

3

глава

КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И СОСТОЯНИЕ ОЗОНОВОГО СЛОЯ

3.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

Основными источниками поступления загрязняющих веществ в атмосферу являются автотранспорт, объекты энергетики, промышленные и сельскохозяйственные предприятия. Определенную роль в загрязнении атмосферы играет трансграничный и региональный перенос вещества, а также природные источники.

Многообразие источников, сложность состава выбросов, фотохимических и других процессов, происходящих в атмосфере, делают оценку поступления загрязняющих веществ в атмосферу достаточно сложной задачей. В настоящее время в Беларуси наиболее полно учитываются выбросы крупных стационарных источников – предприятий, которые отчитываются по форме № 1-ос (воздух). Существенно меньше известно о выбросах передвижных источников, практически не оцениваются выбросы малых точечных (например, бытового сектора) и природных источников. Полнота учета статистикой выбросов для разных групп веществ также различна: наибольшая для оксидов серы и азота, оксида углерода и твердых веществ, существенно более низкая – для тяжелых металлов, аммиака и стойких органических загрязнителей (СОЗ).

Выбросы от стационарных источников

В Беларуси по форме № 1-ос (воздух) в 2009 г. отчиталось 1938 предприятий – на 127 меньше, чем в 2008 г. В то же время количество учтенных источников выбросов увеличилось на 1,3 тыс. по сравнению с предыдущим годом и составило 131,8 тыс.

Общий объем выбросов от стационарных источников в 2009 г. составил 457,2 тыс.т, в том числе от технологических, производственных и других процессов – 268,1 тыс.т (58,6%), от сжигания топлива – 189,1 тыс.т (41,4%). По сравнению с предыдущим годом доля технологических процессов снизилась, а доля процессов, связанных со сжиганием топлива, увеличилась.

Отрасли экономики. Основной объем выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в Беларуси приходится на промышленность (включая энергетику) и жилищно-коммунальное хозяйство, вклад которых в общий объем выбросов в 2009 г. составил соответственно 72 и 11%. Доля промышленности в валовых выбросах, по сравнению с 2008 г., увеличилась на 5%, в то время как доля жилищно-коммунального сектора уменьшилась на 2%.

На долю промышленности пришлось более половины от общего количества выбросов по каждому из ингредиентов (до 95%), за исключением углеводов, основной объем которых поступил от жилищно-коммунального хозяйства (47%). Существенный вклад в выбросы углеводов приходился также на транспорт и связь (21%). Значительными источниками выбросов твердых веществ в дополнение к промышленности выступили жилищно-коммунальное (15%) и сельское хозяйство (13%), оксида углерода – жилищно-коммунальное хозяйство (18%), транспорт и связь (11%) (табл. 3.1).

По сравнению с 2008 г., в 2009 г. объем выбросов загрязняющих веществ стационарными источниками от основных отраслей экономики увеличился на 61,1 тыс.т (на 15%). Данное увеличение в основном обусловлено промышленным сектором, где произошло увеличение выбросов диоксида серы, и сельским хозяйством, в котором возросли объемы выбросов углеводов. Выбросы загрязняющих веществ от остальных отраслей снизились на 10,6 тыс.т. Выбросы оксида углерода, неметановых летучих органических соединений (НМЛОС) и твердых веществ уменьшились.

Города. Среди городов страны по количеству выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников выделяются Новополоцк (63,9 тыс.т) и Минск (49,4 тыс.т) (табл. 3.2). Более 10 тыс.т загрязняющих веществ в 2009 г. выброшено также в Но-

волукомле, Гомеле, Гродно, Бобруйске и Могилеве. Еще в 13 городах объемы выбросов составили от 2,5 до 10,0 тыс.т.

Таблица 3.1
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу
от стационарных источников по основным отраслям хозяйства
Беларуси в 2009 г., тыс.т*

Отрасль экономики	Твердые вещества	Оксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Углеворо-ды (без ЛОС**)	НМЛОС***	Прочие	Всего
Промышленность	25,1	45,8	133,0	52,4	4,9	64,0	5,5	330,7
в т.ч. электро-энергетика	0,9	9,2	86,7	25,7	0,1	0,2	0,1	122,9
Сельское хозяйство	6,2	3,6	0,7	1,1	6,9	1,4	17,0	36,9
Транспорт и связь	3,6	8,1	1,3	2,4	8,2	3,2	0,0	26,8
Строительство	2,9	1,9	0,4	0,3	<0,1	0,2	0,1	5,8
Жилищно-коммунальное хозяйство	6,8	13,3	3,6	5,3	18,3	0,3	2,1	49,7
Другие отрасли	1,6	1,9	0,5	0,5	0,4	2,3	0,1	7,3
Всего	46,2	74,6	139,5	62,0	38,7	71,4	24,8	457,2

* Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь. ** Летучие органические соединения. *** Неметановые летучие органические соединения.

