органических веществ, кремния и нефтепродуктов, в 2014 г. – уменьшение переноса соединений меди. Поступление химических веществ с водой р. Вуокса имело сложный характер: в 2015 г. наблюдалось резкое увеличение переноса через границу общего фосфора и соединений меди, в 2016 г. – общего железа; с 2014 г. наблюдается тенденция снижения переноса кремния. Динамика поступления других определяемых веществ была разнонаправленной.

Начиная с 2014 г. со стоком р. Лава и р. Мамоновка, отмечается существенное уменьшение переноса из Польши всех определяемых веществ, кроме общего фосфора. Минимальное количество химических веществ со стоком этих рек поступило на территорию России в самом маловодном 2015 г.

Со стоком р. Северский Донец с 2013 г. наблюдалось снижение переноса из Украины кремния и соединений меди, в 2016 г. по сравнению с предшествующим периодом – многократное уменьшение поступления соединений цинка. В 2014 г. с водой р. Северский Донец отмечен рост поступления общего фосфора и общего железа, в 2016 г. – минерального азота и изомеров ГХЦГ. Максимальное количество органических веществ, главных ионов, общего фосфора, кремния и соединений меди р. Миус поставляла в Россию в наиболее многоводном 2012 г., в последующие годы перенос через границу указанных веществ уменьшился. Самое низкое количество большей части определяемых

Таблица 3.9. Количество химических веществ – тыс. тонн (соединений меди, цинка, фенолов – тонн), перенесенных в Россию отдельными реками через границу с сопредельными государствами в 2016 г.

Река, пункт	Водный сток, км ³	Органи- ческие вещества	Сумма ионов	Сумма азота минераль- ного	Фосфор общий	Крем- ний	Железо общее	Медь	Цинк	Нефте- продук- ты	Фено- лы
<i>Финляндия</i>											
Патсо-йоки, пгт Кайта-коски	7,10	42,6	104	0,271	0,024	23,2	0,220	9,73	16,4	0,107	Нд
Вуокса, пгт Лесогорский	21,5	352	1064	3,06	0,258	15,6	3,22	50,9	Нд	0	0
<i>Польша</i>											
Лава, г. Знаменск	1,20	27,8	535	1,92	0,240	7,90	0,174	Нд	Нд	Нд	Нд
Мамоновка, г. Мамоновка	0,071	1,32	24,8	0,151	0,031	0,500	0,012	Нд	Нд	Нд	Нд
<i>Украина</i>											
Миус, с. Куйбышево	0,160	4,15	271	0,062	0,028	0,680	0,069	0,142	0,142	0,010	0,140
Северский Донец, х. Поповка	3,11	73,8	4508	1,92	1,13	13,1	0,774	1,04	2,76	0,183	5,50
<i>Грузия</i>											
Терек, г. Владикавказ	1,1	4,52	338	2,03	0,037	6,16	0,077	0,157	4,14	0	0
<i>Казахстан</i>											
Ишим, с. Ильинка	2,76	46,6	1714	1,23	0,156	6,42	0,275	6,23	6,75	0,166	4,42
Иртыш, с. Татарка	37,2	390	6953	13,0	1,66	90,2	2,04	99,2	220	0,595	34,4
Тобол, с. Звериноголовское	2,88	42,0	2485	5,91	0,922	12,5	0,636	21,5	30,9	0,121	6,34
<i>Монголия</i>											
Селенга, п. Наушки	12,3	352	2529	1,22	0,288	58,7	1,49	29,8	131	0,295	9,84
Онон, с. Верхний Ульхун	1,88	12,7	154	0,174	0,004	8,33	0,088	5,13	5,32	0,109	2,44
<i>Китай</i>											
Раздольная, с. Новогеоргиевка	2,98	63,3	406	6,48	0,107	19,2	5,56	14,3	16,6	0,025	5,36

Примечание. Нд – нет данных.

мых веществ поступило из Украины со стоком р. Миус в маловодном 2014 г., соединений цинка и фенолов – в многоводном 2016 г.

С водой р. Терек с 2013 г. наблюдалось уменьшение переноса из Грузии органических веществ и соединений меди, с 2014 г. – нефтепродуктов. В конце рассматриваемого периода со стоком этой реки отмечен существенный рост поступления минерального азота и кремния, в 2013 г. – общего железа, в 2014 г. – соединений цинка и фенолов.

В 2013 г. со стоком самой многоводной р. Иртыш было отмечено значительное увеличение переноса через границу с Казахстаном общего железа, нефтепродуктов, соединений меди, никеля и шестивалентного хрома, с 2015 г. – органических веществ, главных ионов, минерального азота, соединений цинка, фенолов и хлороргани-

ческих пестицидов, в конце рассматриваемого периода – общего фосфора и кремния. С 2014 г. со стоком р. Иртыш отмечается снижение переноса шестивалентного хрома. С водой р. Ишим с 2014 г. наметилась тенденция увеличения переноса в Россию всех определяемых химических веществ, кроме нефтепродуктов, в большей мере (в 6–10 раз) – кремния, ХОП, минерального азота, общего железа и фенолов. Максимальное количество органических веществ и нефтепродуктов перенесено в Россию р. Тобол в 2014 г., главных ионов, биогенных элементов, соединений меди и фенолов – в самом многоводном 2016 году; начиная с 2014 г., со стоком этой реки наблюдалась тенденция увеличения переноса соединений цинка и фенолов.

Максимальное количество преобладающей части определяемых химических веществ по-

ступило на территорию России в многоводном 2016 году из Монголии со стоком р. Селенга. С 2013 г. наметилась тенденция значительного снижения переноса этой рекой через границу общего железа, с 2015 г. – соединений никеля. Динамика поступления других химических веществ была неоднозначна. С водой р. Онон наибольшее количество всех определяемых веществ, кроме общего фосфора, перенесено в самом многоводном 2013 г. В бассейне этой реки с 2013 г. произошло значительное уменьшение переноса общего фосфора, с 2014 г. – всех определяемых веществ, кроме нефтепродуктов.

В 2016 г., по сравнению с предшествующим периодом, со стоком р. Раздольная существенно увеличилось поступление из Китая всех веществ, за исключением нефтепродуктов и соединений цинка. Минимальное количество большей части химических веществ перенесено рекой через границу в самом маловодном 2014 г. С 2013 г. отмечена тенденция роста поступления в Россию соединений меди, с 2014 г. – снижения переноса соединений цинка.

Общим для всех рек, кроме Патсо-йоки, Ишим, Иртыш и Онон было отсутствие переноса через границу ХОП.

Определяющим фактором в существенном изменении величин переноса отдельных химических веществ для рек Северский Донец, Терек, Иртыш, Ишим, Селенга был уровень загрязненности воды этими веществами, для рек Патсо-йоки, Вуокса, Лава, Мамоновка, Миус, Ишим, Онон, Раздольная – как водный сток, так и концентрация их в воде, для р. Тобол – водный сток.

3.3.5. Загрязнение морских вод Российской Федерации по гидрохимическим показателям

Каспийское море

Воды Северного Каспия в 2016 г. были загрязнены нефтяными углеводородами (среднее ПДК – 3,3 /максимальное ПДК – 6,4 ПДК), фенолами (1,6/3,0 ПДК), взвешенными частицами (максимум 5,5 ПДК), а также металлами: железом, кобальтом, медью, никелем и свинцом (табл. 3.10). Содержание наиболее токсичных металлов – ртути и кадмия, – оставалось существенно ниже допустимого предела. Повышенные концентрации металлов в водах Северного Каспия, обусловлены поступлением их, как из антропогенных, так и из естественных источников. На Северном Каспии наиболее важным источником загрязнения металлами является вынос их с речными водами из районов, где они выделяются в результате выветривания и разрушения горных пород – образуется естественный природный геохимический фон. Исходя из этого, при расчете уровня загрязнения морских вод на станциях вековых разрезов III и IIIa концентрация металлов не учитывалась. В 2016 г. воды Северного Каспия характеризовались как «загрязненные».

Анализ динамики изменения расчетной характеристики загрязнения вод Северного Каспия за период 2010–2016 гг. показал, что ее изменение обусловлено преимущественно ростом среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов. Воды разреза IIIa находятся под непо-

Таблица 3.10. Концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³ и единицы ПДК) в водах Северного Каспия в 2016 г.

Параметр	Вековой разрез III			Вековой разрез IIIa		
	Средняя	Мин.	Макс.	Средняя	Мин.	Макс.
Fe	180 3,6 ПДК		530 10,6 ПДК	170 3,4 ПДК		260 5,2 ПДК
Cu	8,31 1,7 ПДК		23,6 4,7 ПДК	8,0 1,6 ПДК		41,4 8,3 ПДК
Zn	23,8 0,7 ПДК		97 1,94 ПДК	20,2 0,4 ПДК		86,8 1,74 ПДК
Ni	16,1 1,6 ПДК		39,5 3,9 ПДК	10,8 1,1 ПДК		65,9 6,6 ПДК
Co	14,07 2,8 ПДК	0,2 0,04 ПДК	49,4 9,9 ПДК	14,66 2,9 ПДК	2,8 0,6 ПДК	53,3 10,7 ПДК
Cd	0,79 0,08 ПДК	0,1 0,01 ПДК	5,56 0,6 ПДК	0,64 0,06 ПДК	0,04 <0,01 ПДК	2,95 0,3 ПДК
Pb	12,1 1,2 ПДК	0,9 0,09 ПДК	38,1 3,8 ПДК	12,3 1,2 ПДК	1,5 0,15 ПДК	32,6 3,3 ПДК
Mn	2,9 0,06 ПДК	0,3 <0,01 ПДК	9,6 0,19 ПДК	2,5 0,05 ПДК	0,5 0,01 ПДК	9,4 0,19 ПДК
Hg	0,049 0,49 ПДК	0,01 0,1 ПДК	0,06 0,6 ПДК	0,028 0,28 ПДК	0,01 0,1 ПДК	0,07 0,7 ПДК

Таблица 3.11. Повторяемость превышения ПДК концентрации нефтяных углеводородов, железа и меди в водах Северного Каспия на разрезах III и IIIa в 2016 г.

Загрязняющее вещество	Повторяемость превышения ПДК(%)				
	1 ПДК	2 ПДК	3 ПДК	4 ПДК	5 ПДК
Нефтяные углеводороды	95,9	75,0	52,1	37,5	29,3
Железо	100	100	70,5	20,5	6,8
Медь	75,6	24,5	13,3	4,4	4,4

средственным воздействием стока Волги, тогда как разрез III расположен восточнее и находится под влиянием переноса вод из восточной части Северного Каспия. Полученные оценки позволяют предположить, что загрязнение вод центральной части Северного Каспия нефтяными углеводородами вызвано в большей степени влиянием переноса вод из казахстанского сектора недропользования, чем воздействием стока Волги.

В водах разрезов III и IIIa Северного Каспия в 2016 г. содержание нефтяных углеводородов и меди превышало ПДК на 96% и 76% площади акватории, соответственно, а железа – на всей акватории (табл. 3.11).

В водах **открытого Каспия** превышение норматива было отмечено только для фенолов (2,4/4 ПДК), тогда как значения концентрации нефтяных углеводородов, аммонийного азота и СПАВ не превышали 1 ПДК. Кислородный режим в 2016 г. был в пределах многолетней нормы – концентрация растворенного кислорода изменялась в пределах 7,81–9,86 мгО₂/дм³, в среднем составив 8,91 мгО₂/дм³. Воды открытого моря на границе между Северным и Средним Каспием оцениваются как «умеренно загрязненные».

Воды **Дагестанского взморья** от п. Лопатин на севере до взморья р. Самур на юге у границы с Азербайджаном характеризовались как «загрязненные», а у Каспийска и на взморье р. Самур – «умеренно загрязненные». Приоритетным загрязняющим веществом сохранились фенолы: их средние значения варьировали от 2,5 ПДК у Каспийска до 4,1 ПДК на взморье р. Терек, максимальные значения – от 4 ПДК у Дербента до 8 ПДК на взморье р. Сулак. Немного меньший вклад в общее загрязнение вносили нефтяные углеводороды: среднее содержание их в воде изменялось от 0,7 до 1,0 ПДК, максимальное – 1,1–1,8 ПДК (Махачкала), а также аммиачный азот: средние значения – от 0,5 до 0,8 ПДК, максимальные – от 0,9 до 2,0 ПДК (Лопатин). Кислородный режим был в пределах нормы – минимальная концентрация кислорода составила 7,1 мгО₂/дм³, что заметно выше норматива, а средняя концентрация изменялась от района к району в пределах от 8,7 до 9,2 мгО₂/дм³. В прибрежных водах Республики Дагестан в послед-

ние 30 лет наблюдается хорошо выраженный тренд снижения уровня загрязнения, однако в последние три года на всех восьми локальных участках Дагестанского побережья, где проводятся наблюдения, уровень загрязненности вод увеличивается.

Азовское море

Устьевая область реки Дон. В трех водотоках в дельте Дона приоритетным загрязнителем сохраняются нефтяные углеводороды, среднегодовая концентрация которых в 2016 г. составляла 0,063–0,079 мг/дм³ (1,3–1,6 ПДК). Максимальное значение концентрации нефтяных углеводородов (4 ПДК) было отмечено в июле в поверхностном слое протоки Мертвый Донец. Степень загрязнения донных отложений различных рукавов дельты нефтяными углеводородами была неодинаковой и в среднем соответствовала 0,35–1,1 ДК при максимуме 1,8 ДК, зарегистрированном в Мертвом Донце в середине мая. В устьях рукавов дельты Переволока и Песчаный была зафиксирована растворенная ртуть – вещество, чрезвычайно опасное для здоровья человека. В водах Переволоки ее содержание было отмечено в июле, а в рукаве Песчаный в концентрации ртути достигала 1,0 и 1,8 ПДК. Хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ не были обнаружены.

Средняя и максимальная концентрации нитритного азота превышали установленный норматив – 1,2 и 2,2 ПДК соответственно; максимальное значение было отмечено в мае у дна в протоке Переволока. Концентрация аммонийного азота в среднем составляла 0,4 ПДК и достигала 1 ПДК в мае на горизонте 7 м в придонном слое. Среднее и максимальное значение концентрации СПАВ составило 9 и 39 мкг/дм³ (менее 0,1 и 0,4 ПДК).

Минимальное содержание растворенного кислорода, которое было ниже норматива всего на 15%, было отмечено в водах Мертвого Донца в мае в придонном слое, в устьях других рукавов минимальная концентрация кислорода была заметно выше (до 150% от норматива). При этом средняя концентрация растворенного кислорода в устьях разных рукавов составляла 110–116%, а минимальная 77–93% от насыща-

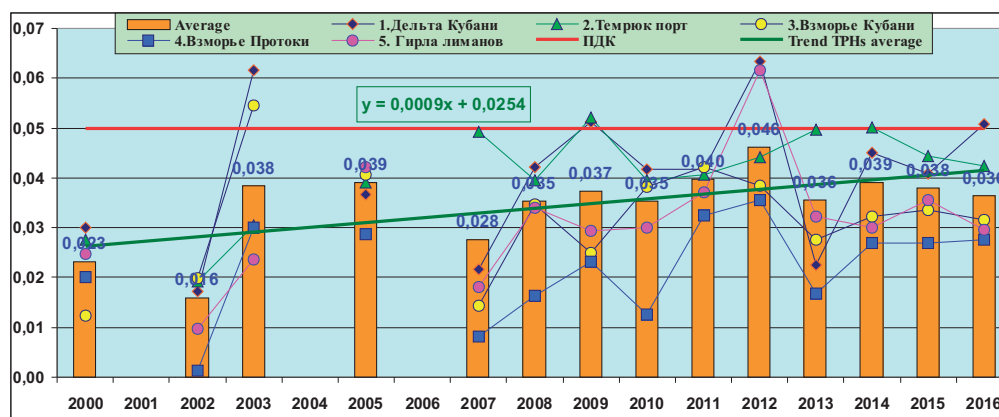


Рис. 3.60. Многолетняя динамика средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива Азовского моря

ющей при данной температуре, что свидетельствует о высокой интенсивности фотосинтеза в устьевом районе р. Дон. В целом состояние вод дельты Дона оценивается как «умеренно загрязненные» воды, что соответствует уровню последних двух лет.

Таганрогский залив. Состояние вод залива характеризуется как стабильное. Единственным загрязняющим веществом, чья средняя годовая концентрация превышала ПДК, оставались нефтяные углеводороды (1,1 ПДК, при максимальной концентрации 2,6 ПДК). По сравнению с предыдущим годом среднегодовая концентрация нефтяных углеводородов снизилась на 14%. Концентрация СПАВ изменялась в пределах от аналитического нуля до 33 мкг/дм³ (0,3 ПДК); среднее значение составило 5 мкг/дм³. Растворенная ртуть в концентрации 1–2 ПДК была обнаружена 7 раз в поверхностном слое вод Таганрогского залива в период с 26 мая по 29 сентября; средняя величина составила 0,13 ПДК. Хлорорганические пестициды не были обнаружены. Средняя годовая степень загрязнения донных отложений Таганрогского залива нефтяными углеводородами составила 1,25 ДК при максимуме 3,4 ДК, который был зафиксирован в конце июня.

Средняя годовая концентрация нитритов составила 0,7 ПДК, что на 29% больше значения 2015 г. Максимальная концентрация нитритов (114 мкг/дм³) была зафиксирована у дна в конце сентября. Содержание аммонийного азота варьировало в диапазоне 12–156 мкг/дм³ (0,4 ПДК).

Концентрация растворенного кислорода в водах залива изменялась в диапазоне 5,89–12,16 мгО₂/дм³, составив в среднем 9,24 мгО₂/дм³. Минимальное значение было зафиксировано 25 мая в придонном слое на глубине 5 м, при этом насыщение воды кислородом составило 68%. В остальной период наблюдений пробах содержание растворенного кисло-

рода не опускалось ниже допустимого предела 6,0 мг/дм³. В целом воды Таганрогского залива в 2016 г. характеризовались как «чистые».

Порт Темрюк. В 2016 г. наблюдения за качеством вод Темрюкского залива проводились в середине канала порта Темрюк, на устьевом взморье и в дельте рукавов Протока и Кубань, а также в гирлах лиманов. Максимальная концентрация нефтяных углеводородов достигала 3,4 ПДК на поверхности канала в середине февраля, а средняя годовая концентрация составила 0,043 мг/дм³ (0,9 ПДК). В целом, уровень загрязнения устьевой области реки Кубань и прибрежных вод Темрюкского залива нефтяными углеводородами в последнее десятилетие стабилизировался на уровне примерно 1 ПДК (рис. 3.60). Концентрация растворенной ртути достигала до 1,2 ПДК для пресных вод. Концентрация СПАВ изменялась от значений ниже предела определения (10 мкг/дм³) до 33 мкг/дм³, что значительно меньше ПДК. Фосфорорганические и хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ, также как и их изомеры и метаболиты (α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ), не были обнаружены.

Кислородный режим был нарушенным. Средняя годовая концентрация растворенного кислорода составила 9,20 мгО₂/дм³. Однако минимальная концентрация снижалась до 3,70 мгО₂/дм³, что составило лишь 49% от насыщения при соответствующей температуре. Сероводород обнаружен не был. Вода канала порта Темрюк характеризуется как «чистая».

В **Темрюкском заливе** на мелководном взморье рукавов Протока и Кубань, а также в устьевых районах гирл лиманов, концентрация нефтяных углеводородов достигала 1,8 ПДК, составив в среднем 0,61 ПДК. Растворенная ртуть была обнаружена (0,01 мкг/дм³, 0,1 ПДК) на взморье р. Кубань на траверсе гирла Пересыпское в 7 км от берега в поверхностном слое. Концентрация СПАВ и достигала 12 мкг/дм³

(0,1 ПДК). Хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ, также как и их изомеры и метаболиты (α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ), не были обнаружены.

Среднегодовое содержание кислорода составило $8,21 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, что соответствует уровню предыдущих лет. В августе концентрация кислорода в придонном слое опускалась ниже норматива. Минимум составил $1,71 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, при этом уровень насыщения вод кислородом не превышал 23%. Сероводород обнаружен не был. Воды устьевой области реки Кубань и Темрюкского залива оцениваются как «чистые». Анализ показателей вод моря позволяет считать, что характерными загрязняющими веществами являются нефтяные углеводороды, аммонийный и нитратный азот. В 2016 г. сохраняется тенденция роста солености вод Азовского моря, в то время как загрязнение вод биогенными веществами, СПАВ и хлорорганическими пестицидами незначительное и стабильное как в дельтовых зонах рек Дон и Кубань, так и в портах и на взморье заливов.

Черное море

Крым. Севастопольская бухта. Содержание основных показателей загрязнения вод Севастопольских бухт соответствовало естественному диапазону: соленость – 16,89–18,20‰; pH – 8,21–8,43; фосфаты – 1–8 мкг/дм³; общий фосфор – 6–48 мкг/дм³; аммонийный азот – 0–131 мкг/дм³; нитритный азот – 0–2,7 мкг/дм³; нитратный азот – 12–68 мкг/дм³. Кислородный режим вод бухт был в пределах нормы: диапа-

зон содержания растворенного кислорода в поверхностном слое составил 7,16–9,15 мгО₂/дм³, в среднем 7,90 мгО₂/дм³; в придонных водах – 5,88–9,96 мгО₂/дм³, в среднем 8,14 мгО₂/дм³. В водах бухты и среднее, и минимальное содержание кислорода в последние годы изменялось значительно (рис. 3.61). В целом средние значения содержания растворенного кислорода и в бухте, и в порту Ялты, и в Керченском проливе существенно менее подвержены межгодовой изменчивости по сравнению с минимальными значениями.

Крым. Порт Ялта. Концентрация нефтяных углеводородов на акватории морского пассажирского порта изменялась от аналитического нуля до $0,05 \text{ мг/дм}^3$ (1 ПДК, поверхностный слой, август); среднее значение составило $0,01 \text{ мг/дм}^3$. Содержание СПАВ варьировало от нуля до 45 мкг/дм^3 (0,45 ПДК, июнь) на поверхности и до 8 мкг/дм^3 в придонном слое; среднее за год 7 мкг/дм^3 (менее 0,1 ПДК). Фенолы обнаружены не были. Концентрация хлорорганических пестицидов а-ГХЦГ была в диапазоне $0\text{--}1,64 \text{ нг/дм}^3$ (0,16 ПДК), максимум наблюдался в августе в поверхностном слое; среднегодовая концентрация составила $0,24 \text{ нг/дм}^3$. Содержание линдана (γ -ГХЦГ) составляло $0\text{--}2,33 \text{ нг/дм}^3$ (0,23 ПДК); максимум наблюдался в декабре в придонном слое; среднегодовая величина $0,27 \text{ нг/дм}^3$. В 2016 г. в водах акватории морского пассажирского порта альдрин, гептахлор, ПХБ и ДДТ не были обнаружены. ДДЭ был зафиксирован только в придонном слое в феврале ($0,51 \text{ нг/дм}^3$) и ноябре ($0,56 \text{ нг/дм}^3$); ДДД был отмечен в поверхностной слое в июне ($0,71 \text{ нг/дм}^3$) и у дна в июле

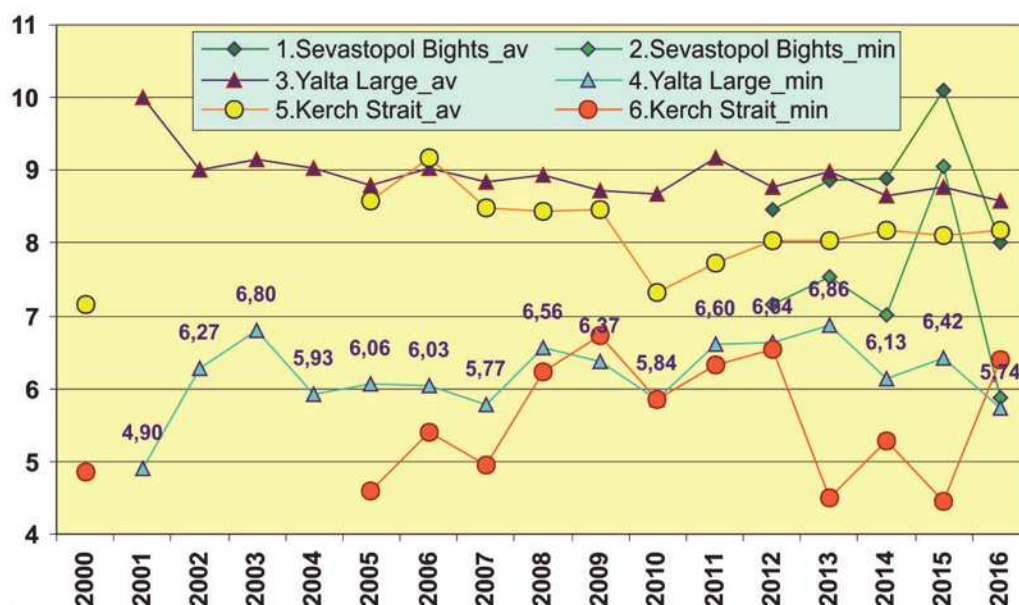


Рис. 3.61. Многолетняя динамика средней и минимальной концентрации растворенного в воде кислорода ($\text{мгО}_2/\text{дм}^3$) в прибрежных водах Крыма

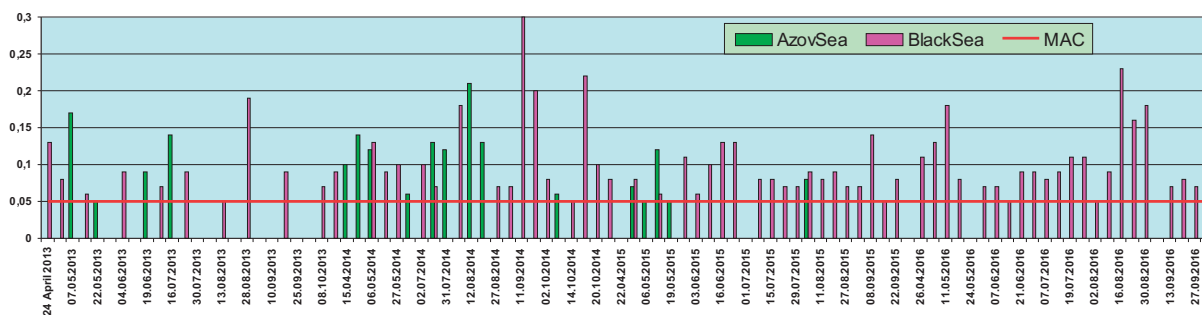


Рис. 3.62. Максимальное содержание нефтяных углеводородов (мг/дм³) в черноморских водах с соленостью более 13‰ и менее соленых азовских морских водах в Керченском проливе в 2013–2016 гг.

(0,54 нг/дм³). Значения концентрации аммонийного азота в водах порта изменялись от 5 до 42 мкг/дм³. Максимум наблюдался в декабре на поверхностном горизонте. Превышения ПДК не было отмечено. Значения растворённого в воде кислорода варьировали 5,74–10,60 мгО₂/дм³ в поверхностном слое и 6,44–10,37 мгО₂/дм³ в придонном слое. Минимум был отмечен в сентябре. Среднегодовое значение растворенного кислорода составило 8,59 мгО₂/дм³ (94% насыщения). Воды морского пассажирского порта оцениваются как «чистые».

Крым. Керченский пролив. Приоритетным загрязняющим веществом сохраняются нефтяные углеводороды (среднее содержание – 0,66 ПДК, максимальное – 4,6 ПДК). Максимальные значения концентрации нефтяных углеводородов в последние четыре года существенно превышали установленный норматив 0,05 мг/дм³ как в условно выделяемых в проливе Азовских водах с соленостью менее 13‰, так и в более соленых черноморских водах (рис. 3.62). Содержание аммонийного азота было незначительным (среднее – 0,01 ПДК, максимальное – 0,04 ПДК). Максимальная концентрация пестицида DDE не достигала даже 0,01 ПДК. Пестициды группы ГХЦГ и полихлорбифенилы в водах пролива не были обнаружены. Воды пролива оцениваются как «чистые».

Район Сочи-Адлер. В 2016 г. уровень загрязнения прибрежных вод района Большого Сочи между эстуариями рек Мзымта и Сочи по сравнению с предыдущим годом уменьшился и воды оценивались как «чистые». Средние годовые концентрации большинства нормируемых загрязняющих веществ, за исключением свинца, были существенно ниже установленных для морских вод нормативов. В то же время максимальная концентрация превышала ПДК: нефтяных углеводородов – до 2,2 ПДК, железа – 2,4 ПДК, свинца – 3,3 ПДК, взвешенных веществ – 2,1 ПДК. Наибольшее содержание легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅) составляло 0,86 ПДК. Растворенная ртуть в водах района выявлена не была.

В отличие от 2015 года, когда воды акватории порта Сочи были наиболее загрязненными по сравнению с эстуарными участками рек Сочи, Хоста и Мзымта и открытыми морскими водами, в 2016 г. наибольшее загрязнение было зафиксировано в более удаленных от берега открытых водах, что обусловлено ростом средних значений концентрации свинца, железа и нефтяных углеводородов.

Воды всей акватории от Мзымты до Сочи характеризуются единичной повторяемостью превышения ПДК нефтяных углеводородов, взвешенных веществ, железа и устойчивой повторяемостью превышения ПДК свинца. Максимальные значения концентраций нефтяных углеводородов, взвешенных веществ, железа и свинца превышали ПДК в 2–10 раз. Общий уровень загрязнения незначительный, а воды характеризовались как «чистые» и «умеренно загрязненные». Некоторое локальное ухудшение связано с увеличением концентрации свинца. В многолетней динамике состояние вод района оценивается как стабильное.

Балтийское море

Невская губа. По сравнению с предыдущим периодом в 2016 г. уровень загрязнения вод Невской губы повысился, и качество вод оценивалось как «грязные». Качество вод на разных участках губы существенно отличалось: северный курортный район – «очень грязные»; южный курортный район – «грязные»; морской торговый порт (МТП СПб) – «загрязненные»; открытая часть губы – «грязные»; северная станция аэрации – «грязные». Принимая во внимание пресноводный характер Невской губы, при оценках качества вод использовались значения ПДК для поверхностных вод суши. Основной вклад в загрязнение вносили медь (средняя годовая 4,4 ПДК/ максимальная 40,0 ПДК), железо (2,3/13,0 ПДК) и цинк (1,2/9,3 ПДК). По данным многолетних наблюдений выявлена тенденция снижения концентрации меди в водах Невской губы и восточной части Финского

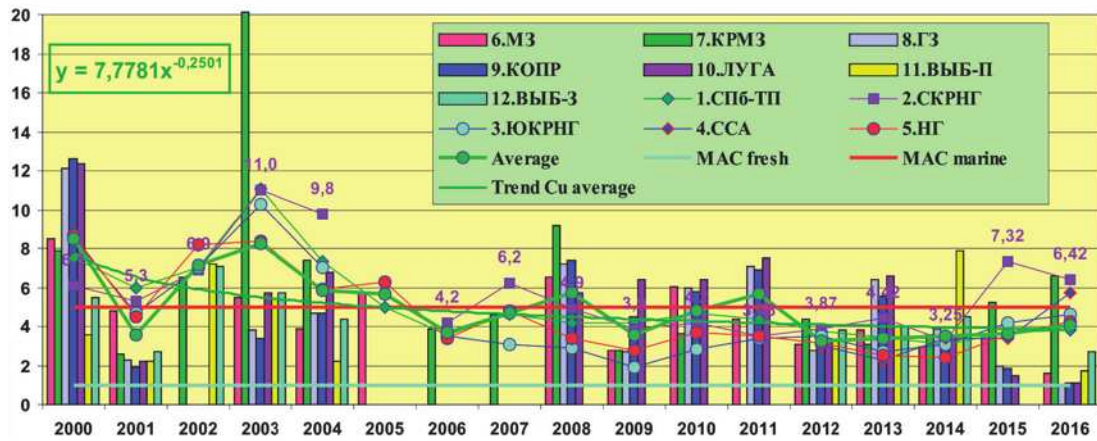


Рис. 3.63. Многолетняя динамика средней концентрации меди (мкг/дм³) в водах восточной части Финского залива в 2000–2016 г.

залива (рис. 3.63). В последние полтора десятилетия наибольшее содержание меди часто наблюдалось в курортном районе мелководной зоны залива за комплексом защитных сооружений. Установленные нормативы превышали также максимальные значения концентрации марганца (0,73/3,60 ПДК, максимальное значение зарегистрировано в июне в придонном слое), аммонийного азота (0,2/1,8 ПДК), свинца (0,14/1,48 ПДК, максимальное значение было зарегистрировано в октябре в средней части водной толщи) и фосфатов (0,1/1,3 ПДК). Концентрация кадмия была существенно ниже норматива (0,03/0,14 ПДК, максимум зарегистрирован в мае в придонном слое), ртуть и хлорорганические пестициды не были обнаружены. Загрязнение вод нефтяными углеводородами было небольшим, даже их максимальная концентрация не превышала 0,8 ПДК. Кислородный режим был в пределах нормы – средняя концентрация растворенного кислорода составила 9,85 мгО₂/дм³, а минимальная – 7,43 мгО₂/дм³.

Восточная часть Финского залива. В водах акватории было зарегистрировано содержание ртути – в среднем 0,065 мкг/дм³ (0,65 ПДК), максимум 1,07 мкг/дм³ (10,7 ПДК, уровень ЭВЗ) и меди 1,3 мкг/дм³ (0,27 ПДК), максимум 2,3 мкг/дм³ (0,46 ПДК). Максимальное загрязнение ртутью было отмечено в придонном слое на горизонте 11 м у Зеленогорска. Кроме того, было зафиксировано содержание марганца (0,15/0,42 ПДК), цинка (0,18/0,25 ПДК) и железа (0,37/2,1 ПДК). Концентрация свинца достигала 2 мкг/дм³ (0,4 ПДК). Как средняя, так и максимальная концентрации СПАВ, нитратов и аммонийного азота были ниже ПДК (не более 0,5 ПДК). Содержание никеля, хрома и кобальта было ниже предела обнаружения. Содержания нефтяных углеводородов, фенолов и хлорорганических пестицидов не было зарегистрировано. Пространственное распределение приоритетных

загрязнителей – ртути и меди, было довольно неоднородным. Из 23 определений ртути только в 5 случаях ее концентрация была ниже порога определения (0,04 мкг/дм³), а из того же количества определений меди в 13 случаях (56%) значения превышали ПДК в 1,1–6,7 раза. Средняя концентрация кислорода составила 9,44 мгО₂/дм³, но в отдельных пробах из придонного слоя его содержание опускалось ниже норматива до 3,40 мг/дм³. Качество вод восточной части Финского залива характеризуется как «чистая».

Копорская губа. Акватория губы была загрязнена ртутью при среднем значении концентрации 0,055 мкг/дм³ (0,6 ПДК) и максимальном 0,11 мкг/дм³ (1,1 ПДК). Существенный вклад в общий уровень загрязнения вод вносила медь – в среднем 1,1 мкг/дм³ (0,22 ПДК), максимальное значение 1,4 мкг/дм³ (0,3 ПДК). Наибольшие значения обоих элементов были зарегистрированы в придонном слое. Содержание других металлов и органических веществ было в пределах установленных нормативов: цинка (5,7/8,4 мкг/дм³, максимум 0,17 ПДК), марганца (3,1/3,8 мкг/дм³, максимум 0,08 ПДК), кадмия (0,1/0,1 мкг/дм³, максимум 0,01 ПДК), нитритов (1,3/1,9 мкг/дм³), нитратов (108/125 мкг/дм³). Содержания нефтяных углеводородов, фенолов, СПАВ, ХОП, железа, свинца, никеля, хрома, алюминия и кобальта не было зарегистрировано. Кислородный режим был в пределах нормы, среднее годовое содержание составило 9,46 мгО₂/дм³, а минимальное (6,66 мкг/дм³) наблюдалось в октябре в придонном слое. В 2016 г. воды Копорской губы соответствуют «чистым водам».

Лужская губа. В 2016 г. основными загрязняющими веществами акватории Лужской губы стали металлы – ртуть (средняя 0,03/ максимум 0,05 мкг/дм³, что составляет 0,3/0,5 ПДК); медь 1,1/1,4 мкг/дм³ (0,22/0,3 ПДК); железо (46/172 мкг/дм³, 0,9/3,4 ПДК) и марганец

9,1/25,1 мкг/дм³ (0,2/0,5 ПДК). Не превышали установленных нормативов концентрации кадмия (0,145/0,16 мкг/дм³, оба значения менее 0,1 ПДК) цинка (0,15/0,18 ПДК), нитритов (1,68/6,5 мкг/дм³, максимум 0,27 ПДК), аммонийного азота (12,7/54 мкг/дм³, максимум 0,14 ПДК), и нитратов (109/128 мкг/дм³, максимум 0,014 ПДК). Концентрация синтетических поверхностно-активных веществ составила 18 мкг/дм³. Содержание нефтяных углеводородов, фенолов, хлорорганических пестицидов, свинца, никеля, хрома, алюминия и кобальта было ниже предела обнаружения. Среднегодовая концентрация кислорода составила 9,65 мгО₂/дм³. В 2016 г. воды Копорской губы соответствовали «чистым» водам.

Выборгский залив. В 2016 г. основными загрязняющими веществами акватории Выборгского залива стали металлы: марганец 54/77 мкг/дм³, что соответствует 1,09/1,54 ПДК; железо 322/789 мкг/дм³ (6,44/15,8 ПДК), медь 2,72/6,10 мкг/дм³ (0,54/1,2 ПДК) и алюминий 48,3/235 мкг/дм³ (1,21/5,88 ПДК). Не превышали установленных нормативов концентрации цинка 11,4/15,1 мкг/дм³ (максимум 0,3 ПДК), кадмия 0,23/0,44 мкг/дм³ (максимум 0,04 ПДК), свинца 0,7/2,0 мкг/дм³ (максимум 0,2 ПДК), аммонийного азота 53,3/98 мкг/дм³ (максимум 0,25 ПДК), нитритов 8,9/33 мкг/дм³ (0,37/1,38 ПДК), нитратов 243/569 мкг/дм³ (максимум 0,06 ПДК). В водах Выборгского залива были зафиксированы повышенные значения биологического потребления кислорода 2,2/2,9 мгО₂/дм³, что составляет 0,73/0,97 ПДК. Содержание фенолов составило 0,6 мкг/дм³ (0,6 ПДК), СПАВ – 10 и 19 мкг/дм³. Нефтяные углеводороды и хлорорганические пестициды не были обнаружены. Уровень аэрирования вод залива был высоким, средняя годовая концентрация кислорода соответствовала норме и составила 11,00 мгО₂/дм³, минимум 10,40 мгО₂/дм³. Из-за повышенных концентраций марганца, железа и алюминия воды Выборгского залива в 2016 г. соответствовали «грязным» водам. В водах акватории Выборгского порта основными загрязняющими веществами были железо 311,5 мкг/дм³ (6,23 ПДК), марганец 68,9 мкг/дм³ (1,38 ПДК), алюминий 26 мкг/дм³ (0,65 ПДК). Содержание свинца составило 1,0 мкг/дм³ (0,1 ПДК), меди – 1,7 мкг/дм³ (0,34 ПДК), кадмия – 0,21 мкг/дм³ (0,02 ПДК), цинка – 7,8 мкг/дм³ (0,16 ПДК). Не превышали установленных нормативов концентрации фосфатов (в среднем 11 мкг/дм³/0,22 ПДК), нитритов 5,2 мкг/дм³ (0,22 ПДК), аммонийного азота 97 мкг/дм³ (0,25 ПДК), нитратов 164 мкг/дм³ (0,018 ПДК). Содержания нефтяных углеводородов, фенолов и хлорорганических пестицидов не было обнаружено. Средняя годовая

концентрация кислорода соответствовала норме и составила 10,85 мгО₂/дм³. Из-за повышенных концентраций железа, марганца и алюминия качество вод Выборгского залива в 2016 г. оценивалось как «грязные» воды.

Белое море

Двинский залив. Соленость центральной части залива в среднем составила 24,47 ‰ с наибольшими значениями в придонном слое. Содержание нефтяных углеводородов в воде залива не достигало предела обнаружения. Содержание хлорорганических пестицидов в водах Двинского залива было незначительным: концентрация ДДТ составила в среднем 0,05 нг/дм³, тогда как его метаболита ДДЭ в среднем составила 0,3 нг/дм³ (ПДК каждого из этих веществ принято равным 10 нг/дм³). Линдан (γ-ГХЦГ) и его изомеры не были обнаружены. Содержание аммонийного азота в среднем составило 5,40 мкг/дм³, максимальное содержание (20,89 мкг/дм³) было отмечено в придонном слое на мелководье у Северодвинска. Концентрация нитритного азота находилась в диапазоне 0,5–4,93 мкг/дм³, в среднем 2,21 мкг/дм³; нитратного азота 0–244,39/41,54 мкг/дм³; общего фосфора 11,22–43,41/18,87 мкг/дм³, фосфатов 1,18–23,64/10,40 мкг/дм³ и силикатов 1,18–23,64/10,40 мкг/дм³. Кислородный режим вод Двинского залива был в пределах среднегогодовой нормы; среднее содержание растворенного кислорода составило 8,04 мгО₂/дм³, а диапазон его изменений – 6,08–9,12 мгО₂/дм³.

Кандалакшский залив. В торговом порту г. Кандалакша качество вод улучшилось и оценивалось как «чистые». Средняя и максимальная концентрации определяемых веществ не превышала установленных ПДК. Приоритетными загрязняющими веществами сохранились медь (0,9/1,0 ПДК), нефтяные углеводороды (0,4/0,8 ПДК) и железо (0,4/0,7 ПДК). Было зарегистрировано содержание в водах пестицидов α-ГХЦГ (максимум 1,9 нг/дм³), γ-ГХЦГ (максимум 0,9 нг/дм³), ДДТ (максимум 9,4 нг/дм³ или 0,9 ПДК) и ДДД (максимум 8,8 нг/дм³ или 0,9 ПДК). Содержание растворенного в воде кислорода по сравнению с предыдущими годами несколько повысилось. Средняя величина составила 11,56 мг/дм³, а минимальная – 9,25 мгО₂/дм³, что указывает на отсутствие нарушения кислородного режима.

Баренцево море

Кольский залив. В 2016 г. на водопосту торгового порта г. Мурманска содержание нефтяных углеводородов изменялось от 0,029 до

0,149 мг/дм³ (3 ПДК); а среднегодовое значение составило 0,070 мг/дм³ (1,4 ПДК). В водах акватории порта были зафиксированы тяжелые металлы, средняя концентрация которых составила: меди – 5,3 (1,1 ПДК); никеля – 1,4 (0,1 ПДК); марганца – 10,8 (0,2 ПДК); железа – 37,5 (0,8 ПДК) и кадмия – 0,26 мкг/дм³ (0,03 ПДК). Содержание свинца, хрома, а также детергентов и взвешенных веществ было ниже предела обнаружения. Содержание ртути в июле было на уровне 0,01 мкг/дм³ (0,1 ПДК). В водах водпоста были зарегистрированы в незначительных количествах хлорорганические соединения, максимальное содержание пестицидов группы ДДТ составило 7,0 нг/дм³ (0,7 ПДК), а ГХЦГ – 1,8 нг/дм³ (0,2 ПДК). Концентрация аммонийного азота в течение года изменялась в пределах от 43,5 до 1014,5 мкг/дм³, в среднем 373,7 мкг/дм³; среднегодовое содержание фосфора фосфатного составило 104,8 мкг/дм³, предел колебаний 0,00–345,18 мкг/дм³. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ варьировало от аналитического нуля до 2,3 мгО₂/дм³ (0,8 ПДК). В районе расположения водпоста кислородный режим морских вод был удовлетворительным в течение всего года. Содержание растворенного кислорода изменялось в пределах 9,34–11,42 мгО₂/дм³, среднегодовая концентрация составляла 10,12 мгО₂/дм³. В целом, по результатам наблюдений в 2016 г. воды Кольского залива в районе расположения водпоста торгового порта г. Мурманска соответствуют «умеренно загрязненным» водам. Следует отметить, что за последние пять лет качество вод в районе расположения водпоста торгового порта г. Мурманска улучшилось за счет уменьшения средних концентраций нефтяных углеводородов, железа и меди.

Тихий океан

Шельф полуострова Камчатка. Авачинская губа. Авачинская губа представляет собой замкнутый водоем с высокой антропогенной нагрузкой, соединенный с Тихим океаном довольно узким проливом. Источники поступления загрязняющих веществ и интенсивность стока сохраняются на постоянном уровне в течение многих лет. В 2016 г., также как и в предыдущие годы, воды Авачинской губы были загрязнены фенолами (среднее содержание 3,0/максимальное 21 ПДК), нефтяными углеводородами (2,8/14,8 ПДК) и детергентами (0,9/3,7). Концентрации НУ и СПАВ, увеличивающиеся в течение последних 10 лет, достигли своего максимума. Концентрация аммонийного азота была значительно меньше норматива. К числу естественных загрязнителей морских вод относится обусловленная весенним речным стоком большая мутность воды, составлявшая в среднем 7,2 ПДК и достигавшая 16,7 ПДК в придонном слое в Раковой бухте в мае 2016 г.

Кислородный режим в целом удовлетворительный и следует естественному сезонному ходу. Средняя годовая концентрация растворенного кислорода составила 9,55 мгО₂/дм³. В летний период из-за обострения вертикальной стратификации за счет понижения солености и повышения температуры поверхностных вод отмечалось нарушение кислородного режима и образование дефицита кислорода в придонных водах. Минимальное значение составило 2,37 мгО₂/дм³ в придонном слое на глубине 20 м в приустьевой зоне реки Паратунка в сентябре 2016 г.

В 2016 г. по сравнению с предыдущими годами качество вод Авачинской губы ухудшилось и соответствовало «грязным водам», что обусловлено более высокими средними концентрация-

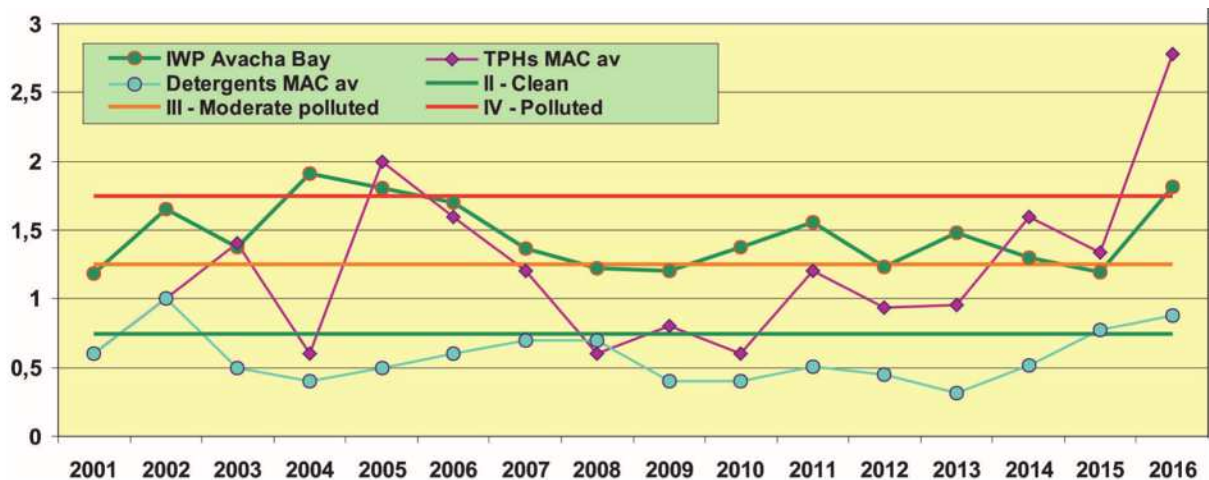


Рис. 3.64. Динамика изменения Индекса Загрязненности Вод (IWP) и средних ПДК нефтяных углеводородов (TPHs MAC) и СПАВ (Detergents MAC) в водах Авачинской губы Камчатки в 2001–2016 гг.

ми фенолов, нефтяных углеводородов и СПАВ, а также понижением содержания растворенного кислорода (рис. 3.64).

Охотское море

В 2016 г. морские воды в районе пос. **Стародубский** были загрязнены нефтяными углеводородами (средняя 1,7/ максимум 6,8 ПДК) и легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) (1,4/2,3 ПДК) и в меньшей степени – фенолами (0,4/2,4 ПДК) и медью (0,6/1,2). Концентрации детергентов, цинка и кадмия, как среднегодовая, так и максимальная) не превышали установленных нормативов. Кислородный режим был в пределах нормы: среднее содержание растворенного кислорода составило 8,3 мгО₂/дм³, минимальное – 7,7 мгО₂/дм³. Качество вод в районе пос. Стародубский оценивалось как «умеренно загрязненные» воды. В донных отложениях в районе пос. Стародубский было зарегистрировано превышение нормативов нефтяных углеводородов (1,0/2,1 ПДК) и фенолов (0,3/1,1 ДК). Содержание кадмия, меди, свинца, цинка было незначительным, а максимальные значения не превышали 0,1 ДК.

В заливе Анива в районе пос. **Пригородное** в 2016 г. отмечалось загрязнение морских вод легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) (1,3/3,1 ПДК), медью (0,6/3,1 ПДК), цинком (0,3/1,1 ПДК). При этом как средняя, так и максимальная концентрации кадмия, нефтяных углеводородов, фенола, СПАВ, свинца, аммонийного азота не превышали ПДК. Кислородный режим был в целом удовлетворительным (среднее годовое значение концентрации кислорода 7,4 мгО₂/дм³), однако в отдельных случаях концентрация снижалась до уровня норматива (6,0 мгО₂/дм³). Воды в районе поселка Пригородное относятся к «чистым». В донных

отложениях содержание кадмия, нефтяных углеводородов, фенола, меди, цинка не превышало норматива (максимальное значение 0,9 ДК).

Морские воды залива Анива в районе **пос. Корсаков** в 2016 г. были загрязнены легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) (1,2/2,4 ПДК), медью (1,8/10,0 ПДК), фенолами (0,1/2,1 ПДК) и цинком (0,3/1,1 ПДК). При этом как средняя, так и максимальная концентрации кадмия, фенолов, СПАВ, свинца, аммонийного азота превышали ПДК. Среднегодовое содержание кислорода было в целом удовлетворительным (7,2 мгО₂/дм³), однако в отдельных случаях в придонном слое его содержание уменьшалось до уровня ниже норматива (4,1 мгО₂/дм³ в мае и октябре 2016 г.). Воды в районе порта г. Корсакова в 2016 г. соответствовали «умеренно-загрязненным». В донных отложениях содержание нефтяных углеводородов составило 2,0 ДК, фенолов – 0,9 ДК, а меди, цинка, кадмия и свинца не превышало 0,1 ДК.

Японское море

Залив Петра Великого. В 2016 г. во всех прибрежных районах залива Петра Великого было зафиксировано существенное и иногда многократное увеличение концентрации нефтяных углеводородов (рис. 3.65). В период 2010–2016 гг. средняя за год их концентрация варьировала примерно в пределах 1,4–3,7 ПДК. Среднегодовое значение сохраняется традиционно наибольшим в бухте Золотой Рог, однако в 2016 г. значительно увеличилось загрязнение нефтяными углеводородами также Амурского и Уссурийского заливов.

Абсолютный максимум концентрации нефтяных углеводородов в морской воде составил 35,6 ПДК (1,78 мг/дм³) и был зафиксирован в мае в придонном слое на выходе из бухты Золо-

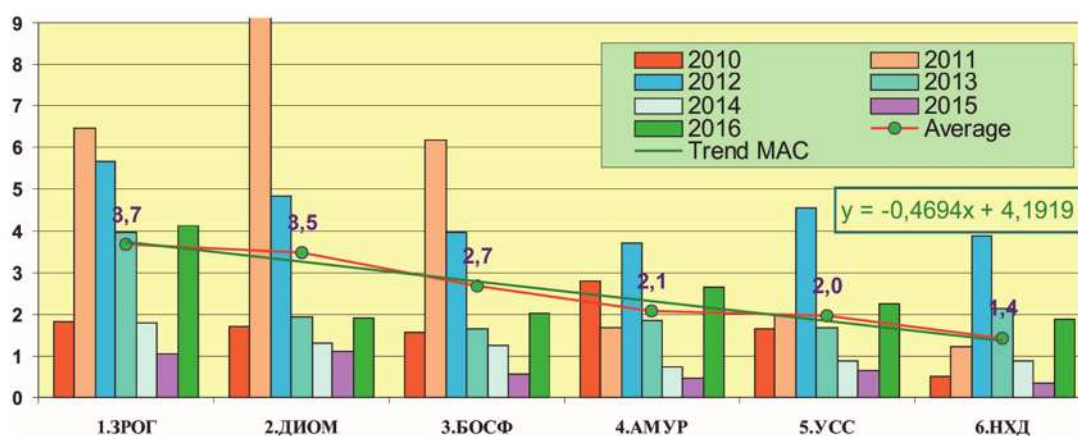


Рис. 3.65. Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (в ПДК) в водах различных районов залива Петра Великого Японского моря:

1 – бухта Золотой Рог; 2 – бухта Диомид; 3 – пролив Босфор Восточный; 4 – Амурский залив; 5 – Уссурийский залив; 6 – залив Находка

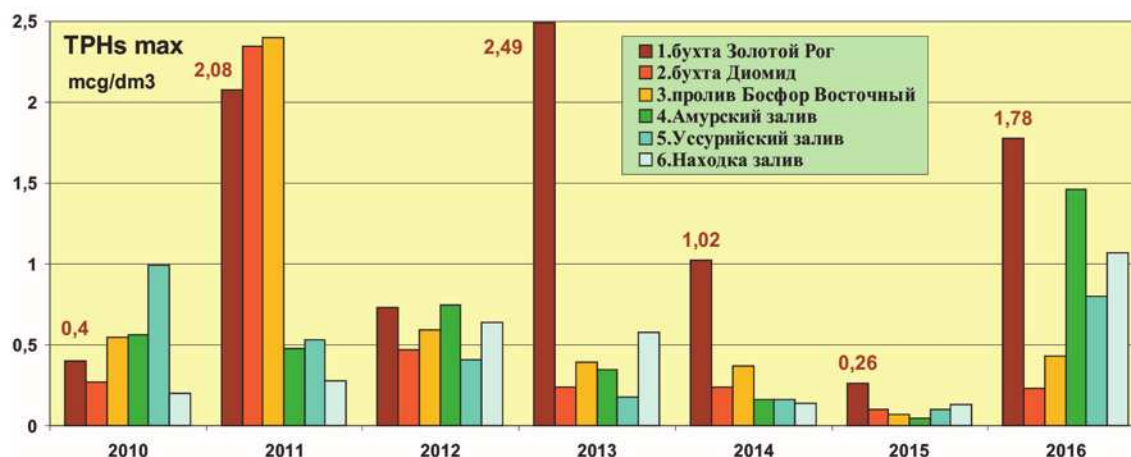


Рис. 3.66. Динамика максимальной концентрации нефтяных углеводородов (в ПДК) в водах различных районов залива Петра Великого Японского моря:

1 – бухта Золотой Рог; 2 – бухта Диомид; 3 – пролив Босфор Восточный; 4 – Амурский залив; 5 – Уссурийский залив; 6 – залив Находка

той Рог. Среднегодовое содержание НУ во всех прибрежных районах залива Петра Великого повысилось: в бухте Золотой Рог – с 1 до 4,2 ПДК; в бухте Диомид – с 1,2 до 1,9 ПДК; в проливе Босфор Восточный – с 0,6 до 2 ПДК; в Амурском заливе – с 0,4 до 2,6 ПДК (в 6,5 раз); в Уссурийском заливе – с 0,6 до 2,2 ПДК; в заливе Находка – с 0,4 до 1,8 ПДК (рис. 3.66).

Среднее содержание фенолов в прибрежных водах залива Петра Великого изменялось в диапазоне 0,7–1 ПДК, максимальные значения были отмечены в летнее время в Уссурийском заливе (более 3 ПДК), в Амурском заливе (2,8 ПДК) и в бухте Диомид (2,7 ПДК). Среднегодовая концентрация фенолов почти во всех прибрежных районах практически не изменилась. Только в проливе Босфор Восточный отмечено некоторое увеличение содержания фенолов с 0,6 до 0,8 ПДК. Содержание АПАВ в 2016 г. изменялось в диапазоне 1,6–2,3 ПДК; наибольшие значения были зарегистрированы в бухте Золотой Рог (4,3 ПДК) и в Уссурийском заливе

(4,5 ПДК). По сравнению с предыдущим десятилетием уровень загрязненности морских вод АПАВ резко повысился во всех прибрежных районах в 2,5–7 раз (рис. 3.67).

В прибрежных водах залива Петра Великого в большинстве районов среднегодовое содержание металлов (медь, цинк, свинец, марганец, кадмий) было менее 1 ПДК и по сравнению с предыдущим периодом наблюдений существенных изменений не было отмечено. Исключение, как и в 2015 г., составили Амурский и Уссурийский заливы, где среднегодовое содержание железа составило 1,5 и 1,0 ПДК, а максимальное 5,8 и 7 ПДК. При этом следует отметить, что и среднее, и максимальное содержание снизилось: в Амурском заливе – в 1,5 и 6,4 раза, в Уссурийском – в 2,3 и 1,4 раза. Превышение ПДК железа было отмечено практически во всех районах, за исключением бухты Золотой Рог; диапазон превышения составил 1–7 ПДК. В отдельных районах было отмечено превышение ПДК меди (Уссурийский залив – 4,4 ПДК), цинка (Амур-

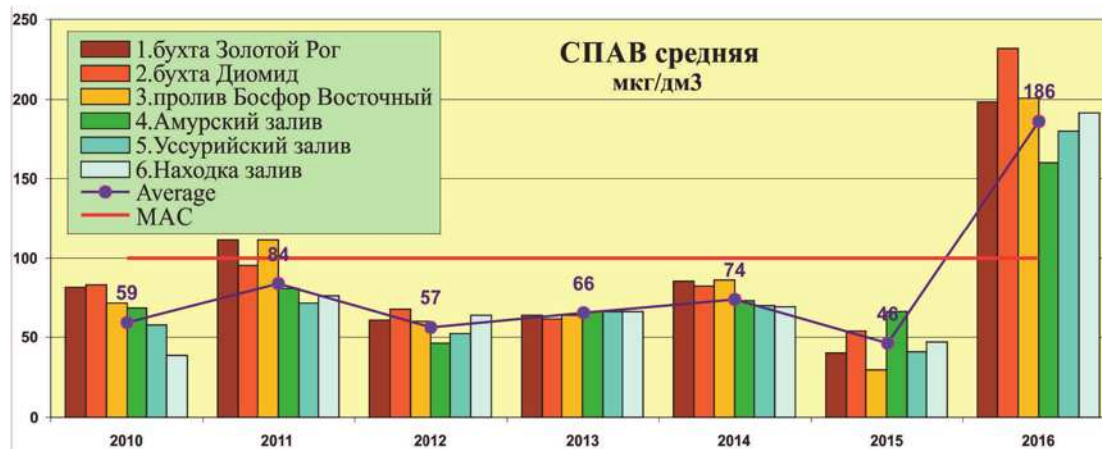


Рис. 3.67. Динамика среднегодовой концентрации АПАВ (в ПДК) в водах различных районов залива Петра Великого Японского моря

ский залив – 1,6 ПДК), марганца (бухта Диомид и Амурский залив – 1,7 и 2 ПДК). Среднегодовое содержание ртути в морской воде во всех прибрежных районах было ниже 1 ПДК; в отдельных случаях было зарегистрировано превышение ПДК ртути в бухте Золотой Рог (1,6 ПДК), в проливе Босфор Восточный (1,2 ПДК) и в заливе Находка (1,3 ПДК).

В бухте Золотой Рог в 2016 г. среднее биохимическое потребление кислорода за пять суток (БПК₅) возросло в 1,75 раза и составило 1,4 ПДК (4,16 мгО₂/дм³). Максимальное значение (13,0 мгО₂/дм³, 6,5 ПДК, что соответствует уровню высокого загрязнения – ВЗ) было зарегистрировано в августе в вершине бухт, где было зарегистрировано еще 5 случаев высокого загрязнения по БПК₅. Кроме этого, в августе был отмечен 1 случай ВЗ по БПК₅ в бухте Диомид (10 мгО₂/дм³, 5 ПДК) и 2 случая ВЗ в проливе Босфор Восточный и бухте Улисс (14,0 и 11,0 мгО₂/дм³, 7 и 5,5 ПДК соответственно).

В 2016 г. кислородный режим в прибрежных водах был в пределах среднесезонной нормы. Среднее содержание растворенного кислорода в толще вод находилось в диапазоне 7,64–10,80 мгО₂/дм³. Минимальное значение было зафиксировано в кутовой части бухты Золотой Рог в августе – 2,73 мгО₂/дм³, уровень ВЗ. Во всех остальных районах содержание растворенного кислорода в воде не опускалось ниже 6,00 мгО₂/дм³.

В 2016 г. по сравнению с 2015 г., когда воды всех прибрежных районов залива Петра Великого относились к «чистым» или «умеренно-загрязненным», качество вод всех районов залива Петра Великого ухудшилось. Качество воды бухты Золотой Рог ухудшилось от «умеренно-загрязненных» до «грязных», качество вод бухты

Диомид, Амурского и Уссурийского заливов – от «умеренно-загрязненных» до «загрязненных», а качество вод пролива Босфор Восточный и залива Находка – от «чистых» до «загрязненных» и «умеренно-загрязненных» соответственно (рис. 3.68); в бухте Находка качество вод хуже («загрязненные») чем в заливе Находка в целом – «умеренно-загрязненные».

В 2016 г. среднегодовое содержание нефтяных углеводородов в **донных отложениях** прибрежных районов залива Петра Великого изменялось в диапазоне 0,01–22,19 мг/г. По-прежнему, в наибольшей степени загрязнены донные отложения бухты Золотой Рог. Так, среднегодовая концентрация нефтяных углеводородов в 2013 г. (6,14 мг/г) превысила допустимый уровень концентрации почти в 123 раза, 2014 г. – в 210 раз; в 2015 г. – 261,8 ДК, в 2016 г. – 202 ДК (ДК – допустимый уровень концентрации). Максимальная концентрация НУ, зафиксированная в бухте Золотой Рог, достигала 444 ДК. По сравнению с предыдущим годом почти во всех прибрежных районах, за исключением Амурского залива, отмечено некоторое снижение среднегодовой концентрации НУ в донных отложениях. Среднегодовое содержание фенолов в донных отложениях залива Петра Великого варьировало в диапазоне 1,5–5,5 мкг/г; в целом уровень загрязненности фенолами не изменился. Максимальные величины были отмечены в бухтах Золотой Рог и Диомид – 8,4 и 6,1 мкг/г соответственно.

В 2016 г. в Амурском заливе, в заливе Находка и в проливе Босфор Восточный среднее содержание определяемых металлов (за исключением кадмия и ртути) не превышало ДК. В пробах донных отложений содержание кадмия и ртути в Амурском заливе составило 1,4 и 1,9 ДК, в за-

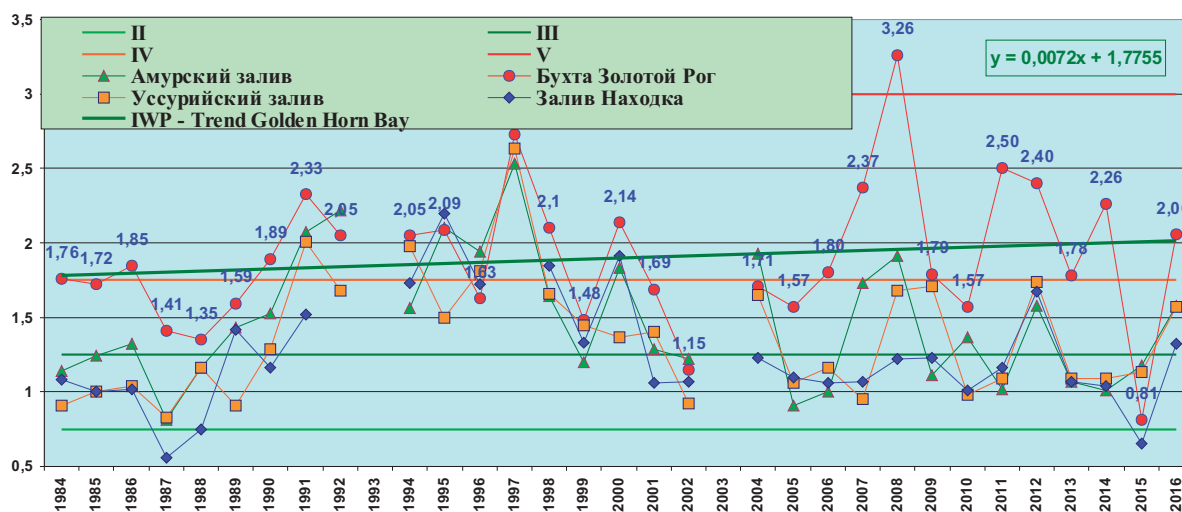


Рис.3.68. Многолетняя динамика индекса загрязненности вод (ИЗВ) в различных районах залива Петра Великого Японского моря

ливие Находка – 5,3 и 1,7 ДК, в проливе Босфор Восточный кадмия – 1,3 ДК, а в бухте Врангеля залива Находка в сентябре было отмечено очень высокое содержание кадмия – более 26 ДК. В наиболее загрязненных бухтах Золотой Рог и Диомид среднегодовые концентрации меди (2,6 и 18,2 ДК), кадмия (2,4 и 4,8 ДК), свинца (1,1 и 4,1 ДК), цинка (2 и 15,7 ДК) и ртути (2 и 1,8 ДК) значительно превысили уровень ДК. По-прежнему, в донных отложениях всех прибрежных районов залива Петра Великого отмечается очень высокая концентрация железа: среднегодовые значения в 2016 г. были в диапазоне 13246–37838 мкг/г; что почти соответствует значениям прошлого года – 14045–38839 мкг/г. Наиболее высокие значения наблюдались в бухте Диомид (до 54941 мкг/г), в Амурском заливе (38331), в бухте Золотой Рог (30735) и в бухте Находка (30611).

Во всех прибрежных районах залива Петра Великого среднегодовая суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ превысила ДК. В Бухте Золотой Рог их концентрация составила 17,7 ДК, в бухте Диомид – 43 ДК; в проливе Босфор Восточный – 2,2 ДК, а собственно в бухте Улисс, которая является частью акватории пролива Босфор Восточный – 5,5 ДК; в Амурском заливе среднегодовая сумма пестицидов группы ДДТ составила 1,2 ДК, в Уссурийском заливе – 2,6 ДК, в заливе Находка – 1,6 ДК, а в бухте Находка – 4,5 ДК. Пестицидами группы ДДТ в наибольшей степени загрязнены донные отложения бухты Диомид и бухты Золотой Рог, в меньшей степени – донные отложения бухты Улисс и бухты Находка. Примерно такая же закономерность была отмечена в распределении линдана (γ -ГХЦГ): среднегодовое содержание в бухте Диомид составило 186 ДК (по сравнению с 2015 г. увеличение в 46,5 раз), в бухте Золотой Рог – 26 ДК; в проливе Босфор Восточный – 12 ДК, в бухте Улисс – 14 ДК; в Амурском заливе – 4 ДК, в заливе Находка – 6 ДК. Следует отметить, что в 2016 г. отмечено высокое содержание γ -ГХЦГ в донных отложениях Уссурийского залива, являющегося одним из курортных районов Приморья: среднегодовая концентрация составила 16 ДК, максимальная концентрация – 36 ДК.

Среднегодовые значения суммы ПХБ практически везде превышали ДК: в бухте Золотой Рог их содержание соответствовало 19 ДК, в бухте Диомид – 65 ДК (увеличение в 2 раза), в проливе Босфор Восточный – 14 ДК, в бухте Улисс – 22 ДК, в Амурском заливе – 1,5 ДК, в заливе Находка – 2,6 ДК, в бухте Находка – 5,7 ДК. Только в Уссурийском заливе среднее содержание ПХБ не превысило 1 ДК.

Качество вод различных участков залива Петра Великого существенно различается. Бух-

та Золотой Рог и бухта Диомид – это самые загрязненные акватории в заливе Петра Великого. Максимальные концентрации многих загрязняющих веществ, включая нефтяные углеводороды, СПАВ, фенолы, железо, ртуть, кадмий и другие тяжелые металлы, в водах бухты Золотой Рог и бухты Диомид многократно превышали установленные нормативы. В бухте Золотой Рог нарушен кислородный режим: в 2016 г. было отмечено 6 случаев снижения содержания растворенного кислорода ниже норматива, вплоть до $2,74 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ (уровень ВЗ). Состояние донных отложений в этой бухте можно характеризовать как кризисное. Уровень загрязненности других прибрежных районов залива Петра Великого по сравнению с бухтами Золотой Рог и Диомид, можно считать относительно благополучным, а качество их вод оценивается как удовлетворительное. Приоритетными загрязняющими веществами для залива Петра Великого являются нефтяные углеводороды (максимум 35,6 ПДК), фенолы (2,8 ПДК), детергенты (4,5 ПДК), железо (7 ПДК) и ртуть (2,8 ПДК).

Татарский пролив. В 2016 г. регулярные наблюдения за уровнем загрязненности морских вод и донных отложений проводились в прибрежной зоне в районе порта г. Александровск-Сахалинский. В 2016 г. по сравнению с 2015 г. в прибрежных водах повысилось среднегодовое содержание нефтяных углеводородов и составило 1,2 ПДК (в 2015 г. – 0,7 ПДК). Максимальное значение было отмечено в мае и составило 2,8 ПДК. Содержание фенолов в воде не было обнаружено. Содержание СПАВ не превысило 0,1 ПДК.

Среднее содержание кадмия, цинка и свинца в морских водах не превышало 0,1 ПДК. Среднегодовое значение меди в 2016 г. снизилось в 2 раза и составило 0,5 ПДК. Максимальная концентрация меди в прибрежных водах пос. Александровск-Сахалинский составила 2,5 ПДК.

Кислородный режим в 2016 г. был в норме: среднее содержание растворенного кислорода составило $8,60 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$. В целом качество морских вод в Татарском проливе в районе г. Александровск по сравнению с предыдущими годами не изменилось и по-прежнему относится к «чистым».

Содержание нефтяных углеводородов в **донных отложениях** прибрежной зоны района г. Александровск было в диапазоне 0–37 мг/г (до 0,7 ДК), составив в среднем 7,8 мг/г (0,16 ДК). Содержание фенолов изменялось от 0,0 до 0,52 мг/г, составив в среднем 0,07 мг/г. Содержание тяжелых металлов находилось в следующих пределах: медь – 0,6–3,1 мкг/г (в среднем 1,9 мкг/г); цинк – 66,5–220,6 мкг/г (165,3 мкг/г); свинец – 4,5–130,0 мкг/г (44,0 мкг/г) и кадмий – 0,00–1,90 мкг/г

(0,20 мкг/г). Среднее содержание цинка превысило ДК в 1,2 раза, максимальное – в 1,6 раза. Максимальное содержание кадмия и свинца превысило ДК в 2,4 и 1,5 раза соответственно.

3.3.6. Гидробиологическая оценка состояния морских вод

В июле 2016 г. были продолжены гидробиологические наблюдения на отдельных станциях (1, 7, 9, 11 и 18) района производственно-экологического мониторинга «ЛУКОЙл» на месторождении «Кравцовское» в юго-восточной части Балтийского моря. Схема расположения станций мониторинга показана на рис. 3.69. В число показателей мониторинга входили структурно-таксономические и количественные характеристики состояния зоопланктона.

Условия температуры и солёности, от которых в значительной степени зависит развитие зоопланктона, находились в ранее определенных пределах. Температура поверхностного слоя на исследованных станциях изменялась от 17,1 до 18,5 °С, что было на 1–1,5 °С выше, чем в 2015 г., с максимумом на станции 7. Солёность поверхностного слоя изменялась от 7,1 до 7,4 psu, незначительно превышая уровни солёности лета 2015 г. После Большого затора величины солёности оказались на уровне максимальных зарегистрированных значений для исследованной части района, а на станциях 1 и 9 – самыми высокими за весь период наблюдений, однако в целом также не выходили за рамки межгодовых колебаний. Солёность придонного слоя варьировала от 7,1 до 7,6 psu и на-

ходила на уровне наиболее высоких значений, определенных в 2003–2015 гг.

Общая численность зоопланктона в районе исследований в июле составляла от 37,8 до 193,7 тыс. экз./м³, биомасса – от 381,3 до 765,3 мг/м³ (рис. 3.70, 3.71). Эти значения оказались относительно низкими в ряду данных 2003–2015 гг., особенно в районах со средними – около 30 м, глубинами. В районе нефтепровода (станция 18) численность зоопланктона была минимальной за все время наблюдений, в то время как значение его биомассы не выходило за рамки межгодовых величин (рис. 3.72).

Численность и биомасса в прибрежных районах в 2003–2015 гг. характеризовались широким диапазоном межгодовых колебаний. Например, на станции 1 численность зоопланктона варьировала от 27,9 до 1761,1 тыс. экз./м³, в то время как в более стабильных условиях глубоководной области (станция 22) в 2003–2015 гг. численность различалась всего в три раза – от 16,9 до 50,8 тыс. экз./м³ (рис. 3.73). Высокая вариабельность численности зоопланктона прибрежных мелководий, характеризующихся эвтрофированием и резкими переменаами гидрологических условий, была обусловлена развитием здесь лабильных мелкоразмерных организмов солоноватоводного планктона с коротким жизненным циклом (коловраток) и меропланктона. Как было показано в предыдущие годы, количественное развитие зоопланктона регулировалось термохалинными факторами и возрастало в теплые годы.

Хотя величины численности и биомассы в июле 2016 г. не выходили за рамки межгодовых колебаний, в 2015 и 2016 гг. было отмечено

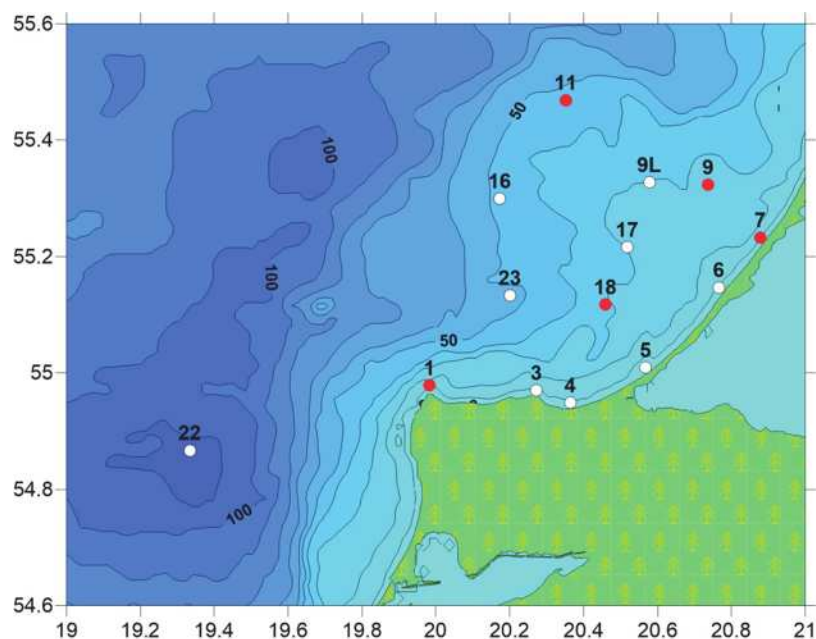


Рис. 3.69. Расположение станций экологического мониторинга ООО «ЛУКОЙЛ-Калининградморнефть» в Балтийском море в 2003–2016 гг. Красным обозначены станции, на которых проводились работы в июле 2016 г.

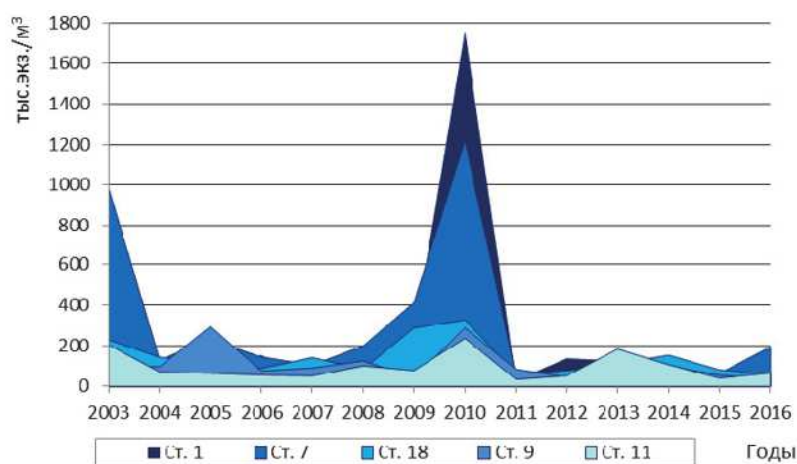


Рис. 3.70. Численность зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря (станции 1, 7, 9, 11 и 18) в июле 2003–2016 гг.

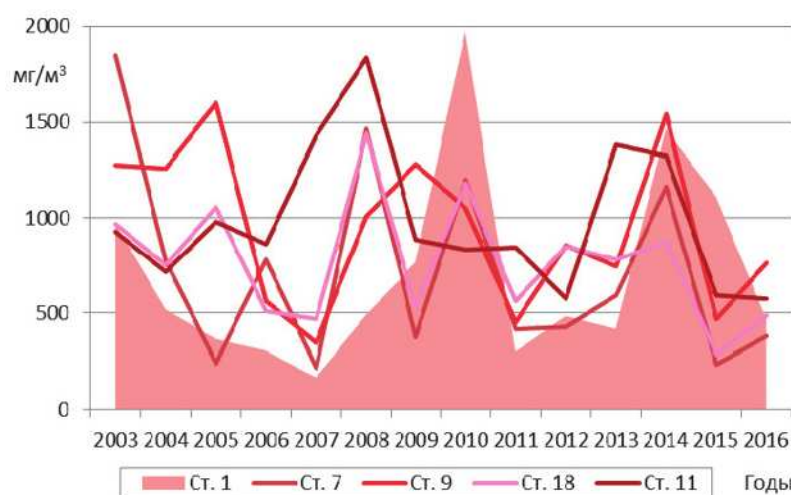


Рис. 3.71. Биомасса зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря (станции 1, 7, 9, 11 и 18) в июле 2003–2016 гг.

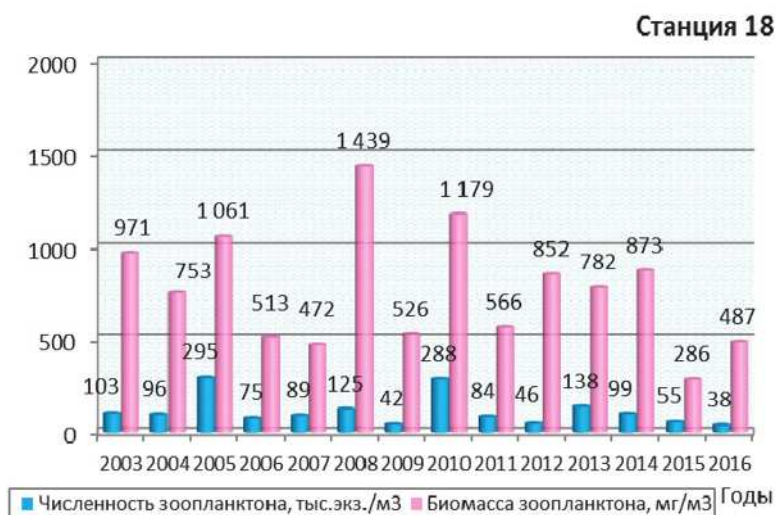


Рис. 3.72. Численность и биомасса зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря (станция 18) в июле 2003–2016 гг.

возрастание доли мертвых организмов в составе рачкового планктона (рис. 3.74, а–д). Среди копепод мертвые особи составляли от 13,5 до 34,3% с максимумом на станции 11 2,9–7,0%.

Копепод разных стадий развития были поражены паразитическим простейшими, большинство зараженных рачков были мертвыми. Массовое развитие патогенных микроорганизмов,

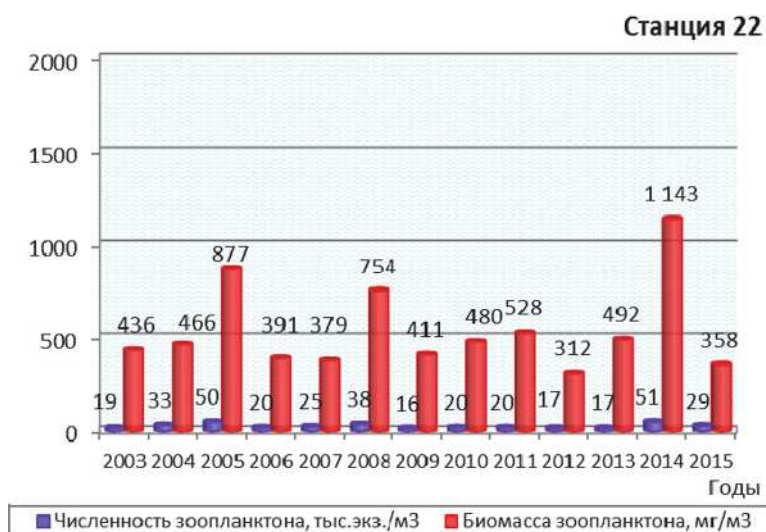


Рис. 3.73. Численность и биомасса зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря в глубоководном районе (станция 22, 110 м) в июле 2003–2016 гг.

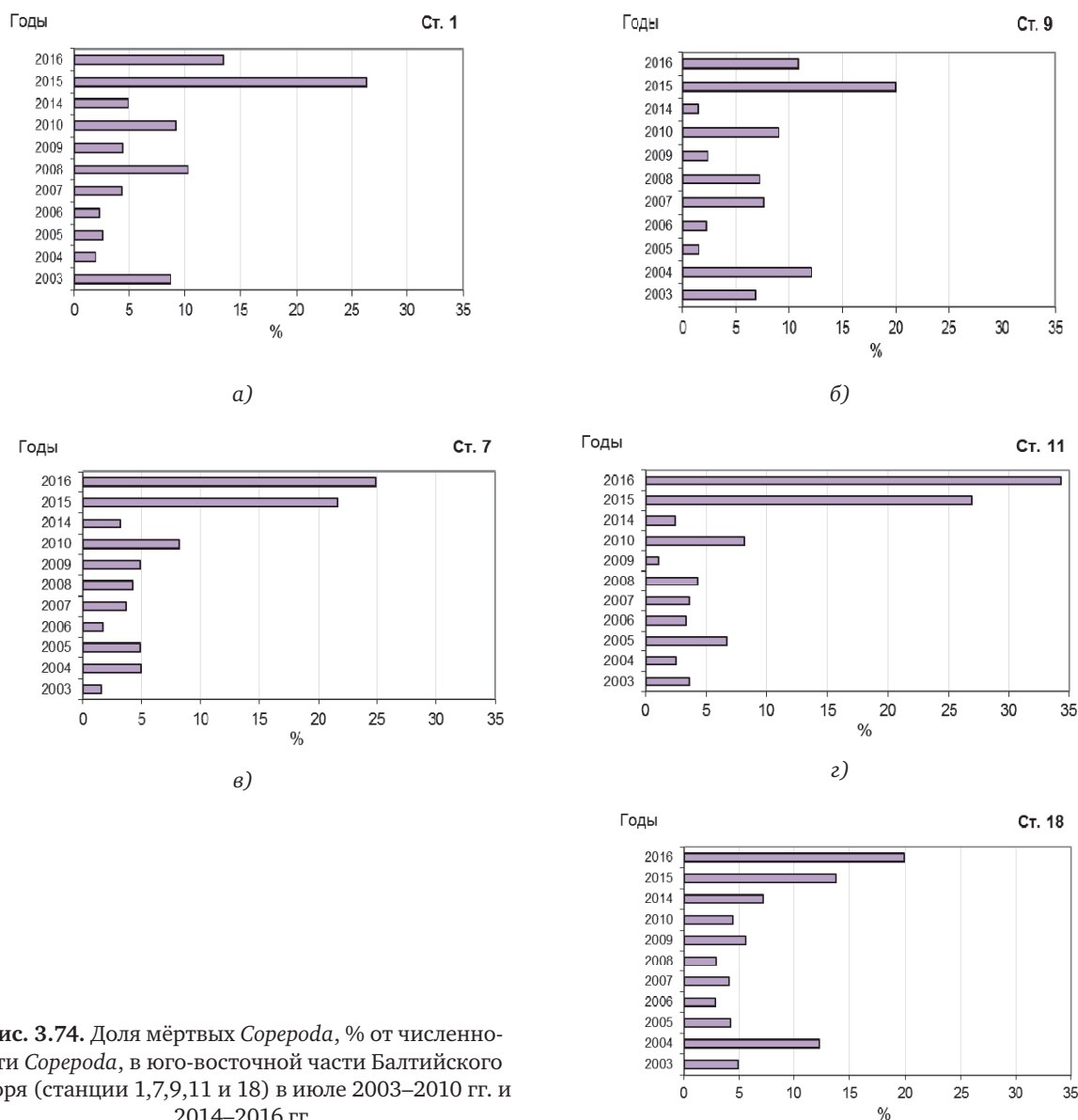


Рис. 3.74. Доля мёртвых *Ceropoda*, % от численности *Ceropoda*, в юго-восточной части Балтийского моря (станции 1, 7, 9, 11 и 18) в июле 2003–2010 гг. и 2014–2016 гг.