По сравнению с предыдущим годом, в 2009 г. в большинстве городов страны объем выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников увеличился. Максимальное увеличение имело место в Минске – на 12 тыс.т; в Новолукомле оно составило 9,1, Белоозерске – 6,3, Новополоцке – 5,3 тыс.т. Увеличение объема выбросов в этих городах произошло за счет повышения выбросов диоксида серы.

Выбросы от мобильных источников

К основным веществам, содержащимся в выбросах транспортных средств, относятся оксид углерода, оксиды азота, твердые вещества (сажа) и летучие органические соединения. В составе ЛОС содержатся многие опасные соединения, включая бензол,

1,3-бутадиен, формальдегид и другие. Атмосферный воздух загрязняют не только выхлопные газы, но и продукты износа шин, тормозов, деталей двигателя, а также испарение топлива.

Таблица 3.2
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в городах Беларуси в 2009 г., тыс.т*

Область, город	Твердые вещества	Оксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Углекислоты (без ЛОС)	НМЛОС	Прочие	Всего
Брестская обл.	5,3	6,2	10,8	4,8	4,2	1,7	1,3	34,3
в т.ч. Белоозерск	0,1	0,7	6,8	1,5	0,1	0,0	0,0	9,2
Брест	0,4	0,7	1,2	0,6	0,7	0,3	0,2	4,1
Пинск	0,5	0,7	1,0	0,5	0,2	0,3	0,0	3,2
Барановичи	0,4	0,4	0,7	0,4	0,3	0,4	0,0	2,6
Витебская обл.	8,7	13,1	44,9	15,1	2,8	37,4	3,5	125,5
в т.ч. Новополоцк	0,3	2,6	23,1	3,8	0,03	33,7	0,37	63,9
Новолукомль	1,1	2,2	17,3	8,1	0,1	0,03	0,07	28,9
Витебск	1,1	1,0	2,1	0,8	0,2	1,7	0,0	6,9
Орша	0,2	1,9	0,5	0,6	0,5	0,1	0,2	4,0
Полоцк	0,4	0,4	0,6	0,3	0,1	0,4	0,0	2,2
Гомельская обл.	6,2	12,5	32,1	11,9	5,4	17,1	6,0	91,2
в т.ч. Гомель	1,6	1,9	7,7	3,6	0,5	1,5	0,6	17,4
Жлобин	0,7	3,4	0,4	0,8	0,0	0,2	0,0	5,5
Светлогорск	0,3	0,8	2,0	0,7	0,1	1,0	0,5	5,4
Речица	0,2	0,3	0,0	0,5	0,1	1,4	0,0	2,5
Мозырь	0,1	0,2	0,4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,9
Гродненская обл.	6,7	9,2	6,6	7,3	6,5	3,4	5,3	45,0
в т.ч. Гродно	1,6	3,0	5,5	2,9	0,1	1,8	1,5	16,4
Минская обл.	11,7	25,7	32,8	12,8	12,1	7,0	5,1	107,2
в т.ч. Минск	2,7	10,6	21,6	5,1	4,5	3,9	1,0	49,4
Солигорск	1,2	0,8	3,9	0,4	0,5	0,1	0,2	7,1
Борисов	0,5	0,7	0,8	0,4	0,6	0,5	0,1	3,6
Слуцк	0,3	1,9	0,4	0,3	0,8	0,1	0,2	4,0
Могилевская обл.	7,6	7,9	12,3	10,1	7,8	4,7	3,6	54,0
в т.ч. Бобруйск	0,7	1,5	5,5	2,1	0,4	2,1	0,1	12,4
Могилев	0,8	1,4	5,9	1,7	0,04	1,5	0,66	12,0
Костюковичи	1,1	1,2	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	2,8
Кричев	1,1	0,5	0,2	4,4	0,2	0,1	0,0	6,5

* Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Объем выбросов от мобильных источников зависит от их количества, технического уровня и состояния транспортных средств, расхода, качества и характера топлива, состояния дорожной сети и других факторов.

Анализ выбросов автотранспорта на территории страны основан на данных Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, полученных с использованием удельных показателей выбросов по обобщенным группам мобильных источников, работающих с использованием бензина, дизельного топлива, сжатого и сжиженного газа, керосина, авиационного бензина, и данных об объемах израсходованного топлива.

В 2009 г. валовые выбросы от мобильных источников на территории Беларуси составили 1137,4 тыс.т, в том числе оксида углерода – 777,8 тыс.т, углеводородов – 214,4 тыс.т (табл. 3.3).

Таблица 3.3
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от мобильных источников на территории Беларуси в 2009 г., тыс.т*

Область, город	Твердые вещества	Оксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Углеводороды	Бенз(а)-пирен**	Всего
Брестская	5,6	111,9	0,2	16,9	32,5	0,14	167,1
Витебская	4,7	93,5	0,2	14,0	26,4	0,12	138,8
Гомельская	5,0	106,2	0,2	15,6	30,3	0,14	157,3
Гродненская	4,7	98,6	0,2	14,3	27,9	0,13	145,6
Минская	6,4	155,5	0,2	20,8	42,5	0,18	225,3
г.Минск	4,3	138,9	0,3	18,0	34,6	0,15	196,1
Могилевская	3,3	73,2	0,1	10,2	20,2	0,09	107,0
Республика Беларусь	34,0	777,8	1,4	109,8	214,4	0,95	1137,4

* Данные Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. ** В тоннах.