очевидно, было связано с цветением и отмиранием огромной массы цианобактерий *Nodularia spumigena*, сопровождающимся истощением кислорода и обогащением органикой. В то же время, массовые цветения сине-зеленых микроводорослей происходят в Балтийском море ежегодно, поэтому повышение смертности зоопланктона в 2015 г. (в условиях более низких температур, не способствующих цветению) и в 2016 г. не может объясняться только заражением паразитами. Возможно, на увеличение смертности копепод также оказало влияние изменение гидрографических условий после Большого залива соленых вод зимой 2014–2015 гг.

В составе зоопланктона в июле 2016 г. доминировали веслоногие рачки *Copepoda*. Доли численности и биомассы копепод варьировали соответственно от 33,4 до 92,0% и от 56,1 до 98,7% от общих значений. В среднем численность копепод изменялась в диапазоне, характерном для сравнительно холодного лета, и варьировала от 41,9 до 65,7 тыс. экз./м³, биомасса – от 213,7 до 727,2 мг/м³. Биомасса копепод в мелководной области была в 2–3 раза ниже, чем в районах с глубинами 30–45 м.

Среди *Copepoda* в прибрежных водах доминировали представители рода *Acartia*, где доли их количественных характеристик превышали 90%. В более глубоких водах преобладали *Temora longicornis*, составляя до 80% от численности копепод и 77,2% – от ее биомассы. Относительная численность и биомасса субдоминирующего вида *Centropages hamatus* были сравнительно высокими только на станции 11, где составляли, соответственно, 20 и 30% от суммарных величин. В предыдущие годы биомасса *C. hamatus* увеличивалась, Например, летом 2013 г. на

станции 1 она равнялась всего 5,5 мг/м³, в июле 2014 г. в этом месте уже отмечался максимум биомассы для *C. hamatus* – 300 мг/м³, а в 2015 г. *C. hamatus* формировал здесь максимальную биомассу – 640 мг/м³. Летом 2016 г. биомасса этого вида вновь существенно сократилась до 21,1 мг/м³.

В исследуемой части района, как и в 2015 г., крайне низким было содержание холодноводного *Pseudocalanus minutus elongatus*. Этот вид не был обнаружен в прибрежных водах, а его численность на станциях 18 и 11 не превышала 1 тыс. экз./м³, биомасса – 16 мг/м³. Очень низкие значения численности и биомассы были также определены для солоноватоводного *Eurytemora affinis*.

Второй по численности в летнем планктоне исследуемого района были коловратки. Доля их численности составляла более 30% в прибрежных водах (станции 1 и 7) и в глубоких водах уменьшалась до 2,6% (станция 11). При этом максимальная относительная биомасса *Rotatoria* достигала всего 5.8% биомассы зоопланктона. Численность коловраток варьировала от 1,7 до 73,0 тыс. экз./м³, биомасса – от 0,2 до 22,0 мг/м³ (рис. 3.75). По сравнению с 2014 и 2015 гг., самым многочисленным в 2016 г. был широко распространенный вид *Keratella quadrata*, также были отмечены мелкие солоноватоводные и пресноводные коловратки *Philodina sp.*, *Brachionus sp.* и более крупная *Asplanchna priodonta*. При этом типичные для этих вод крупные *Synchaeta baltica* и *S.monopus* были очень редкими. Возрастание численности мелких пресноводных коловраток, очевидно, связано с увеличением эвтрофирования и более теплыми погодными условиями.

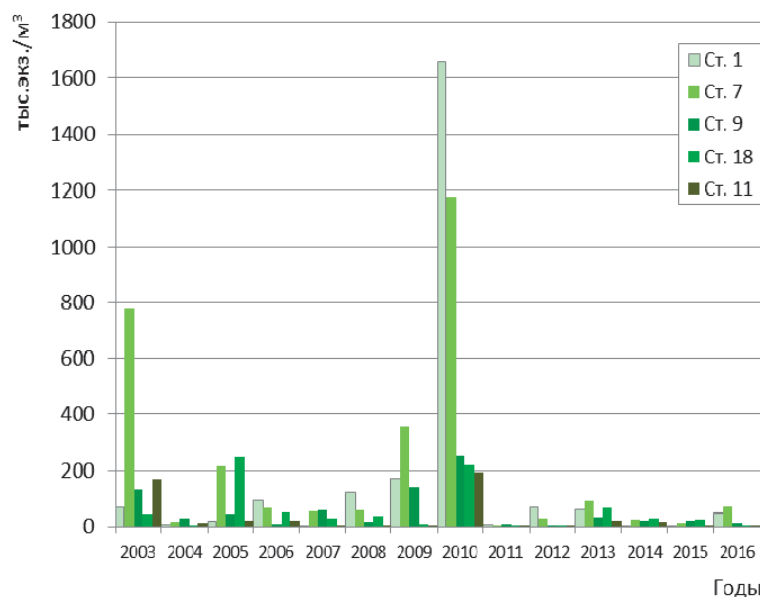


Рис. 3.75. Численность коловраток, тыс. экз./м³, в юго-восточной части Балтийского моря (станции 1, 7, 9, 11 и 18) в июле 2016 г.

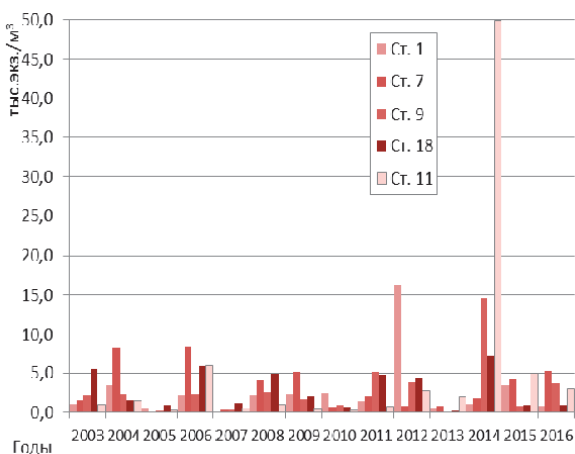


Рис. 3.76. Численность *Cladocera*, тыс. экз./м³, в юго-восточной части Балтийского моря (станции 1, 7, 9, 11 и 18) в июле 2016 г.

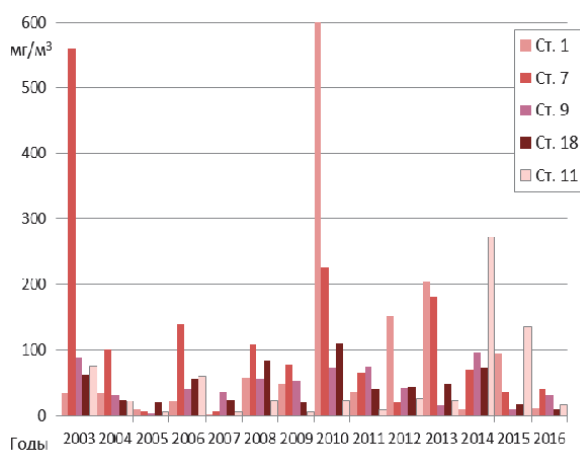


Рис. 3.77. Биомасса *Cladocera*, тыс. экз./м³, в юго-восточной части Балтийского моря (станции 1, 7, 9, 11 и 18) в июле 2016 г.

Летом 2016 г. в составе зоопланктона роль ветвистоусых рачков *Cladocera* оставалась незначительной на исследованной части района мониторинга. Численность кладоцер составляла до 6,3% от общей численности зоопланктона и изменялась от 0,8 до 5,3 тыс.экз./м³. Биомасса варьировала от 8,7 до 39,8 мг/м³ (рис. 3.76, 3.77). Максимальные значения количественных характеристик *Cladocera* были определены в северо-восточной части района (станции 7 и 9). Среди ветвистоусых рачков наиболее часто встречались *Bosmina coregoni maritima*, *Pleopis polyphemoides*, *Podon intermedius*, и *Evadne nordmannii*. Единственная особь теплолюбивого вида-вселенца *Cercopagis pengoi* была встречена в районе Куршской косы (станция 7). Также отдельные представители другого вида-вселенца – *Evadne anonyx* были найдены на станциях 1, 7 и 9. В целом летние количественные показатели этой группы находились в среднем и нижнем диапазоне межгодовой изменчивости в 2003–2015 гг. Относительно высокая численность кладоцер в многолетнем ряду данных была установлена только для района Куршской косы (станция 7). Вместе с тем в районе нефтепровода (станция 18) была определена самая низкая биомасса *Cladocera* за все время наблюдений, вдвое меньше минимальных значений, полученных в 2005, 2009, 2015 гг. (рис. 3.77).

Планктонные личинки бентоса – меропланктон, летом 2016 г. был представлен молодью усоногих ракообразных (*Cirripedia*), личинками двусторчатых и брюхоногих моллюсков (*Bivalvia* и *Gastropoda*). Трохофоры многощетинковых червей (*Polychaeta*) в пробах практически не обнаруживались. Самыми распространенными были науплии *Cirripedia*. В прибрежной мелководной зоне численность циррипедий была максимальной (станции 1 и 7), достигая вблизи м. Таран 48,6 тыс. экз./м³, что было на порядок

выше, чем в более холодном 2015 г. По численности *Cirripedia* составляли здесь до 1/3 численности зоопланктона и до 26% биомассы. При этом доля мертвых науплиев *Cirripedia* на этом участке достигала 15% от численности циррипедий. В более глубоких водах численность этой группы была на два порядка ниже. В целом, характер распределения и количественные характеристики этой группы не выходили за пределы многолетних колебаний.

В районе Куршской косы (станция 7) было отмечено высокое содержание в планктоне молоди двусторчатых моллюсков (*Bivalvia*), что возможно, свидетельствует об улучшении кислородных условий. Численность велигеров бивальвий здесь была максимальной за весь период наблюдений 2003–2015 гг. – 10,3 тыс. экз./м³, что составляло около 5% общей численности и биомассы зоопланктона (рис. 3.78). На остальной части исследованной акватории численность личинок бивальвий, как и в более ранний период, не превышала 0,7 тыс. экз./м³. Единичные личинки брюхоногих моллюсков (*Gastropoda*) встречались только на станциях 1, 7 и 18.

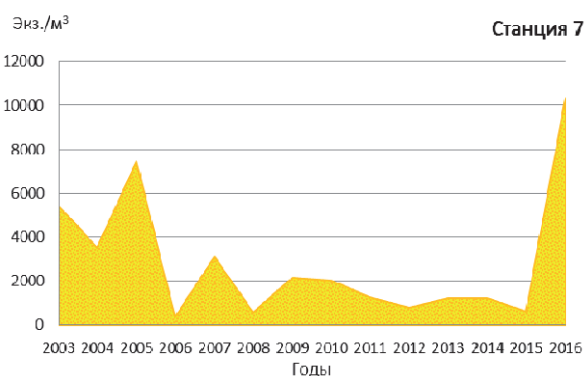


Рис. 3.78. Численность велигеров двусторчатых моллюсков (*Bivalvia*), экз./м³, в юго-восточной части Балтийского моря (станция 7) в июле 2016 г.

4. Комплексная оценка состояния окружающей среды отдельных регионов и природных территорий

4.1. Московский регион

Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды, осуществляемый в Московском регионе, включает:

- наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы, поверхностных вод и радиоактивной обстановкой на государственной наблюдательной сети;
- оценку и анализ уровней загрязнения окружающей среды и их изменений под влиянием хозяйственной деятельности и метеорологических условий;
- прогноз уровней загрязнения окружающей среды на базе анализа данных наблюдений (рис. 4.1, где МАЭД – мощность амбиентного эквивалента дозы).

4.1.1. Загрязнение атмосферного воздуха

Программой работ предусматривается определение вредных химических веществ и тяжелых металлов. На большинстве постов наблюдения осуществляются за содержанием пяти основных

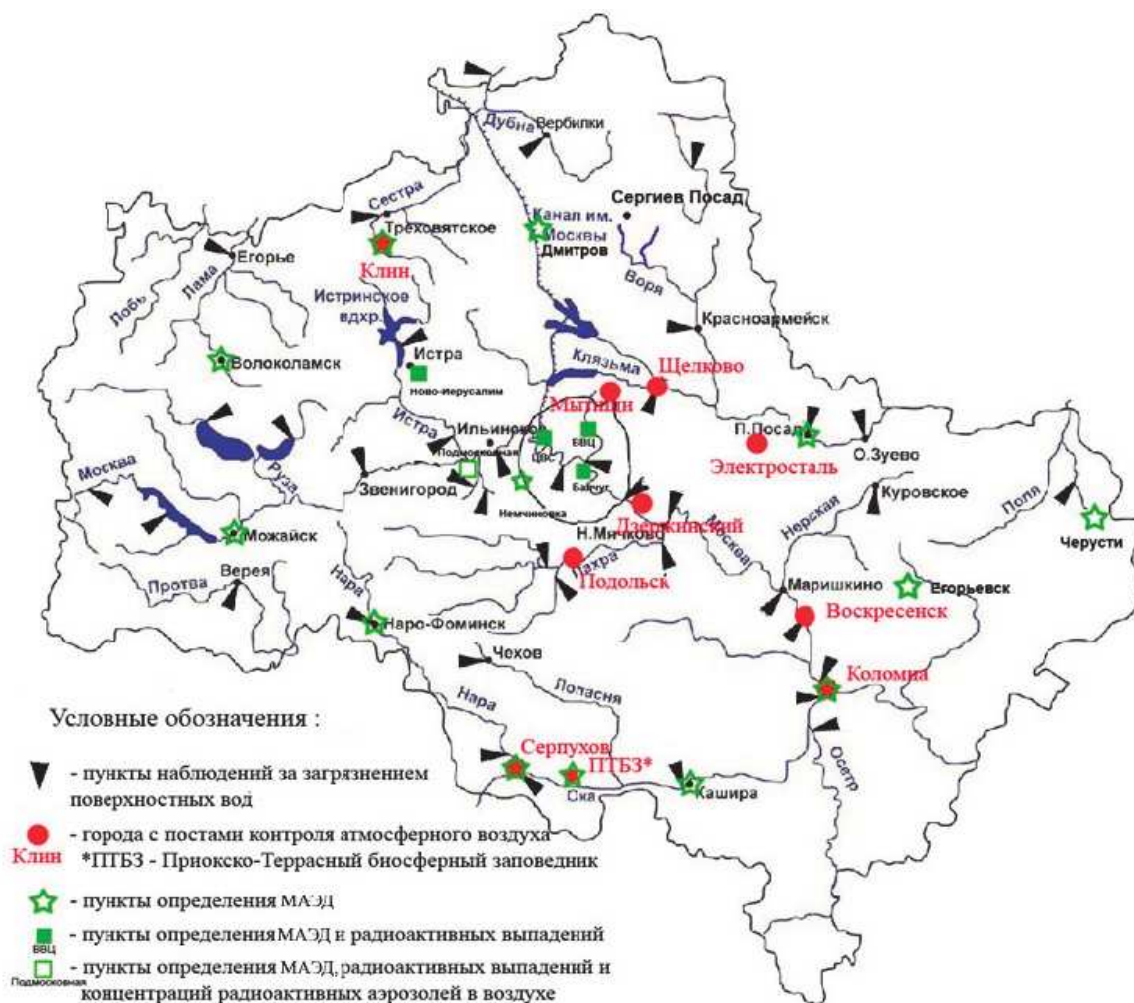


Рис. 4.1. Государственная наблюдательная сеть за загрязнением атмосферного воздуха, поверхностных вод и радиационным загрязнением на территории Московского региона

ингредиентов: взвешенных веществ, диоксида серы, оксида углерода, оксида и диоксида азота. Кроме того производится отбор проб воздуха на специфические ингредиенты: сероводород, фенол, хлорид водорода, аммиак, формальдегид, углеводороды бензиновой фракции, бензол, ксилол, толуол, ацетон, бенз(а)пирен, тяжелые металлы (железо, кадмий, кобальт, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк).

Стационарные посты обеспечивают наблюдения в жилых районах, вблизи автомагистралей и крупных промышленных объектов. Отбор проб проводится ежедневно 2–4 раза в сутки в сроки, установленные ГОСТ 17.2.3.01–86. Перечень подлежащих контролю специфических ингредиентов формируется с учетом структуры выбросов вредных веществ в атмосферу источниками загрязнения, расположенными в пределах зоны, контролируемой постом наблюдения.

В связи с введением в мае 2014 года новой предельно допустимой концентрации (ПДК) формальдегида, а с февраля 2015 г. новой среднесуточной ПДК (ПДК с.с.) фенола, произошли изменения в результатах оценки категории качества атмосферного воздуха по комплексному индексу загрязнения атмосферы (ИЗА).

По данным наблюдений в 2016 году степень загрязнения атмосферного воздуха в городах Московского региона оценивается как: повышенная – в Москве; низкая – в городах Московской области: Воскресенске, Дзержинском, Клину, Коломне, Мытищах, Серпухове, Подольске, Щелково, Электростали и в Приокско-Терра-ном биосферном заповеднике.

Средние за год концентрации вредных веществ выше 1,0 ПДК_{с.с.} были определены в городах Москва, Воскресенск, Серпухов, Подольск и Дзержинский. Концентрации диоксида азота

превышали 1,0 ПДК_{с.с.} в 4 городах из 10, формальдегида – в 1 из 7 (при оценке по «прежним», т.е. до мая 2014 г., ПДК – в 4 из 7), аммиака – в 1 городе из 3.

За последние пять лет, с 2012 по 2016 годы, в большинстве городов региона отмечается тенденция снижения степени загрязнения воздуха, в основном за счет снижения содержания бенз(а)пирена и формальдегида, однако в 2016 году зафиксирован рост ИЗА в Серпухове, Клину, Подольске и Дзержинском (рис. 4.2). За 2012–2016 годы во всех городах концентрации бенз(а)пирена снизились в среднем на 77%. В городах, где ведутся наблюдения за содержанием тяжелых металлов в воздухе, возросли средние концентрации оксида железа, меди, марганца и цинка.

По условно выделенным «жилым», «промышленным» и «автомагистральным» постам рассчитана степень загрязнения атмосферного воздуха для соответствующих зон. Полученные данные показывают, что степень загрязнения воздуха вблизи автомагистралей (фиолетовый цвет) повышенная (с учетом «прежних» ПДК для формальдегида и фенола – высокая), в жилых районах города Москвы (зеленый цвет) и вблизи промышленных зон (коричневый цвет) – низкая, а с учетом «прежних» ПДК для формальдегида и фенола – повышенная и высокая, соответственно (рис. 4.3).

В годовом ходе среднегодовых концентраций формальдегида максимум отмечается в летние месяцы, так как формальдегид поступает в атмосферу не только от промышленных и природных источников, но и образуется в результате химической реакции из неметановых углеводородов. Фотохимические реакции усиливаются в атмосфере при высокой интенсивности сол-

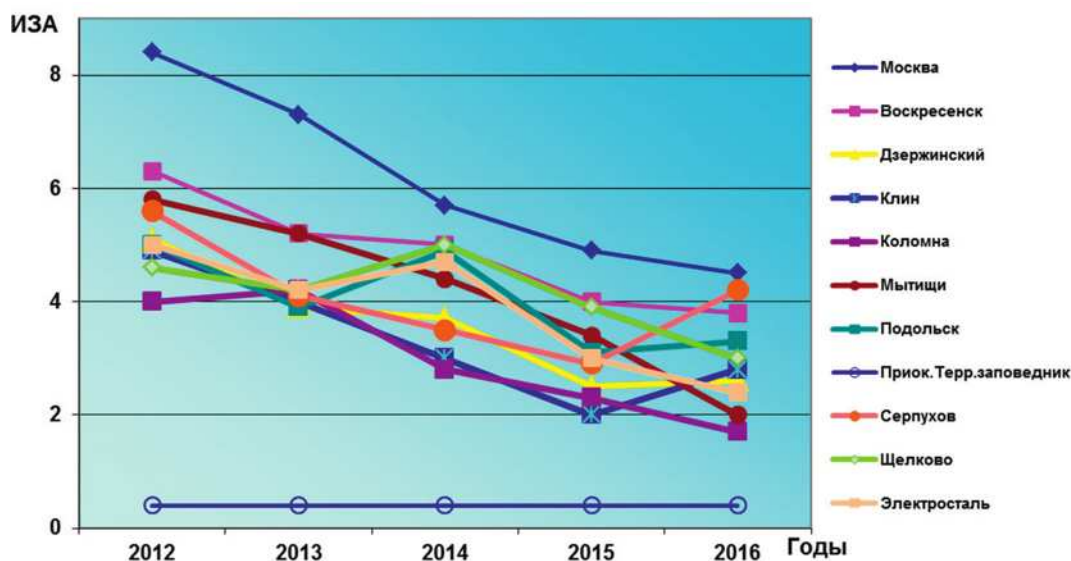


Рис. 4.2. Степень загрязнения атмосферного воздуха в Московском регионе

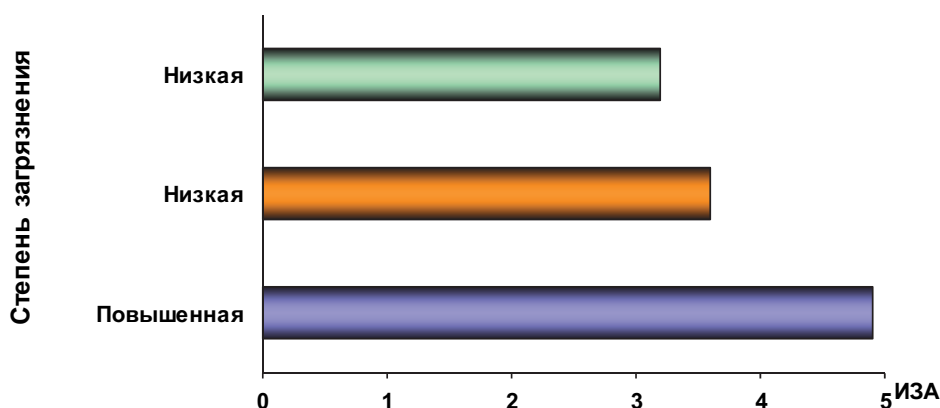


Рис. 4.3. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в различных зонах Москвы в 2016 году

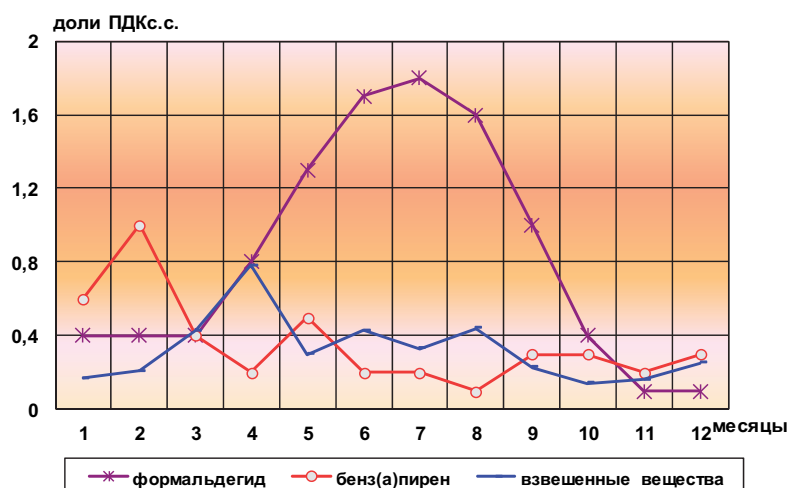
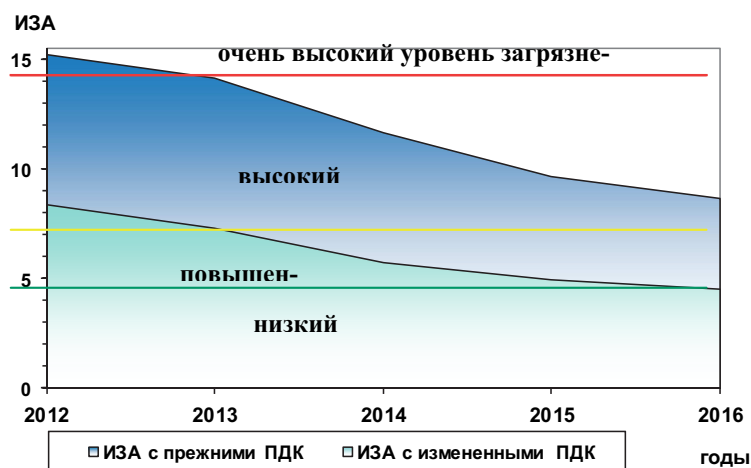


Рис. 4.4. Годовой ход концентраций взвешенных веществ, формальдегида и бенз(а)пирена в атмосферном воздухе г. Москвы в 2016 году

Рис. 4.5. Изменение комплексного ИЗА, рассчитанного с прежними и измененными величинами ПДК_{с.с.} формальдегида, в г. Москве за 2012–2016 гг.

нечной радиации в летние месяцы (рис. 4.4). В годовом разрезе наибольшие средние концентрации взвешенных веществ отмечены весной, бенз(а)пирена – в холодный период года, в отопительный сезон. Годовой ход других примесей выражен слабо.

За последние пять лет отмечается снижение уровня загрязнения воздуха в связи со снижением содержания в воздухе бенз(а)пирена и формальдегида. В то же время, резкое снижение значений характеристик загрязнения связано с изменением санитарно-гигиенических нор-

мативов формальдегида и не имеет отношения к реальному изменению уровня загрязнения воздуха этим загрязняющим веществом. На рисунке 4.5 представлены ИЗА по г. Москва с учетом «прежних» и измененных нормативов по формальдегиду, при этом парциальные значения ИЗА остальных веществ сохраняются прежними. Так, с учетом «прежних» ПДК для формальдегида, уровень загрязнения в г. Москве был бы высоким.

По данным регулярных наблюдений в Москве за пятилетний период отмечен:

- рост средних концентраций бензола (40%);
- рост содержания большинства тяжелых металлов, наибольшее увеличение отмечено по оксиду железа и меди;
- снижение концентраций бенз(а)пирена, оксида азота (44%), оксида углерода (37%) и формальдегида (50%).

4.1.2. Загрязнение поверхностных вод

Основными источниками загрязнения крупных водотоков региона остаются недостаточно очищенные хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды городов: Клина, Одинцово, Серпухова, Каширы, Коломны, Москвы, Воскресенска, Подольска, Наро-Фоминска, Щелково, Ногинска, Орехово-Зуево и др., а также сельскохозяйственные стоки, поступающие с полей непосредственно в реки.

Характерными загрязняющими веществами являются соединения азота и фосфора, взвешенные и органические вещества, нефтепродукты, фенолы, АПАВ, тяжелые металлы.

Температура воды в реках с наименьшей антропогенной нагрузкой: Лама, Дубна, Сестра, Воря, Москва (верховье), Нерская, Ока, Лопаня, Нара, в зависимости от сезона 2015 года колебалась от минимальных значений – 0,1 °C в январе-марте и декабре (р. Москва – г. Звенгород, д. Барсуки) до максимальных – 27,5 °C в июле (р. Москва – г. Москва, Бесединский мост МКАД). Средняя величина температуры воды по региону составила 9,6 °C, на 0,2 °C ниже, чем в 2015 году.

Реакция среды (рН) была близка к нейтральной – 7,59 ед.рН. Более кислая среда – 4,58 ед.рН была отмечена в воде р. Москва – г. Москва, Бесединский мост МКАД в период осенней межени (сентябрь); более щелочная (8,63 ед.рН) – в Ивановском водохранилище – г. Дубна (июнь).

Кислородный режим на водных объектах в целом был удовлетворительный, среднее содержание растворенного в воде кислорода составляло 8,21 мг/л, процент насыщения воды

кислородом равнялся 70, что на 1% ниже, чем 2015 году.

Содержание легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅) в водотоках и водоемах Московской области в среднем было невысоким и составило 2,2 ПДК, что соответствует уровню 2011–2015 годов. Наименьшее значение (1,0 мгО₂/л) было отмечено в воде р. Москвы у д. Барсуки Можайского района в июле, октябре и ноябре. Максимальная величина (28,0 мгО₂/л) зафиксирована в воде р. Воймега ниже г. Рошаль в апреле.

Количество органических веществ по ХПК изменялось так же значительно: от 0,5 ПДК в р. Осетр – п. Городня в октябре до 30,5 ПДК в воде р. Воймега ниже г. Рошаль в июне.

Степень загрязненности рек Московского региона различными формами азота была весьма разнообразной. К наименее загрязненным водным объектам можно отнести: верховье р. Москвы до г. Москвы, река Лама, Москворецкие водохранилища, в воде которых содержание различных форм азота не превышало десятые доли ПДК, а нитратного азота – сотые доли ПДК.

Наибольшая загрязненность нитритным азотом в 2016 году была зафиксирована в воде р. Москвы ниже г. Воскресенска – 0,99 мг/л (49,5 ПДК); нитратным азотом в р. Москве – г. Москва, Бесединский мост МКАД – 12,06 мг/л (1,3 ПДК). В среднем по региону содержание нитритного азота составило 5,2 ПДК; нитратного азота – 0,2 ПДК; аммонийного азота – 4,2 ПДК, что соответствует содержанию прошлых лет. Максимальная величина аммонийного азота зафиксирована в воде р. Закза – д. Большое Сареево Одинцовского района – 15,79 мг/л (39,5 ПДК). Содержание фосфатов в среднем по региону составило – 2,0 ПДК, однако в воде р. Закза – д. Большое Сареево достигало 9,3 ПДК в феврале.

Содержание аммонийного и нитритного азота в 2016 году осталось на уровне предыдущего года (рис. 4.7–4.8), а рост содержания фосфатов отражен на рис. 4.9.

Минерализация воды водотоков и водоемов Московской области в среднем составила 411,1 мг/л, что на 4,4 мг/л ниже, чем в прошлом году. Наибольшая величина (1270,9 мг/л) отмечена в феврале в устье р. Яузы – г. Москва. Наименьшая (117,0 мг/л) минерализация наблюдалась в р. Клязьме выше г. Щелково в декабре. Характер воды во всех водных объектах гидрокарбонатно-кальциевый, жесткость воды в среднем умеренная (4,28 мг-экв/л). Выщелачивающей агрессией вода не обладает.

Содержание хлоридов и сульфатов в воде всех водных объектов не превышало 0,2–0,3 ПДК и в среднем составило 55,5 мг/л и 33,1 мг/л соот-

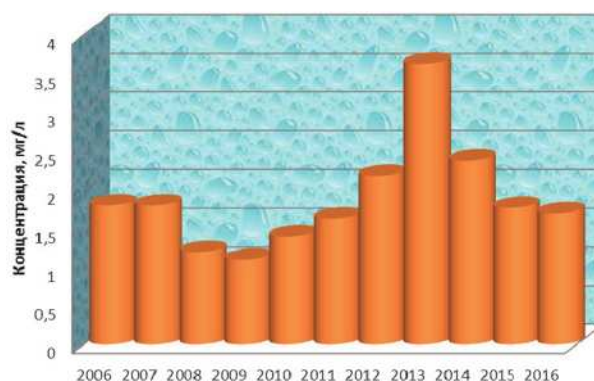


Рис. 4.7. Изменение среднегодовых концентраций аммонийного азота в целом по водным объектам Московского региона

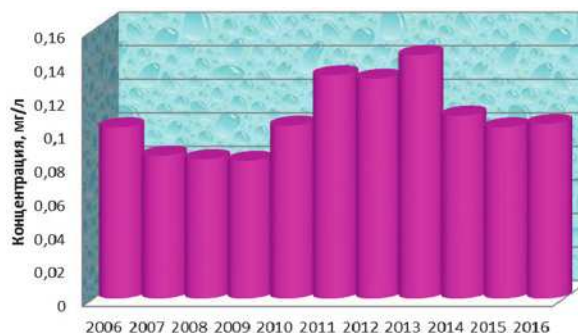


Рис. 4.8. Изменение среднегодовых концентраций нитритного азота в целом по водным объектам Московского региона

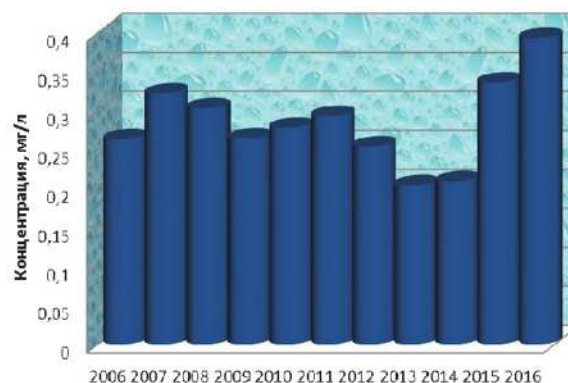


Рис. 4.9. Изменение среднегодовых концентраций фосфатов в целом по водным объектам Московского региона

ветственно. Наибольшая концентрация сульфатов была зафиксирована в воде р. Клязьмы ниже г. Щелково в январе (408,7 мг/л). Максимальное содержание хлоридов (944,7 мг/л), как и предыдущие годы, отмечено в р. Воймега выше г. Рошаль в ноябре. Минимальным (1,8 мг/л) содержание хлоридов было в воде Истринского водохранилища – д. Пятница в апреле; сульфатов (8,0 мг/л) – в р. Нерская выше г. Куровское и р. Москве выше д. Нижнее Мячково и выше г. Воскресенска в марте.

Осредненные концентрации хрома шестивалентного, свинца, никеля и цинка были невысокими и составили: 0,2; 0,2; 0,3 и 2,0 ПДК соответственно. Величины меди в среднем составили

2,0 ПДК, что на 1 ПДК меньше, чем в 2015 году. Наибольшие концентрации меди (до 35,0 ПДК) отмечены в воде р. Воймега ниже г. Рошаль в апреле. Величины растворенного железа в среднем составили 2,7 ПДК, что на 0,4 ПДК выше, чем в 2015 году. Кроме того, в воде р. Воймега ниже г. Рошаль, как и в предыдущие годы, величины железа в июле достигали 48,8 ПДК, что обусловлено природным фактором формирования стока.

Среднее содержание фенолов составило 0,003 мг/л (3,0 ПДК); АПАВ – 0,074 мг/л (0,7 ПДК); нефтепродуктов – 0,06 мг/л (1,2 ПДК). Максимальная величина фенолов (42,0 ПДК) зафиксирована в воде р. Воймега ниже г. Рошаль

в апреле; АПАВ (9,6 ПДК) – в воде р. Пахры – д. Нижнее Мячково в сентябре; нефтепродуктов (44,0 ПДК) – в воде р. Яузы – устье, г. Москва в ноябре.

Содержание формальдегида во всех водных объектах было на порядок ниже ПДК и лишь в воде р. Нара ниже г. Серпухова в марте достигало 11,8 ПДК.

Качество воды водотоков и водоемов Московского региона в 2016 г. в результате оценки по удельному комбинаторному индексу загрязненности воды (УКИЗВ) находится в интервале классов качества от «загрязненных» до «экстремально грязных» вод.

К «загрязненным» водам отнесено качество воды Можайского, Истринского, Озернинского, Рузского и Иваньковского водохранилищ, рек: Москвы (выше г. Звенигорода) и Протвы (выше г. Вереи); к «очень загрязненным» водам – качество воды рек: Дубны, Оки, Лопасни (фоновые створы), Протвы (ниже г. Вереи), Москвы на участке от г. Звенигорода до г. Москвы (п. Ильинское), Клязьмы (выше г. Щелково).

Как «грязные» воды характеризуются реки: Дубна (контрольный створ), Лама, Сестра, Кунья, Ока (в городах Серпухове и Кашире), Протва и Нара (выше г. Наро-Фоминска и в районе г. Серпухова), Осетр и Москва (от г. Москвы

до устья), Яуза, Медвенка, Нерская и Клязьма (выше г. Щелково), Пахра (выше г. Подольска).

К «очень грязным» водам отнесены воды рек: Рожай, Закзы, Оки (ниже г. Коломна), Москвы (г. Москва, Бесединский мост МКАД; ниже д. Нижнее Мячково; ниже г. Воскресенска), Пахры (от г. Подольска до устья), Клязьмы (ниже г. Орехово-Зуево) и Воймега (выше г. Рошаль); к «экстремально грязным» водам – воды р. Воймега ниже г. Рошаль.

В 2016 году на водных объектах Московского региона зафиксирован 341 случай высокого загрязнения (ВЗ) различными веществами (рис. 4.10), в том числе: 128 – нитритным азотом (рр. Москва, Пахра, Нара, Закза, Медвенка, Рожая, Клязьма, Ока, Лопасня, Нерская); 107 – аммонийным азотом (рр. Москва, Пахра, Нерская, Рожая, Закза, Медвенка, Клязьма, Ока, Воймега, Нара); 60 – легкоокисляемыми органическими веществами по БПК₅ (рр. Москва, Пахра, Нара, Нерская, Рожая, Закза, Клязьма, Воймега); 9 – органическими веществами по ХПК (в основном р. Воймега); 7 – железом (р. Воймега); 1 – фенолами и медью (р. Воймега); 1 – нефтепродуктами и цинком (р. Яуза); а также отмечено 18 случаев ВЗ вследствие дефицита кислорода (рр. Воймега, Пахра, Москва, Рожая).

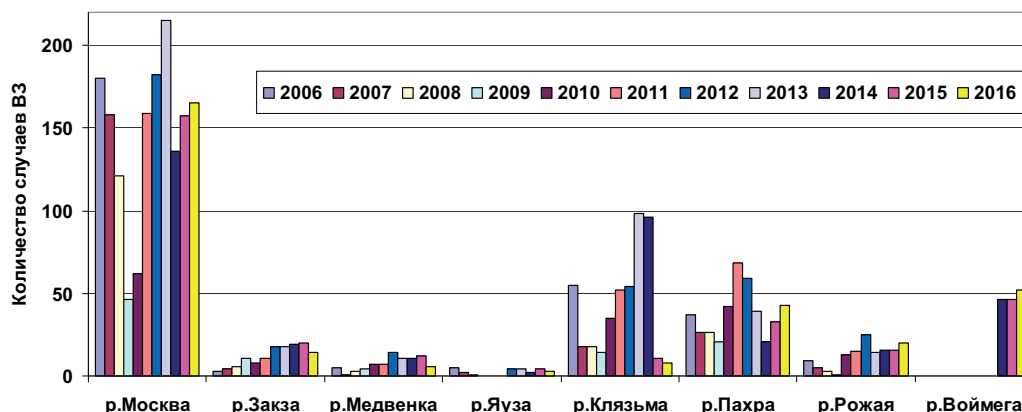


Рис. 4.10. Распределение случаев высокого загрязнения по водотокам Московского региона

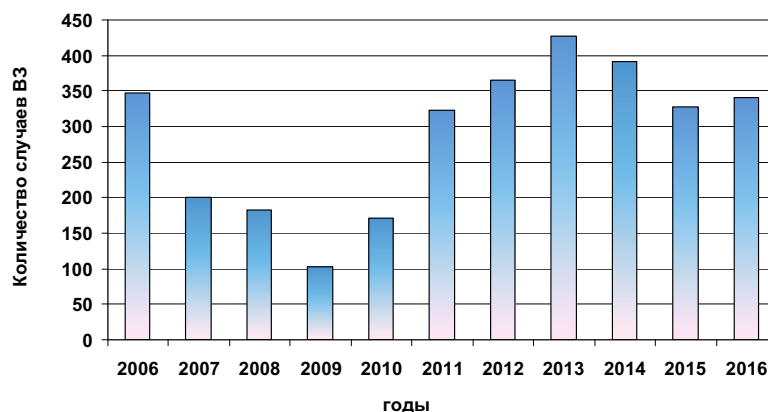


Рис. 4.11. Изменение количества случаев высокого загрязнения водотоков Московского региона

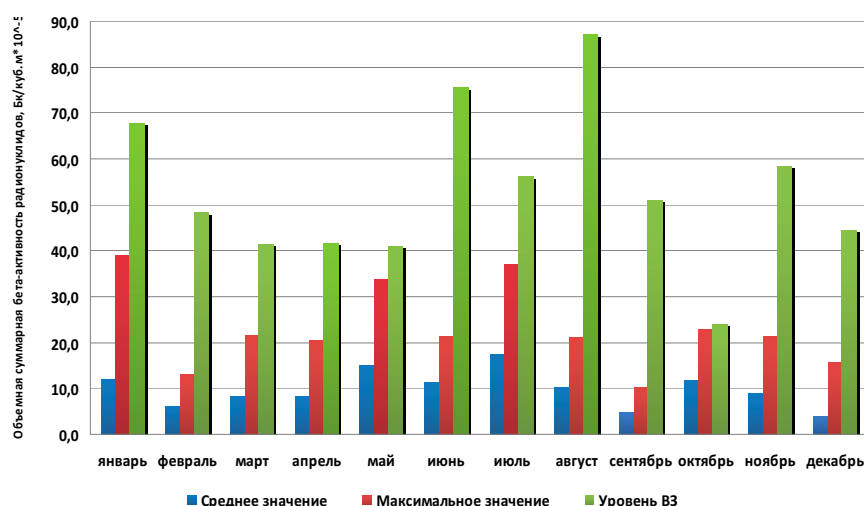


Рис. 4.12. Среднемесячная и максимальная объемная суммарная бета-активность радионуклидов в приземном слое атмосферы в 2016 году

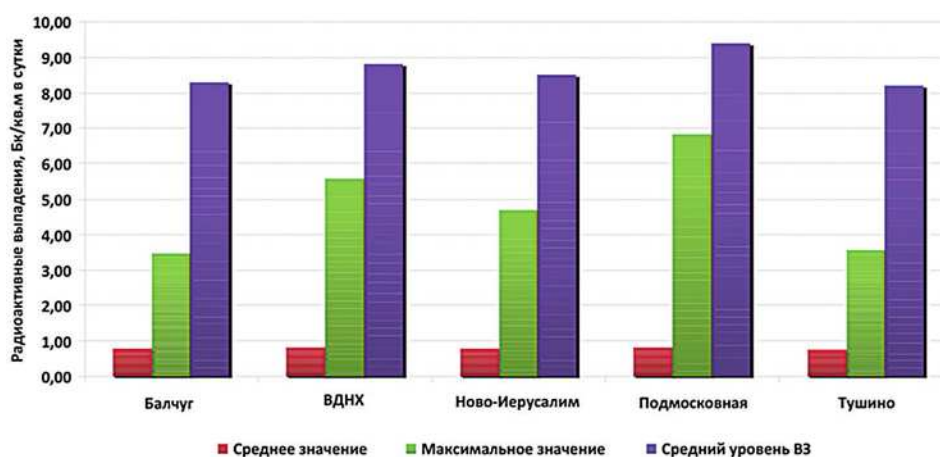


Рис. 4.13. Среднемесячные и максимальные суточные выпадения на станциях Московского региона в 2016 году

Следует отметить, что наметившийся с 2009 года по 2013 год рост общего количества случаев ВЗ, в 2014 и 2015 году сменился спадом, как по отдельно взятым водным объектам, так и в целом по Московскому региону (рис. 4.11). Однако, в 2016 году количество случаев ВЗ возросло на 13, кроме того на водных объектах московского региона отмечено 2 случая экстремально-высокого загрязнения (ЭВЗ) вследствие дефицита растворенного в воде кислорода.

4.1.3. Характеристики радиационной обстановки

В 2016 году радиационная обстановка в Московском регионе была стабильно нормальная, показатели характеристик ниже данных прошлого года, превышений допустимых значений не наблюдалось. Расчёты уровней высокого загрязнения (ВЗ) выполнены по критериям в соответствии с РД 52.18.826–2015.

Наблюдения за содержанием техногенных

и природных радионуклидов в приземном слое атмосферы проводились непрерывно на станции Подмосковная. Среднегодовая объемная суммарная бета-активность аэрозолей составила $9,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что в 1,2 раза ниже уровня предыдущего года. Максимальная среднемесячная объемная суммарная бета-активность аэрозолей наблюдалась в январе и составила $39,0 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Данные об объемной суммарной бета-активности аэрозолей приведены на рис. 4.12.

Радиоактивные выпадения на подстилающую поверхность контролировались в пяти пунктах, три из которых расположены на территории г. Москвы (метеостанции: Балчуг, ВДНХ и Тушино), остальные – на территории Московской области.

Среднегодовое значение суммарной бета-активности радиоактивных выпадений в 2016 г. составило $0,79$ Бк/м² в сутки, что в 1,2 раза ниже уровня предыдущего года. Максимальные суточные выпадения были зарегистрированы

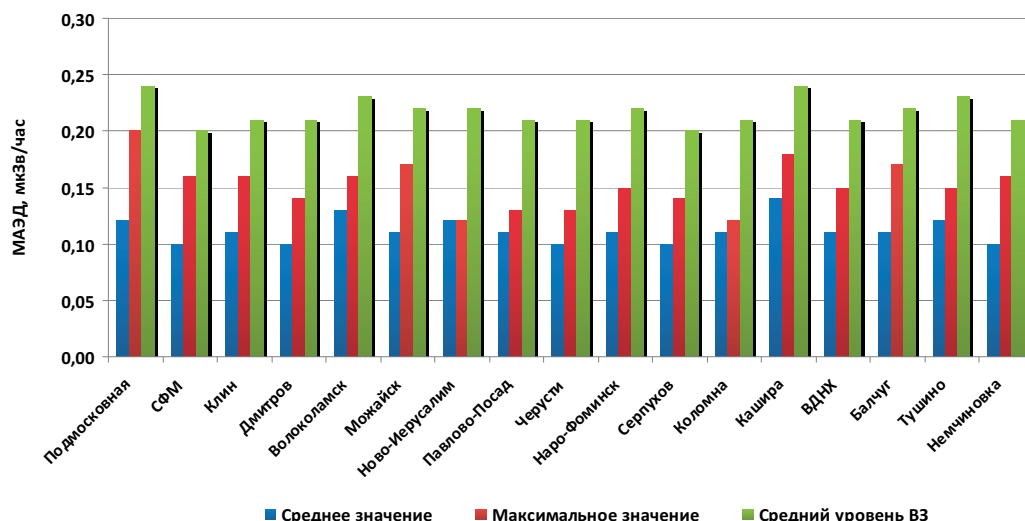


Рис. 4.14. Мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) на станциях Московского региона в 2016 году

в феврале на станции Подмосковная и составили $6,83 \text{ Бк/м}^2$ в сутки. Данные о суммарной бета-активности выпадений представлены на рис. 4.13.

Мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД) измерялась ежедневно на 17 станциях г. Москвы и Московской области. Среднегодовые величины МАЭД составили

от $0,10 \text{ мкЗв/ч}$ до $0,14 \text{ мкЗв/ч}$ (метеостанция Кашира), что находится в пределах колебаний естественного гамма-фона. Максимальные измеренные значения МАЭД наблюдались на станции Подмосковная и составили $0,20 \text{ мкЗв/ч}$. В среднем радиационный фон по г. Москве и Московской области составил $0,11 \text{ мкЗв/час}$ (рис. 4.14).

4.2. Озеро Байкал

4.2.1. Поступление химических веществ из атмосферы

В 2016 г. гидрохимические съемки поверхностных вод озера Байкал проводились в подледный период в районе закрытого БЦБК и в летне-осенний период на акваториях всех районов, (БЦБК, Култук-Слюдянка, Исток Ангары, БАМ, Продольный разрез, Селенгинское мелководье). Периодически в течение года (с февраля по октябрь) в 100 м от сброса коммунальных стоков

г. Байкальск на контрольном створе проводился отбор проб воды на химический анализ.

100-метровый створ. В контрольном 100-метровом створе в 2016 г. было проведено семь съёмок на пяти вертикалях с отбором проб воды через 10 м по глубине. Данные о нарушении качества воды озера Байкал в районе глубинного выпуска сточных вод в 2016 г. в сравнении с 2015 г. приведены в табл. 4.1.

В 2016 г., как и в 2015 г. нарушения качества воды озера Байкал были зафиксированы по со-

Таблица 4.1. Сведения о нарушениях качества воды озера Байкал в 100-метровом контрольном створе

Показатели (ПДК для 100 метрового створа озера Байкал)*	Пределы концентраций, мг/л		Число наблюдений: общее – с нарушениями ПДК		Максимальное превышение ПДК, число раз	
	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.
РН (6,5–8,5 единиц)	7,6–8,1	7,63–8,1	7–0	7–0	–	–
Сумма минеральных соединений (117 мг/л)	86–101	90–119	7–0	7–1	–	1.02
Сульфаты (10 мг/л)	4,3–7,0	4,2–8,6	7–0	7–0	–	–
Хлориды (2 мг/л)	0,4–1,5	0,6–1,4	7–0	7–0	–	–
Взвешенные вещества (1,1 мг/л)	0,0–2,7	0,0–1,3	7–3 (6 проб)	7–1	2,5	–
Летучие фенолы (0,001 мг/л)	0–0,004	0,000–0,006	7–7 (24 пробы)	7–4	4	2

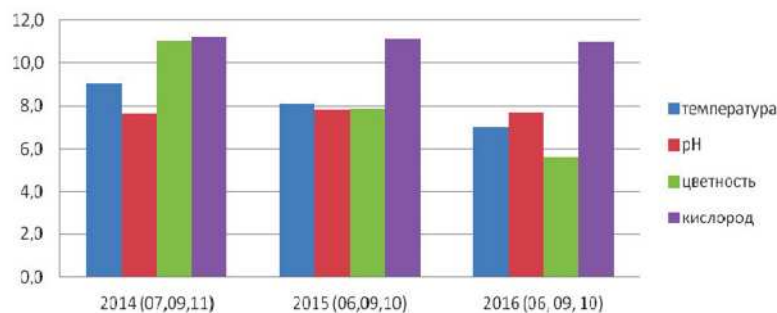


Рис. 4.15. Общая гидрохимическая характеристика воды оз. Байкал

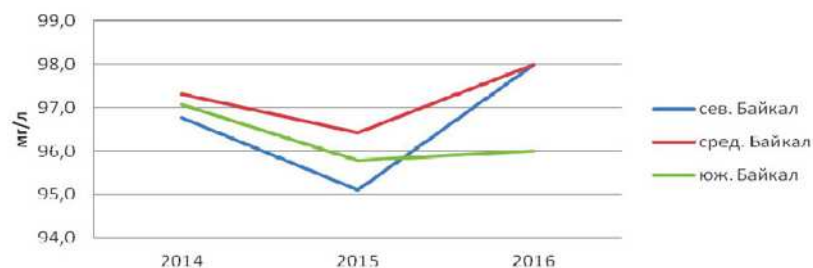


Рис. 4.16. Минерализация воды оз. Байкал

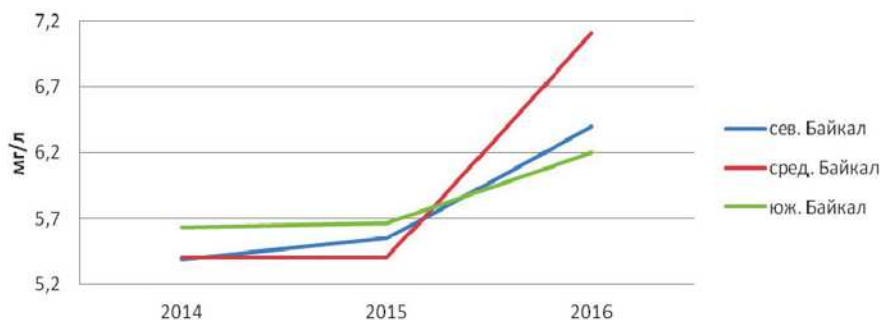


Рис. 4.17. Динамика сульфатных ионов в воде оз. Байкал

держанию летучих фенолов. Превышений ПДК взвешенными веществами отмечалось только в одной пробе в марте. Превышение ПДК летучих фенолов фиксировалось в августе и сентябре. По сравнению с 2015 г. уменьшились случаи обнаружения фенолов в 2 раза, также понизилась концентрация летучих фенолов – от 4 ПДК в 2015 г. до 2 ПДК в 2016 г, а средние значения концентраций летучих фенолов не превышали ПДК. По сумме минеральных веществ нарушение норм отмечалось только в апреле. По остальным показателям нарушений качества воды не отмечалось.

В связи с закрытием Байкальского комбината, с 2015 года наметилось улучшение качества воды озера Байкал в районе контрольного створа.

На акватории озера гидрохимические наблюдения по продольному разрезу проводились на всех контролируемых горизонтах (0,5, 25, 50, 100 м и придон). Общая гидрохимическая характеристика воды озера в 2015–2016 гг. приведена на диаграмме (рис. 4.15.) и графиках (рис. 4.16. и 4.17).

Так как проведение наблюдений в течение этих лет приходилось на июнь – октябрь – ноябрь; поэтому наблюдается колебания температуры воды (2015 г.: 7,4–11,2 °С и 2016 г.: 7,0–9,1 °С) и величины цветности (2015 г.: 7,9–11,0 и 2016 г.: 5,6–11,2). Значения pH сохранялись в пределах 7,7–7,9 единиц, а содержание растворенного в воде кислорода в пределах 10,5–11,2 мг/л (рис. 4.15.).

В 2016 г. повысилась общая минерализация воды озера в среднем и северном Байкале, а в южном Байкале осталась на уровне 2015 г. (рис. 4.16).

В 2016 г. в отличие от всех предшествующих лет отмечалось повышенное содержание сульфатных ионов во всех котловинах озера Байкал. Максимальные концентрации сульфатов фиксировались в июне в среднем Байкале (рис. 4.17).

На содержание в воде озера соединений серы и общей минерализации оказывала влияние высокая сейсмичность Байкальского региона в 2016 г.

7 февраля и 18 марта в среднем Байкале (Ольхонский р-н) фиксировалось землетрясе-

ние магнитудой 4,8–5,5 на глубине 10 км. 29 августа 2016 г. эпицентр землетрясения находился в 19 км от поселка Большое Голоустное в Иркутском районе, местные жители могли ощущать подземные толчки силой в четыре-пять баллов.

По сообщению Байкальского филиала геофизической службы Сибирского отделения РАН с 26 октября по 1 ноября произошло 4 землетрясения со средней расчетной интенсивностью 5 баллов в эпицентре, а 6 декабря 2016 г. – 4 балла, предполагаемый эпицентр находился в 26 км от поселка Хужир в Ольхонском районе. Это явилось причиной повышенных концентраций сульфатных ионов и общей минерализации воды в Байкале в 2016 г, особенно в его средней котловине.

Размер зоны загрязнения на полигоне в районе бывшего БЦБК, рассчитан по суммарному показателю, как превышение средних содержаний стандартных ингредиентов контроля: 8 гидрохимических показателей грунтовой воды и 7 геохимических показателей донных отложений на глубинах до 370 м составили: в октябре 2012 г. – 5,5 км², в марте 2013 г. – 6,2 км²; в 2014 г. – 5,1 км² (расчет по двум сезонным съемкам), в 2015 г. – 4,5 км², в 2016 г. – 3,7 км² (расчет по двум сезонным съемкам), что свидетельствует о некотором снижении антропогенной нагрузки на донные отложения полигона.

Одной из важнейших задач мониторинга загрязнения озера является определение содержания бенз(а)пирена (БП) в донных отложениях. В донных отложениях на глубинах <100 м, где развиты песчаные отложения средняя концентрация бенз(а)пирена (БП) составила 5,6 нг/г с.о. (диапазон значений 1,1–12,5 нг/г с.о.), что меньше в 1,7 раза, чем в 2015 году (9,6 нг/г с.о.). Среднее содержание бенз(а)пирена в донных отложениях на глубинах >100 м (илы) составляет 13,7 нг/г с.о. (диапазон содержаний 5,1–24,9 нг/г с.о.), что позволяет отнести эти отложения к умеренно загрязненным. В 2016 г. среднее содержание БП в донных отложениях на полигоне уменьшилось по сравнению с 2015 г. до 13,7 нг/г с.о., в 2015 г. оно составляло 14 нг/г с.о., в 2014 г. – 12,8 нг/г с.о., в 2012 г. – 10,3 нг/г с.о., в 2011 г. – 8,2 нг/г с.о. Временная

динамика изменения среднего содержания БП в донных отложениях представлена на рис. 4.18.

Содержание суммы ПАУ в донных отложениях водоемов в пределах до 100 нг/г с.о. считается слабым загрязнением. Поэтому учитывая средние содержания в донных отложениях на полигоне суммы ПАУ в 2016 г. – 185,5 нг/г с.о. последние можно отнести к сильно загрязненным. В 2015 г. и 2014 г. содержание суммы ПАУ было более высоким 218,9 нг/г с.о. и 235,2 нг/г с.о. соответственно, в 2012 г. – 160,9 нг/г с.о., в 2011 г. – 154,8 нг/г с.о.

В 2016 г. на полигоне в районе Селенгинского мелководья содержание растворенного кислорода снизилось до 8,5 мг/л, в сравнении с 2015 г. – 9,1 мг/л, а содержания азота нитратного увеличилось до 0,003 мг/л (0,001 мг/л в 2015 г.).

Уровень загрязненности донных отложений на авандельте р. Селенга БП, можно отнести к фоновому (< 5,0 нг/г с.о.) – среднее содержание 2,2 нг/г с.о. (диапазон содержаний 0,2 – 4,5 нг/г с.о.), а по сумме ПАУ к слабо загрязненному (< 100 нг/г с.о.) – 44,9 нг/г с.о.

В 2016 г. по сравнению с 2015 г. в гидрохимической характеристике грунтовой воды на полигоне в зоне влияния трассы БАМ отмечается увеличение азота аммонийного до 0,018 мг/л (0,009 мг/л в 2015 г.). Среди геохимических показателей отмечен рост органического углерода до 2,35% (2,1% в 2015 г.). Содержание легкогидролизуемых углеводов (ЛГУ) на полигоне снизилось с 0,99% в 2015 г. до 0,8% в 2016 г. Загрязненность донных отложений на полигоне БП, можно отнести к фоновой (<5,0 нг/г с.о.) – среднее содержание 2,9 нг/г с.о. (диапазон содержаний 0,6–10,1 нг/г с.о.), а по сумме ПАУ, как слабо загрязненному типу (< 100 нг/г с.о.) – 57,5 нг/г с.о.

4.2.2. Гидробиологическая оценка воды

По данным наблюдениям, проведенным в подледный период 2016 г. в пределах полигона, непосредственно примыкающего к месту выпуска коммунальных сточных вод (КОС) г. Байкальск (район бывшего Байкальского целлюлозно-бу-



Рис. 4.18. Среднее содержание БП в донных отложениях в районе БЦБК

мажного комбината), численность гетеротрофных бактерий (показатель загрязнения воды органическим веществом) изменялась от 1 до 186 кл/мл при среднем значении 11 кл/мл. Площадь зоны загрязнения в районе КОС г. Байкальск составила 2,9 км², что в 1,5 раза больше, чем в 2015 г. (1,9 км²). Среднее значение численности гетеротрофов в зоне наибольшего влияния коммунальных сточных вод составляло 65 кл/мл, что в 13 раз больше, чем на фоновых участках южного побережья (в сравнении с 2015 г. 31 против 7 кл/мл соответственно).

Углекислородфиксирующие бактерии были обнаружены на 44 из 61 обследованных станций, их численность доходила на отдельных станциях до 10 тыс. кл/мл. Целлюлозоразрушающие бактерии были отмечены на 19 из 61 станций.

В весенний период численность гетеротрофных бактерий на контролируемом полигоне изменялась от 1 до 462 кл/мл при среднем значении 53 кл/мл. Площадь зоны загрязнения увеличилась в 2 раза, в сравнении с 2015 г. и составила 5,4 км².

Углекислородфиксирующие бактерии были обнаружены на 50 из 61 обследованных станций, их численность доходила на отдельных станциях до 1000 кл/мл. Целлюлозоразрушающие бактерии были отмечены на 33 из 61 станций.

Осенью численность гетеротрофов на полигоне изменялась от 2 до 460 кл/мл при среднем значении 88 кл/мл. Площадь зоны наибольшего влияния коммунальных сточных вод составила 2,3 км², что в 2,6 раза ниже значений 2015 г.

Углекислородфиксирующие бактерии отмечались повсеместно, их численность на отдельных станциях достигала 10 тыс. кл/мл. Целлюлозоразрушающие бактерии были обнаружены на 45 из 61 станциях.

В сравнении с 2015 г. в подледный и весенний периоды наблюдалось увеличение площади зоны загрязнения, в осенний период произошло уменьшение площади зоны загрязнения в 2 раза, а численность гетеротрофов в ней увеличилась в 1,9 раза и составила 313 кл/мл.

По численности фитопланктона в марте 2016 г. площадь зоны загрязнения составила 2,3 км² и была ниже в 1,7 раза, чем в 2015 г. (4,0 км²). На фоновых станциях численность фитопланктона была в 4,6 раза ниже, чем в зоне загрязнения.

В весенний период площадь зоны загрязнения увеличилась в 1,6 раза и составила 13,8 км² при численности фитопланктона в ней 1210 тыс. кл/л (в 2015 г. 8,6 км² при численности 1272 тыс. кл/л). На фоновых станциях численность фитопланктона была в 1,6 раза ниже, чем в зоне загрязнения.

Осенью площадь зоны загрязнения составила 8,0 км² при численности фитопланктона

в ней 943 тыс. кл/л. В сравнении с 2015 г. площадь зоны загрязнения возросла в 3,3 раза, а численность фитопланктона в ней увеличилась в 3,3 раза. На фоновых станциях численность фитопланктона была в 2,9 раза ниже, чем в зоне загрязнения.

В сравнении с 2015 гг. в подледный и осенний периоды наблюдалось уменьшение зоны загрязнения, а в весенний период увеличение в 1,6 раза зоны загрязнения, численность фитопланктона в ней осталась на уровне значений 2015 г.

По зоопланктону зона загрязнения в сравнении с подледным периодом 2015 г. уменьшилась в 1,2 раза (20,6 км² в 2016 г., 25,3 км² в 2015 г.), биомасса эпишуры в районе коммунальных сточных вод г. Байкальск была в 4 раза ниже, чем в незагрязненной части озера (32 мг/м³ против 129 мг/м³).

В весенний период площадь зоны загрязнения уменьшилась в 1,6 раза в сравнении с весной 2015 г. и составила 5,8 км² при биомассе зоопланктона 8 мг/м³. На фоновых станциях биомасса была в 2,4 раза выше, чем в зоне загрязнения.

Осенью площадь зоны загрязнения составила 29,6 км² при биомассе эпишуры в ней 74 мг/м³. В сравнении с аналогичным сезоном 2015 г. площадь зоны загрязнения увеличилась в 4 раза, а биомасса в ней осталась на том же уровне. На фоновых станциях этот показатель был в 6,6 раза выше, чем в зоне загрязнения.

В сравнении с 2015 г. в подледный и весенний периоды наблюдалось уменьшение зоны загрязнения, в осенний период увеличение площади зоны влияния КОС.

Площадь зоны загрязнения донных отложений по бактериобентосу в подледный период уменьшилась в 3,6 раза, в осенний период увеличилась в 1,5 раза, составляя 3,2 км² в сравнении с 2015 г. Численность гетеротрофной микрофлоры в зоне загрязнения в оба сезона увеличилась и превысила фоновые характеристики в подледный период в 1,5, в осенний – в 2,3 раза.

Анализ гидробиологических характеристик за 2016 г. свидетельствует о некотором снижении антропогенной нагрузки в районе выпуска коммунальных стоков в подледный период по фито- и зоопланктону. Площадь зоны загрязнения по бактериопланктону и численность микрофлоры в подледный и весенний периоды были выше, чем в осенний период. В донных отложениях в осенний период произошло увеличение зоны загрязнения и численности в ней бактериобентоса.

Результаты гидробиологических наблюдений, проведенных в районе выхода трассы БАМ, показали, что в июне численность гетеротрофов

(633 кл/мл), фитопланктона (3318 тыс. кл/л) и биомасса зоопланктона (118 мг/м³) были наиболее высокими в западной прибрежной зоне. Наименьшее значение численности гетеротрофов (221 кл/мл) было отмечено в восточной прибрежной зоне, а фитопланктона (533 тыс. кл/л) на центральных (реперных) станциях озера.

В сентябре численность гетеротрофов (2837 кл/мл) была наиболее высокой в восточной части озера. Наименьшие значения численности гетеротрофов (1493 кл/мл) были отмечены в центральной части озера.

Средняя численность бактериопланктона была в 1,4 раза, а фитопланктона в 1,5 раза выше в июне 2016 г., чем в 2015 г. Осенью 2016 г. численность бактериопланктона возросла в 24 раза (2443 кл/мл в 2016 г. против 101 кл/мл в 2015 г.).

Биомасса зоопланктона весной 2016 г. оставалась на уровне значений 2015 г. Максимальное значение биомассы – 118 мг/м³ зоопланктона отмечалось в западной прибрежной зоне, а минимальное – 80 мг/м³ в центральной части озера.

Наиболее загрязненными в весенний период были устьевые участки рек Рель, Томпа и Кичера, при изменении численности бактериопланктона от 801 до 1496 кл/мл, в осенний – Верхняя Ангара, Тья, Кичера, численность бактериопланктона здесь составляла 362–681 кл/мл.

Анализ состояния гидробионтов в северной части озера свидетельствует о сохранении антропогенной нагрузки в этом районе. Наиболее загрязненными является вода рек Рель, Тья, Кичера, Верхняя Ангара и Томпа.

4.2.3. Загрязнение воды р. Селенга

Водосборный бассейн озера Байкал в пределах территории Российской Федерации охватывает площадь – 240,5 тыс. км². Площадь российской части бассейна р. Селенга равна 148,06 км², что составляет 61,5% площади водосборного бассейна озера Байкал в пределах России. Река является главным источником водного питания Байкала.

Наблюдения за качеством воды р. Селенга ежегодно проводятся на российском участке длиной 402 км в 9 створах, расположенных от границы с Монголией (п. Наушки) до дельты (с. Мурзино).

Результаты гидрохимических наблюдений за растворенным в воде кислородом главного притока озера Байкал, показали, что качество воды оставалось в пределах нормы. Минимальные концентрации, которые наблюдались в закрытом русле реки в холодный период (январь-март 2016 г.), находились в интервале 6,44–7,97 мг/л.

Максимальные концентрации сохранились на уровне 2015 г. – (12,3 до 13,6 мг/л). Средняя годовая концентрация составила 9,50 мг/л в замыкающем створе (пункт с. Кабанск) при (9,78 мг/л в 2015 г.).

Взвешенные, органические и легко-окисляемые органические вещества, нефтепродукты, летучие фенолы были выявлены в 143 пробах воды.

В створах наблюдений средневзвешенная концентрация взвешенных веществ находилась в пределах 8,70–15,4 мг/л, в замыкающем створе реки (0,5 км ниже с. Кабанск) понизилась в 3,3 раза и составила 10,3 мг/л (34,0 мг/л – средняя годовая за 2006–2015 гг.).

Самые высокие значения величин ХПК были отмечены в пробах, отобранных в пограничном створе п. Наушки и составляли 75,0 мг/л (18 мая 2016 г.) и 71,0 мг/л (24 октября 2016 г.). В пробах, отобранных в реке ниже пограничного створа, максимальные значения ХПК находились в пределах 18,2–28,6 мг/л. В замыкающем створе средневзвешенное значение составило 13,7 мг/л (15,8 мг/л – среднее годовое за 2006–2015 гг.).

В 2016 г. частота превышения нормы содержания легко-окисляемых органических веществ (БПК₅) равнялась 22,4% (19,4% – многолетнее значение за 2006–2015 гг.).

Максимальные величины БПК₅ воды, отмеченные в пробах в 2016 г., достигали 2,98–3,07 мг/л (2,84–3,85 мг/л – 2006–2015 гг.). В пограничном створе значение средневзвешенной величины БПК₅ повысилось до 2,02 мг/л (1,20 мг/л – среднее многолетнее значение). В створах, расположенных ниже пограничного, средневзвешенная величина показателя находилась в пределах 1,49–1,98 мг/л, в замыкающем створе не превышала 1,50 мг/л.

В 2016 г. было отмечено снижение уровня максимальных концентраций нефтяных углеводородов (НУ) от 2,4–4,4 ПДК (2006–2010 гг.) до 1,2–2,2 ПДК (2011–2015 гг.). Концентрации, равные 1,2 ПДК были обнаружены всего в 2 из 143 проб, средневзвешенная концентрация в створах наблюдений находилась в пределах 0,010–0,030 мг/л, в замыкающем створе составляла 0,024 мг/л (0,022 мг/л – средняя годовая за 2006–2015 гг.).

Частота обнаружения смол и асфальтенов (смолистых компонентов – СК) в пробах, отобранных в 2016 г., достигала 93,0% (92,8% – многолетнее значение). Наблюдалось снижение уровня максимальных концентраций смолистых компонентов от 0,059 мг/л (2006 г.) и 0,027 мг/л (2010 г.) до 0,020 – 0,034 мг/л (2011–2015 гг.) и 0,019 мг/л в (2016 г.). В замыкающем створе средневзвешенная концентрация снизилась

в 2 раза до 0,004 мг/л от 0,008 мг/л (средняя годовая за 2006-2015 гг.).

В 2016 г. частота превышения ПДК летучих фенолов в речной воде была равна 12,6% (13,7% – 2006–2015 гг.). Максимальные концентрации сохранились на уровне многолетних наблюдений и составили 2-3 ПДК. В замыкающем створе средневзвешенная концентрация не превысила среднего годового значения за 2006–2015 гг. и составила 0,9 мкг/л.

Частота обнаружения СПАВ в пробах воды составила 83,7% (83,7% – многолетнее значение), частота обнаружения жиров – 35,3% (33,3% – многолетнее значение). В замыкающем створе годовая средневзвешенная концентрация СПАВ составила 0,005 мг/л (0,009 мг/л – средняя годовая за 2006-2015 гг.), жиров – 0,004 мг/л (0,005 мг/л – средняя годовая за 2006–2015 гг.).

В 2016 г. средневзвешенные концентрации соединений металлов в замыкающем створе были равны: соединений меди – 2,9 мкг/л (2,4 мкг/л – многолетнее значение), цинка – 11,5 мкг/л (8,6 мкг/л – многолетнее значение), свинца – 1,6 мкг/л (1,7 мкг/л).

В многолетнем ряду наблюдений водный сток р. Селенга в замыкающем створе был равен: 21,6 км³ (годовой средний за 2001–2005 гг.), 20,0 км³ (за 2006-2010 гг.), 21,3 км³ (за 2011–2015 гг.). За 2006–2015 гг. средний годовой водный сток реки равен 20,7 км³, а среднегодовые многолетние величины выноса контролируемых, в том числе загрязняющих веществ, с территории водосборного бассейна р. Селенга через замыкающий створ составляли: взвешенных веществ – 703 тыс. т (80,9%), органических веществ – 246 тыс. т (61,2%), легко-окисляемых органических веществ – 33,3 тыс. т (63,1%), нефтепродуктов (по сумме НУ и СК) – 0,62 тыс. т

(49,6%), СПАВ – 0,19 тыс. т (56,5%), летучих фенолов – 16,5 т (59,5%). Средние многолетние величины поступлений соединений металлов были равны: меди – 49,6 т (51,3%), цинка – 178 т (51,6%), свинца – 35,2 т (58,2%), в скобках указаны относительные вклады главного притока озера Байкал в величины выноса веществ с водным стоком пяти основных наиболее изученных рек, впадающих в озеро, – Селенги, Верхней Ангары, Баргузина, Турки, Тыи. Приведенные данные 2006-2015 гг. свидетельствуют о том, что р. Селенга является основным поставщиком массы веществ, поступающих через замыкающие створы перечисленных выше притоков.

В 2016 г. в русло р. Селенга через створ п. Наушки поступило 12,3 км³ воды, от левобережных притоков (рек Джиды и Темник) – 5,10 км³, от правобережных притоков (рек Чикой, Хилок, Куйтунка, Уда) – 7,90 км³. Объем воды, поступивший через пограничный створ от водного стока р. Селенга составил 48,6%, а объем воды от шести притоков первого порядка – 51,4%.

Годовой водный сток р. Селенга в 2016 г. вырос по сравнению со среднегодовым значением 2006–2015 гг. (20,7 км³) на 18,2% и составил 25,3 км³. В таблице 4.2 приведено поступление веществ с водным стоком через замыкающий створ р. Селенга – с. Кабанск в 2006, 2012 и 2016 годах.

По представленным данным видно, что наблюдается тенденция снижения выноса с водным стоком р. Селенга взвешенных и органических веществ, СПАВ и летучих фенолов в сравнении с близкими по водности 2006 г., 2012 г. Легко-окисляемые органические вещества, жиры, соединения меди и цинка находились в интервалах соответствующих значений за 2006 и 2012 годы. Вынос нефтепродуктов

Таблица 4.2. Поступление веществ с водным стоком через замыкающий створ р. Селенга – с. Кабанск в 2006, 2012 и 2016 гг.

Ингредиенты	Годы наблюдений		
	2006	2012	2016
Взвешенные вещества, тыс. т	1059	931	260
Трудно-окисляемые органические вещества, тыс. т (ОВ в пересчете с ХПК)	282	350	250
Легко-окисляемые органические вещества, тыс. т (по БПК ₅)	32,7	42,0	38,0
Нефтепродукты, тыс. т	0,56	0,64	0,72
в том числе			
нефтяные углеводороды, тыс. т	0,44	0,32	0,61
смолы + асфальтены, тыс. т	0,12	0,32	0,11
СПАВ, тыс. т	0,17	0,40	0,15
Жиры, тыс. т	0,17	0,08	0,10
Летучие фенолы, т	28	33	23
Соединения металлов:			
меди, т	79	65	73
цинка, т	165	298	290
Водный сток, км ³	23,9	26,3	25,3

(по сумме НУ и СК) увеличился до 0,72 тыс. т по сравнению со средними значениями 2006–2015 гг. – (0,62 тыс. т), нефтяных углеводородов (в составе нефтепродуктов) вырос в 1,3 раза – (0,61 тыс. т), а вынос смолистых компонентов снизился в 1,5 раза от 0,16 тыс. т до 0,11 тыс. т. Вынос соединений свинца через замыкающий створ р. Селенга повысился в 1,2 раза пропорционально повышению водного стока реки относительно средней многолетней величины за предшествующие десять лет до 40,5 т от 35,2 т (среднее значение 2006–2015 гг.).

По результатам многолетних наблюдений

максимальная концентрация соединений кадмия – 6,3 мкг/л в воде р. Селенга была отмечена в пункте г. Улан-Удэ в мае 2008 г., в январе 2009 г. концентрации достигали 2,3–2,5 мкг/л в пункте с. Кабанск. В 2010–2014 гг. соединения кадмия в подавляющем числе отобранных проб речной воды не фиксировались.

В 2015 г. соединения кадмия были обнаружены в 31 из 95 проб, в 2016 г. – в 13 из 95 проб, частота обнаружения составляла, соответственно 32,6% и 13,7%. В 2016 г. через замыкающий створ р. Селенга соединений кадмия поступило не менее 2,3 т (1,5 т в 2015 г.).

4.3. Арктическая зона Российской Федерации

Арктика – регион огромного потенциального источника природных ресурсов (нефти, газа, минералов) и транспортного морского пути Европа – Азия. Растущее использование природно-ресурсного потенциала Арктики становится геополитической проблемой. Концепция освоения Арктики определяется утвержденными Президентом Российской Федерации 18 сентября

2008 г. № Пр-1969 «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» в пределах сухопутных территорий Арктической зоны Российской Федерации, утвержденных Указом Президента Российской Федерации от 02.05.2014 г. №296 (рис. 4.19).

Арктические экосистемы, расположенные

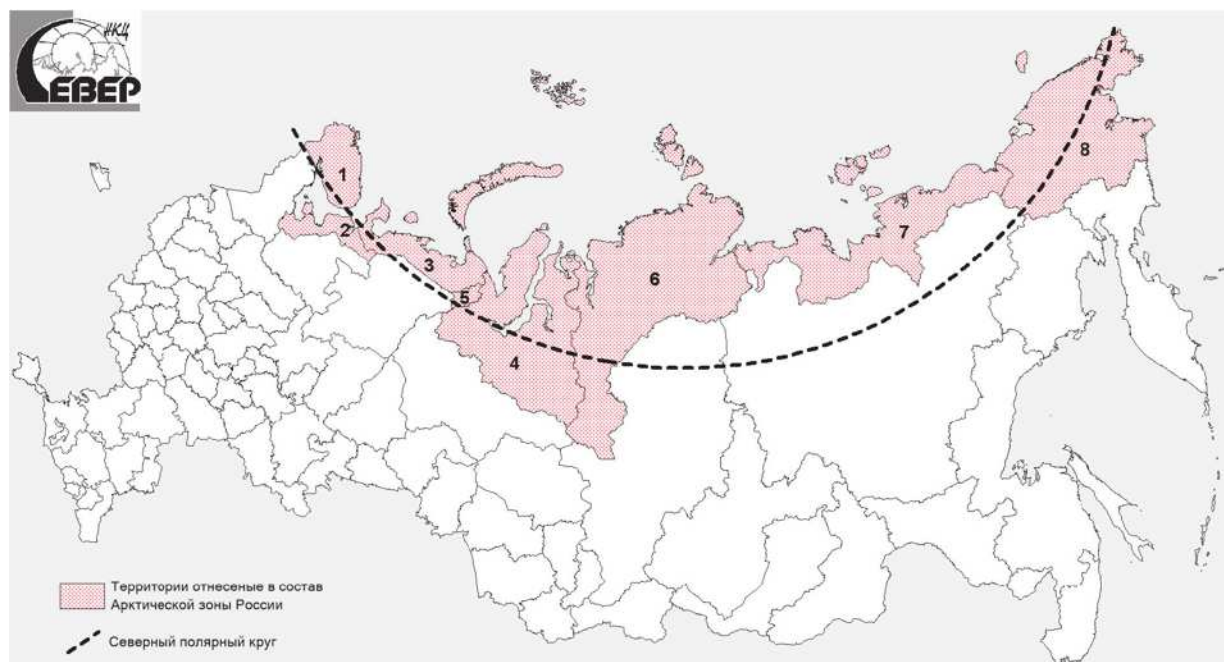


Рис. 4.19. Картограмма территории Арктической зоны Российской Федерации в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 02.05.2014 г. №296

1 – Мурманская область; 2 – Архангельская область (в составе Мезенского, Онежского, Приморского муниципальных районов, территории муниципальных образований «Город Архангельск», «Город Новодвинск», «Новая Земля»); 3 – Ненецкий автономный округ; 4 – Ямало-Ненецкий автономный округ; 5 – Республика Коми (в составе территории муниципального образования городского округа «Воркута»); 6 – Красноярский край (в составе Таймырского Долгано-Ненецкого, Туруханского муниципальных районов, территория городского округа города Норильска); 7 – Республика Саха (Якутия) (в составе Аллаиховского, Анабарского (Долгано-Эвенкийского), Булунского, Нижнеколымского, Усть-Янского улусов); 8 – Чукотский автономный округ; 9 – земли и острова, расположенные в Северном Ледовитом океане, указанные в постановлении Президиума Центрального Исполнительного Комитета СССР от 15 апреля 1926 г. «Об объявлении территории Союза ССР земель и островов, расположенных в Северном Ледовитом океане» и других актах СССР

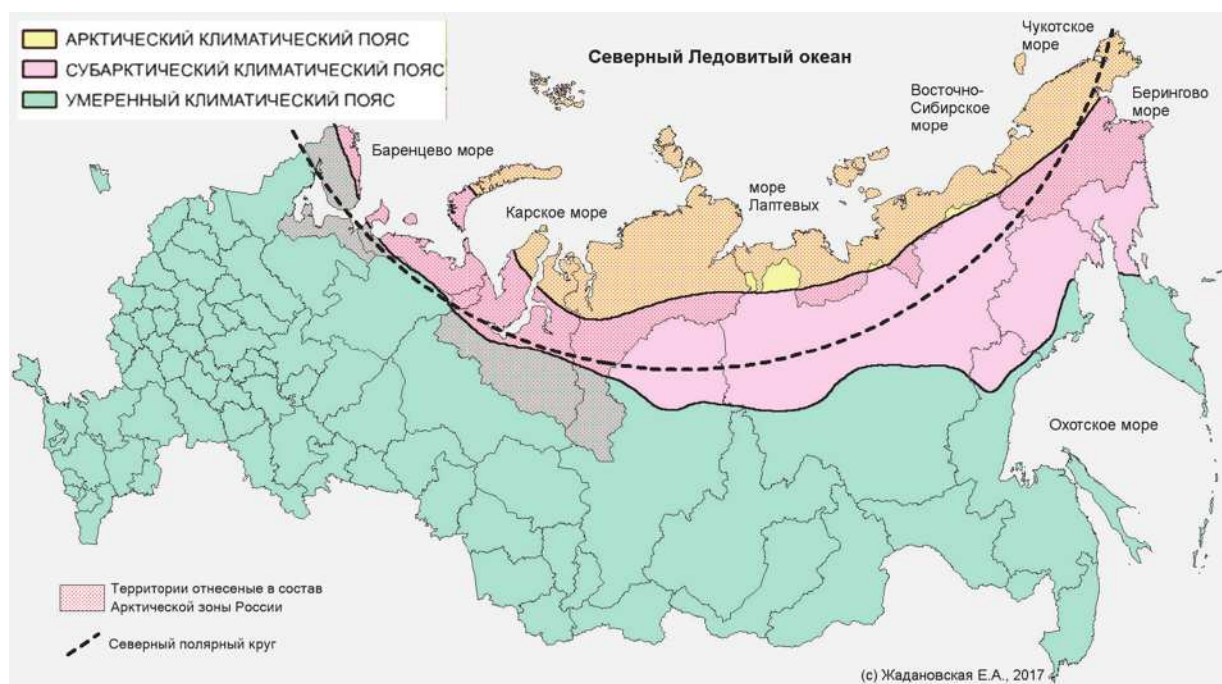


Рис. 4.20. Климатические пояса Арктической зоны РФ

в зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты, чрезвычайно уязвимы к антропогенному воздействию и очень медленно восстанавливаются. В Арктике сходятся основные атмосферные потоки, речные и морские течения, приносящие загрязняющие вещества, с трудом выводящиеся из природной среды, так как из-за низких температур имеют низкую скорость биологических процессов. В зоне экологического риска расположена значительная часть крупных промышленных городов Арктики, а также промышленной и транспортной инфраструктуры.

Сухопутные территории Арктической зоны располагаются преимущественно в Арктическом и Субарктическом климатических поясах (рис. 4.20) и занимают площадь от западной границы РФ на севере Мурманской области – $29^{\circ}30'$ в.д. и до мыса Дежнева – на востоке – $169^{\circ}65'$ з.д., с крайней северной материковой точкой на мысе Челюскин – $77^{\circ}72'$ с.ш. ($104^{\circ}26'$ в.д.). Арктическая зона характеризуется низкими годовыми температурами, скудными осадками, длительной полярной ночью и сплошным распространением многолетней мерзлоты.