С мобильными источниками связаны выбросы высокотоксичного бенз(а)пирена. В 2009 г. выброс данного соединения составил 0,95 т. Выбросы свинца автотранспортом незначительны, так как этилированный бензин в Беларуси не используется.

Максимальный объем выбросов от передвижных источников отмечен в Минске (196,1 тыс.т) и Минской области (225,3 тыс.т), минимальный – в Могилевской области (107,0 тыс.т).

По сравнению с 2008 г., в 2009 г. общее количество выбросов загрязняющих веществ от мобильных источников уменьшилось на 63,2 тыс.т. При этом выбросы оксида углерода уменьшились на 37,4 тыс.т, углеводородов – на 14,8, оксидов азота – на 6,6, сажи – на 4,2 тыс.т.

В 2009 г. максимальное снижение выбросов от мобильных источников, по сравнению с предыдущим годом, отмечено в г.Минске (на 13,9 тыс.т) и в Брестской области (на 13,7 тыс.т).

Валовые выбросы

Согласно статистическим данным, валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и мобильных источников в 2009 г. составили 1594,6 тыс.т (71,3% – от мобильных источников, 28,7% – от стационарных) (табл. 3.4).

Таблица 3.4
Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и мобильных источников на территории Беларуси в 2009 г., тыс.т

Область, город	Твердые вещества	Оксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Углеводороды с НМЛОС	Прочие	Всего
Брестская	10,9	118,1	11,0	21,7	38,4	1,3	201,4
Витебская	13,4	106,6	45,1	29,1	66,6	3,5	264,3
Гомельская	11,2	118,7	32,3	27,5	52,8	6,0	248,5
Гродненская	11,4	107,8	6,8	21,6	37,8	5,3	190,7
Минская	15,4	170,6	11,4	28,5	53,1	4,2	283,2
г.Минск	7,0	149,5	21,9	23,1	43,0	1,0	245,5
Могилевская	10,9	81,1	12,4	20,3	32,7	3,6	161,0
Республика Беларусь	80,2	852,4	140,9	171,8	324,5	24,8	1594,6

В составе валовых выбросов загрязняющих веществ преобладал оксид углерода (53,5%). На долю углеводородов и НМЛОС пришлось 20,3%, оксидов азота – 10,8, диоксида серы – 8,8%. Большая часть выброшенных в атмосферу оксида углерода (91,2%), углеводородов и НМЛОС (66,1%), а также оксидов азота (63,9%) обусловлена работой мобильных источников. От стационарных источников эмиссии в атмосферу поступило 99,0% диоксида серы и 57,6% твердых веществ.

В 2009 г., по сравнению с 2008 г., выбросы всех загрязняющих веществ, кроме диоксида азота, уменьшились: оксида углерода – на 51,2 тыс.т, твердых веществ – на 5,5, углеводородов – на 16,6 тыс.т. Выбросы диоксида серы возросли на 75,3 тыс.т.

В Минске суммарный объем выбросов от стационарных и мобильных источников в 2009 г. составил 245,5 тыс.т. Из них 196,1 тыс.т или 79,9% обусловлены работой автотранспорта и других мобильных источников. На долю стационарных источников пришлось 49,4 тыс.т или 20,1% от суммарных выбросов.

Удельные выбросы

Данные о годовых объемах выбросов в атмосферу как в целом, так и по основным загрязняющим веществам, выраженные в расчете на единицу площади или душу населения, используются как индикаторы существующей нагрузки на окружающую среду и человека в качестве репрезентативных показателей при сравнении выбросов на региональном уровне и между различными странами.

В целом для Беларуси величина удельного валового выброса, рассчитанная на единицу площади, составила 7,7 т/км², изменяясь в пределах страны от 5,5 т/км² (Могилевская область) до 13,2 т/км² (Минская область, включая г.Минск). Для остальных областей этот показатель находился в пределах 6,1–7,6 т/км².

Удельные выбросы основных загрязняющих веществ, рассчитанные для страны в целом, представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5
Удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и мобильных источников на территории Беларуси в 2009 г.

Удельный показатель	SO ₂	NO _x	CO	Твердые частицы
т/км ²	0,68	0,83	4,11	0,39
т/чел.	0,015	0,018	0,088	0,008

Максимальные удельные показатели как на единицу площади, так и на душу населения характерны для оксида углерода.

Высокие значения удельных выбросов на единицу площади по большинству рассматриваемых ингредиентов выявлены для Минской области. Так, по твердым веществам значение удельного выброса составило 0,6 т/км², оксиду углерода – 8,0, оксидам азота – 1,3, углеводородам – 2,4 т/км².

В пересчете на душу населения удельный валовый выброс составил 0,16 т/чел. На уровне областей наиболее высокое значение данного показателя установлено для Витебской области (0,21 т/чел.), самое низкое – для Могилевской области (0,14 т/чел.).

Удельные выбросы загрязняющих веществ по отдельным ингредиентам на душу населения в разрезе областей распределены следующим образом. Максимальный удельный выброс твердых веществ установлен для Витебской области – 0,011 т/чел. По оксиду углерода наибольшие значения характерны для Гродненской и Минской областей – по 0,1 т/чел. Гомельская и Витебская области отличаются максимальными значениями удельных выбросов диоксида серы (0,02 и 0,04 т/чел.) и оксидов азота (0,02 т/чел.). Кроме того, значительный удельный выброс оксидов азота характерен для Гродненской области – 0,02 т/чел. По удельным выбросам углеводородов выделяется Витебская область (0,05 т/чел.).

Дополнение данных статистической отчетности о выбросах

Как известно, полнота и качество информации о выбросах загрязняющих веществ являются необходимыми элементами регулирования трансграничного загрязнения атмосферы. Однако анализ международного опыта инвентаризации выбросов делает очевидными пробелы в учете выбросов многих источников и загрязняющих веществ не только в Беларуси, но и в других странах. В связи с этим возникла необходимость проведения дополнительной инвентаризации выбросов.

На протяжении ряда лет в Институте природопользования НАН Беларуси осуществляется подготовка национальных данных о выбросах, которые требуются для выполнения обязательств по Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Приоритетной задачей является подготовка данных о выбросах тяжелых металлов, стойких органических загрязнителей и аммиака, учитываемых государственной статистической отчетностью весьма неполно. Инвентаризация проводится на основе методологии и руководящих принципов подготовки национальных данных о выбросах в рамках «Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязняющих воздух веществ на большие расстояния в Европе» (Программа ЕМЕП).

Дополнительно к данным статистической отчетности оценены выбросы загрязняющих веществ от бытового и ряда других секторов, рассчитаны выбросы от автомобильного транспорта, вы-

бросы тяжелых металлов, CO₃, аммиака и твердых частиц меньше 10 и 2,5 мкм (ТЧ10 и ТЧ2,5) в 2008 г.

Результаты оценки выбросов **тяжелых металлов** по основным категориям источников приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6

Выбросы тяжелых металлов в атмосферу на территории Беларуси в 2008 г., т

Категория источника	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Энергетика общего пользования и производства тепла	0,07	0,19	0,03	0,12	0,05	22,95	2,40	10,52
Сжигание топлива в обрабатывающей промышленности и строительстве	0,68	1,54	1,35	1,74	0,74	19,94	34,46	16,63
Сжигание топлива в жилом секторе	0,05	0,04	0,18	0,41	0,00	0,13	0,34	3,81
Прочее стационарное сжигание топлива	0,03	0,01	0,06	0,11	0,00	0,17	0,12	1,18
Мобильные источники	0,00	0,04	0,18	1,05	0,00	1,75	3,50	0,35
Химическая промышленность	0,24	0,03	0,68	0,17	0,00	0,23	0,04	24,43
Производство металлов	0,27	0,88	7,80	10,53	0,02	1,26	21,90	306,91
Сжигание отходов	0,00	0,03	0,01	0,04	0,00	0,00	0,31	0,48
Прочие	0,00	0,00	0,11	0,09	0,00	0,09	0,02	0,01
Всего	1,34	2,75	10,40	14,26	0,81	46,51	63,09	364,31

Согласно полученным данным, на территории Беларуси основным источником выбросов никеля в 2008 г. являлось сжигание топлива в обрабатывающей промышленности и строительстве (49% от общего объема выбросов данного элемента), а также энергетика общего пользования и производства тепла (43%). Наибольшие объемы выбросов меди, хрома и цинка характерны для производства металлов – 74; 75 и 84% соответственно.

Выбросы кадмия и свинца на территории страны связаны с обрабатывающей промышленностью и строительством (56 и 55% соответственно), а также с производством металлов (32 и 35%).

Для выбросов мышьяка можно выделить три основные категории источников: обрабатывающая промышленность и строитель-

ство (51%), производство металлов (20%) и химическая промышленность (18%).

Основным источником выбросов ртути является обрабатывающая промышленность и строительство (91%), вклад энергетики общего пользования и производства тепла составил 6%.

Выбросы тяжелых металлов в 2008 г., по сравнению с 2007 г., увеличились на 45,9 т в основном за счет выбросов цинка от производства металлов.

Статистические данные о выбросах загрязняющих веществ не учитывают поступление в атмосферу **аммиака** от большинства сельскохозяйственных источников. Выполненные расчеты показали, что в 2008 г. выбросы аммиака в Беларуси составили 146,8 тыс.т. Основной вклад в поступление аммиака в окружающую среду внесли процессы, связанные с уборкой, хранением и использованием навоза (69% от общей эмиссии). Следующим по значению источником аммиака явилось внесение азотных удобрений – так называемая категория «Сельскохозяйственные почвы» (18% от общего объема выбросов) (рис. 3.1).