В арктической зоне Российской Федерации создана 181 особо охраняемая природная территория (ООПТ) на общей площади 75 764,7 тыс. га, включая морскую акваторию.

В целом, по количеству и площади преобладают ООПТ регионального значения, а федеральные ООПТ составляют 36,7% всей площади ООПТ (включая акватории) арктической зоны. Абсолютным лидером по площади ООПТ

в арктической зоне является Республика Саха (Якутия), в границах которой расположено 61% суммарной площади ООПТ арктической зоны Российской Федерации, из них почти 97% составляют региональные ООПТ. Преобладающей категорией ООПТ в Республике Саха (Якутия) является ресурсный резерват регионального значения. В Архангельской области расположена самая крупная ООПТ в Российской Федерации – национальный парк «Русская Арктика» (8779 тыс. га, в том числе 6544 тыс. га морской акватории).

4.3.1. Особенности климатического режима года

Мониторинг климата приземной атмосферы Северной полярной области (СПО) осуществляется как для области в целом, так и для отдельных ее частей (рис. 4.21) на основе постоянно пополняемой базы приземных метеорологических данных для полярных районов (<http://www.aari.nw.ru>). Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступающие с дрейфующих буев.

Температура воздуха

Для расчета аномалий температуры воздуха, осредненных по территории СПО и территориям климатических районов использован метод оптимального осреднения. Оценки аномалий получены относительно рекомендованного ВМО

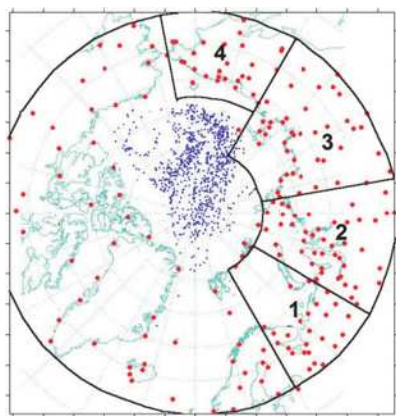


Рис. 4.21. Положение метеорологических станций (красные точки), дрейфующих станций и буев (синие точки) в СПО и границы рассматриваемых районов:

1 – Североевропейский; 2 – Западносибирский; 3 – Восточносибирский; 4 – Чукотский

стандартного базового периода 1961–1990 гг. В качестве сезонов рассматривались: зима (декабрь–февраль), весна (март–май), лето (июнь–август) и осень (сентябрь–ноябрь). За год принимался период с декабря предыдущего года по ноябрь рассматриваемого (среднее за 4 рассматриваемых сезона).

Значение осредненной по СПО аномалии среднегодовой температуры воздуха в 2016 г. составило 3,3 °С: самый теплый год за период с 1936 г. Предыдущим наиболее теплым был 2011 г. с аномалией температуры 2,3 °С. Аномалия среднегодовой температуры в широтной зоне 60–70° с.ш., куда в основном входит суша СПО, составила 2,7 °С. Это значение также стало первым по рангу теплых лет.

Числовые значения регионально осредненных аномалий температуры, наблюдавшихся в 2016 году, по отдельным климатическим районам СПО приведены в табл. 4.3.

В 2016 г. во всех районах евразийского сектора наблюдались экстремальные аномалии температуры: 2-я в ряду в Восточносибирском районе и максимальные в остальных. Наиболее крупная положительная аномалия температуры наблюдалась на территории Западносибирского района за год, зиму, весну и лето; осенью – в Чукотском районе).

Таблица 4.3. Аномалии температуры воздуха в 2016 г. (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) для отдельных районов СПО (в среднем за год и сезоны), ΔT , °С; R – ранг в ряду аномалий за 1936–2016 гг.

Климатический район СПО	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R
Североевропейский	3,4	1	4,7	8	4,2	1	2,3	2	2,3	7
Западносибирский	5,0	1	7,6	1	5,2	3	3,6	1	3,7	3
Восточносибирский	2,8	2	4,6	1	3,2	6	0,4	13	2,8	7
Чукотский	2,9	1	1,8	12	2,3	11	2,4	2	5,1	2

Летом и осенью выделяются две области крупных положительных аномалий: на севере Западносибирского района (летом захватывает часть Североевропейского района) и в Чукотском районе. Кроме того, в эти сезоны наблюдаются отрицательные аномалии: летом в Восточносибирском районе и осенью в южной части Североевропейского, Западносибирского и Чукотского районов.

Временные ряды пространственно осредненных аномалий среднегодовой температуры воздуха для климатических районов СПО, их линейные тренды за весь период с 1936 года, за последние тридцать и десять лет, представлены на рис. 4.22.

В течение 1936–2016 гг. наблюдается статистически значимый (на 5-% уровне) положительный линейный тренд среднегодовой температуры в целом для СПО и для отдельных широтных зон (60–70 и 70–85° с.ш.). Линейное (по тренду) повышение температуры воздуха за 81 год в этих широтных зонах составило 1,38, 1,38 и 1,46 °С соответственно. Значимый годовой тренд потепления прослеживается во всех районах, за исключением Западносибирского. Потепление за 81 год составляет в районах от 1,13 до 2,02 °С. Для СПО, в целом, значимый тренд прослеживается во все сезоны года (линейное повышение температуры составило для зимы, весны, лета и осени соответственно около 1,46, 1,86, 1,05 и 1,13 °С за 81 год). В районах евразийского сектора наиболее быстрое потепление отмечалось весной.

В течение последних тридцати лет (1987–2016 гг.) наблюдался рост температуры во всех регионах СПО. В целом для СПО линейный рост среднегодовой температуры составил около 2,4 °С за 30 лет (или 0,79 °С/10 лет). В Западно- и Восточносибирском районах с конца 1990-х гг. наблюдалось значительное ускорение потепления. В Восточносибирском районе в последние 10 лет потепление немного замедлилось.

Атмосферные осадки

Оценка многолетних изменений количества осадков в СПО проводится по тем же климатическим районам, что и для температуры воздуха.

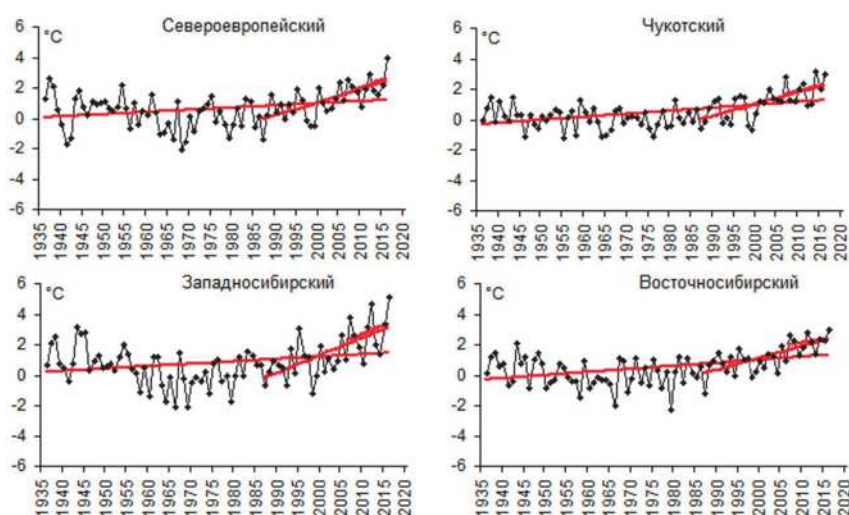


Рис. 4.22. Временные ряды аномалий среднегодовой температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60–85°с.ш. и районов арктических морей (70–85° с.ш.).

ха, по их южным частям (60–70° с.ш.) и районам в целом. За холодный сезон принимается период с октября по май, а за теплый – с июня по сентябрь.

В многолетних изменениях годовых сумм осадков за период 1936–2016 гг. в СПО наблюдается тенденция статистически значимого их увеличения со средней скоростью около 3,1 мм/10 лет. При этом рост осадков преимущественно отмечается в холодный период года. Более всего рост осадков выражен в южной части Североевропейского района (14,9 мм/10 лет для осадков холодного периода и 18,2 мм/10 лет для годовых сумм).

Тенденция к убыванию осадков наблюдается в Чукотском районе (как в южной части, так и в целом) в течение всего года. Хотя вклад тренда в общую изменчивость осадков южной части этого региона невелик, он значим в целом по региону, и соответственно, в особенности в северной его части.

В целом по СПО за холодный (с октября по май) и теплый (с июня по сентябрь) периоды 2015–2016 гг. в сумме выпало осадков на 3% больше нормы (табл. 4.4). Более значительные аномалии наблюдались в холодный период (на 6% выше нормы).

В районах евразийского сектора больше нормы осадков в сумме за оба периода выпало только в Североевропейском районе (118% нор-

мы). В Западносибирском, Восточносибирском, Чукотском районах соответственно 94%, 90% и 88%. Существенный дефицит осадков наблюдался в этих районах в теплый период: 83–85%. В Североевропейском районе, наоборот, в теплый период 2016 г. отмечен существенный избыток осадков: 126% нормы.

Оценка отклика древостоев сосны побережья Белого моря на воздействие климатических факторов в рамках международной совместной программы комплексного мониторинга

Международная совместная программа комплексного мониторинга (МСПКМ) / International Co-operative Programme on Integrated Monitoring (ICP IM) под эгидой Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния в Европе является одной из основных программ, осуществляемых в Северном полушарии.

Одной из целей МСПКМ является выявление трендов состояния природных биогеоценозов севера Европы под воздействием изменений климатической системы Земли.

В данном разделе представлен анализ зависимости параметров изменчивости линейных приростов сосны обыкновенной побережья Белого моря от региональных (климатических) и локальных факторов.

Таблица 4.4. Относительные аномалии (%) сумм осадков холодного и теплого периодов 2015–2016 гг. и суммарных осадков обоих периодов (в % от нормы 1961–1990 гг.)

Район, широтная зона	Холодный период	Теплый период	Холодный + Теплый
Североевропейский	111,1	126,1	117,6
Западносибирский	102,7	84,7	94,1
Восточносибирский	96,9	84,2	90,1
Чукотский	91,6	83,0	87,8

Климатические факторы были представлены значениями метеорологических аномалий среднемесячных температур и месячных сумм осадков, т.е. отклонениями от среднего значения базового периода. Был использован массив метеоданных режимной метеостанции Росгидромета «Кандалакша». Для выявления климатической составляющей вариабельности хода роста были рассмотрены метеорологические аномалии вегетационного сезона текущего и предыдущего годов. Пробные площади были заложены в бореальных фитоценозах: во влажных биотопах Государственного комплексного заказника «Полярный круг», Государственного природного заповедника «Кивач» и Государственного природного Печоро-Илычского заповедника. Во всех обследованных биотопах породой-эдикатором была сосна.

Согласно применяемой методике, объектом измерений служил подрост сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. Индикатором отклика подраста на воздействие климатических факторов является степень изменчивости рядов индексированных годовых линейных приростов (хода роста) и ее связь с вариабельностью метеорологических параметров. Величиной, характеризующей норму реакции сосны северной части Европейской территории РФ на воздействие региональных (климатических) факторов, является амплитуда годичной вариабельности рядов прироста.

Согласно указанной методике были вычислены значения стандартных отклонений массивов данных по приростам сосны на трех рассматриваемых ООПТ (табл. 4.5).

Таблица 4.5. Показатели изменчивости прироста сосны влажных биотопов на рассматриваемых ООПТ

ООПТ	Стандартное отклонение
Печоро-Илычский заповедник	0,17
Заповедник «Кивач»	0,14
Заказник «Полярный Круг»	0,12

Полученные стандартные отклонения свидетельствуют о единообразии количественных параметров изменчивости древостоев сосны влажных биотопов всех трёх ООПТ. Однако степень зависимости рядов приростов от рядов сумм осадков предыдущего вегетационного сезона, полученная методом корреляционного анализа (табл. 4.6), не показывает сходной сопряженности хода роста древостоев и количества осадков.

Проведенные в древостоях подроста сосны болотной *Pinus sylvestris* Печоро-Илычского природного государственного заповедника, государственного природного заповедника «Кивач»

Таблица 4.6. Зависимость индексов прироста исследуемых ООПТ от сумм осадков вегетационного сезона предыдущего года

ООПТ	Коэффициент корреляции (доверительные интервалы для $P=0,90$)
Заказник «Полярный круг»	-0,22
Печоро-Илычский заповедник	0,06
Заповедник «Кивач»	-0,54

и комплексного заказника «Полярный круг» исследования не показали сходного для всех древостоев характера годичной изменчивости рядов линейных приростов. Полученные в результате исследований различия параметров изменчивости рядов приростов древостоев трёх ООПТ, объясняются локальной изменчивостью. Воздействие климатических факторов объясняет лишь часть вариабельности характеристик линейных приростов; не менее значимой причиной изменчивости являются локальные факторы, включающие биотические связи, а также микроклимат, гидрогеологические и эдафические условия.

Полученные в ходе многолетних исследований закономерности могут применяться при прогнозировании изменения состояния арктических биогеоценозов в соответствии с вероятными сценариями изменения климата, разработанными специалистами Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК).

Водные ресурсы

Водные ресурсы бассейнов репрезентативных рек Арктической зоны Российской Федерации (наблюдённый годовой сток рек) в 2016 году в большинстве случаев значительно отличались как от средних многолетних значений, так и от значений, имевших место в 2015 году (табл. 4.7).

В 2016 году водность в Арктической зоне Кольского полуострова, бассейнах относительно крупных рек – Туломы, Поноя и Варзуги, превышала среднее многолетнее значение. Превышение стока Туломы (северный склон) стало, а Варзуги (южный склон) осталось весьма значительным и составило, соответственно, 35,0% и 17,6% (в 2015 году – 6,2% и 21,0%). В бассейне Поноя (восточный склон) начавшийся рост водности привёл к изменению её характера: сток реки в 2016 году превысил норму на 5,5% при значении ниже нормы на аналогичную величину в 2015 году.

В бассейнах крупнейших рек европейской части Арктической зоны Российской Федерации – Северной Двины, Мезени и Печоры характер водности и её изменения сильно различались.

Таблица 4.7. Ресурсы речного стока по речным бассейнам

Речной бассейн	Площадь бассейна, тыс. км ²	Среднее многолетнее значение водных ресурсов *, км ³ /год	Водные ресурсы 2016 года, км ³ /год	Отклонение от среднего многолетнего значения, %
Тулома	21,5	7,11	9,6	35,0
Поной	15,5	5,31	5,6	5,5
Варзуга	9,84	3,06	3,6	17,6
Северная Двина	357	101,0	97,4	-3,6
Мезень	78	27,2	19,7	-27,6
Печора	322	129,0	129,9	0,7
Обь	2990	405,0	460,4	13,7
Енисей	2580	635,0	535,6	-15,7
Хатанга	364	109	114,4	5,0
Анабар	100	16,3	17,8	9,2
Оленёк	219	34,4	29,5	-14,2
Лена	2490	537,0	642,1	19,6
Яна	238	30,8	29,5	28,9
Инди́гирка	360	54,7	39,7	-22,1
Колыма	647	131,0	42,6	3,7
Анадырь	191	59,7	135,8	1,7

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

Начавшееся в 2013 году снижение водности в бассейне Северной Двины, в 2016 году сменилось резким ее ростом, приблизившим сток реки к норме. Его значение было лишь на 3,6% ниже нормы. Водность Мезени в 2016 году была намного ниже нормы (-27,6%) и практически не изменилась по сравнению с 2015 годом. На крупнейшей реке Севера Европы – Печоре – превышение нормы, наблюдавшееся с 2014 года и достигшее аномально высокого значения 39,2% в 2015 году, в 2016 году резко снизилось до 0,7%, то есть сток снизился практически до нормы.

В бассейнах крупнейших рек азиатской части Арктической зоны Российской Федерации – Оби, Енисея, Лены, Хатанги, Анабара, Оленёка, Яны, Инди́гирки, Колымы и Анадыря – характер водности и её изменения были весьма разнообразными.

В бассейне одной из крупнейших рек Сибири – Оби – продолжалась фаза повышенной водности, начавшаяся в 2014 году. При этом водность значительно снизилась по сравнению не только с 2015 годом, когда она достигла максимума, но и с 2014 годом. В 2016 году сток Оби превышал норму на 13,7% (в 2015 г. – 33,2%, в 2014 г. – 19,1%). В бассейнах двух других крупнейших сибирских рек – Енисея и Лены – продолжались противоположно направленные изменения водности – снижение и рост, начавшиеся в 2014 году. В бассейне Енисея снижение было значительным – 15,7% (2015 г. – 8,0%), что привело к аномально низкой водности (ниже многолетнего минимума). В бассейне Лены рост водности был также значительным: превышение нормы составило 19,6% (2015 г. – 7,6%).

В бассейнах Хатанги, Анабара и Оленёка, расположенных между бассейнами Енисея и Лены,

водность и ее изменения аналогичны бассейну Енисея. В них продолжилось интенсивное снижение высокой водности, сформировавшейся в 2014 году. Если в бассейнах Хатанги и Анабара сохранилась несколько повышенная водность, несмотря на её значительное снижение – 5,0% и 9,2% (в 2015 г. – 24,5% и 20,2%), то в бассейне Оленёка водность снизилась до значения ниже нормы на 14,2% при превышении нормы в 2015 году на 12,2%.

В бассейне Яны продолжалась фаза высокой водности при дальнейшем интенсивном росте стока. Превышение нормы составило 28,9% (в 2015 г. – 13,5%). В бассейне Инди́гирки, напротив, продолжалась фаза низкой водности, начавшаяся в 2007 году, хотя имел место незначительный рост стока до значения ниже нормы на 22,1% (в 2015 г. – ниже нормы на 34,9%).

В бассейне Колымы интенсивное снижение стока реки, начавшееся в 2015 году после длительной фазы высокой водности, сменилось ростом стока от значения ниже нормы на 10,8% до значения, превышающего норму на 3,7%.

В бассейне Анадыря – крупнейшей реки Чукотского автономного округа, сток сохранился близким к норме, но, в отличие от 2015 года (-1,7%), несколько превышал её (1,7%).

4.3.2. Комплексная оценка состояния и загрязнения окружающей среды в Арктической зоне Российской Федерации

Состояние озонового слоя над Арктическими районами РФ

В Арктической зоне РФ (севернее 60° с.ш.) расположены 11 станций, составляющих значи-

Таблица 4.8. Среднемесячные значения ОСО в 2016 г. на станциях Арктической зоны РФ

Станция	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Мурманск	–	283	352	412	367	356	–	317	280	–	–	–
Печора	276	301	367	397	377	352	322	299	294	274	284	–
Архангельск	305	300	362	409	368	355	321	305	296	267	265	–
Север ЕТС	291	295	360	406	371	354	322	307	290	271	275	–
Туруханск	308	308	374	419	404	337	323	301	282	289	325	–
Ханты-Мансийск	333	321	345	390	382	348	337	302	304	282	283	–
Запад. Сибирь	321	315	360	405	393	343	330	302	293	285	304	–
Тикси	–	318	414	423	416	359	–	302	270	289	–	–
Оленек	–	304	347	408	411	343	324	305	275	284	–	–
Тура	–	307	360	423	407	347	335	304	278	288	318	–
Якутск	381	385	420	416	404	357	326	316	286	349	380	–
Вост. Сибирь	381	329	385	418	409	351	328	307	277	302	349	–
о. Котельный	–	–	452	424	402	362	–	301	265	–	–	–
Магадан	381	480	434	414	387	357	320	309	296	362	400	408
Дальний Восток	381	480	443	419	395	360	320	305	281	362	400	408

тельную часть озонометрической сети Росгидромета.

Среднемесячные значения общего содержания озона (ОСО) в 2016 г. приведены в табл. 4.8. Данные арктических станций разделены по регионам, аналогично данным всех станций озонометрической сети, по тому же принципу однородности поля ОСО внутри региона и различий между ними (раздел 2.3.3.1).

Результаты, приведенные в таблице 4.8 и на рис. 4.23., подтверждают наличие всех особенностей поля ОСО, которые были отмечены в разделе 2.3.3.1. (рис. 2.13).

В начале 2016 г. были зафиксированы аномально низкие значения ОСО для всех регионов (кроме ДВ) и значительные различия между ними. В летнее полугодие особых различий ОСО между регионами не наблюдалось. В конце года отмечен заметный рост озона, который сопровождался увеличением межрегиональных различий.

Таким образом, пространственно-временные особенности поля ОСО над Арктической зоной РФ

практически соответствуют особенностям поля ОСО над всеми регионами РФ (раздел 2.3.3.1).

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 станции Тикси с 2014 г. По сумме $L+$ и $L-$ определяется суммарное значение электрической проводимости воздуха L_S .

Поскольку электрические характеристики подвержены сезонным колебаниям, в табл. 4.9 представлены обобщенные по сезонам результаты измерений V'_C за 2014–2016 гг. В скобках указаны минимальные и максимальные среднемесячные значения измеряемых величин за сезон и за год.

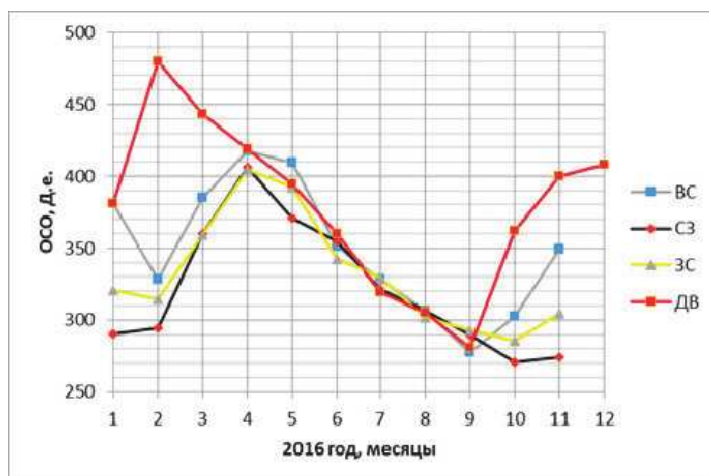


Рис. 4.23. Общее содержание озона над регионами Арктической зоны РФ в 2016 год

Таблица 4.9. Сезонные (V'_C), среднегодовые (V'_T) и среднемесячные минимальные и максимальные (в скобках) значения V (даВ/м) за 2014–2016 гг. на станции Тикси

Год	Зима	Весна	Лето	Осень	Среднее за год
	$V'_C, (V')$				$V'_T, (V')$
2016	29 (22, 36)	33 (30, 37)	30 (28, 33)	31 (26, 37)	31 (22, 37)
2015	36 (33, 38)	38 (35, 42)	30 (28, 34)	31 (30, 33)	34 (28, 42)
2014	32 (30, 34)	36 (34, 38)	31 (27, 34)	33 (30, 34)	33 (27, 38)

Таблица 4.10. Сезонные (L_C) и среднегодовые (L_T) значения удельной суммарной электрической проводимости воздуха (Φ См/м), минимальные и максимальные среднемесячные значения суммарной электрической проводимости L_S (в скобках) за 2014–2016 гг. на станции Тикси

Год	Зима	Весна	Лето	Осень	Среднее за год
	$L_C, (L_S)$				$L_T, (L_S)$
2016	14 (8, 20)	10 (9, 11)	15 (11, 17)	17 (14, 18)	14 (8, 18)
2015	20 (20, 21)	15 (11, 20)	17 (15, 19)	20 (19, 20)	18 (11, 21)
2014	15 (10, 20)	14 (13, 14)	19 (17, 22)	24 (23, 26)	18 (10, 26)

Заметные вариации значений V'_C , вычисленных по среднемесячным значениям V' , обусловлены изменчивостью погодных условий. Сильнейшее влияние на величину V' оказывают грозы, метели и осадки, поэтому данные в период сильных метелей исключены из обработки.

В табл. 4.10 приведены обобщенные по сезонам результаты измерений удельной суммарной электрической проводимости воздуха L_S . В скобках указаны минимальные и максимальные среднемесячные значения измеряемых величин за сезон и год.

Данные наблюдений свидетельствуют, что за 2014–2016 гг. средние годовые значения V' существенно не изменились, а значения L_S в 2016 году оказались ниже среднегодовых значений за 2014 и 2015 годы.

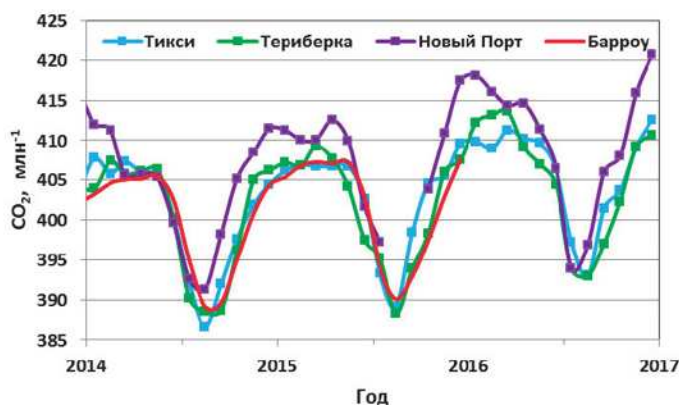
Представленные результаты имеют по большей части предварительный характер, т.к. измерения на станции Тикси проводятся относительно недавно. В дальнейшем, по мере накопления рядов данных и совершенствования методов статистического анализа, исследование циклических вариаций и многолетних трендов изме-

ряемых характеристик позволит выявить закономерности и определить природу различных источников, оказывающих воздействие на электрическое состояние приземного слоя атмосферы в Арктической зоне.

В перспективе, в связи с отсутствием вблизи станции проведения измерений каких-либо интенсивных источников антропогенного загрязнения атмосферы, по этим данным может быть произведена оценка вклада определенных региональных и глобальных климатических факторов, оказывающих влияние на электричество приземного слоя и на параметры глобальной электрической цепи в целом.

Содержание CO_2 и CH_4 в Арктической зоне РФ

В Арктической зоне РФ наблюдения за содержанием парниковых газов проводятся на трех станциях – Териберка, Новый порт и Тикси. Их характеристики и тенденции изменения концентрации парниковых газов, получаемые на этих станциях, представлены в разделе 2.2.2. На рис. 4.24 и 4.25 представлен временной ряд

Рис. 4.24. Концентрация CO_2 для арктических станций РФ в сравнении со станцией Барроу

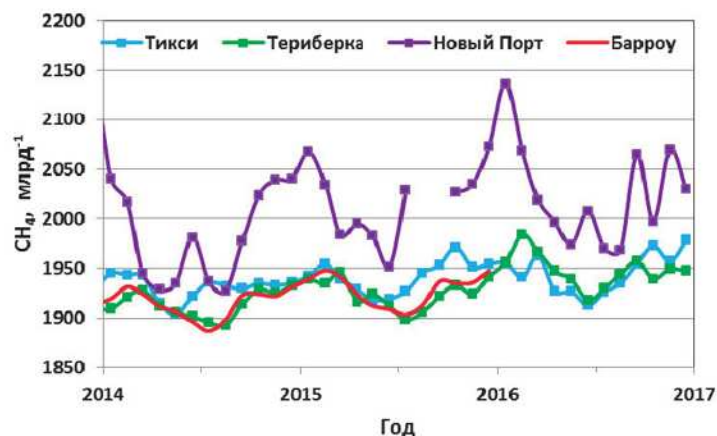
Рис. 4.25. Концентрация CH₄ для арктических станций РФ в сравнении со станцией Барроу

Таблица 4.11. Сравнение концентраций парниковых газов на российских станциях и станции Барроу (НОАА, США)

Период осреднения	Среднегодовые значения концентрации и их превышения относительно станции Барроу				Среднее превышение относительно станции Барроу	
	2015		2015		Весь период измерений	
	CO ₂ , млн ⁻¹	CO ₂ , %	CH ₄ , млрд ⁻¹	CH ₄ , %	CO ₂ , %	CH ₄ , %
Териберка	401,8	0,0	1925,0	-0,2	0,1	0,4
Тикси	403,0	0,3	1940,7	0,6	0,2	0,8
Новый Порт	406,5	1,2	2011,4	4,3	1,3	4,5
Барроу	401,8		1928,9			

наблюдений CO₂ и CH₄ на этих станциях в сравнении с данными станции Барроу (71,32° с.ш., 156,6° з.д.) Национальной Администрации по Океану и Атмосфере США (НОАА, США).

Сравнения среднегодовых значений концентрации CO₂ и CH₄ на станциях РФ с данными станции Барроу (НОАА, США) представлены в табл. 4.11 и на рис. 4.26. Данные станции Барроу доступны для общего пользования только за 2015 г., поэтому сравнения ограничиваются указанным годом.

Из представленных материалов видно, что концентрации CO₂ и CH₄, регистрируемые на

станции Териберка, незначительно отличаются от данных станции Барроу. На станции Тикси наблюдается значительное превышение концентрации метана (см. раздел 2.2.2.), в основном, в периоды наиболее интенсивной природной эмиссии метана от увлажненной территории (июль–сентябрь). Месторождения природного газа, расположенные в окрестностях станции Новый Порт (расстояние 80–250 км), приводят к превышению концентрации CH₄, достигающему в зимний период 150 млрд⁻¹, а также CO₂ до 10 млн⁻¹.

Особенности содержания CO₂ и CH₄ на станциях в Арктической зоне РФ, обусловле-

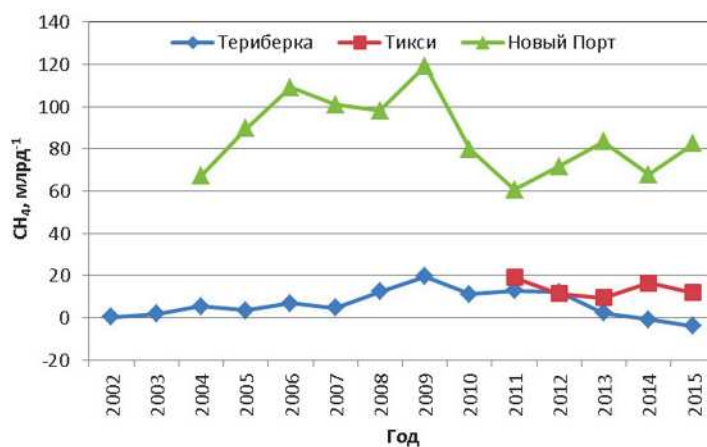


Рис. 4.26. Превышение концентрации метана на станциях Арктической зоны РФ по отношению к станции Барроу (НОАА, США)

ны влиянием крупномасштабных источников парниковых газов. Увлажненные территории в окрестностях станции Тикси, а также возможное высвобождение метана из других природных источников приводят к повышенному, в среднем на 0,8%, уровню концентрации метана по отношению к данным станции Барроу. Рост по сравнению с фоновым уровнем значений концентраций CH_4 (на 4,5%) и CO_2 (на 1,3%) на станции Новый Порт обусловлен, главным образом, влиянием техногенной эмиссии парниковых газов с территории основных газовых месторождений Западной Сибири. Данные станции Териберка соответствуют фоновым значениям, близким к данным станции Барроу.

Ионный состав и кислотность атмосферных осадков Арктической зоны Российской Федерации

В соответствии с Программой арктического мониторинга и оценки (АМАР) к Арктической зоне РФ относится 21 станция наблюдений за химическим составом и кислотностью атмосферных осадков. По территориально-географическому признаку станции объединены в регионы: Кольский полуостров (ст. Янискоски, Никель, Зареченск, Падун, Мурманск, Краснощелье); Север ЕТР (ст. Северодвинск, Мудьюг, Архангельск, Нарьян-Мар); Север Сибири (ст. Уренгой, Диксон, Туруханск, Норильск, Полярный, Жиганск, Кюсюр, Тикси); Север Дальнего Востока (Депутатский, Усть-Мома, Палатка).

Результаты наблюдений за химическим составом и кислотностью осадков в 2016 г. Одним из наиболее характерных признаков Арктической зоны по химическому составу атмосферных осадков (ХСО) следует считать повышенное содержание в них хлоридов по сравнению

с осадками внутриконтинентальных станций. Средняя величина концентрации хлоридов в осадках Арктической зоны составила 2 мг/л, а диапазон колебаний – от 0,6 мг/л до 4,2 мг/л (при максимальном содержании в осадках ст. Диксон – 54,5 мг/л). Повышенное содержание хлоридов сопровождалось превышением концентрации натрия над концентрацией кальция.

На минерализацию атмосферных осадков сильное влияние оказывают локальные источники загрязнения, поэтому среднегодовые концентрации ионов на территории Севера Сибири были рассчитаны как с учетом, так и без учета данных по химическому составу атмосферных осадков Диксона и Норильска, для которых характерно максимальное содержание хлоридов и сульфатов соответственно (табл. 4.12).

Если исключить данные наблюдений ХСО Норильска и Диксона, то показатель удельной электропроводности в 2016 г. изменялся в интервале от 19 мкСм/см (Север Дальнего Востока) до 32 мкСм/см (Кольский полуостров), а минерализации – от 9,5 мкСм/см (Север Дальнего Востока) до 18,1 мкСм/см (Север Сибири). Анализ данных ХСО по отдельным станциям показал, что минимальная сумма ионов в 2016 г. наблюдалась в осадках станций Кольского полуострова – Зареченск и Краснощелье (5 мг/л). Максимальные значения минерализации были характерны для осадков станций Севера Сибири – Норильска (132 мг/л), Диксона (74,8 мг/л) и Кюсюра (43,7 мг/л). В ХСО большинства станций Кольского полуострова и Севера Дальнего Востока преобладали сульфат-ионы (рис. 4.27).

Относительное содержание сульфат-ионов от величины минерализации составило: от 12 до 50% в осадках Кольского полуострова; от 11 до 68% в осадках Севера Сибири и в среднем 15% и 30% в осадках Севера ЕТР и Севера

Таблица 4.12. Средняя за год концентрация ионов по регионам и на отдельных станциях Арктической зоны, 2016 г.

Арктическая зона РФ	q, мм	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	M	pH	k, мкСм/см
		мг/л											
Кольский полуостров	728	3,6	2,4	0,6	4,2	0,3	1,4	0,9	1,3	0,2	15,6	6,0	32,3
Север ЕТР	523	2,3	2,6	1,5	4,2	0,2	2,3	0,5	1,2	0,5	15,3	6,1	29,3
Север Сибири	350	15,5	8,5	0,7	7,8	0,7	5,1	1,0	2,3	3,0	39,4	6,0	81,1
Север Сибири *	339	4,4	1,7	0,5	7,0	0,6	1,0	0,6	0,9	1,2	18,1	5,9	31,1
Север Дальнего Востока	399	3,0	1,1	0,9	2,1	0,4	0,5	0,4	0,8	0,4	9,5	5,7	19,2
Наиболее загрязнённые станции Арктической зоны													
Никель	777	10,2	2,7	0,7	1,2	0,3	1,5	1,2	2,3	0,6	20,7	5,7	47,8
Мурманск	677	5,6	3,7	0,6	3,6	0,2	1,6	0,5	2,8	0,3	18,9	5,7	40,1
Диксон	445	8,3	54,5	1,1	11,9	0,8	31,2	1,8	4,9	3,2	74,8	5,6	177,1
Норильск	316	89,5	3,8	1,7	8,3	1,5	3,4	2,3	7,9	13,6	132,0	6,3	284,6
Кюсюр	307	10,6	2,3	0,5	21,2	1,1	1,1	1,1	1,3	4,5	43,7	6,4	68,7

* Примечание. Приведена средняя за год концентрация ионов без учета данных наблюдений ХСО Диксона и Норильска.

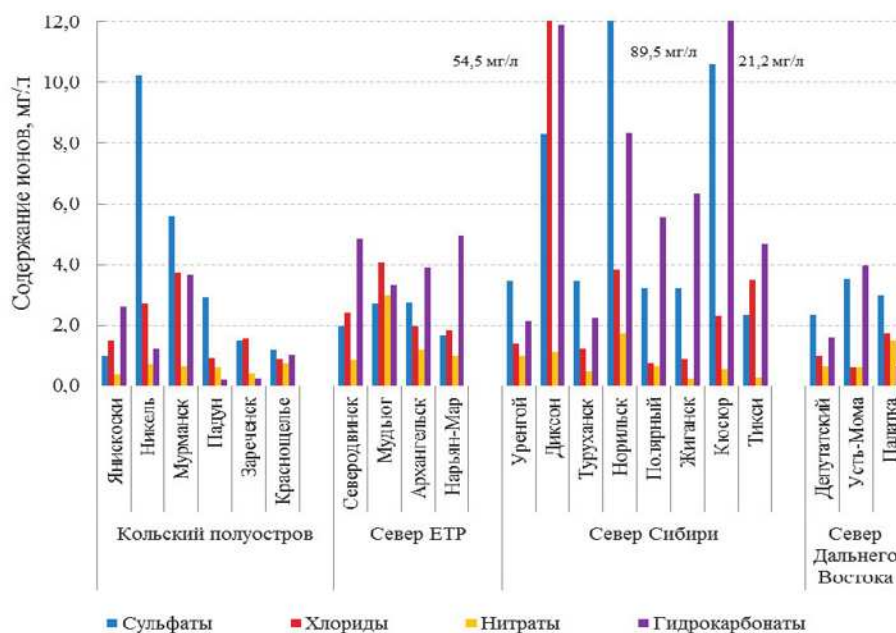


Рис. 4.27. Содержание сульфатов, хлоридов, нитратов и гидрокарбонатов в атмосферных осадках Арктической зоны РФ, 2016 г.

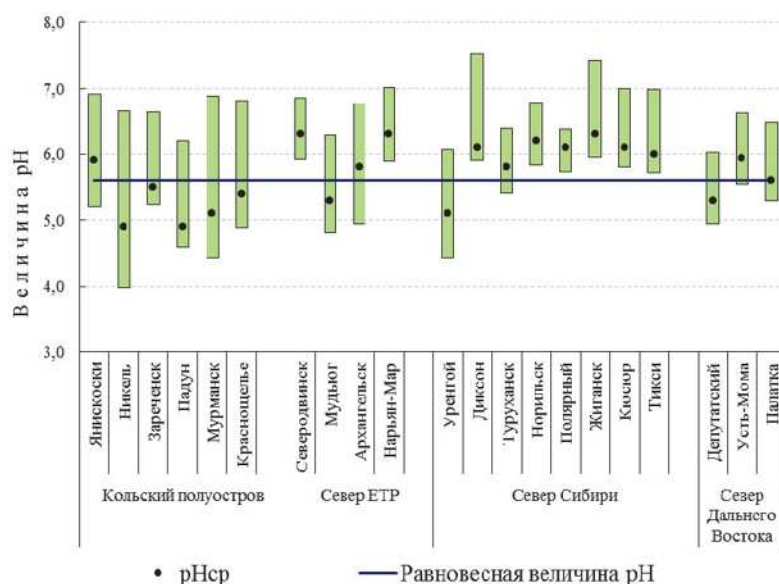


Рис. 4.28. Диапазоны изменения средней за год величины $pH_{ср}$, 2016 г.

Дальнего Востока соответственно. Минимальное содержание гидрокарбонат-ионов наблюдалось в осадках ст. Зареченск (0,2 мг/л), Падун (0,2 мг/л), Палатка (0,6 мг/л) и Депутатский (1,6 мг/л). Преобладание гидрокарбонат-ионов характерно для осадков большинства станций Севера ЕТР и Севера Сибири, где концентрация гидрокарбонат-ионов в 2016 г. составила 30% от суммы ионов.

Распределение средних ($pH_{ср}$) и крайних значений величины pH осадков по станциям Арктической зоны РФ представлено на рис. 4.28. В качестве реперной величины было принято равновесное значение $pH=5,6$.

Наибольший диапазон отклонений значений величины pH в 2016 г. был характерен для станций Кольского полуострова – Никель ($4,0 \leq pH \leq 6,7$) и Мурманск ($4,4 \leq pH \leq 6,9$). Минимальные значения pH были отмечены в осадках станций Никель ($pH = 4,0$), Мурманск ($pH = 4,4$), Уренгой ($pH = 4,4$) и Депутатский ($pH = 4,9$). Максимальные значения $pH \geq 7,5$ были характерны для осадков ст. Диксон. Повторяемость разных значений pH осадков представлена в табл. 4.13.

В 2016 г. кислые осадки ($pH \leq 5,0$) чаще всего выпадали на Кольском полуострове и Севере Дальнего Востока. Наибольшее число случаев

Таблица 4.13. Повторяемость (%) разных значений pH осадков, 2016 г.

Арктическая зона	pH≤5	5<pH≤6	6<pH≤7	pH>7
Кольский полуостров	18,0	52,8	29,2	0
Север ЕТР	8,3	29,2	60,4	2,1
Север Сибири	2,1	35,4	58,3	4,2
Север Сибири*	2,8	43,1	52,8	1,3
Север Дальнего Востока	12,1	72,7	15,2	0

* Примечание. Без учета данных наблюдений ХСО Диксона и Норильска.

Таблица 4.14. Выпадение серы, азота и суммы ионов с атмосферными осадками в Арктической зоне РФ, 2016 г.

Арктическая зона РФ	q, мм	S	N(O)	N(H)	Σ N	P	N(H)/N(O)	S/Σ N
		т/км ² / год						
Кольский полуостров	728	0,9	0,10	0,2	0,3	11,4	1,7	3,0
Север ЕТР	523	0,4	0,18	0,1	0,3	8,0	0,5	1,3
Север Сибири	350	1,8	0,06	0,2	0,3	13,8	3,4	6,0
Север Сибири *	339	0,5	0,04	0,2	0,2	6,1	4,1	2,5
Север Дальнего Востока	399	0,4	0,08	0,1	0,2	3,8	1,5	2,0
Наиболее загрязнённые станции Арктической зоны РФ								
Никель	777	2,6	0,12	0,2	0,2	16,1	1,5	13,0
Мурманск	677	1,3	0,09	0,1	0,2	12,8	1,1	6,5
Диксон	445	1,2	0,11	0,3	0,4	33,3	2,5	3,0
Норильск	316	9,4	0,12	0,4	0,5	41,7	3,0	18,8
Кюсюр	307	1,1	0,03	0,3	0,3	13,4	7,6	3,7

* Примечание. Без учета данных наблюдений ХСО Диксона и Норильска.