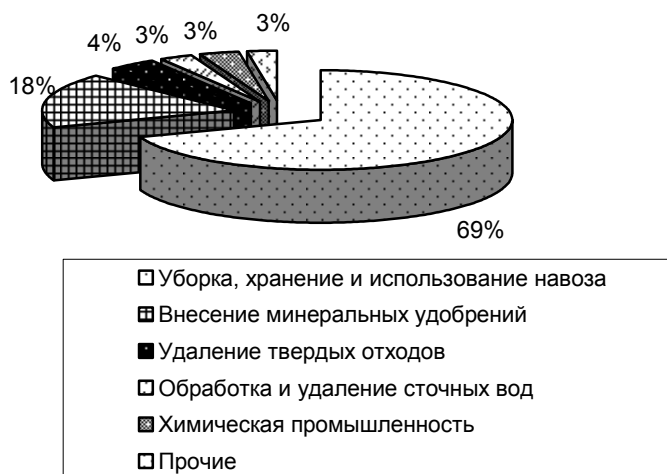


Рис. 3.1. Структура источников выбросов аммиака в атмосферу на территории Беларуси в 2008 г.

В 2008 г. выбросы аммиака увеличились, по сравнению с предыдущим годом, на 3,2 тыс.т за счет выбросов от внесения минеральных удобрений.

Из приоритетных **стойких органических загрязнителей** в атмосферный воздух выбрасываются диоксины/фураны, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), полихлорированные бифенилы (ПХБ) и гексахлорбензол (ГХБ).

Все оценки выбросов СОЗ получены расчетным путем. Выбросы диоксинов/фуранов оценены в граммах эквивалента токсичности (гЭТ).

Общий выброс диоксинов/фуранов в 2008 г. составил 34,2 гЭТ (рис. 3.2). Наибольший вклад внесло энергетическое использование отходов (35% от общего объема выбросов), производство металлов (24%), сжигание топлива в обрабатывающей промышленности (19%) и в бытовом секторе (18%). В 2008 г., по сравнению с 2007 г., выбросы диоксинов/фуранов увеличились на 7,3 гЭТ за счет категории «сжигание отходов».

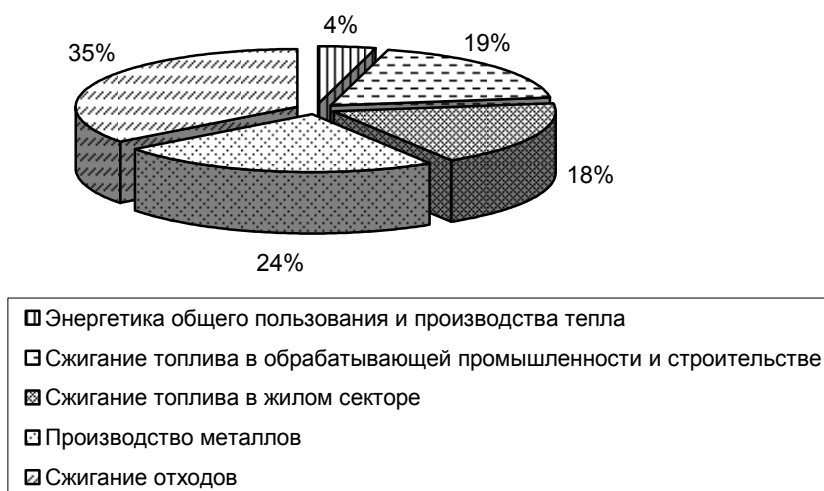
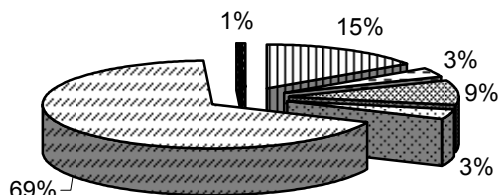


Рис. 3.2. Структура выбросов диоксинов/фуранов в атмосферу на территории Беларуси в 2008 г.

Суммарный выброс 4-х ПАУ составил 42,5 т, в том числе бенз(а)пирена – 10,4 т, бензо(б)флуорантена – 20,7, бензо(к)-флуорантена – 5,6, индено(1,2,3-с,д)пирена – 5,8 т.

Основным источником выбросов индикаторных ПАУ явились процессы сжигания в установках для жилого фонда (69%). Существенный вклад внесли также процессы сжигания топлива в энергетике (16%) (рис. 3.3).



- Энергетика общего пользования и производства тепла
- Сжигание топлива в обрабатывающей промышленности и строительстве
- Передвижные источники
- Коммерческий и институциональный сектор
- Сжигание топлива в жилом секторе
- Сжигание отходов

Рис. 3.3. Структура выбросов 4-х индикаторных ПАУ в атмосферу на территории Беларуси в 2008 г.

Валовые выбросы твердых частиц (ТЧ) в 2008 г. составили 89,7 тыс.т, из них выбросы частиц с диаметром менее 10 мкм (ТЧ10) – 40,7 тыс.т, с диаметром менее 2,5 мкм (ТЧ2,5) – 28,1 тыс.т.

Наибольший вклад в выбросы ТЧ в 2008 г. внесла категория «передвижные источники» – 17%, на обработку почв пришлось 16,7%, на процессы производства промышленной продукции – 14,7%, на процессы сжигания топлива в промышленности – 11,3%.

Структура выбросов ТЧ10 несколько отличается от структуры выбросов общей пыли (рис. 3.4). Вклад автомобильного транспорта в выбросы данного загрязнителя составил 35,4%, далее следует сжигание топлива в промышленности – 18,2%, сжигание топлива в бытовом секторе – 16,5% и энергетика – 14%. Структура выбросов ТЧ2,5 схожа со структурой выбросов ТЧ10.

3.2. Качество атмосферного воздуха

В 2009 г. мониторинг состояния атмосферного воздуха проводился в 18 промышленных городах Беларуси, включая областные центры, а также Полоцк, Новополоцк, Оршу, Бобруйск, Мозырь, Речицу, Светлогорск, Пинск, Новогрудок, Жлобин, Лиду и Солигорск. Регулярными наблюдениями были охвачены террито-

рии, на которых проживает 81,3% населения крупных и средних городов. Дополнительно к программе мониторинговых наблюдений было обследовано состояние воздушного бассейна г.Барановичи. Государственная сеть мониторинга включает в себя также стационарные наблюдения, проводимые Министерством здравоохранения Республики Беларусь в г.Могилеве (один стационарный пост).

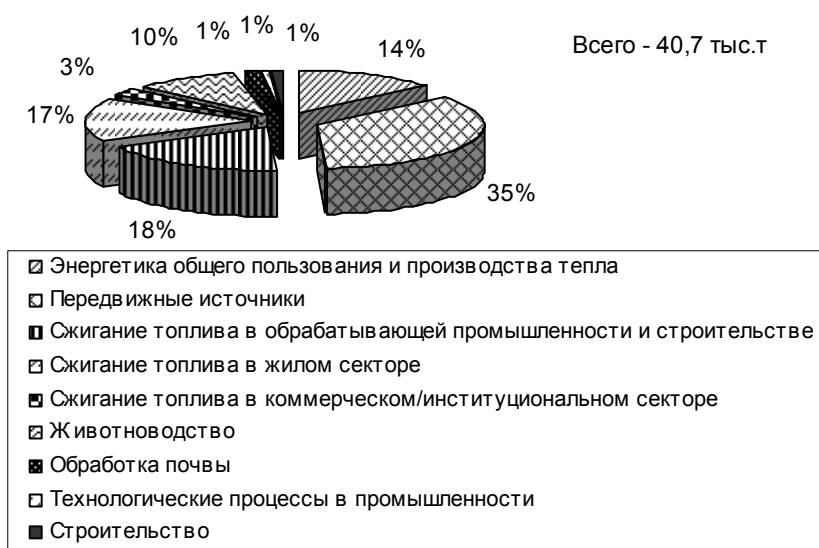


Рис. 3.4. Структура выбросов ТЧ10 в атмосферу на территории Беларуси в 2008 г.

Сеть мониторинга атмосферного воздуха в 2009 г. включала 61 станцию: 12 станций в Минске, 6 в Могилеве, по 5 в Гомеле и Витебске, по 4 в Бресте и Гродно; в остальных промышленных центрах действовали по 1–3 станции. В Минске, Витебске и Могилеве функционировали автоматические станции, позволяющие получать информацию о содержании в воздухе приоритетных загрязняющих веществ в режиме реального времени.

Во всех городах в воздухе определялись концентрации основных загрязняющих веществ: суммарных твердых частиц, диоксида серы, оксида углерода, диоксида азота. Измерялись также концентрации приоритетных специфических загрязняющих веществ: формальдегида, аммиака, фенола, сероводорода, сероуглерода. При выборе приоритетного перечня специфических ве-

ществ учитывались, прежде всего, объемы выбросов каждого вещества (данные Национального статистического комитета Республики Беларусь), размеры города, предельно допустимые концентрации, коэффициенты рассеивания. Во всех контролируемых городах определялось содержание в воздухе свинца и кадмия, в 16 городах – бенз(а)пирена, в 9 городах – летучих органических соединений (ЛОС). В соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения проводятся регулярные наблюдения за концентрациями твердых частиц диаметром 10 микрон и менее (ТЧ10) в Минске, Могилеве, Витебске, Жлобине и Гомеле.

Большой объем работ по изучению состояния воздуха в парках, зонах отдыха, вблизи автодорог и в зонах влияния промышленных предприятий выполнен региональными Центрами гигиены и эпидемиологии и некоторыми ведомственными лабораториями в Гомеле, Могилеве, Речице и Светлогорске.

В 10 городах продолжались работы по прогнозированию уровней загрязнения воздуха и регулированию выбросов в периоды с неблагоприятными метеоусловиям.