осадков с pH > 7,0 было характерно для Севера Сибири (ст. Диксон и Жиганск).

Влажные выпадения серы, суммарного азота и суммы ионов в Арктической зоне РФ. Средние за 2016 г. выпадения с осадками серы, суммарного азота и суммы ионов по регионам и по отдельным станциям Арктики представлены в табл. 4.14, а их временная изменчивость показана на рис. 4.29 и 4.30

Повсеместно по регионам Арктики выпадение серы (S) в среднем превышало выпадение суммарного азота (ΣN) в 2 раза и составило не более 2 т/км²/год. Максимум выпадения серы с осадками был отмечен в Норильске (9,4 т/км²/год) и Никеле (2,6 т/км²/год), а отношение S/ΣN достигало 20 и 13 соответственно.

В 2016 г. преобладание выпадений азота нитратного (N(O)) над азотом аммиачным (N(H)) было отмечено только на Севере ЕТР. В других регионах Арктики и на всех наиболее загрязненных станциях преобладало выпадение N(H) над N(O). Общее годовое поступление веществ с атмосферными осадками (P) в 2016 г. было наименьшим на Севере Дальнего Востока. Наибольшее количество всех загрязняющих компонентов отмечалось на Кольском полуострове и

Севере Сибири, вследствие наличия здесь промышленных источников загрязнения.

За десятилетний период (2007–2016 гг.) величина выпадения суммарного азота на Кольском полуострове не превышала 1 т/км²/год (рис. 4.29). Наибольшие значения выпадений ΣN и S на территории Кольского п-ова были отмечены в Никеле и составили соответственно 0,8 т/км²/год, (2008 г.) и 2,6 т/км²/год (2016 г.).

В наиболее загрязненных пунктах Севера Сибири наблюдается тенденция к уменьшению выпадений суммы ионов со временем (рис. 4.30). Особенно она заметна в Норильске и связана со снижением величины влажного выпадения серы. Максимальные выпадения серы в Норильске были отмечены в 2008 и 2011 гг. и составили соответственно 15,4 и 16,4 т/км²/год, а в период с 2014 по 2016 гг. выпадение серы снизилось с 13,9 до 9,4 т/км²/год. Максимальное поступление суммарного азота на подстилающую поверхность было отмечено в 2010–2011 гг. и составило 1,9 т/км²/год. Снижение величины суммарных выпадений с осадками на ст. Диксон и Кюсюр наблюдалось, в основном, за счёт уменьшения величины выпадения хлоридов и гидрокарбонатов соответственно.

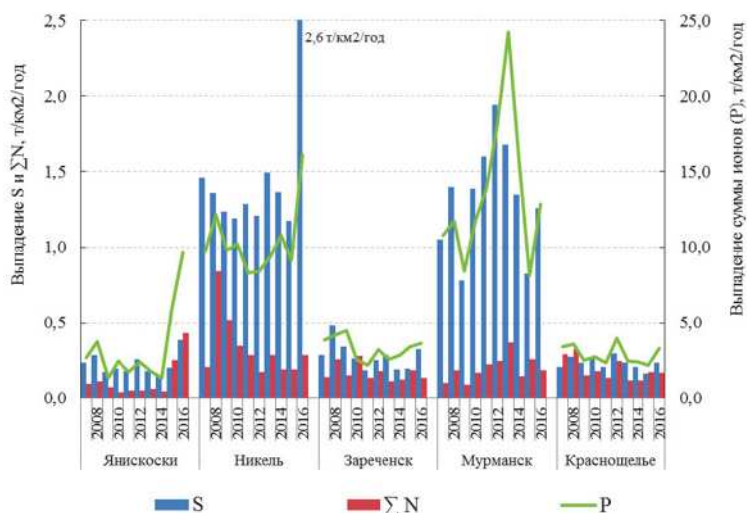


Рис. 4.29. Динамика выпадения серы, суммарного азота и суммы ионов на Кольском полуострове, 2007–2016 гг.

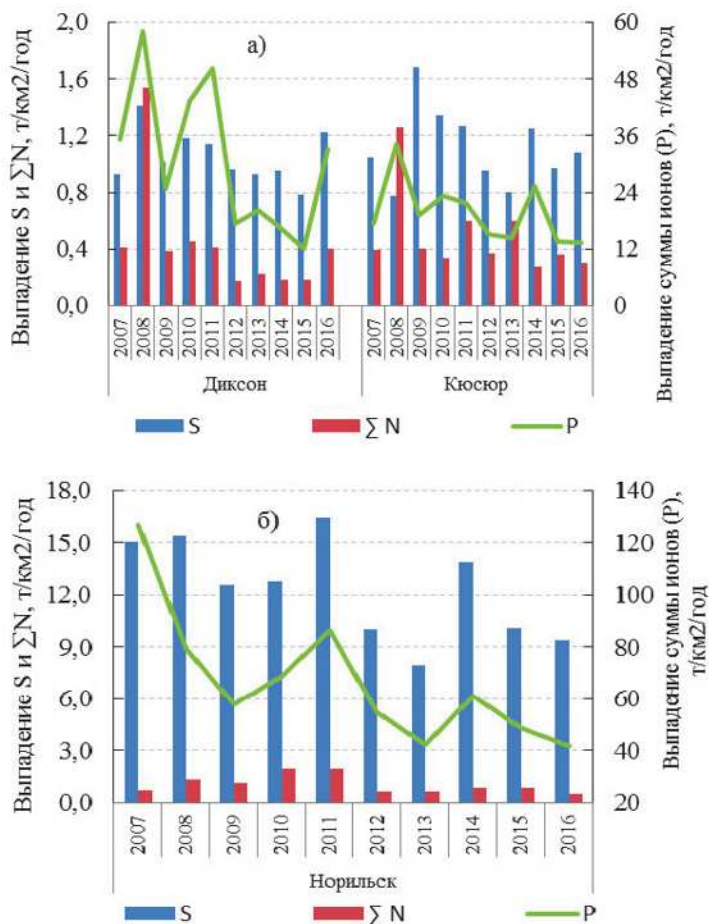


Рис. 4.30. Динамика выпадений серы, суммарного азота и суммы ионов в наиболее загрязнённых пунктах Севера Сибири, 2007–2016 гг.

**Загрязнение атмосферного воздуха
Арктической территории РФ стойкими
органическими загрязняющими
веществами (СОЗ)**

С 2014 г. был возобновлен мониторинг СОЗ в атмосферном воздухе на Арктическом побережье

РФ – п. Амдерма и Тикси. Перечень определяемых веществ включает все соединения, внесенные в ограничительный список Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, в том числе пестициды, полихлорированные бифенилы (ПХБ), токсафены, бромированные антипирены и т.д.

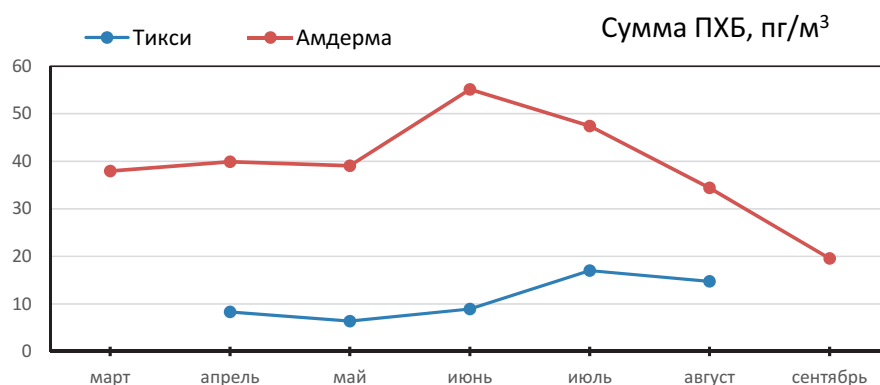


Рис. 4.31. Динамика суммарного содержания ПХБ (пг/м³) в атмосферном воздухе в 2016 г.

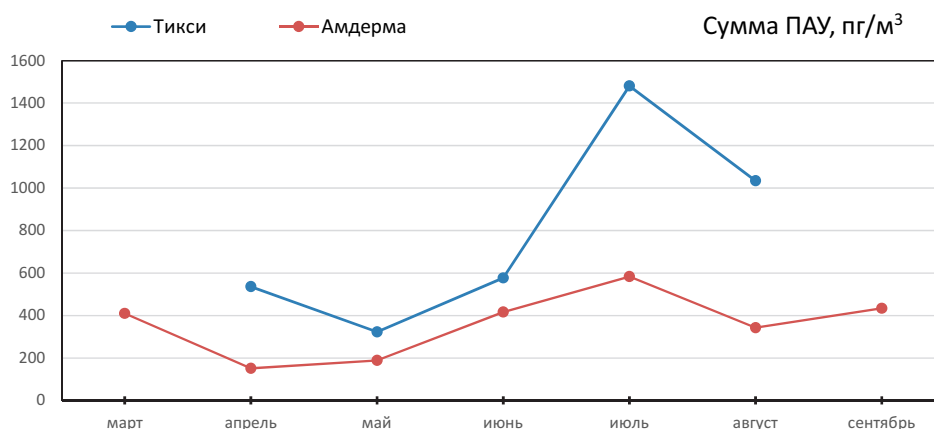


Рис. 4.32. Динамика суммарного содержания ПАУ (пг/м³) в атмосферном воздухе в 2016 г.

Результаты наблюдений показывают, что с 2010 г. заметного снижения концентраций токсикантов не произошло. Так, уровни суммарного содержания конгенов ПХБ в атмосфере на станции Амдерма в 2016 г. составляли от 19,5 до 55,1 пг/м³ (от 30 до 180 пг/м³ в 2015 г.), на станции Тикси – от 6,4 до 17,0 пг/м³. Снижение концентраций наблюдается в зимний период при сплошном снежном покрове.

Как и в 2015 г., на станции Амдерма в летний период наблюдается существенно повышенное содержание ПХБ в атмосфере (рис. 4.31), что может быть обусловлено наличием локального источника ПХБ в п. Амдерма. На станции Тикси такого явления не наблюдается.

В атмосферном воздухе идентифицируются все виды пестицидов, внесенных в Стокгольмский список, в том числе, не применяемые и не производимые на территории РФ или СССР. При этом, несмотря на запрет применения, наблюдаются максимальные концентрации пестицидов группы ГХЦГ (от 5,52 до 38,15 пг/м³), ДДТ и его метаболитов (от 0,38 до 23,78 пг/м³). Концентрации цис- и транс-хлорданов были зафиксированы на уровнях 0,06–0,48 пг/м³, цис- и транс-нонахлоров – 0,016–0,41 пг/м³, оксихлордан – от 0,16 до 0,4 пг/м³. Следует отметить, что в воздухе были зарегистрированы галогенированные токсичные соединения, наблюдения за содержанием

которых ранее не проводились, например, окта-хлорстирол (от 0,11 до 0,85 пг/м³), пентахлоранизол (от 0,13 до 1,5 пг/м³). Данные вещества являются потенциальными кандидатами для внесения в расширенный перечень списка Стокгольмской конвенции.

Токсичные конгены пестицида токсафен (полихлорпинен), широко применявшегося в СССР в 60–80 годы прошлого века, были зарегистрированы на уровнях 0,01–0,34 пг/м³.

Суммарное содержание полибромированных дифениловых эфиров (ПБДЭ), внесенных в Стокгольмский список, было отмечено во все сезоны года на уровне 0,04–5,1 пг/м³. Максимальное значение (5,1 пг/м³) наблюдалось в августе в п. Тикси.

Содержание в атмосфере полиароматических углеводородов (ПАУ) зависит от времени года, температуры и наличия снежного покрова. Так, содержание бенз(а)пирена колебалось от 0,012 до 3,63 пг/м³. Концентрации менее конденсированных ПАУ, содержание которых в атмосферном воздухе не нормируется в РФ (фенантрен, флюорантен, пирен, хризен и т.д.), колебались в разные сезоны года на уровнях от 2,9 до 1183 пг/м³.

Суммарное содержание 10 индивидуальных представителей ПАУ (нафталин, фенантрен, антрацен, флюорантен, бензо(а)антрацен, хри-

Таблица 4.15. Кислотность (pH) снежного покрова на ПН сети мониторинга ХССП в Арктической зоне РФ в 2007–2016 гг.

Пункт наблюдения	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Среднее значение (мин.–макс.)
<i>Европейская территория России</i>											
Янискоски	4,0	4,3	5,7	–	5,3	5,2	5,3	5,6	5,0	6,2	5,2 (4,0–6,2)
Ковдор	7,5	7,4	7,5	–	7,2	7,5	7,8	7,0	7,6	6,9	7,4 (6,9–7,8)
Териберка	4,8	4,8	5,9	–	6,0	4,8	5,5	5,8	6,1	6,1	5,5 (4,8–6,1)
Шойна	6,4	6,2	–	5,7	6,0	5,7	5,4	5,8	5,7	5,7	5,9 (5,4–6,4)
Нарьян-Мар	6,5	6,9	–	6,4	6,1	6,1	6,5	6,9	6,3	6,0	6,4 (6,0–6,9)
Амдерма	6,2	6,7	–	6,9	5,7	6,2	6,5	6,0	5,8	6,2	6,2 (5,7–6,9)
<i>Азиатская территория России</i>											
Тазовское	5,1	5,3	5,1	5,8	5,5	5,5	5,6	6,2	5,4	5,1	5,4 (5,1–6,2)
Игарка	6,2	5,7	7,9	5,4	6,0	–	5,9	5,8	5,9	5,8	6,1 (5,4–7,9)
Оленек	6,2	–	6,8	6,2	6,1	6,2	6,9	5,4	6,4	6,3	6,3 (5,4–6,9)
Верхоянск	6,8	–	5,7	6,1	6,3	6,6	6,0	6,6	6,0	6,4	6,3 (5,7–6,8)
Чокурдах	5,2	–	5,5	5,5	5,3	4,7	5,6	5,9	5,2	5,2	5,3 (4,7–5,9)
Айон	5,9	5,9	5,8	–	5,8	5,9	5,9	5,9	6,5	6,2	6,0 (5,8–6,5)

Таблица 4.16. Интенсивность выпадений серы I_S (кг·км²·мес.) в зимние периоды 2007–2016 гг. на ПН сети мониторинга ХССП в Арктической зоне РФ

Пункт наблюдения	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Среднее значение (мин.–макс.)
<i>Европейская территория России</i>											
Янискоски	3,7	7,2	2,5	–	2,6	5,4	2,2	7,1	4,4	13,2	5,4 (2,2–13,2)
Ковдор	52,3	15,1	42,3	–	30,2	59,4	41,6	25,1	58,9	38,1	40,3 (15,1–59,4)
Териберка	–	6,4	27,5	–	31,9	31,2	44,5	117,5	59,0	19,1	42,1 (6,4–117,5)
Шойна	25,3	13,6	–	24,4	16,2	15,2	6,4	14,7	8,2	6,7	14,5 (6,4–25,3)
Нарьян-Мар	6,9	15,7	–	12,4	28,2	10,9	22,0	17,5	51,1	9,3	19,3 (6,9–51,1)
Амдерма	5,9	7,0	–	30,3	12,2	18,3	5,5	11,9	21,7	7,8	13,4 (5,5–30,3)
<i>Азиатская территория России</i>											
Тазовское	3,5	14,4	18,1	12,6	7,2	6,3	7,7	12,5	6,5	4,6	9,3 (3,5–18,1)
Игарка	81,0	32,2	93,5	16,1	37,6	–	53,7	91,5	95,0	71,5	63,6 (16,1–95,0)
Оленек	4,6	–	0,7	2,4	5,2	0,9	17,6	2,5	10,1	7,3	5,7 (0,7–17,6)
Верхоянск	12,5	–	9,5	9,9	9,0	10,8	5,9	3,5	0,8	4,8	7,4 (0,8–12,5)
Чокурдах	5,4	–	15,9	16,5	10,3	5,7	12,5	8,5	29,6	20,5	13,9 (5,4–29,6)
Айон	7,2	6,5	6,6	–	8,0	6,0	6,3	7,3	8,7	7,5	7,1 (6,0–8,7)

зен, бензо(k)флуорантен), бензо(a)пирен, индено(1,2,3-с,d)пирен и бензо(g,h,i)перилен) в течение года составляло от 151,5 до 1481 пг/м³. Сезонные изменения содержания суммы 10 ПАУ представлены на рис. 4.32.

Кислотность атмосферных осадков и атмосферные выпадения серы и азота в Арктической зоне Российской Федерации по данным сети наблюдений за загрязнением снежного покрова

В табл. 4.15–4.17 приведены данные мониторинга химического состава снежного покрова (ХССП), полученные в 2007–2016 гг. на сети пунктов наблюдений (ПН) в Арктической зоне РФ в границах ЕТР и АТР.

Как видно из приведенных в табл. 4.15–4.17 данных, лишь в некоторых пунктах наблюдений, подверженных влиянию ближайших источ-

ников промышленных атмосферных выбросов (Ковдор, Териберка, Игарка) значения кислотности снежного покрова и интенсивности выпадений серы и азота заметно отличаются от фоновых уровней, характерных для Арктической зоны РФ: кислотность (pH) снежного покрова (5,2 – 6,4), интенсивность выпадений серы со снежными осадками I_S (кг·км²·мес.) – (5,4–14), интенсивность выпадений азота со снежными осадками I_N (кг·км²·мес.) – (1,2–10).

Комплексная оценка состояния и загрязнения поверхностных вод в Арктической зоне Российской Федерации

В 2016 году наблюдения за загрязнением поверхностных вод по гидрохимическим показателям проводились на 107 водных объектах, на которых расположено 135 пунктов, 159 створов.

Таблица 4.17. Интенсивность выпадений азота I_N (кг·км²·мес.) в зимние периоды 2007–2016 гг. на некоторых ПН сети мониторинга ХССП в Арктической зоне РФ

Пункт наблюдения	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Среднее значение (мин.-макс.)
<i>Европейская территория России</i>											
Янискоски	3,7	7,2	2,5	–	2,6	5,4	2,2	7,1	4,4	13,2	5,4 (2,2–13,2)
Ковдор	14,2	12,7	7,8	–	5,0	12,5	15,9	17,3	3,8	9,9	11,0 (3,8–17,3)
Териберка	8,6	13,9	23,3	–	20,7	6,5	25,5	–	8,7	42,5	18,7 (6,5–42,5)
Шойна	3,2	7,2	–	8,7	7,1	1,9	4,7	45,2	3,6	11,0	10,3 (1,9–45,2)
Нарьян-Мар	3,1	2,3	–	5,4	3,9	17,5	8,0	4,0	21,4	0,3	7,3 (0,3–21,4)
Амдерма	5,2	2,9	–	23,4	3,6	6,4	4,4	1,7	2,0	4,5	6,0 (1,7–23,4)
<i>Азиатская территория России</i>											
Тазовское	3,5	8,9	8,2	9,2	7,9	10,5	27,4	11,7	4,5	5,5	9,7 (3,5–27,4)
Игарка	45,6	17,8	5,4	8,3	18,1	–	10,0	5,2	3,2	2,0	12,8 (2,0–45,6)
Оленек	1,7	–	3,7	1,4	1,9	0,8	2,3	0,7	6,2	1,9	2,3 (0,7–6,2)
Верхоянск	1,4	–	1,1	0,2	3,7	2,6	0,3	0,5	0,6	0,6	1,2 (0,2–3,7)
Чокурдах	4,7	–	10,2	11,6	6,4	0,5	1,9	1,9	4,7	6,2	5,3 (0,5–11,6)
Айон	3,0	2,3	2,1	–	3,9	4,1	4,7	5,7	6,7	4,8	4,2 (2,1–6,7)

Поверхностные воды Арктической зоны Российской Федерации по сравнению с водами других территорий РФ характеризуются более низким уровнем загрязненности. Однако в местах интенсивной экономической и хозяйственной деятельности на территории Арктической зоны Российской Федерации существуют экологические «горячие точки», как следствие интенсивной хозяйственной деятельности.

Результаты анализа данных государственной наблюдательной сети Росгидромета за загрязнением поверхностных вод суши свидетельствуют, что за период 2011–2016 гг. существенных изменений уровней загрязненности поверхностных вод Арктической зоны Российской Федерации не произошло.

Наиболее высоким уровнем загрязненности воды («грязная» – «экстремально грязная») характеризуются реки на территории Ямало-Ненецкого Автономного округа – Надым, Пур, Таз.

Продолжают характеризоваться как «грязные» – воды рек:

- Мурманской области – р. Роста;
- Архангельской области – р. Онега, р. Мезень;
- Ненецкого Автономного округа – р. Печора.

В Арктической зоне Российской Федерации наиболее загрязнены малые реки Кольского п-ва: Колос-йоки, Хаука-лампи-йоки, Ньюдай. На водные объекты Мурманской области приходится около 80% всех случаев высокого (ВЗ) и экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) в континентальной Арктической зоне РФ (табл. 4.18). Загрязнение происходит, прежде всего, сточными водами ООО «Кольская ГМК», «Комбината Печенганикель», комбината «Североникель», АО «Апатит», ОАО «Ловозерский ГОК», городов Заполярный, Мончегорск, Апатиты, п. Никель.

Состояние водных экосистем в Арктической зоне Российской Федерации

По данным наблюдений рассчитываются обобщенные гидробиологические индексы, на основе которых проводится оценка качества вод по пятибалльной шкале: I класс – «условно чистые», II класс – «слабо-загрязненные», III класс – «загрязненные», IV класс – «грязные», V класс – «экстремально грязные».

Гидробиологические наблюдения за состоянием пресноводных экосистем арктической зоны Российской Федерации проводятся по основным экологическим сообществам: фитопланктона, зоопланктона и зообентоса. Каждое из этих сообществ наблюдается по целому ряду параметров, позволяющих получать информацию о количественном и качественном составе экосистем поверхностных вод России. Гидробиологические наблюдения Арктической зоны Российской Федерации в период с 2007 по 2016 год проводились в Восточно-Сибирском и Баренцевском гидрографических районах.

Восточно-Сибирский гидрографический район

Данные наблюдений в низовье р. Лена и заливе Неелова за 2016 год с указанием динамики изменений представлены на рис. 4.33.

Воды нижнего течения **р. Лена** на протяжении последних 10 лет характеризуются как «загрязненные» в придонном слое и «слабо загрязненные» в поверхностном слое. По показателям фитопланктона вода соответствует «слабо-загрязненной». В целом состояние придонного слоя характеризуется «загрязненными» водами.

Обозначения на картограмме характеризуют качество поверхностных вод по комплек-

Таблица 4.18. Высокое и экстремально высокое загрязнение поверхностных вод Арктической зоны Российской Федерации в 2016 году

Субъекты РФ	Количество ВЗ и ЭВЗ			ВЗ			ЭВЗ		
	ВЗ	ЭВЗ	ВЗ, ЭВЗ	загрязняющие вещества (кол-во ВЗ)	max ПДК	конц. мг/л	загрязняющие вещества (кол-во ЭВЗ)	max ПДК	конц. мг/л
Мурманская область	100	57	157	никель (47)	49,7		никель (11)	80,3	
				медь (5)	43,8		медь (9)	262,3	
				марганец (2)	37,8				
				молибден (9)	3,6		молибден (16)	22	
				ртуть (4)	4,3		ртуть (10)	9,1	
				дитиофосф. кре-зил (10)	28,0				
				сульфаты (2)	12				
				азот аммоний-ный (8)	40,1		азот аммоний-ный (2)	69	
				фосфаты (4)	16,3				
				ХПК (3)	11,6				
				РН (2)		9,72	РН (2)		10,3
				кислород (2)		2,89	кислород (3)		1,9
				БПК (2)		34,9	БПК (4)		112,2
Архангельская область	7		7	натрий (2)	20,6				
				марганец (3)	43,9				
				ДДТ	4,9				
				хлориды	18,0				
Ненецкий АО	2	2	4	железо общее	32,9				
				кислород		2,93			
							марганец (2)	95	
Республика Коми	1		1	азот нитритов	47,0				
Ямало-ненецкий АО	21	8	29	железо общее (4)	37,3				
				марганец (9)	48,6				
				цинк (7)	35,2				
				медь	36,8				
							кислород (4)		1,8
Красноярский край	2		2	марганец	49,4				
				нефтепродукты	34,0				
Республика Саха (Якутия)	4		4	цинк (3)	37,4				
				ХПК	15,8				
Чукотский АО	0								
Всего по АЗ РФ	137	67	204						

сним показателям. Цветом указан класс качества, формой значка – показатель биоценоза. Тенденции изменения, если отмечены стрелкой (ставится справа от значка компонента)

↑ – улучшение качества вод по данному компоненту экосистем

↓ – ухудшение качества вод по данному компоненту экосистем

- I – условно чистая
 II – слабо загрязненная
 III – загрязненная
 IV – грязная
 V – экстремально грязная



Бентос –



Фитопланктон –



Зоопланктон –



Бактериопланктон –



Перифитон –



Вода оз. Мелкое (п. Тикси) на протяжении последних лет, как в придонном, так и в поверхностном слое характеризуется как «слабо загрязнённая». По показателям фитопланктона качество воды изменялось от «условно-чистой» до «слабо загрязненной». В многолетней динамике состояние придонного слоя соответствует «слабо загрязненным» водам.

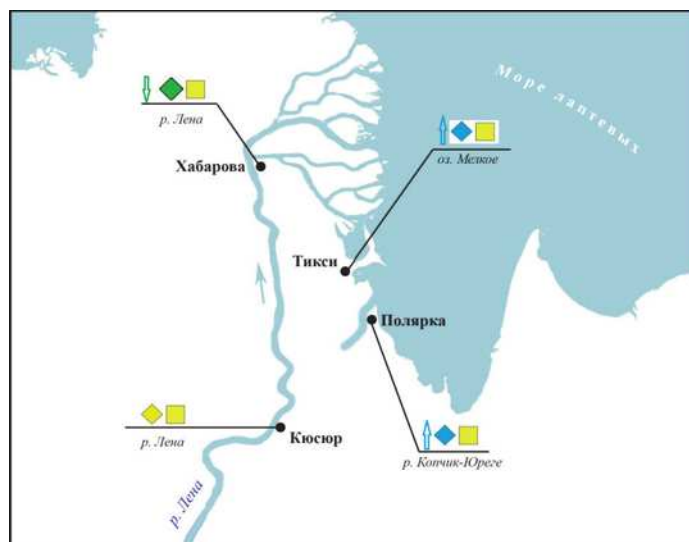


Рис. 4.33. Картограмма качества вод Республики Саха по гидробиологическим показателям в 2016 году
(в сравнении с 2015 годом)

Вода р. **Копчик-Юрэгэ** (п. Полярка) на протяжении последних лет в придонном слое относится к «условно чистой». Состояние пресноводных биоценозов в нижнем течении р. Копчик-Юрэгэ благополучное, направленных изменений качества вод и состояния экосистем не было выявлено.

В целом, пресноводные биоценозы в нижнем течении р. Лена неизменно характеризуются состояниями экологического напряжения (р. Лена, оз. Мелкое) или природного благополучия (р. Копчик-Юрэгэ).

Качество воды залива Неелова за последние годы снизилось от «загрязненных» в придонном слое до «грязных». Качество воды варьировало от «слабо загрязнённых» до экстремально грязных».

В 2007 г. качество воды придонного слоя снизилось до «грязных». В поверхностном же слое качество вод остается неизменным и соответствует – «слабо загрязнённым». По показателям фитопланктона качество воды соответствует «слабо загрязненной».

К наиболее загрязненным водным объектам Восточно-Сибирского гидрографического района относятся дельта р. Лена и залив Неелова, где в последнее годы наблюдается снижение качества воды.

Баренцевский гидрографический район

Гидробиологические наблюдения в Баренцевском гидрографическом районе проводятся

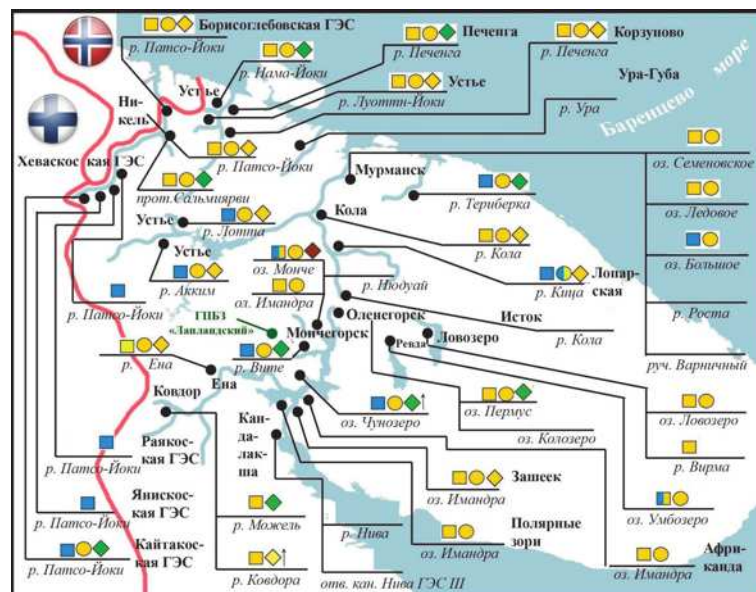


Рис. 4.34. Картограмма качества вод Мурманской области по гидробиологическим показателям в 2016 году

Примечание. Обозначения те же, что для рис. 4.33

в Мурманской области. На рис. 4.34 представлены картограммы качества вод в Мурманской области в 2016 г.

Многолетние наблюдения в Мурманской области проводятся на 21-й реке, основными из которых являются: Патсо-йоки, Печенга, Найма-йоки, Акким, Кола, Ура, Кица, Лотта и Ковдора, а также 11 озерах, основными из которых являются: Ловозеро, Монче, Пермус, Чунозеро и Имандра.

Качество вод трансграничной реки **р. Патсо-йоки** ниже пос. Никель (протока Сальмиярви), **р. Нама-Йоки** и **р. Акким** на протяжении последних 10 лет не изменилось. Так для каждой из них, также как и в придонном слое, характерна «загрязненная» вода. Поверхностный слой характеризуется «слабо загрязнёнными» водами по показателям зоопланктона. По показателям фитопланктона преобладали «условно чистые» воды.

В целом биоценозы рек Патсо-Йоки, Нама-Йоки и Акким находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Для рек **Печенга** и **Кола** качество вод на протяжении последних лет также не изменилось. Их воды в придонном слое в многолетней динамике относятся к «грязным», с незначительными отклонениями. Поверхностный слой характеризуется «слабо загрязнёнными» водами по показателям зоопланктона и фитопланктона. В целом биоценозы рек **Печенга** и **Кола** находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения.

На реках **Ковдора** и **Кица** в период с 2007 по 2016 год не было отмечено изменений качества воды, их биоценозы находятся в стабильном состоянии. В придонном слое наблюдались «слабо загрязненные» воды. Поверхностный слой в многолетней динамике характеризуется «слабо загрязнёнными» водами по показателям зоопланктона. По показателям фитопланктона – «условно чистые» воды.

В поверхностном слое состояние биоценозов рек **Ковдора** и **Кица** сохранилось неизменным на фоне природного благополучия испытывают антропогенное экологическое напряжение.

За последние годы наблюдается устойчивая тенденция снижения качества воды в придонном слое реки **Ура** в от «условно чистых» до «грязных». Поверхностный слой характеризуется в многолетней динамике «слабо загрязнёнными» водами по показателям зоопланктона. По показателям фитопланктона преобладали «условно чистые» воды.

В поверхностном слое состояние биоценозов р. **Ура** сохранилось неизменным – на фоне природного благополучия испытывают антропогенное экологическое напряжение, а донный биоценоз экологический регресс.

Для **р. Лотта** в придонном слое наблюдается устойчивая тенденция повышения качества воды от «загрязненных» до «слабо загрязненных». Поверхностный слой характеризуется в многолетней динамике «слабо загрязнёнными» водами по показателям зоопланктона. По показателям фитопланктона преобладали «условно чистые» воды.

Состояние биоценозов р. **Лотта** в поверхностном слое сохранилось неизменным – на фоне природного благополучия испытывают антропогенное экологическое напряжение, а донный биоценоз экологический регресс.

В последнее десятилетие наметилась тенденция улучшения качества вод в придонных слоях озёр **Ловозеро** и **Имандра**. Качество воды изменилось от «грязных» до «загрязненных». Поверхностный слой характеризовался «слабо загрязнёнными» водами по показателям зоопланктона. По показателям фитопланктона преобладали «слабо загрязненные» воды. В поверхностном слое состояние биоценозов озёр соответствовало антропогенному экологическому напряжению.

Качество вод озёр **Монче**, **Пермус** и **Чунозеро** сохранилось неизменным и характеризовалось «грязными» водами в придонном слое и «слабо загрязнёнными» поверхностными водами по показателям зоопланктона и фитопланктона. В поверхностном слое состояние биоценозов озёр оставалось в состоянии антропогенного экологического напряжения.

В целом состояние биоценозов большинства рек и озёр Мурманской области остается неизменным в пределах сложившегося состояния экологической системы от экологического благополучия до экологического напряжения. За последние годы выявлены положительные тенденции изменения качества вод и состояния экосистем реки **Лотта**, озёр **Ловозеро** и **Имандра**, но в тоже время отрицательная динамика качества вод реки **Ура**.

Оценка загрязнения атмосферного воздуха в городах и населенных пунктах Арктической зоны Российской Федерации

Арктическая зона Российской Федерации имеет площадь около 9 млн км², на которой проживает более 2,5 млн человек, что составляет менее 2% населения страны и около 40% населения всей Арктики. Для Арктики в целом характерны предельно низкая плотность населения и высокая дисперсность расселения. Однако Арктическая зона РФ отличается самой высокой урбанизированностью: более 80% населения проживает здесь в городах и поселках с населением свыше пяти тысяч человек.

Климат в АЗРФ арктический и субарктический характеризуется низким радиационным балансом, близкой к 0 °С средней температурой воздуха летних месяцев при отрицательной среднегодовой температуре.

Основными источниками загрязнения атмосферы в населенных пунктах АЗРФ являются предприятия газо- и нефтедобывающей промышленности, по добыче и переработке полезных ископаемых, крупнейшие предприятия черной и цветной металлургии, предприятия топливно-энергетического комплекса, химической промышленности, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, автомобильный, железнодорожный и морской транспорт.

Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха на АЗРФ осуществляется в 18 городах и поселках (таблица 4.19) на 28 станциях. В Певеке и Анадыре на 2 станциях проводятся наблюдения по сокращенной программе. В Тикси проводятся наблюдения за содержанием в воздухе загрязняющих веществ на фоновом уровне. В целом в населенных пунктах проводятся наблюдения за содержанием в атмосферном воздухе 26 загрязняющих веществ, включая газовые и аэрозольные примеси, в том числе тяжелые металлы.

По состоянию на 2016 год в городах и населенных пунктах, где проводятся наблюдения, проживает 1,4 млн человек.

В городах АЗРФ за последние пять лет наблюдается тенденция к уменьшению уровня загрязнения воздуха. Резкое изменение уровня загрязнения воздуха г. Салехард с очень высо-

кого до низкого обусловлено изменением ПДК формальдегида.

В 2016 году на территории АЗРФ 10 городов характеризуется низким уровнем загрязнения, 2 города — повышенным уровнем загрязнения, г. Норильск — очень высоким уровнем загрязнения. Норильск ежегодно включается в Приоритетный список городов России с наибольшим уровнем загрязнения.

Сравнительный анализ средних за год концентраций загрязняющих веществ в городах России и на территории АЗРФ за 2016 год представлен на рисунке 4.35.

Во всех городах среднегодовые концентрации взвешенных веществ ниже ПДК (рис. 4.35,а). В Анадыре средняя за год концентрация достигает 1,7 ПДК. В Северодвинске и Воркуте средняя концентрация выше, чем среднее значение по городам России, а максимальные разовые концентрации взвешенных веществ составляют 3 ПДК_{м.р.}. Также концентрации взвешенных веществ превышают ПДК_{м.р.} в Апатитах, Архангельске и Кировске.

В 8 городах на АЗРФ среднегодовые концентрации диоксида серы превышают среднее значение по стране, наибольшие концентрации, превышающие ПДК, отмечены в Норильске, Заполярном, Никеле и Певеке (рис. 4.35,б). Максимальные разовые концентрации диоксида серы превышали ПДК_{м.р.} в 4 городах, в Никеле — 25,6 ПДК, в Заполярном — 6,2 ПДК, в Норильске — 5,8 ПДК, в Мончегорске — 1,6 ПДК. В Заполярном, Мончегорске и Никеле повышенные концентрации диоксида серы связаны с выбро-

Таблица 4.19. Категории качества воздуха в населенных пунктах АЗРФ в 2012–2016 гг.

Населенный пункт	Категория качества воздуха				
	2012	2013	2014	2015	2016
Анадырь, Чукотский АО	но	но	но	но	но
Апатиты, Мурманская обл.	Н	Н	Н	Н	Н
Архангельск, Архангельская обл.	В	В	П	П	П
Воркута, Республика Коми	В	В	Н	Н	Н
Заполярный, Мурманская обл.	Н	Н	Н	Н	Н
Кандалакша, Мурманская обл.	Н	Н	Н	Н	Н
Кировск, Мурманская обл.	но	но	но	но	но
Кола, Мурманская обл.	Н	Н	но	но	но
Мончегорск, Мурманская обл.	П	П	П	Н	Н
Мурманск, Мурманская обл.	Н	Н	Н	Н	Н
Никель, Мурманская обл.	П	П	П	П	П
Новодвинск, Архангельская обл.	В	В	Н	Н	Н
Норильск, МО, Красноярский край	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ
Оленегорск, Мурманская обл.	Н	Н	Н	Н	Н
Певек, Чукотский АО	но	но	но	но	но
Салехард, Ямало-Ненецкий АО	ОВ	ОВ	Н	Н	Н
Северодвинск, Архангельская обл.	П	П	Н	Н	Н
Тикси, респ. Саха (Якутия)	но	но	но	но	но

Уровень загрязнения атмосферного воздуха: Н — низкий, П — повышенный, В — высокий, ОВ — очень высокий, но — не определен из-за недостаточного объема данных наблюдений или количества измеряемых веществ.

сами от предприятий АО «Кольская ГМК», в Норильске — ЗФ ПАО «ГМК «Норильский Никель».

Во всех городах среднегодовые концентрации оксида углерода ниже ПДК (рис. 4.35,в). В Архангельске, Новодвинске и Салехарде концентрации оксида углерода превышали среднее значение по городам России, что обусловлено влиянием выбросов промышленных предприятий и автотранспорта. Максимальные разовые концентрации оксида углерода превышали ПДК_{м.р.} в 5 городах, с максимумами в Архангельске и Воркуте — 1,6 ПДК.

В Мончегорске среднегодовая концентрация формальдегида, составившая 1,7 ПДК_{с.с.}, выше среднего значения по России (рис. 4.35,г). Учитывая прежнюю ПДК_{с.с.} формальдегида, во всех городах, где проводятся измерения, концентрации превышали санитарно-гигиенический норматив. Максимальная разовая концентрация формальдегида превышала ПДК_{м.р.} в Воркуте (1,1 ПДК).

В Норильске среднегодовые концентрации диоксида и оксида азота превышали среднее значение в целом по России, в Певеке концентрация диоксида азота превышала среднее значение по стране, в остальных городах концентрации данных примесей низкие (рис. 4.35,д). В Норильске максимальные разовые концентрации диоксида и оксида азота превышали 1 ПДК_{м.р.}.

Во всех городах, где проводятся наблюдения, средние за год концентрации бенз(а)пирена ниже среднего значения по городам России (рис. 4.35,е). Наибольшая концентрация достигает 0,8 ПДК в Мончегорске. В Архангельске наибольшая среднесуточная концентрация бенз(а)пирена достигает 20,5 ПДК. В 10 городах наибольшие среднесуточные концентрации превышают ПДК. Максимальная среднесуточная концентрация была зафиксирована в Мурманске (4,6 ПДК).

На рис. 4.36 отображен годовой ход бенз(а)пирена в городах Мурманской области и других городах АЗРФ. В городах Мурманской области концентрации бенз(а)пирена выше, чем в остальных городах, особенно в холодный период.

Измерения концентраций сероводорода проводятся в Архангельске, Воркуте, Новодвинске и Норильске. Во всех городах максимальная разовая концентрация сероводорода превышает ПДК, наибольшая концентрация отмечена в Новодвинске (9,6 ПДК).

В Архангельске и Мурманске проводятся наблюдения за концентрациями бензола, ксилола, толуола и этилбензола, в Архангельске и Новодвинске — метилмеркаптана. Превышений ПДК по данным веществам не было зарегистрировано.

В Кандалакше концентрации фтористого водорода и плохо растворимых неорганических фторидов (твердые фториды), поступающих с выбросами Кандалакшского алюминиевого завода, не превышали ПДК.

В 10 городах АЗРФ, где проводятся наблюдения за концентрациями тяжелых металлов, превышений ПДК не было зафиксировано.

Радиационная обстановка на Сухопутных территориях Арктики 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.

Радиометрическая сеть на территории Арктической зоны РФ включает 94 пункта наблюдения за мощностью экспозиционной дозы, 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 ^{90}Sr .

На стационарных пунктах проводятся наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха ^{137}Cs и ^{90}Sr , прибрежных вод Белого и Баренцева морей — ^{90}Sr . Регулярно выполняются также экспедиционные исследования арктических морей.

Объемная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в приземном слое атмосферы полярных областей в настоящее время на семь-восемь порядков ниже нормативов, установленных НРБ-99/2009.