В 19 пунктах регулярно проводились наблюдения за химическим составом атмосферных осадков. В 21 пункте мониторинга снежного покрова в конце февраля 2009 г. проведена снегомерная съемка (в г.Мозыре из-за отсутствия устойчивого снежного покрова снегомерная съемка не проводилась).

Оценка дальнего атмосферного переноса загрязняющих веществ проводилась в рамках «Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязняющих воздух веществ на большие расстояния в Европе» (Программы ЕМЕП) на специализированной трансграничной станции Высокое (западная граница Беларуси). На станции фонового мониторинга (СФМ) «Березинский заповедник» анализировалось состояние воздуха и атмосферных осадков по программе Глобальной службы атмосферы.

При оценке состояния атмосферного воздуха учитывались среднесуточные и максимально разовые ПДК загрязняющих веществ. Средние за год концентрации твердых частиц фракции ТЧ10 и загрязняющих веществ, измеренных на автоматических станциях с непрерывным режимом работы, сравнивались с ПДК среднегодовыми. Для станций с дискретным отбором проб средние за год значения сравнивались с ПДК среднесуточными (ПДК_{с.с.}), а максимальные – с максимально разовыми (ПДК_{м.р.}).

Для оценки состояния атмосферного воздуха использовались такие показатели, как количество дней в году, в течение которых установлены превышения среднесуточных ПДК, и повторяе-

мость (доля) проб с концентрациями выше максимально разовых ПДК. Данные о количестве дней в году со среднесуточными концентрациями ТЧ10 выше ПДК, полученные в результате непрерывных измерений, сравнивались с целевым показателем, принятым в странах Европейского Союза.

Анализ данных, полученных на сети мониторинга атмосферного воздуха в 2009 г., показал, что средние за год концентрации основных и специфических загрязняющих веществ в подавляющем большинстве контролируемых городов Беларуси по-прежнему были ниже нормативов качества. Превышения среднесуточных ПДК суммарных твердых частиц, оксида углерода и диоксида азота зафиксированы только в отдельных городах. Уровень загрязнения воздуха диоксидом серы сохранялся стабильно низким.

Количество дней со среднесуточными концентрациями опасных для здоровья человека твердых частиц фракции ТЧ10 выше ПДК в Гомеле, Могилеве, Жлобине, Витебске и жилом районе Минска было по-прежнему ниже целевого показателя, принятого в странах Европейского Союза (рис. 3.5).

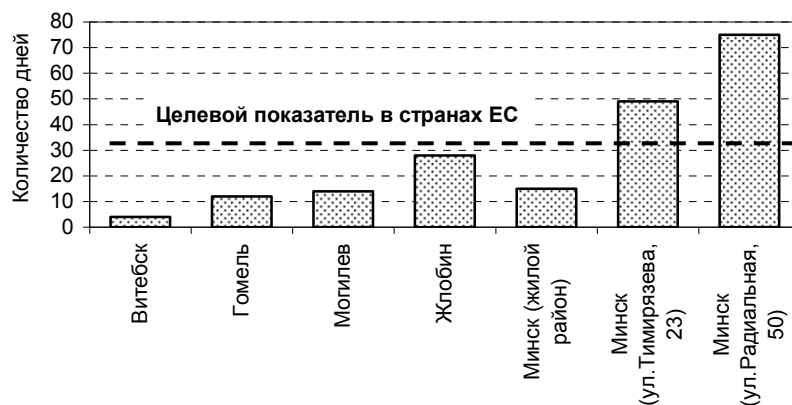


Рис. 3.5. Количество дней со среднесуточными концентрациями твердых частиц фракции ТЧ10 выше ПДК

В течение года не зафиксировано концентраций каких-либо загрязняющих веществ более 10 ПДК. Превышения максимально разовых ПДК отмечены только в 0,25% от общего количества проанализированных проб. Абсолютные значения максимальных концентраций были ниже, чем в предыдущие годы (табл. 3.7).

Таблица 3.7

Доля проб с концентрациями загрязняющих веществ выше максимально разовых ПДК в 2007–2009 гг., %

Концентрация	2007 г.	2008 г.	2009 г.
1 ПДК < q _{м.} * ≤ 2 ПДК	81,3	88,0	89,8
2 ПДК < q _{м.} ≤ 3 ПДК	12,5	8,7	7,6
3 ПДК < q _{м.} ≤ 4 ПДК	4,2	2,7	1,9
4 ПДК < q _{м.} ≤ 5 ПДК	1,2	0,6	0,6
q _{м.} > 5 ПДК	0,8	0,0	0,1

* q_{м.} – максимальная из разовых концентраций.

Состояние воздушного бассейна Бобруйска, Гродно, Новогрудка, Светлогорска, Лиды, Солигорска и большинства контролируемых районов Бреста, Витебска, Минска, Гомеля, Мозыря и Пинска оценивалось как стабильно хорошее. По сравнению с 2007 г. количество «проблемных» районов в промышленных центрах Беларуси уменьшилось на 22% (рис. 3.6).