Среднегодовая объемная активность ^{137}Cs в 2005–2010 и 2012–2016 годах колебалась в интервале $(0,2-2,0) \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, за исключением Нарьян-Мара (Ненецкий АО), где в отдельные годы среднее значение превышало $4,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, (2007, 2015 годы). Для самого северного пункта наблюдения на о. Диксон в Карском море диапазон был еще меньше — в пределах $(0,2-0,7) \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (исключая 2011 г.). В 2011 г. объемная активность ^{137}Cs по всей европейской территории России увеличилась на один-два порядка за счет аварийных выбросов с АЭС «Фукусима-1», но в арктической зоне была существенно меньше, чем в среднем по России (рис. 4.37). В первой половине 2016 г. произошло резкое увеличение объемной активности ^{137}Cs в Мурманске до $6,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

Низкие величины объемной активности ^{137}Cs до 2016 г. наблюдались в Мурманске — в ди-

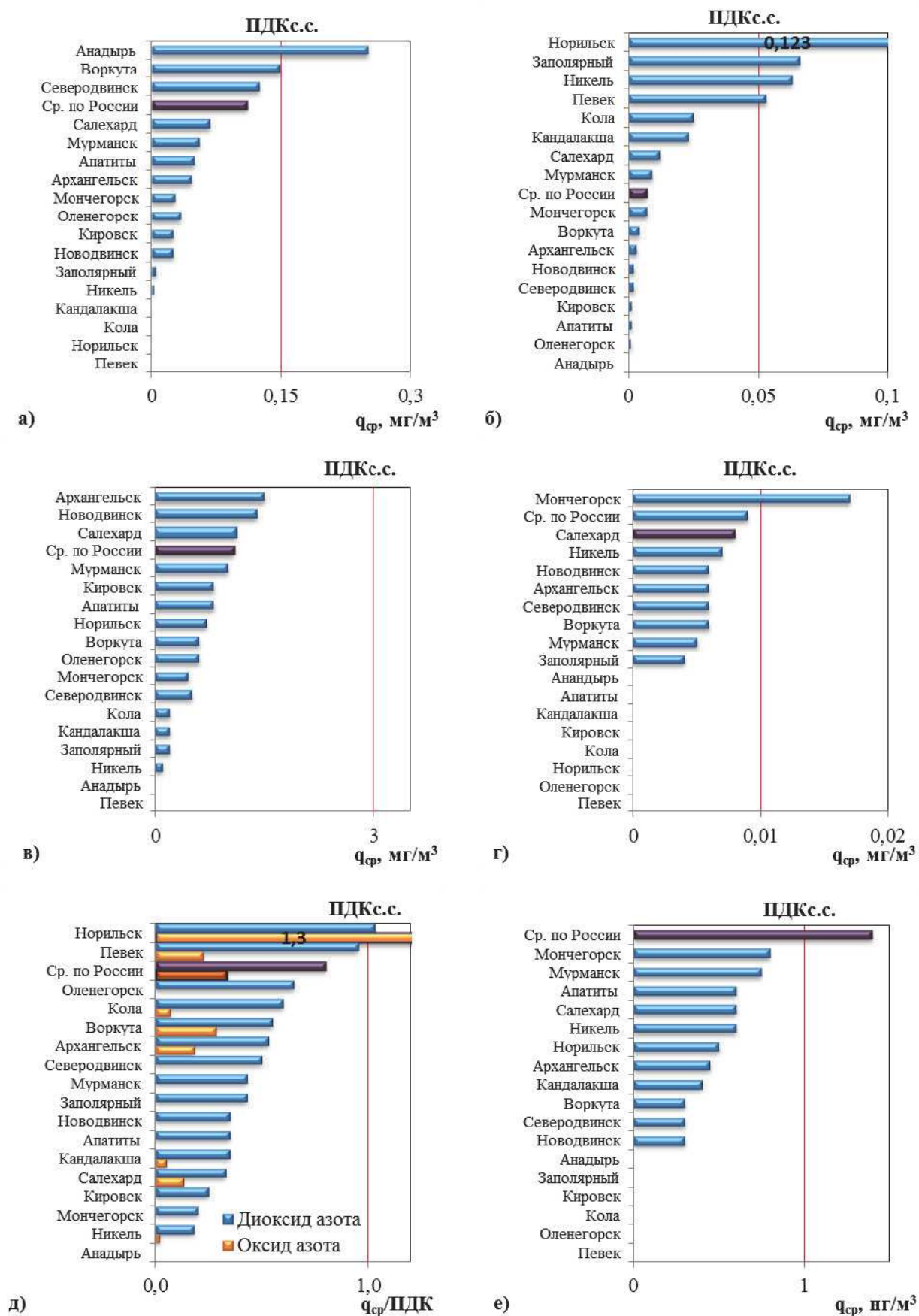


Рис. 4.35. Средние за год концентрации: взвешенных веществ (а), диоксида серы (б), оксида углерода (в), формальдегида (г), $q_{ср}$, мг/м³, диоксида и оксида азота (д), $q_{ср}$, ПДК, бенз(а)пирена (е), $q_{ср}$, нг/м³, в городах АЗРФ и в целом по России

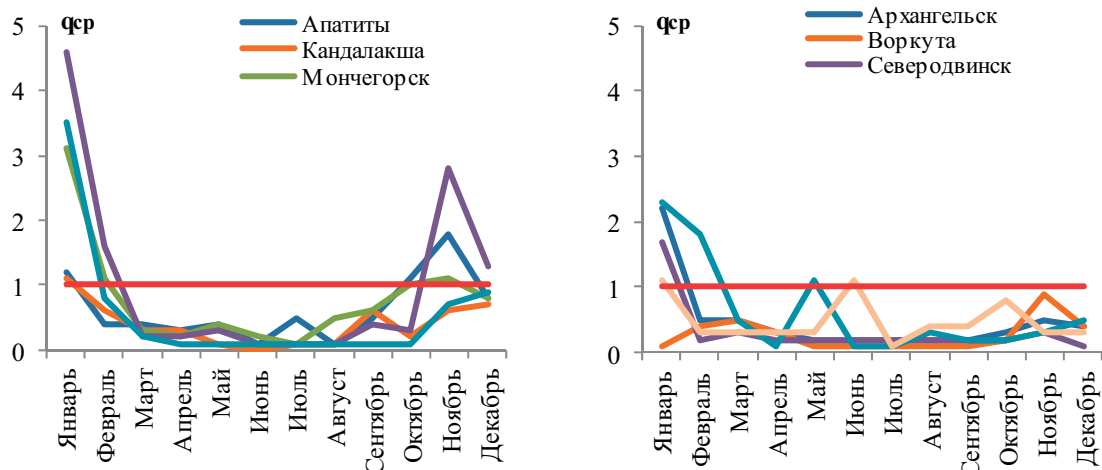


Рис. 4.36. Годовой ход бенз(а)пирена в городах АЗРФ в 2016 году, q_{cp} , нг/м³

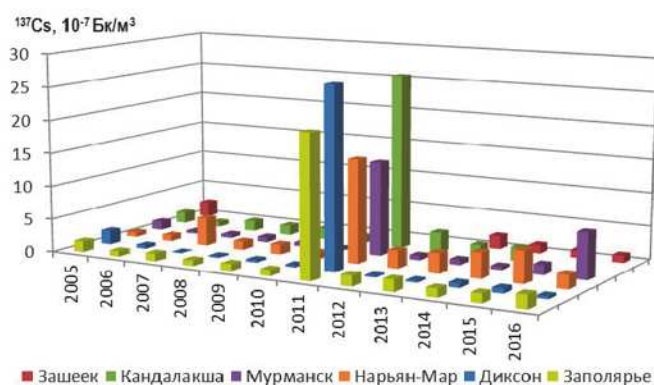


Рис. 4.37. Объемная активность ^{137}Cs в приземной атмосфере в пунктах наблюдения Сухопутных территорий Арктики и в среднем по Заполярье в 2005–2016 годах, 10^{-7} Бк/м³

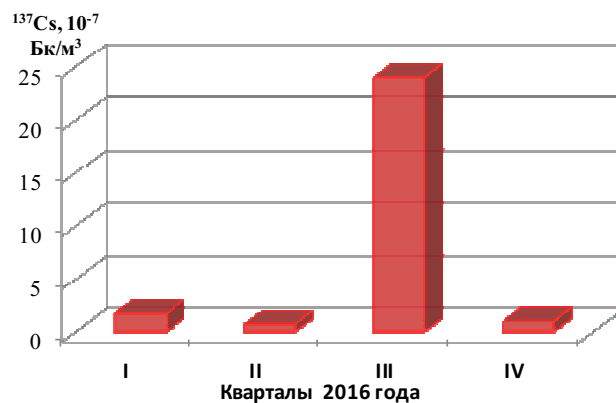


Рис. 4.38. Динамика средней за квартал величины объемной активности ^{137}Cs в воздухе в Мурманске в 2016 году

апазоне $(0,4-1,5) \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (кроме 2011 г.). Однако, в третьем квартале 2016 г. средняя за квартал величина увеличилась до $24 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (рис. 4.38). Без учета третьего квартала, среднегодовая величина объемной активности ^{137}Cs составляет $1,1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что соответствует диапазону величин за предшествующие 10 лет. Столь резкое увеличение может быть связано с неблагоприятными условиями трансгранич-

ного переноса или переноса выбросов Кольской АЭС при проведении регламентных работ.

Объемная активность ^{90}Sr в воздухе Арктической зоны России (Диксон и Мурманск) ниже средневзвешенных по территории России примерно в 10 раз и колеблется с пределах от $0,02 \cdot 10^{-7}$ до $0,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Аварийные выбросы АЭС «Фукусима-1» практически не содержали стронция и не отразились на величине объем-

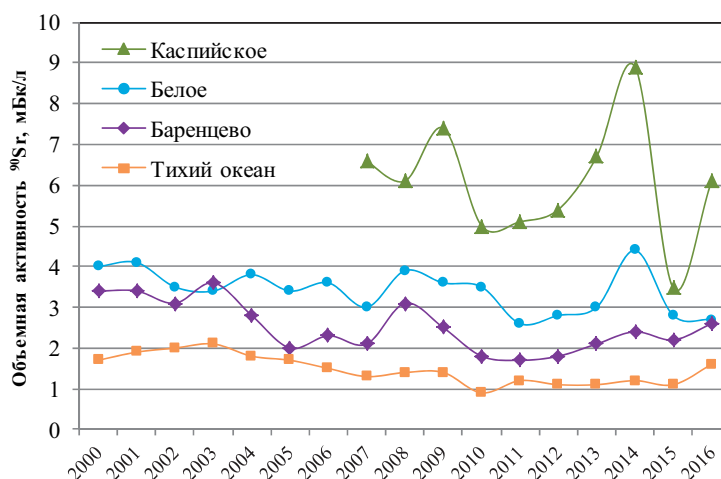


Рис. 4.39. Динамика объемной активности ^{90}Sr в прибрежных водах Белого и Баренцева морей в сравнении с водами Каспийского моря и Тихого океана вблизи восточного побережья Камчатки в 2000–2016 годах, мБк/л

ной активности ^{90}Sr в 2011 г. Однако в первом полугодии 2016 г. наблюдается увеличение средних значений объемной активности, как в среднем по России, так и в арктической зоне, особенно в Мурманске – до $1,03 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

За период с 2000 по 2016 годы объемная активность ^{90}Sr в прибрежных водах Белого и Баренцева морей колебалась в пределах 1,7–4,4 мБк/л. Эти уровни занимают среднее положение по величине активности ^{90}Sr , между наиболее низкими значениями в Тихом океане, у восточного побережья Камчатки, и водами Каспийского моря (рис. 4.39). При этом почти всегда концентрация в Белом море выше, чем в Баренцевом море. Однако в обоих случаях, как и в Тихом океане, в целом наблюдается стабилизация объемной активности ^{90}Sr в воде.

Колебания среднегодовых значений концентрации ^{90}Sr в Белом море обусловлены, в основном, меняющимися условиями выноса реками и затрудненным водообменом с открытыми морями.

В Баренцевом море, как показали совместные российско-норвежские исследования, проводимые с 1962 г., существенное влияние ока-

зывает трансграничный перенос морскими течениями радионуклидов, удалявшихся в Ирландское море и пролив Ла-Манш с заводов по переработке облученного ядерного топлива Англии и Франции.

Потенциальными источниками поступления в воды Баренцева моря техногенных радионуклидов являются затонувшие вследствие аварий атомные подводные лодки «Комсомолец» в Норвежском море, воды которого обмениваются с водами Баренцева моря, и «К-159» в Баренцевом море.

В районах их нахождения проводятся периодические (последние в 2014 г.) экспедиционные комплексные обследования морской среды: воды, донных отложений и морских организмов. В результате проведенных обследований установлено, что утечек радиоактивных материалов с затонувших подводных лодок не происходит.

Таким образом, радиационное загрязнение воздушной и морской среды Арктики находится на низком уровне, хотя в 2016 г. наметилась тенденция к ее увеличению.

4.4. Комплексные исследования загрязнения окружающей среды в районе пос. Баренцбург и прилегающих территорий

В 2016 году было выполнено обследование района расположения поселка Баренцбург, прилегающих территорий, акватории и побережья залива Гренфьорд.

Наблюдения проводились в июле и включали: геоэкологическое опробование атмосферного воздуха и атмосферного аэрозоля, почв, грунтовых вод и наземной растительности на территории поселка Баренцбург, его санитар-

но-защитной зоны (локальный мониторинг) и в удаленных от поселка точках (фоновый мониторинг). Выполнялись также исследования морских вод, морских водных взвесей и донных отложений на акватории залива Гренфьорд; поверхностных вод и донных отложений озера Биенда-Стемме и реки Грендалсэльва, долина которой расположена южнее поселка Баренцбург.

Атмосферный воздух

Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух в районе поселка Баренцбург, являются пыль, диоксид серы, оксиды азота и углерода, сероводород, соединения ПАУ и ЛАУ, тяжелых металлов (ТМ). Максимальные концентрации пыли (до 8,98 мкг/м³), диоксида серы (до 2,88 мкг/м³), оксида углерода (до 578 мкг/м³) и диоксида азота (до 1,48 мкг/м³) были зафиксированы в атмосферном воздухе на территории поселка.

Из хлорорганических соединений (ХОС) в пробах воздуха обнаружены только полихлорбифенилы (ПХБ). Концентрации хлорбензолов, пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ, а также полихлорциклодиеновых пестицидов не достигали пределов чувствительности метода определения. Содержание суммы 15 конгенов ПХБ в атмосферном воздухе достигало в максимуме 0,047 нг/м³.

По сравнению со средними концентрациями ХОС за период (2011–2015 гг.) в 2016 г. отмечено снижение средней концентрации ПХБ с 0,45 нг/м³ до 0,047 нг/м³.

Концентрации соединений группы ПАУ в атмосферном воздухе в 2016 г. находились ниже предела обнаружения.

Из списка тяжелых металлов в пробах атмосферного воздуха обнаружены значимые концентрации железа и хрома. Максимальная концентрация железа достигала 0,24 мкг/м³, хрома – 0,004 мкг/м³. Загрязненность атмосферного воздуха ТМ в 2016 году по сравнению со средними уровнями (2011–2015 гг.) уменьшилась.

Полученные в 2016 году данные о содержании загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе пос. Баренцбург близки к данным норвежских исследователей, осуществляющих подобные наблюдения на ст. Цеппелин в Нью-Олесунде (AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme. Oslo. 1998, 2008).

Морские воды

Отбор проб морских вод производился в восточной части акватории залива Гренфьорд, прилегающей к территории п. Баренцбург. В пробах морских вод выполнялись определения основных гидрохимических характеристик – водородного показателя (рН), окислительно-восстановительного потенциала (Еh), растворенного кислорода, БПК₅, биогенных элементов (кремнекислоты, минеральных форм азота и фосфора и их общего количества) и концентрации взвеси, а также загрязняющих веществ – тяжелых

металлов, ПАУ, нефтяных углеводородов (НУ), неполярных алифатических углеводородов (НАУ), ЛАУ, индивидуальных фенолов (алкилфенолов, хлорфенолов и нитрофенолов), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), хлорорганических соединений (ХОС), включая ПХБ.

Концентрации фенолов, НАУ, СПАВ и ПАУ в водах обследованной акватории за период наблюдений были ниже предела чувствительности используемого метода анализа, что не позволяло их надежно идентифицировать. Из загрязняющих веществ в водах обследованной акватории в 2016 году были выявлены нефтяные углеводороды, ЛАУ, ТМ и ХОС.

Суммарное содержание НУ в водах обследованной акватории находилось в пределах от 11,0 до 41,0 мкг/л.

Сумма ЛАУ наблюдалась в заливе Гренфьорд в диапазоне от 0,22 до 2,80 мкг/л. Из их числа концентрации этилбензола, изопропилбензола (кумола) и 1,3,4-триметилбензола (псевдокумола) не превышали нижнего предела чувствительности данного метода анализа (<0,1 мкг/л). Максимальные концентрации остальных соединений ЛАУ достигали: бензола – 1,00 мкг/л; толуола – 0,70 мкг/л; суммы пара- и мета-ксилолов – 0,30 мкг/л; орто-ксилола – 0,80 мкг/л.

Из ХОС в пробах морской воды за периоды наблюдений 2016 года зафиксировано наличие ПХБ, полихлорбензолов (в пробах морской взвеси), ГХЦГ и пестицидов группы ДДТ. Значимых концентраций соединений из группы ПХЦД в морских водах и взвесях обнаружено не было. Максимальные концентрации всех идентифицированных ХОС составляли: для суммы полихлорбензолов – 38,0 нг/мг в морской взвеси; для суммы ГХЦГ – 0,66 нг/л в морской воде и 21,0 нг/мг во взвеси; для суммы ДДТ – 0,19 нг/л в морской воде и 120 нг/мг во взвеси; для суммы ПХБ – 1,59 нг/л в морской воде и 469 нг/мг в морской взвеси.

Максимальное содержание контролируемых тяжелых металлов в пробах морской воды залива Гренфьорд составило: железа – до 59 мкг/л, марганца – до 23 мкг/л, цинка – до 18 мкг/л, меди – до 0,9 мкг/л, никеля – до 4,8 мкг/л, кобальта – до 2,8 мкг/л, кадмия – до 4,85 мкг/л, хрома – до 5,3 мкг/л, ртути – до 0,08 мкг/л, мышьяка – до 7,1 мкг/л, олова – до 7,3 мкг/л. Концентрации свинца находились ниже пределов обнаружения.

Максимальное содержание определявшихся тяжелых металлов в пробах морской взвеси составило: для железа – 24 мкг/мг, для марганца – 0,61 мкг/мг, для цинка – 0,14 мкг/мг, для меди – 0,07 мкг/мг, для никеля – 0,02 мкг/мг, для кобальта – 0,01 мкг/мг, для свинца – 0,04 мкг/мг,

для хрома – 0,02 мкг/мл. Содержание остальных ТМ в пробах морской взвеси было ниже пределов обнаружения.

Концентрации большей части загрязняющих веществ в морских водах залива Гренфьорд имели значения, характерные для прибрежных районов Норвежского и Северного морей со средним или незначительным уровнем воздействия береговых источников загрязнения на морскую акваторию. Оценка качества морских вод с точки зрения рыбохозяйственных нормативов позволяет классифицировать большую часть вод залива Гренфьорд в летний период 2016 года как «чистые».

На акватории залива Гренфьорд значения большинства основных гидрохимических показателей, а также концентраций загрязняющих веществ в морских водах не выходили за рамки установленных ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов. Исключениями являются: величина БПК в придонном слое морских вод в западной части Гренфьорда (1,5 ПДК); содержание фенола в придонном слое морских вод севернее п. Баренцбург (1,3 ПДК); концентрации тяжелых металлов: железа – 1,2 ПДК (однократно, придонный горизонт, севернее п. Баренцбург), марганца – до 2,3 ПДК, цинка – до 1,8 ПДК и ртути – до 8,0 ПДК.

Локальное загрязнение вод залива Гренфьорд связано с поступлением неочищенных коммунально-бытовых сточных вод поселка Баренцбург и не оказывает существенного влияния на качество вод залива в целом.

Поверхностные воды суши

Отбор проб поверхностных вод суши производился из озера Биенда-Стемме, используемого для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения поселка Баренцбург, и реки Грендалсэльва. В пробах поверхностных вод выполнялись определения основных гидрохимических характеристик – рН, Eh, щелочности, растворенного кислорода, БПК₅, химического потребления кислорода (ХПК), биогенных элементов (кремниескислоты, минеральных форм азота и фосфора и их общего количества), компонентов минерального состава и концентрации взвеси, а также загрязняющих веществ – ТМ, ПАУ, НУ, НАУ, ЛАУ, индивидуальных фенолов (алкилфенолов, хлорфенолов и нитрофенолов), СПАВ, ХОС, включая ПХБ.

Из загрязняющих веществ в озерных и речных водах в 2016 году были выявлены НУ, ТМ и соединения группы ЛАУ.

Концентрации неполярных алифатических углеводородов (НАУ), индивидуальных фенолов, соединений групп ПАУ и ХОС в поверхност-

ных водах реки Грендалсэльва и озера Биенда-Стемме за периоды наблюдений были ниже пределов чувствительности методик анализа.

Суммарное содержание НУ в поверхностных водах озера Биенда-Стемме составляло от 19 до 20 мкг/л. В водах реки Грендалсэльва содержание НУ составляло 14 мкг/л.

Среди соединений группы ЛАУ, обнаруженных в речных и озерных водах, были отмечены значимые концентрации бензола, этилбензола, толуола, орто-ксилола и суммы пара- и метаксилолов. Концентрации остальных соединений ЛАУ находились ниже предела обнаружения (<0,1 мкг/л). Среднее суммарное содержание ЛАУ в водах озера Биенда-Стемме составляло 1,28 мкг/л, в водах реки Грендалсэльва – 0,45 мкг/л.

Максимальные концентрации ТМ в водах озера Биенда-Стемме составили: для марганца – 5,1 мкг/л, для цинка – 13 мкг/л, для меди – 4,0 мкг/л, для никеля – 2,1 мкг/л, для хрома – 2,9 мкг/л. Концентрации железа, кобальта, свинца, кадмия, ртути, мышьяка и олова не превышали пределов чувствительности используемого метода анализа.

Анализ проб речных вод выявил следующие максимальные содержания ТМ: для марганца – 250 мкг/л, для меди – 3,3 мкг/л, для никеля – 4,4 мкг/л, для кобальта – 1,2 мкг/л, для хрома – 2,2 мкг/л. Концентрации железа, цинка, свинца, кадмия, ртути, мышьяка и олова находились ниже пределов обнаружения.

В водах реки Грендалсэльва были отмечены превышения ПДК по марганцу (до 2,5 ПДК). Содержание остальных нормируемых показателей составляло десятые, сотые и тысячные доли установленных ПДК.

Исследования поверхностных вод озера Биенда-Стемме в летний период наблюдений в 2016 году не выявили превышения российских гигиенических нормативов и ПДК, а также нормативов качества воды, установленных в странах ЕС. Таким образом, с точки зрения санитарно-химических требований по результатам обследования 2016 года воды озера Биенда-Стемме могут использоваться для целей хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования без дополнительной водоподготовки.

За летний период наблюдений 2016 года в водах озера Биенда-Стемме были зафиксированы превышения ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов по содержанию цинка (до 1,3 ПДК) и меди (до 4,0 ПДК). В водах реки Грендалсэльва были отмечены превышения ПДК для ХПК (до 1,3 ПДК), марганца (до 25 ПДК) и меди (до 3,3 ПДК), что значительно ниже данных, полученных в 2015 году. Превышений ПДК гидрохи-

мических параметров и содержания остальных ЗВ в водах реки установлено не было.

В соответствии с принятой классификацией вод по индексу УКИЗВ (удельный комбинаторный индекс загрязненности воды) вода озера Биенда-Стемме в летний период наблюдений 2016 года классифицировалась как «условно чистая». Вода реки Грендалсэльва в 2016 году классифицировалась как «слабо загрязненная».

Донные отложения

В донных отложениях обследованной части акватории залива Гренфьорд, а также водоемов суши (оз. Биенда-Стемме и р. Грендалсэльва) проводилось определение содержания загрязняющих веществ: НУ, НАУ, ПАУ, фенолов, ТМ и ХОС.

Суммарное содержание нефтяных углеводородов изменялось в пределах от <50 до 102 мкг/г для морских донных отложений залива Гренфьорд; от <50 до 52 мкг/г для речных донных отложений; от 54 до 65 мкг/г для донных отложений озера Биенда-Стемме.

Содержание НАУ в морских отложениях и донных отложениях суши находились ниже предела чувствительности применявшегося аналитического метода, что не позволяло их надежно идентифицировать.

Из 16 определяемых ПАУ в донных отложениях прибрежной части залива Гренфьорд были обнаружены все соединения, кроме аценафтилена и бенз(к)флуорантена.

В донных отложениях озера Биенда-Стемме были идентифицированы все из определяемых соединений ПАУ, за исключением бенз(к)флуорантена, в отложениях реки Грендалсэльва были обнаружены 8 соединений (нафталин, фенантрен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(б)флуорантен, бенз(а)пирен и бенз/ghi/перилен).

Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ достигало в донных отложениях оз. Биенда-Стемме 512 нг/г, реки Грендалсэльва – 330 нг/г, в донных отложениях залива Гренфьорд – 971 нг/г.

Из определяемых ХОС в пробах донных отложений было зафиксировано наличие полихлорбензолов, пестицидов групп ГХЦГ, ДДТ и ПХБ. Из 15 определяемых индивидуальных ПХБ в морских донных отложениях фиксировались 9 конгенеров, в речных – 4, в озерных – 7. Максимальные концентрации ХОС достигали: для суммы хлорбензолов в донных отложениях озера Биенда-Стемме – 0,25 нг/г, в речных донных отложениях – 0,16 нг/г, в морских донных отложениях – ниже предела обнаружения. Для суммы ГХЦГ: в озерных донных отложениях – ниже предела обнаружения, в речных донных

отложениях – 0,08 нг/г, в морских донных отложениях – 0,11 нг/г. Для суммы ДДТ: в морских донных отложениях – 3,57 нг/г, в донных отложениях озера Биенда-Стемме – 0,01 нг/г, в речных – ниже предела обнаружения. Для суммы ПХБ: в донных отложениях залива Гренфьорд – 3,66 нг/г, в донных отложениях р. Грендалсэльва – 0,41 нг/г, в донных отложениях озера Биенда-Стемме – 1,48 нг/г. Содержание полихлорциклодиенов в морских и пресноводных донных отложениях не превышало предела обнаружения (<0,05 нг/г).

В донных отложениях залива Гренфьорд превышение ДК отмечено для суммарных НУ до 2,00 ДК; фенолов – 7,20 ДК; суммы ПАУ – 1,97 ДК; суммы ДДТ – до 1,40 ДК, остальные нормируемые показатели ЗВ не превышали ДК.

В донных отложениях реки Грендалсэльва превышения ДК были зафиксированы для содержания фенолов до 1,3 ДК в 100% проб и НУ до 1,04 ДК в 50% проб. Остальные нормируемые показатели ЗВ не превышали ДК. В донных отложениях оз. Биенда-Стемме превышение содержания ЗВ было отмечено для НУ до 1,3 ДК в 100% проб. По остальным показателям превышений не было зафиксировано. Во всех случаях зафиксированные превышения ДК в донных отложениях водоемов суши были значительно ниже уровней вмешательства.

Речные донные отложения характеризуются «умеренной» степенью загрязнения бенз(а)пиреном (менее 20–30 нг/г). Источником загрязнения донных отложений устья реки, по видимому, являются выходы на поверхность горных выработок рудника «Баренцбург» и отвалы содержащей уголь породы, расположенные на террасе правого склона долины Грендален. Озерные донные отложения характеризуются «значительной» степенью загрязнения бенз/а/пиреном (31–100 нг/г) в 50% отобранных образцов, с максимальным содержанием до 35,6 нг/г.

В целом, вклад техногенной составляющей в формирование уровней концентрации загрязняющих веществ в донных отложениях залива Гренфьорд существенен, так как отмечается повсеместное загрязнение отложений НУ, фенолами, пестицидами ДДТ.

Почвы

В почвах территории поселка Баренцбург, а также его окрестностей проводилось определение содержания НУ, ЛАУ, ПАУ, ТМ и ХОС. Интервалы и средние значения концентраций загрязняющих веществ приведены в табл. 4.20.

На территории расположения п. Баренцбург в период проведения обследования в пробах почв наблюдались превышения ПДК/ДК по мы-

шьяку (до 16,5 ПДК), по суммарному содержанию НУ (до 11,0 ДК), сумме ПАУ (до 4,58 ДК) и бенз/а/пирену (до 5,70 ПДК), по суммарному содержанию ПХБ (до 13,6 ПДК), по содержанию меди (до 2,08 ПДК), по содержанию цинка (до 1,07 ДК), по содержанию кобальта (до 1,20 ДК), по содержанию свинца (до 2,97 ПДК). Все перечисленные превышения, кроме превышений по ПХБ, меди и кобальту, наблюдались в почвах на территории порта п. Баренцбург.

В пробах почв, отобранных на территории фоновом мониторинга в районе п. Баренцбург наблюдались превышения ПДК/ДК по суммарному содержанию НУ (до 2,60 ДК), по содержанию никеля (до 1,43 ДК), по содержанию кобальта (до 1,70 ПДК), по содержанию свинца (до 1,69 ПДК), по содержанию кадмия (до 2,75 ДК). Однако, в целом, фоновые территории отличались низкими концентрациями ЗВ в почвенном покрове.

Проведенный анализ показал, что основной вклад в загрязнение почв исследуемого района вносят мышьяк (в 100% образцов отмечено превышение ПДК), нефтяные углеводороды (превышение ДК отмечено в 50% образцов), бенз(а)пирен (превышения ДК в 29% образцов), суммарные ПАУ (превышение ДК отмечено в 26% образцов), ПХБ (превышение ДК отмечено в 18% образцов), медь (превышение ДК отмечено в 16% образцов), никель (превышения ДК отмечены в 13% образцов), кобальт (превышения зафиксированы в 11% образцов), свинец (превышение ДК отмечено в 8% образцов), кадмий (превышения ДК зафиксированы в 5% образцов), цинк (превышение ДК отмечено в 3% образцов).

Согласно МУ 2.1.7.730-99 бенз(а)пирен и мышьяк являются загрязняющими веществами первого класса опасности. Для неорганических и органических ЗВ предусмотрены разные критерии оценки степени загрязненности почв. Почвы с концентрациями бенз(а)пирена от 1 до 2 ПДК, согласно этому нормативному документу, относятся к «слабой» категории загрязнения, от 2 до 5 ПДК к «сильной» категории и при загрязнении выше 5 ПДК – к «очень сильной». Почвы с содержанием мышьяка от фоновых значений до ПДК относятся к слабо загрязненным, от ПДК до 15,0 мкг/г (значение $K_{\max}$) и выше – к очень сильно загрязненным.

Максимальное содержание бенз(а)пирена в верхнем слое почвы (0–5 см) на территории порта п. Баренцбург составляет 114 нг/г (5,70 ПДК), что позволяет отнести почвы этого района к «очень сильно загрязненным». В нижних слоях почвы на территории порта п. Баренцбург максимальное содержание бенз/а/пирена составляет 75,6 нг/г (3,78 ПДК), севернее п. Баренцбург, в районе расположения

склада стройматериалов, составляет 79,3 нг/г (3,97 ПДК), на территории п. Баренцбург, район расположения консульства – 69 нг/г (3,45 ПДК), в верхнем слое почвы в районе расположения ангаров на вертолетной площадке – 46,6 нг/г (2,33 ПДК), а также на двух горизонтах в районе вертолетной площадки – 55,3 и 77,3 нг/г (2,77 и 3,87 ПДК), что позволяет отнести почвы этих районов к «сильной» категории загрязнения. Содержание бенз/а/пирена в почвах в районе расположения ЗГМО (верхний горизонт), склада стройматериалов (верхний горизонт), на территории севернее склада металлолома (нижний горизонт) и в районе расположения ангаров на вертолетной площадке составляют от 1,21 до 1,97 ДК, поэтому они относятся к «слабой» категории загрязнения.

Максимальная концентрация мышьяка в почве в окрестностях п. Баренцбург обнаружена в районе восточного склона горы Стурхеда, и достигает величины 41 мкг/г (20,5 ПДК), при средней концентрации мышьяка на всей обследованной территории, включая фоновый полигон, равной 13,1 мкг/г (6,6 ПДК). Следовательно, почвы п. Баренцбург и его окрестностей следует отнести к «очень сильно загрязненным».

Для проб почв были рассчитаны суммарные показатели химического загрязнения Z_c по тем загрязняющим веществам, концентрации которых превышали установленные ПДК.

На основании комплексной оценки степени загрязненности почв по показателю Z_c на территории поселка Баренцбург и его окрестностей выявлены районы с различным уровнем загрязнения:

в районе расположения консульства, на территории порта, на территории севернее склада металлолома, в районе вертолетной площадки и на восточном склоне горы Стурхеда – умеренно опасным уровнем загрязнения почв по содержанию нефтяных углеводородов, суммарному содержанию полихлорированных бифенилов, суммарному содержанию ПАУ, по концентрации мышьяка и бенз(а)пирена;

на остальной территории – допустимой степенью загрязнения по содержанию нефтяных углеводородов, суммарному содержанию полихлорированных бифенилов, суммарному содержанию ПАУ и ДДТ, концентрации бенз(а)пирена, цинка, кобальта, меди, никеля, свинца, кадмия и мышьяка.

Сопоставление с характером многолетнего загрязнения почвенного покрова, наблюдаемого в 2004–2015 гг., указывает на снижение уровней загрязнения почвы в районе поселка Баренцбург и его окрестностях, при росте загрязненности почв на фоновых территориях и в районе вертолетной площадки (рис. 4.40).

Таблица 4.20. Диапазон и средние значения концентраций загрязняющих веществ в пробах почвы в 2016 году

Показатель	Интервал			Среднее
Суммарные НУ, мкг/г	<50	–	550	87,0
Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), нг/г				
Нафталин	<1,2	–	1978	320
Аценафтилен	<1,2	–	8,33	0,22
Аценафтен	<1,2	–	57,6	2,95
Флуорен	<1,2	–	43,1	7,55
Фенантрен	14,2	–	1432	244
Антрацен	<1,2	–	44,3	5,14
Флуорантен	<1,2	–	327	46,5
Пирен	<1,2	–	211	33,7
Бенз(а)антрацен	<1,2	–	216	41,2
Хризен	1,11	–	213	41,7
Бенз(б)флуорантен+перилен	2,40	–	169	36,6
Бенз(к)флуорантен	<1,2	–	4,66	0,33
Бенз(а)пирен	<1,2	–	114	18,9
Дибенз(аh)антрацен	<1,2	–	17,9	2,01
Бенз(g, h, i)перилен	<1,2	–	88,0	19,3
Индено(1,2,3- cd)пирен	<1,2	–	123	21,1
Сумма ПАУ	60,2	–	4578	841
Тяжелые металлы, мкг/г				
Железо	23 000	–	89 000	34 895
Марганец	140	–	1300	321
Цинк	40,0	–	150	61,7
Медь	10,0	–	75,0	23,4
Никель	13,0	–	50,0	23,4
Кобальт	6,20	–	34,0	12,4
Свинец	7,30	–	95,0	17,8
Кадмий	0,18	–	2,20	0,40
Хром	18,0	–	66,0	34,3
Ртуть	0,02	–	0,27	0,07
Мышьяк	7,20	–	190	20,7
Хлорорганические соединения, нг/г				
Сумма хлорбензолов*	<0,1	–	6,14	0,68
Сумма ГХЦГ*	<0,1	–	8,27	0,49
Сумма ДДТ*	<0,1	–	52,4	6,92
Сумма ПХБ*	0,13	–	816	59,1
Летучие ароматические углеводороды, нг/г				
Бензол	<0,1	–	4,00	0,68
Толуол	<0,1	–	9,50	1,02
Сумма пара- и мета-ксилолов	<0,1	–	2,90	0,33
Орто-ксилол	<0,1	–	1,00	0,12
Сумма ЛАУ	<0,1	–	15,4	2,14

* Примечания:

Сумма хлорбензолов – сумма пентахлорбензола и гексахлорбензола;

Сумма ГХЦГ – сумма концентраций α -, β - и γ -изомеров ГХЦГ;

Сумма ДДТ – сумма концентраций 2.2 ДДЕ, 4.4 ДДЕ, 2.4 ДДД, 4.4 ДДД, 2.4 ДДТ, 4.4 ДДТ;

Сумма ПХБ – сумма концентраций конгенов #28, #31, #52, #99, #101, #105, #118, #128, #138, #153, #156, #170, #180, #183, #187.

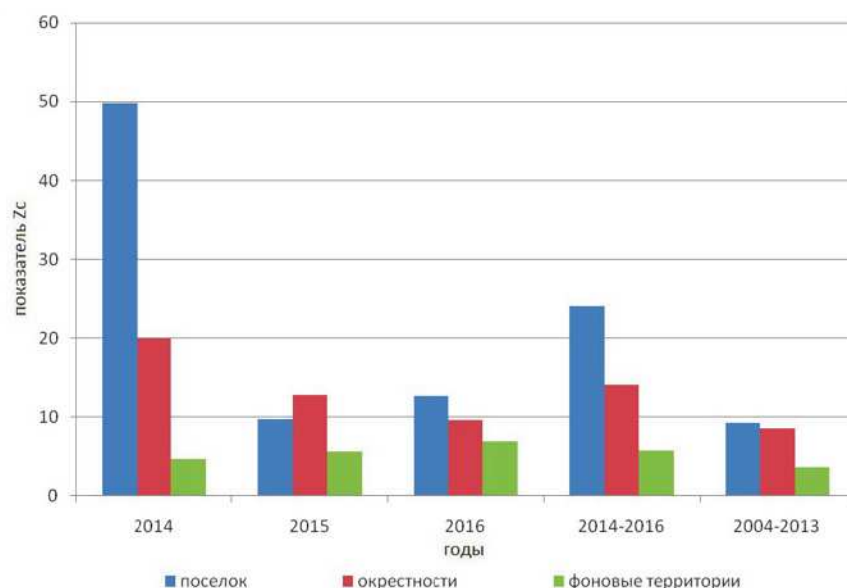


Рис. 4.40. Межгодовая изменчивость суммарного показателя химического загрязнения Z_c в районе поселка Баренцбург, его окрестностях и фоновых территориях в период 2014–2016 гг. и осредненные значения за 2004–2013 гг.

Концентрации практически всех определяемых загрязняющих веществ в почвах, отобранных на территории фоновой мониторинга, по данным опубликованных зарубежных исследований соответствовали уровням их содержания в других фоновых районах Арктики.

Почвенные воды

В ходе летних экспедиционных исследований в пробах определялись основные гидрохимические параметры pH, Eh; щелочности, БПК₅, ХПК; содержания компонентов минерального состава (сероводорода и сульфидов, кремния силикатного); содержания соединений азота и фосфора (нитритного, нитратного и аммонийного азота, фосфатного и общего фосфора); концентраций загрязняющих веществ (ТМ; ПАУ; НУ; НАУ (C₁₅–C₃₁); индивидуальных фенолов (алкилфенолов, хлорфенолов и нитрофенолов); СПАВ; ХОС, включая ПХБ.

Концентрации сероводорода и сульфидов, а также СПАВ находились в пределах ниже уровня обнаружения (<2,0 и <15 мкг/л соответственно), что не позволяло их надежно идентифицировать.

НУ были обнаружены в 44% проанализированных проб. Максимальное содержание НУ отмечено в почвенных водах, отобранных на водосборе в среднем течении р. Грендалсэльва.

Из 16 определяемых ПАУ в почвенных водах поселка Баренцбург и окрестностей были обнаружены 5 индивидуальных ПАУ: нафталин, флуорен, фенантрен, антрацен и флуорантен. Нафталин был отмечен в 88% проб, флуорен – в 80% исследованных проб, антрацен – в 65%;

флуорантен – в 12%; фенантрен был зафиксирован во всех проанализированных пробах. Содержание нафталина в среднем составляло 45,1 нг/л в диапазоне изменений от <20 нг/л до 72,3 нг/л; флуорена – в пределах от <6,0 до 12,3 нг/л при среднем значении 7,27 нг/л; фенантрена – в среднем 18,7 нг/л при диапазоне изменений от 7,60 нг/л до 43,2 нг/л; антрацена – от <1,0 до 3,80 при среднем содержании 1,59 нг/л; флуорантена – в среднем 2,94 нг/л в диапазоне от <20 до 26,8 нг/л. Концентрации остальных 11 ПАУ находились ниже уровня обнаружения.

В пробах почвенных вод, отобранных в районе п. Баренцбург, суммарное содержание соединений группы ПАУ изменялось от 9,70 до 127 нг/л при среднем значении 64,3 нг/л. Наибольшее значение суммы ПАУ в почвенных водах было отмечено на берегах реки Грендалсэльва.

Концентрации всех контролируемых ХОС в почвенных водах, включая ПХБ, находились ниже пределов обнаружения (<0,05 нг/л).

Наиболее сильное загрязнение тяжелыми металлами было выявлено в районе реки Грендалсэльва (по содержанию в почвенных водах железа, марганца, цинка, никеля, кобальта и кадмия). На остальной территории как фоновой, так и локального мониторинга концентрации ТМ в почвенных водах находились на уровнях, характерных для грунтовых и поверхностных вод арктических территорий в районах добычи угля.

Для почвенных вод района расположения п. Баренцбург превышение допустимых концентраций (ДК), установленных «Neue

Niederlandische Liste», отмечено для следующих загрязняющих веществ: нефтяных углеводородов до 2,9 ДК; фенантрена в 41% проб до 2,2 ДК; флуорантена в 12% проб до 5,4 ДК; цинка до 1,4 ДК; кобальта до 3,3 ДК; кадмия в 40% проб до 2,5 ДК; хрома в 80% проб до 2,5 ДК; бензола в 80% проб до 2,5 ДК; толуола в 100% проб до 3 ДК. Превышения ДК по НУ, цинку и кобальту фиксировались однократно в районе р. Грендалсэльва. В том же районе зафиксировано однократное превышение ДК по содержанию никеля до 19 ДК, что является превышением уровня вмешательства в 3,7 раза. По остальным нормируемым показателям превышений не было установлено. Содержание остальных ТМ составляло десятые и сотые доли ДК.

Выполненная оценка состояния загрязнения почвенных вод, отобранных в бассейне озера Биенда-Стемме, водами которого осуществляется водоснабжение поселка, указывает на допустимые уровни концентрации ЗВ в почвенных водах в соответствии с зарубежными нормами и санитарно-гигиеническим критериям. Содержание тяжелых металлов, соединений ПАУ и ЛАУ в почвенных водах района озера составляло сотые и тысячные доли ПДК и ДК.

Таким образом, согласно критериям санитарно-гигиенической оценки опасности загрязнения питьевой воды и источников водоснабжения химическими веществами, состояние почвенных вод района соответствует «относительно удовлетворительной ситуации».

В целом химический состав почвенных вод является характерным для верхнего деятельного слоя вод урбанизированных районов, одним из основных источников питания которых являются атмосферные осадки с заметным содержанием загрязняющих веществ.

Растительный покров

В растительном покрове территорий в районе расположения поселка и его окрестностей проводилось определение полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), хлорорганических соединений (ХОС), включая полихлорированные бифенилы (ПХБ), и тяжелые металлы (ТМ). Учитывая, что наиболее представительными видами растительности, встречающимися на всех выбранных площадках, являются мхи и сосудистые растения, ниже приводятся сведения об уровнях содержания загрязняющих веществ (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 атмос-

ферных 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.

В образцах растительности были зафиксированы все контролируемые ТМ, кроме олова в образцах мха и сосудистых растений, концентрации которого не превышали предела обнаружения ($<0,1$ мкг/г), а также кадмия ($<0,2$ мкг/г), ртути ($<0,1$ мкг/г), мышьяка ($<1,0$ мкг/г) в образцах сосудистых растений. Такие металлы как железо, марганец, цинк, медь и хром были идентифицированы во всех без исключения отобранных образцах мхов и сосудистых растений.

Максимальные суммарные концентрации ПАУ были зафиксированы в пробах растительного покрова, отобранных в районе расположения консульства и на территории порта п. Баренцбург.

Наибольшие суммарные концентрации ХОС для мхов были отмечены в образцах, отобранных на территории порта п. Баренцбург, а для сосудистых растений – в районе расположения ЗГМО.

Говоря о загрязнении растительного покрова в целом, следует отметить, что относительно более высокие концентрации практически всех загрязняющих веществ были отмечены для мхов, более низкие – для сосудистых растений. Так, содержание никеля во мхах превосходит таковое в сосудистых растениях в 2,7 раза, свинца – в 42,7 раза, хрома – в 17,3 раза, железа – в 10 раз. Суммарные концентрации ПАУ во мхах превышали таковые в сосудистых растениях в среднем в 1,3 раз, хлорбензолов – в 28 раз, сумма ДДТ – в 8 раз, и сумма ПХБ – в 26 раз.

Уровни содержания ХОС в растительности исследуемого района были выше, чем в растительности фоновых арктических регионов. Так, максимальная концентрация суммы ПХБ во мху превышала фоновое значение в 118 раз, средняя в 17,5 раз; сумма ДДТ – в 47,5 раз, средняя – в 7,4 раза; суммы полихлорбензолов – в 75 раз, средняя – в 4,5 раза. Меньшие превышения были отмечены для образцов сосудистых растений: максимальные для суммы ПХБ – в 8,9 раз (среднее – в 1,7 раза); для суммы ДДТ – в 16,5 раз (среднее – в 2,7 раза); для суммы полихлорбензолов – в 6,6 раз (среднее близко к фоновому).

Уровни содержания ПАУ, а также ТМ (свинца, кадмия и ртути) в образцах растительности

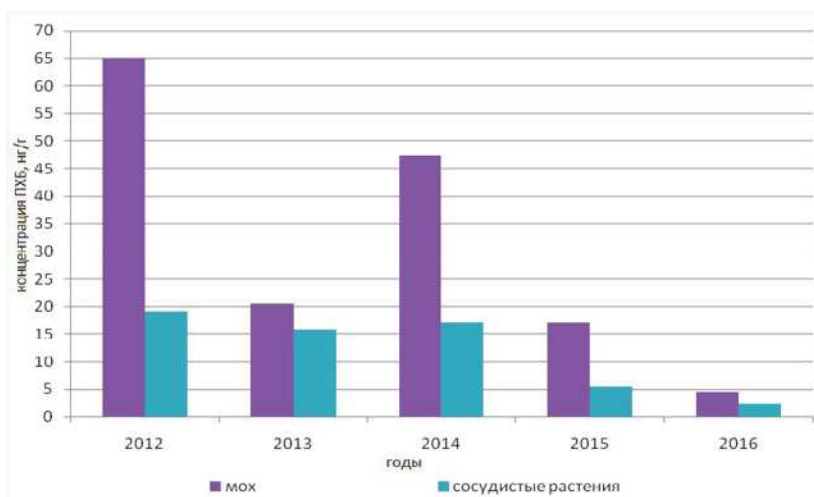


Рис. 4.41. Изменение средних концентраций ПХБ в растительности за период 2012–2016 гг.

обследованной территории были выше фоновых значений, характерных для других районов Арктики. В пробах растительного покрова, отобранных в районе расположения консульства, были отмечены повышенные концентрации ПАУ, превышающие фоновые в 5,3 раза для мхов, в районе порта п. Баренцбург в 3,9 раза для сосудистых растений. На территории южнее склада металлолома в окрестностях п. Баренцбург содержание свинца превышало фоновые значения в 13,9 раза для мхов, в районе вертолетной площадки в 55 раз для сосудистых растений. В районе р. Грендалсэльва отмечены концентрации кадмия, превышающие фоновые в 6,5 раза для мхов, и в 10 раз для сосудистых растений. В районе восточного склона горы Стурхеда содержание ртути превышало фоновые значения в 3,2 раза для мхов. Все это свидетельствует о существующем локальном загрязнении в этих районах.

Таким образом, можно отметить, что доминирующими группами загрязняющих веществ в растительном покрове исследуемого района являются ХОС, из которых следует особо выделить ПХБ и пестициды группы ДДТ, концентрации которых в наибольшей степени превосходят известные фоновые уровни содержания данных веществ в растительном покрове. В отдельных районах отбора были отмечены также значительные превышения фоновых уровней по содержанию суммы ПАУ, свинца, кадмия и ртути.

Многолетние наблюдения за характером загрязненности растительного покрова, выполненные в период 2012–2015 гг., показали схожую картину. Доминирующими группами загрязняющих веществ, как и в 2016 году, являются хлорорганические соединения (ПХБ, ХБ и ДДТ), а также ПАУ, и из тяжелых металлов выделяется содержание свинца. Однако, содержание ХОС, в частности ПХБ, имеет тенденцию к уменьшению (рис. 4.41).

Заключение

Подразделениями Росгидромета в 2016 году, также как и на протяжении ряда десятилетий, проводились регулярные наблюдения за параметрами абиотической составляющей природной среды, гелиогеофизической и радиационной обстановкой, работы по оперативному выявлению последствий техногенных аварий, а также высоких уровней загрязнения, обусловленных другими причинами.

Анализ данных мониторинга загрязнения окружающей среды проводится с учетом климатических особенностей и антропогенной нагрузки на территории России.

В 2016 году в целом на территории РФ было отмечено 988 опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ), включая агрометеорологические и гидрологические, из них 380 нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения. Наиболее крупный ущерб нанесли сильные пожары на юге Восточной Сибири: в Иркутской области площади пожаров составили >305 тыс. га, в Бурятии >150 тыс. га. На территории России было зарегистрировано 590 случаев возникновения опасных метеорологических явлений и комплексов неблагоприятных метеорологических явлений (КМЯ) – максимум за все 18 лет наблюдений. В 2016 г., по сравнению с 2015 г., количество ОЯ и КМЯ в Северо-Западном, Приволжском, Южном и Северо-Кавказском федеральных округах (ФО) увеличилось на 19–49%, а в Уральском, Сибирском и Дальневосточном ФО уменьшилось на 10–34%. Максимальное количество (134 случая) всех ОЯ и КМЯ, связанных, в основном, с сильными осадками, было зафиксировано на территории Южного федерального округа. С конца XX века наблюдается рост числа метеорологических ОЯ и КМЯ на территории России.

2016 год на территории Российской Федерации стал пятым среди самых теплых с 1936 г. Первые 3 сезона года (зима 2015–2016 гг., весна и лето) были экстремально теплыми с рекордно теплым летом: аномалия температуры +1,78 °С, в основном обусловленная экстремально те-

плым августом. Однако холодная вторая половина осени, особенно ноябрь и близкий к норме декабрь, привели к тому, что в целом по территории РФ отклонение температуры от нормы составило +1,69 °С.

Рекордно высокая аномалия температуры летом 2016 г. была обусловлена в основном отсутствием особо холодных дней в обширной области на севере и востоке Европейской части России (ЕЧР), Урале, в Западной Сибири, на Алтае и в Прибайкалье. Особенно жаркие дни наблюдались в некоторых значительно меньших областях: район Ямала, Южный Урал, Камчатка.

На территории России наблюдается рост годовой суммы осадков: со скоростью 2,1% за 10 лет. В 2016 г. годовая сумма осадков по России составила 107% нормы. Наиболее значительные аномалии осадков наблюдались зимой и осенью. Зима была исключительно снежной: 121% климатической нормы для территории России. Наибольшее количество осадков выпало на ЕЧР (138% – исторический максимум) и в Средней Сибири (125%). Напротив, осень была в основном сухой – 92% нормы. Сильный дефицит (менее 80% нормы) наблюдался на севере ЕЧР, Западной Сибири и центр Средней Сибири. В Азиатской части России (АЧР) выпало 88% нормы, меньше всего осадков выпало в Средней Сибири: 66% – исторический минимум.

На ЕЧР отмечено превышение запаса воды в снеге относительно нормы по бассейнам рек центра, юга и севера (кроме Ваги). Снегозапасы были меньше прошлогодних показателей на реках бассейна Дона и северо-запада ЕЧР – Нарвы и Волхова (56-67%), а на крупнейших реках Сибири, кроме Тобола (160%) – близки к климатической норме (93-113%), при этом в бассейнах всех рек, за исключением Верхней Оби и Ангары, они были больше, чем прошлой зимой.

Водные ресурсы Российской Федерации в 2016 году составили 4441,0 км³, превысив среднее многолетнее значение на 4,2%. По сравнению с 2015 годом они уменьшились на 206,9 км³, прервав свой плавный рост.

В 51 субъекте РФ отмечена повышенная водность рек (в 2015 году – 29), а общая площадь территорий этих субъектов Федерации увеличилась и составила приблизительно 12,5 млн км².

Высокая или средняя водность наблюдалась на северо-западе России (кроме Архангельской области, но включая Ненецкий автономный округ), на Среднем и Нижнем Поволжье, на Верхнем Дону, в горах и на равнинных территориях Северного Кавказа (кроме западной оконечности Главного Кавказского хребта), на Урале (кроме крайнего юга), в Сибири (кроме Средней Сибири), Прибайкалье и в бассейне Индигирки, а также на Дальнем Востоке (кроме полуострова Камчатка). На остальных территориях России преобладала низкая водность, приведшая к смене повышенной водности 2015 года.

В 2016 году над территорией России толщина защитного озонового слоя была близкой к норме. Аномально низкое содержание озона отмечалось в феврале во всех регионах РФ, кроме Дальнего Востока, где наблюдалось повышенное содержание озона, характерное для начала года. Аномалии в формировании поля общего содержания озона полностью соответствовали особенностям общей циркуляции атмосферы Северного полушария. Особенностью 2016 года стало появление первой в истории наблюдений озоновой «мини-дыры» над севером Урала и Сибири в первой половине года. «Мини-дыра» наблюдалась в течение 5 суток в конце января и в максимуме достигла площади около 3 млн км². Образованию «мини-дыры» способствовал интенсивный и холодный циркумполярный вихрь зимы 2015–2016 гг.

Результаты наблюдений за содержанием имеющих, преимущественно, антропогенное происхождение, загрязняющих веществ в природных средах (атмосферном воздухе, осадках, поверхностных водах, почвах растительности) биосферных заповедников, свидетельствуют о том, что в течение последних десятилетий концентрации загрязняющих веществ на их территориях сохраняются, в целом, на низком уровне и характеризуют глобальный региональный фон. В то же время существует потенциальная опасность роста фоновых уровней загрязнения природной среды при активизации хозяйственной деятельности в районах особо охраняемых природных территорий.

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

Содержание техногенных радионуклидов в приземной атмосфере на территории России, в

целом, было на 6–7 порядков ниже значений допустимой среднегодовой объемной активности, а в пресноводных водоемах – на 3–4 порядка ниже уровней вмешательства, установленных нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009 для населения.

В 2016 г. наблюдалось незначительное увеличение среднегодовых значений объемной $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы во всех регионах РФ, за исключением южной части Восточной Сибири, пос. Новогорный (Челябинская обл.) и загрязненной после аварии на Чернобыльской АЭС зоны (Брянск, Курск).

По данным оперативных наблюдений за радиоактивным загрязнением атмосферы в 2016 г. на территории России было зафиксировано 72 случая высоких значений (более пятикратного превышения над фоновыми уровнями) объемной $\Sigma\beta$ радионуклидов в аэрозолях (в 2015 г. – 31 случай).

Среднегодовая, взвешенная по территории России, объемная активность ^{137}Cs в воздухе в 2016 г. сохранилась на уровне 2015 г. – $2,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

Средневзвешенная по РФ плотность выпадения ^{137}Cs из атмосферы на подстилающую поверхность в 2016 г. составила $0,14$ Бк/м²·год (в 2015 г. – $0,18$ Бк/м²).

Выпадения ^{90}Sr глобального происхождения на территории РФ за пределами загрязненных зон были ниже предела обнаружения ($<0,2$ Бк/м²·год).

На загрязненных в результате Чернобыльской аварии территориях Европейской части России (Брянск, Курск) вследствие вторичного ветрового подъема до сих пор наблюдается повышенное содержание радионуклидов в воздухе. Основным дозообразующим радионуклидом на загрязненных территориях является ^{137}Cs . В 2016 г. его объемная активность в воздухе составила $5,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. (в 2015 г. – $11,7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³).

Повышенное содержание техногенных радионуклидов в приземном слое воздуха регулярно регистрируется и в районах, расположенных в 100-км зоне вокруг ПО «Маяк» на Южном Урале. В п. Новогорный максимальная среднемесячная объемная активность ^{137}Cs ($81 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) наблюдалась в октябре 2016 г., а среднемесячная за 2016 г. составила $29,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (в 2015 г. – $68,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), что на шесть-семь порядков ниже ДОА_{нас.} по НРБ-99/2009.

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

В 2016 г. по сравнению с 2015 г. в воде рек России средняя объемная активность ^{90}Sr не-

значительно выросла и составила 4,8 мБк/л (2015 г. – 4,5 мБк/л), что на три порядка ниже уровня вмешательства для населения (4,9 Бк/л).

На АТР наиболее загрязнённой остается р. Теча. Хотя прямые сбросы с ПО «Маяк» в реку не производятся, радионуклиды поступают с подземными водами от водоемов-хранилищ радиоактивных отходов и из ранее загрязненных Аксановских болот. Поэтому загрязнение реки радионуклидами, в основном ^{90}Sr , до сих пор остается достаточно высоким. Среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в воде р. Течи (п. Муслумово Челябинской обл.) в 2016 г. по сравнению с 2015 г. (6,07 Бк/л) уменьшилась в 1,4 раза и составила 4,40 Бк/л. Среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в р. Теча (п. Першинское Курганской обл.) по сравнению с 2015 г. (6,46 Бк/л) уменьшилась в 1,1 раза и составила 5,81 Бк/л. Таким образом, наиболее загрязненной радиоактивным стронцием в 2016 г. является р. Теча в районе п. Першинское. Следует отметить, что, приведенные значения уровня загрязнения ^{90}Sr реки Теча по пункту Першинское в 1,2 раза выше уровня вмешательства для населения по НРБ-99/2009, а по пункту Муслумово составило 0,9 от величины уровня вмешательства. Но в обоих случаях активность ^{90}Sr в реке Теча на три порядка выше фонового значения для рек РФ (5,10 мБк/л).

Уровни загрязнения морской воды ^{90}Sr практически мало изменяются от года к году. Среднегодовые объемные активности этого радионуклида в 2016 г. в поверхностных водах Белого, Баренцева, Каспийского, Охотского и Японского морей, а также в водах Тихого океана у берегов Восточной Камчатки (Авачинская губа) колебались в пределах от 1,64 и 1,48 мБк/л до 2,76 мБк/л в Белом море. Объемная активность ^{90}Sr в Каспийском море в мае-июне составила в среднем 6,14 мБк/л (в 2015 г. среднегодовое значение было 3,47 мБк/л).

Максимальное содержание ^{90}Sr в 2016 г., также как и в 2015 г., было зафиксировано в Азовском море (Таганрогский залив) – 12,2 мБк/л (в 2015 г. – 14,95 мБк/л).

Результаты наблюдений 2016 года свидетельствуют о том, что качество атмосферного воздуха городов остается по-прежнему неудовлетворительным:

- в 44 городах (21% городов) наблюдается высокий или очень высокий уровень загрязнения; наибольшее количество городов с очень высоким и высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха (24 города, в которых проживает 50% городского населения округа) расположено в Сибирском федеральном округе, на территории которого сосредоточены крупные предприятия черной и цветной металлургии,

лесной и деревообрабатывающей промышленности, топливной, нефтехимической и нефтегазодобывающей, химической промышленности;

- в 38 городах с населением 12,9 млн человек отмечены максимальные концентрации примесей выше 10 ПДК, за год отмечено 166 случаев превышения 10 ПДК загрязняющих веществ;

- в 147 городах (60% городов, где проводятся регулярные наблюдения) с населением 56,2 млн человек средняя за год концентрация какой-либо примеси превышала 1 ПДК;

- в 54 городах (29% городов, где проводятся наблюдения) воздух загрязнен бенз(а)пиреном, поступающим в атмосферу при сгорании топлива, средние за год концентрации примеси превышают 1 ПДК. В 49 городах (27%) максимальные из среднемесячных концентрации бенз(а)пирена превышают 5 ПДК.

Приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения в 2016 году включает 20 городов с населением 4,1 млн человек, что на 9 городов больше, чем в предыдущем году. В него вошли 6 городов с предприятиями черной и цветной металлургии; 7 городов, имеющих предприятия машиностроения; 4 города – с предприятиями лесной и деревообрабатывающей промышленности; по 3 города с предприятиями угольной и химической промышленности, а также 7 городов, где основными источниками выбросов являются предприятия топливно-энергетического комплекса.

Тенденция изменения загрязнения воздуха показывает, что за пять лет:

- увеличилось количество городов, в которых среднегодовая концентрация формальдегида превышает 1 ПДК;

- отмечается рост уровня загрязнения атмосферного воздуха бенз(а)пиреном в городах на Азиатской части территории России, которая характеризуется особо неблагоприятными метеорологическими условиями для рассеивания примесей.

Атмосферные выбросы загрязняющих веществ в городах и на дорогах федерального значения приводят к образованию вокруг них ареалов с загрязнением почв токсикантами промышленного и транспортного происхождения.

К опасной категории относятся обследованные почвы вокруг городов Свердловской области (Уральский Федеральный округ): Кировград (кадмий, медь, свинец, цинк), Реж (кадмий, никель), Ревда (медь, свинец, кадмий, цинк). Умеренно опасной категории загрязнения почв комплексом тяжелых металлов (ТМ) соответствуют почвы городов: Асбест (никель), Первоуральск (медь, свинец), Верхняя Пышма (медь), Полевской (медь), Берёзовский (свинец) и Не-

вянск (медь, свинец, цинк), Нижний Тагил (марганец). Выявлена тенденция к накоплению свинца и хрома в почвах г. Первоуральск и меди, цинка и свинца в почвах г. Ревда, кадмия в почвах г. Невьянск

В Сибирском федеральном округе в последние годы отмечается тенденция к накоплению в почвах фтора в районе города Братск. В Дальневосточном федеральном округе опасная категория загрязнения почв в 2016 году была зарегистрирована в г. Свирк (свинец), умеренно опасная в г. Слюдянка (никель, кобальт, свинец) и г. Черемхово (свинец, медь, цинк). Тенденция к увеличению массовой доли подвижных форм свинца наблюдается в почвах в районе с. Рудная Пристань.

В Приволжском федеральном округе к умеренно опасной категории загрязнения почв ТМ относятся почвы однокilометровых зон вокруг основных источников в городах Баймак, Белорецк, Сибай, Учалы и почвы г. Давлеканово Республики Башкортостан (кадмий, никель). В Нижегородской области умеренно опасной категории загрязнения почв ТМ соответствуют почвы г. Дзержинск, отдельных административных районов г. Нижний Новгород, в Оренбургской области – почвы гг. Медногорск (медь) и Орск. Тенденция к уменьшению массовых долей меди и никеля с 2007 года выявляется в почвах г. Белебей Республики Башкортостан. Тенденция к увеличению массовых долей цинка отмечена в почвах г. Стерлитамак Республики Башкортостан, кадмия – в почвах городов Набережные Челны и Нижнекамск Республики Татарстан.

Почвы, обследованные в других федеральных округах, относятся к категории умеренно опасных или ТПП не были обнаружены.

В 2016 г. участки, почва которых загрязнена пестицидами выше установленных гигиенических нормативов, были обнаружены на территории 13 субъектов Российской Федерации. Несмотря на запрет применения препаратов ДДТ в 70-х годах, до сих пор загрязнение почв этим персистентным инсектицидом на территории России отмечается наиболее часто. Также на отдельных участках отмечалось загрязнение почв ГХЦГ, ГХБ, трифлуралином, 2,4-Д, ТХАН. В 2016 г. не было выявлено превышений нормативов содержания метафоса, далапона, триазиновых гербицидов в почве.

Загрязненные участки почв пестицидами выявляются на территории Российской Федерации ежегодно, при этом до 2014 года наблюдалась тенденция снижения доли загрязненных почв. В 2015 и 2016 годах доля загрязненных почв на выборочно обследованной территории увеличилась. Наиболее высокое содержание персистен-

тных хлорорганических пестицидов наблюдалось в почвах садов, не подвергающихся пахоте. Загрязненные почвы также были обнаружены на локальных участках, прилегающих к территориям пунктов хранения или захоронения пестицидов. Сохраняется загрязнение на многолетних пунктах наблюдений, расположенных в зонах отдыха, почва которых не подвергается механической обработке.

Анализ динамики качества поверхностных вод за многолетний период показал, что в 2016 г. качество воды на водных объектах с высоким уровнем загрязненности улучшилось. Число створов на водных объектах Российской Федерации, в воде которых содержание одного или более ингредиентов превышало 10 ПДК в 2016 году, составило 474 створа. Однако в каждом федеральном округе продолжают оставаться наиболее загрязненными водные объекты, характеризующиеся в течение десятилетий как «грязные» или «экстремально грязные»; число таких створов в 2016 г. составило 83 (77 в 2015 г.). Это обстоятельство связано с тем, что из почти 9000 действующих очистных сооружений более 70% было построено 30-50 лет назад. Из них 80% требуют полной модернизации с изменением технологии очистки, а в ряде случаев просто не подлежат восстановлению и должны быть построены новые. Современным техническим требованиям соответствуют не более 10% очистных сооружений в поселениях.

Менее 50% пропускаемых через очистные сооружения сточных вод очищается до нормативных значений (нормативные требования к качеству сточных вод в Российской Федерации – одни из самых строгих в мире).

В настоящее время антропогенные изменения качества поверхностных вод на территории Российской Федерации не носят повсеместного характера, однако в районах нефтегазовых комплексов Юго-Западной Сибири и Кузбасса, на территории которого наибольшее развитие получили такие отрасли промышленности, как угольная (особенно открытая добыча), черная и цветная металлургия, химическая, целлюлозно-бумажная и др. сложилась напряженная экологическая ситуация.

Вместе с тем, на протяжении ряда лет отмечаются водные объекты, характеризующиеся хорошим качеством воды как «условно чистые» или «слабо загрязненные», к ним относятся большинство рек Черноморского побережья Краснодарского края и Крыма, а также ряд водных объектов во всех Федеральных округах (кроме Уральского).

По гидробиологическим показателям состояние наблюдаемых экосистем рек, озер и водохранилищ в России сохраняется на стабильном

уровне, кардинальных изменений в таксономическом составе и структуре сообществ, а также градации состояния экосистем не выявлено.

Не уменьшается количество случаев высокого (ВЗ) и экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) поверхностных вод. Максимальное количество случаев приходится на Центральный и Уральский регионы. Две трети всех зарегистрированных случаев приходится на водные объекты Московской и Свердловской областей. Всего по Российской Федерации в 2016 году было зарегистрировано 2990 случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод.

В течение 2012–2016 гг. качество воды в 9 трансграничных пунктах наблюдений постоянно характеризовалось как «условно чистая» и «слабо загрязненная». В 20 пунктах вода в основном характеризовалась как «грязная». В остальных 42 пунктах наблюдений вода характеризовалась как «загрязненная».

Как и в предыдущие годы, наиболее распространенными загрязняющими веществами являются органические вещества и соединения металлов (железо, медь, марганец), а наиболее загрязненными остаются участки водных объектов на границе с Норвегией, Украиной, Казахстаном и Китаем. Максимальное количество большей части определяемых химических веществ поступило на территорию России в 2012–2016 гг. через границу с Казахстаном со стоком многоводной р. Иртыш; общего фосфора – через границу с Украиной со стоком р. Северский Донец; соединений никеля – через границу с Монголией со стоком р. Селенга.

Наблюдения за загрязнением морской среды и донных отложений в прибрежных районах Российской Федерации проводились на участках акваторий вблизи основных источников поступления загрязняющих веществ (устья рек, крупные города, порты или перевалочные пункты сырья и нефтепродуктов, транспортные узлы и т.д.).

В целом в 2016 году в прибрежных морских районах качество морской воды изменялось от «чистой» до «умеренно-загрязненной». Отмечено практически повсеместное снижение нефтяных углеводородов и пестицидов. Приоритетными загрязняющими веществами в придонных поверхностных слоях являются биогенные вещества и тяжелые металлы (ниже 1 ПДК, на уровне ПДК).

В 2016 г. по сравнению с прошлым годом уровень загрязнения вод Невской губы повысился, и качество вод отнесено к категории «грязные».

По сравнению с предыдущими годами качество вод Авачинской губы ухудшилось и соответствовало «грязным» водам, что обусловлено более высокими средними концентрациями фе-

калов, нефтяных углеводородов и СПАВ, а также понижением содержания растворенного кислорода.

В 2016 г. качество вод всех районов залива Петра Великого ухудшилось по сравнению с 2015 г., когда воды всех прибрежных районов залива Петра Великого относились к «чистым» или «умеренно-загрязненным». Качество воды бухты Золотой Рог изменилось от «умеренно-загрязненных» до «грязных», качество вод бухты Диомид, Амурского и Уссурийского заливов – от «умеренно-загрязненных» до «загрязненных», а качество вод пролива Босфор Восточный и залива Находка – от «чистых» до «загрязненных» и «умеренно-загрязненных» соответственно. По сравнению с предыдущим десятилетием уровень загрязненности морских вод Охотского моря АПАВ резко повысился во всех прибрежных районах в 2,5–7 раз.

Следует отметить, что за последние пять лет наблюдается улучшение качества вод в районе расположения водпоста торгового порта г. Мурманска за счет уменьшения средних концентраций нефтяных углеводородов, железа и меди.

В целом, полученные по результатам мониторинга загрязнения данные и выполненные обобщения показали, что содержания основных групп загрязняющих веществ в компонентах природной среды в районе расположения пос. Баренцбург являются характерными для районов развития угледобывающей промышленности и не являются критическими.

Загрязнение атмосферного воздуха тяжелыми металлами (ТМ) в 2016 году по сравнению со средними уровнями предыдущих лет уменьшилась.

Сопоставление с характером многолетнего загрязнения почвенного покрова, наблюдаемого в 2004–2015 гг., указывает на снижение уровней загрязнения почвы в районе поселка Баренцбург и его окрестностях.

Концентрации практически всех определяемых загрязняющих веществ в почвах, отобранных на территории фонового мониторинга, соответствовали уровням их содержания в других фоновых районах Арктики по данным опубликованных зарубежных исследований.

Из загрязняющих веществ в озерных водах Биенда-Стемме в 2016 году были выявлены нефтяные углеводороды, тяжелые металлы, соединения группы ЛАУ; в водах реки Грендалсэльва также были обнаружены все вышеперечисленные группы загрязняющих веществ за исключением нефтяных углеводородов. С точки зрения санитарно-химических требований по результатам обследования 2016 года вода озера Биенда-Стемме может использоваться для целей хозяйственно-питьевого и культурно-бытового

водопользования без дополнительной водоподготовки.

Концентрации большей части загрязняющих веществ в морских водах залива Гренфьорд имели значения, характерные для прибрежных районов Норвежского и Северного морей со средним или незначительным уровнем воздействия береговых источников загрязнения на морскую акваторию. Локальное загрязнение вод залива Гренфьорд связано с поступлением неочищенных коммунально-бытовых сточных вод поселка. Однако это не оказывает существенного влияния на качество вод залива в целом.

Российская сухопутная арктическая зона простирается от западной границы на Кольском п-ве до мыса Дежнева на Чукотском п-ве, на востоке страны и представлена разнообразными природными условиями.

В многолетних изменениях годовых сумм осадков за период 1936–2016 гг. наблюдается тенденция статистически значимого их увеличения со средней скоростью около 3,1 мм/10 лет. При этом рост осадков преимущественно отмечается в холодный период года. Более всего рост осадков выражен в южной части Североевропейского района (14,9 мм/10 лет для осадков холодного периода и 18,2 мм/10 лет для годовых сумм). Тенденция к убыванию осадков наблюдается в Чукотском районе в течение всего года, хотя вклад тренда в общую изменчивость осадков южной части этого региона невелик.

В течение последних тридцати лет (1987–2016 гг.) наблюдался рост температуры во всех регионах Арктической зоны. В целом во всех районах евразийского сектора линейный рост среднегодовой температуры составил около 2,4 °C за 30 лет (или 0,79 °C/10 лет). В Западно- и Восточносибирском районах с конца 1990-х гг. наблюдалось значительное ускорение потепления. В Восточносибирском районе в последние 10 лет потепление немного замедлилось.

Особенности концентраций CO_2 и CH_4 , регистрируемые на станциях в Арктической зоне РФ, обусловлены влиянием крупномасштабных источников парниковых газов. Увеличение концентрации диоксида углерода (CO_2) за год превысило 3 млн⁻¹ для всех трех Арктических станций при средней скорости роста в последнее десятилетие около 2 млн⁻¹ в год. Увлажненные территории в окрестностях станции Тикси, а также возможное высвобождение метана из других природных источников приводит к повышенному, в среднем на 0,8%, уровню концентрации метана. Рост по сравнению с фоновым уровнем значений концентраций CH_4 (на 4,5%) и CO_2 (на 1,3%) на станции Новый Порт (полуостров Ямал) обусловлены, главным образом, влиянием техногенной эмиссии парниковых

газов с территории основных газовых месторождений Западной Сибири.

В 2016 году низким уровнем загрязнения воздуха характеризовались 10 городов, повышенным – 2 города, очень высоким – Норильск. За последние пять лет в городах Арктической зоны РФ отмечается тенденция к уменьшению уровня загрязнения комплексом загрязняющих веществ.

Вместе с тем под влиянием выбросов промышленности и автотранспорта в 6 городах на территории Арктической зоны РФ средние за год концентрации взвешенных веществ, диоксида серы, формальдегида, диоксида и оксида азота достигли сверхнормативных значений.

Средние концентрации диоксида серы превысили среднее значение по городам России в 8 городах, взвешенных веществ – в Анадыре, Воркуте и Северодвинске, оксида углерода – в Архангельске, Новодвинске и Салехарде, диоксида азота – в Норильске и Певеке, оксида азота – в Норильске, формальдегида – в Мончегорске.

Максимальные разовые концентрации сероводорода превысили ПДК в 4 городах. Максимум (9,6 ПДК) зафиксирован в Новодвинске.

Наибольшие из среднемесячных концентраций бенз(а)пирена в городах находились в диапазоне от 0,9 до 4,6 ПДК, а в Архангельске достигла 20,5 ПДК.

Наиболее высоким уровнем загрязненности воды «грязная» – «экстремально грязная» характеризуются реки на территории Ямало-Ненецкого Автономного округа – Надым, Пур, Таз. Продолжают характеризоваться как «грязные» воды рек: Мурманской области – р. Роста; Архангельской области – р. Онега, р. Мезень; Ненецкого Автономного округа – р. Печора.

В Арктической зоне Российской Федерации наиболее загрязнены малые реки Кольского п-ва: Колос-йоки, Хаука-лампи-йоки, Ньюдай. На водные объекты Мурманской области приходится около 80% всех случаев высокого (ВЗ) и экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) в континентальной Арктической зоне РФ. Загрязнение происходит, прежде всего, сточными водами ООО «Кольская ГМК», «Комбината Печенганикель», комбината «Североникель», АО «Апатит», ОАО «Ловозерский ГОК», городов Заполярный, Мончегорск, Апатиты, п. Никель.

Анализ всего массива данных, полученных в результате регулярных наблюдений за загрязнением окружающей среды, свидетельствует, что на ряде территорий и акваторий страны по-прежнему сохраняются повышенные уровни загрязнения, обусловленные поступлением загрязняющих веществ в окружающую среду от объектов промышленности и энергетики, стро-

ительства и жилищно-коммунального хозяйства, транспорта, а также в ходе обращения с отходами производства и потребления.

Значимого улучшения качества атмосферного воздуха, поверхностных вод и почвенного покрова в городах и промышленных центрах, где проживает большая часть населения страны, в 2016 году, по сравнению с предшествующим периодом, не произошло.

Это обусловлено отсутствием эффективного экономического механизма предотвращения загрязнения, стимулирующего субъекты хозяйствования сокращать выбросы и сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, а также

ограниченными ресурсами, сдерживающими перевод объектов на работу по наилучшим доступным технологиям, а также внедрение современного пыле-газо- и водоочистного оборудования, установок и сооружений.

В этой связи приоритетное значение имеет последовательная реализация мероприятий, предусмотренных утвержденным Президентом Российской Федерации В.В. Путиным от 24.01.2017 г. перечнем поручений по итогам заседания Государственного совета Российской Федерации 27 декабря 2016 г. по вопросу «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений».

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: ghi@aanet.ru
2. **Ежегодник состояния экосистем поверхностных вод Российской Федерации по гидробиологическим показателям**
ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН» (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»)
107258, Москва, Глебовская ул., 20-б
Факс: +7 (499) 160-08-31
E-mail: semenov@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 фоновое состояние окружающей природной среды на территории стран СНГ**
ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН» (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»)
107258, Москва, Глебовская ул., 20-б
Факс: +7 (499) 160-08-31
E-mail: semenov@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@typhoon.obninsk.ru
vkim@typhoon.obninsk.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 Росгидромета и РАН» (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»)
107258, Москва, Глебовская ул., 20-б
Факс: +7 (499) 160-08-31
E-mail: semenov@igce.ru
11. **Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации**
ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН» (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»)
107258, Москва, Глебовская ул., 20-б
Факс: +7 (499) 160-08-31
E-mail: semenov@igce.ru

Список авторов

РАЗДЕЛ 1

1.1.	ФГБУ «ИПГ»	Денисова В.И., Свидский П.М.
1.2.	ФГБУ «Гидрометцентр России»	Голубев А.Д., Сидоренков Н.С.
	УНСГ Росгидромета	Жемчугова Т.Р.
1.3.-1.4.	ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»	Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Бардин М.Ю., Рочева Э.В., Самохина О.Ф., Платова Т.В., Соколов Ю.Ю.
	ФГБУН «ИГРАН»	Щичилина Е.С.
1.5.	ФГБУ «Гидрометцентр России»	Борщ С.В., Сидоренков Н.С.
	ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»	Булыгина О.Н.
1.6.	ФГБУ «ГГИ»	Гусев С.И., Куприёнок Е.И.

РАЗДЕЛ 2

2.1.	УМЗА Росгидромета НИУ Росгидромета	Пешков Ю.В., Котлякова М.Г., Красильникова Т.А.
2.2.1.	ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»	Нахутин А.И., Гитарский М.Л., Романовская А.А., Гинзбург В.А., Говор И.Л., Грабар В.А., Имшенник Е.В., Карабань Р.Т., Коротков В.Н., Уваро- ва Н.Е., Вертянкина В.Ю., Волкова Г.Л., Полумиева П.Д., Смирнов Н.С., Трунов А.А.
2.2.2.	ФГБУ «ГГО»	Парамонова Н.Н., Привалов В.И., Ивахов В.М.
2.3.1.		Русина Е.Н., Боброва В.К.
2.3.2.		Соколенко Л.Г., Попов И.Б., Зайнетдинов Б.Г.
2.3.3.	ФГБУ «ЦАО»	Звягинцев А.М., Иванова Н.С.
2.3.3.1.	ФГБУ «ГГО»	Шаламянский А.М., Ромашкина К.И., Павлова К.Г.
2.3.4.	ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»	Парамонов С.Г., Афанасьев М.И., Бурцева Л.В., Пастухов Б.В., Латы- шев Б.А.
2.3.5.-2.3.6.	ФГБУ «ГГО»	Свистов П.Ф., Першина Н.А., Полищук А.И., Павлова М.Т., Семенец Е.С.
2.3.6.1.	ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»	Ветров В.А., Манзон Д.А., Кузовкин В.В.
2.3.7.		Парамонов С.Г., Пастухов Б.В., Конькова Е.С., Латышев Б.А.
2.3.8.		Рябошапка А.Г., Громов С.А., Брускина И.М.
2.3.9.		Громов С.А., Трифонова-Яковлева А.М., Бунина Н.А.
	ФГБУ «ЛИН СО РАН»	Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Нецветаева О.Г., Оболкин В.А., Потемкин В.Л.
2.4.1.	ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»	Парамонова Т.А., Бурцева Л.В., Афанасьев М.И., Пастухов Б.В.
2.4.1.1.		Кухта А.Е., Поleshук А.М., Позднякова Е.А.
2.4.2.	ФГБУ «НПО «Тайфун»	Сатаева Л.В., Подвязникова Г.Е.
2.5.	ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»	Парамонов С.Г., Пастухов Б.В., Латышев Б.А.
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.		Петренко Г.И., Валетова Н.К., Тарасенко А.О., Сапожникова А.А.
2.6.3.		Булгаков В.Г., Гниломедов В.Д., Каткова М.Н., Ким В.М., Козлова Е.Г.

РАЗДЕЛ 3

3.1.	ФГБУ «ГГО»	Безуглая Э.Ю., Ануфриева А.Ф., Загайнова М.С., Ивлева Т.П., Любушкина Т.Н., Смирнова И.В.
3.2.1.	ФГБУ «НПО «Тайфун»	Сатаева Л.В., Подвязникова Г.Е.
3.2.2.		Лукьянова Н.Н.
3.3.1.	ФГБУ «ГХИ»	Минина Л.И., Лобченко Е.Е., Ничипорова И.П., Лямперт Н.А., Первышева О.А., Лавренко Н.Ю., Рогозина Т.В., Мартынова А.С.
3.3.2.	ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»	Буйволов Ю.А., Лазарева Г.А., Быкова И.В., Потютко О.М.
3.3.3.		Журавлева Л.Р., Жадановская Е.А.

3.3.4.	ФГБУ «ГХИ»	Матвеева Н.П., Коротова Л.Г., Якунина О.В., Архипенко Н.И.
3.3.5.	ФГБУ «ГОИН»	Коршенко А.Н., Постнов А.А., Матвейчук И.Г., Погожева М.П., Косевич Н.И., Крутов А.Н., Аляутдинов А.Р.
3.3.6.	ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»	Щука Т.А., Щука С.А.

РАЗДЕЛ 4

4.1.1.–4.1.3.	ФГБУ «Центральное УГМС»	Фурсов Н.А., Трифиленкова Т.Б., Ерёменко Е.С., Маркина О.Д., Костогладова Н.Н., Родионова Н.А., Терешонок Н.А., Ракчеева Е.А., Иванова Н.К.
	ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»	Малеванов Ю.А.
4.2.1.	ФГБУ «ГХИ»	Аниканова М.Н, Аджиев Р.А.
4.2.2.		Резников С.А.
4.2.3.		Якунина О.В.
4.2.4.		Тезикова Н.Б., Пономаренко Л.М
4.3.	ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»	Безделова А.П., Буйволов Ю.А., Черногаева Г.М.
4.3.1.	ФГБУ «ААНИИ»	Алексеев Г.В., Радионов В.Ф.
	ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»	Кухта А.Е.
	ФГБУ «ГТИ»	Гусев С.И., Куприёнок Е.И.
4.3.2.	ФГБУ «ГТО»	Шаламянский А.М., Ромашкина К.И., Павлова К.Г. Русина Е.Н., Боброва В.К. Соколенко Л.Г., Попов И.Б., Зайнетдинов Б.Г. Парамонова Н.Н., Привалов В.И., Ивахов В.М. Свистов П.Ф., Першина Н.А., Полищук А.И., Павлова М.Т., Семенец Е.С. Ануфриева А.Ф., Загайнова М.С., Ивлева Т.П., Любушкина Т.Н., Смирнова И.В.
	ФГБУ «НПО «Тайфун»	Самсонов Д.П., Кочетков А.И., Пасынкова Е.М., Пантюхина А.Г., Степанова Н.В., Георгиевский В.Д., Рычков А.М., Гусаров А.С., Богачева Е.Г.
	ФГБУ «ГХИ»	Булгаков В.Г., Каткова М.Н., Гниломедов В.Д. Лобченко Е.Е., Минина Л.И., Лавренко Н.Ю., Рогозина Т.В., Мартынова А.С.
	ФГБУ «ИГКЭ»	Безделова А.П. Потютко О.М., Буйволов Ю.А.
		Ветров В.А., Манзон Д.А., Кузовкин В.В.
4.4.	Северо-Западный филиал ФГБУ «НПО «Тайфун»	Демин Б.Н., Демешкин А.С., Бажуков К.А., Сторожилова А.В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»	Черногаева Г.М.
--------------------------------	-----------------

Федеральная служба по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды
(Росгидромет)

ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЗА 2016 ГОД

© Росгидромет, 2017 г.

Подписано в печать 04.09.2017 г.
Формат 60х90/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 27,85. Тираж 450 экз. Заказ № 7940.

Отпечатано: ЗАО «Линия график Кострома»
156019, г. Кострома, ул. Щербины Петра, дом 9А
тел.+7 (49425) 47581
E-mail: linia@kosnet.ru