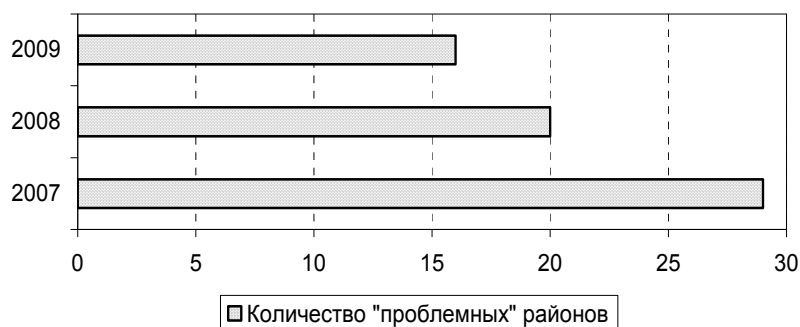


Рис. 3.6. Количество «проблемных» районов в отношении загрязнения атмосферного воздуха в промышленных центрах Беларуси в 2007–2009 гг.

Вместе с тем, в некоторых районах Могилева, Полоцка и Новополоцка существует проблема загрязнения воздуха диоксидом азота; в Бресте, Витебске, Пинске и Орше – формальдегидом. В городах, расположенных в южной части Беларуси, где проводились масштабные мелиоративные работы (Гомель, Жлобин, Мозырь, Речица), на протяжении многих лет сохраняется проблема загрязнения воздуха суммарными твердыми частицами (табл. 3.8). В периоды без осадков максимальные концентрации суммарных

твердых частиц в указанных городах достигали 2–6 ПДК. Обращает внимание повышенный уровень загрязнения воздуха ТЧ10 в двух промышленных районах Минска (улицы Тимирязева и Радиальная), где количество дней с концентрациями выше среднесуточной ПДК превышало целевой показатель.

В таблице 3.9 представлены средние и максимальные из разовых концентраций основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларуси в 2009 г.

Суммарные твердые частицы. Средние за 2009 г. концентрации суммарных твердых частиц в Жлобине и Витебске находились в пределах 0,6–0,8 ПДК, в Гродно, Гомеле, Мозыре, Новогрудке и Пинске – 0,3–0,4 ПДК, а в других контролируемых городах не превышали 0,2 ПДК.

В годовом ходе увеличение уровня загрязнения воздуха твердыми частицами отмечено в апреле и августе–сентябре, которые характеризовались малым количеством атмосферных осадков. В течение года на стационарных станциях Гомеля зафиксировано от 28 до 35 дней со среднесуточными концентрациями суммарных твердых частиц выше ПДК, в Мозыре – 21–43 дня, в Жлобине – 34–57 дней. Максимальные из разовых концентраций ТЧ в Гомеле превышали норматив качества в 2,3 раза, в Жлобине – почти в 5 раз. Увеличение содержания в воздухе суммарных твердых частиц до 1,5–3,4 ПДК зафиксировано во время проведения строительных работ в районе железнодорожного вокзала в Минске. В Мозыре (район ул. Пролетарской) 11 июня максимальная из разовых концентраций ТЧ превысила норматив качества в 6 раз. Увеличение уровня загрязнения воздуха было обусловлено локальным переносом твердых частиц в условиях сильного порывистого ветра.

В Речице измерения концентраций суммарных твердых частиц проводились только в районе ул. Молодежной. Средняя за год концентрация составила 0,9 ПДК и была по-прежнему выше, чем в других городах страны. Существенный рост уровня загрязнения воздуха ТЧ отмечен в апреле и августе–сентябре. В этот период зафиксировано большинство превышений среднесуточных ПДК. Максимальная из разовых концентраций при неблагоприятных метеоусловиях превысила норматив качества в 4,3 раза. Ввиду специфических условий (станция расположена рядом с автодорогой с интенсивным движением транспорта, не имеющей твердого покрытия) этот район следует рассматривать как локальный участок.

Таблица 3.8

**Перечень «проблемных» районов в отношении загрязнения атмосферного воздуха
в промышленных центрах Беларуси в 2009 г.**

Город	Номер и адрес станции	Зона наблюдений	Характеристика нагрузки	Вещество, определяющее повышенный уровень загрязнения воздуха
Гомель	№ 14 / ул.Барыкина, 319	Смешанная*	Эпизодически**	Суммарные твердые частицы
Жлобин	№ 1 / микрорайон № 3	Смешанная	Эпизодически	Суммарные твердые частицы
Мозырь	№ 2 / ул.Пролетарская, 51	Автодорога	Эпизодически	Суммарные твердые частицы
Речица	№ 1/ ул.Молодежная, 5	Смешанная	Эпизодически	Суммарные твердые частицы
Минск	№ 4 / ул.Тимирязева, 23	Смешанная	Постоянно***	ТЧ10
	№ 13 / ул.Радиальная, 50	Промышленная	Постоянно	ТЧ10
Новополоцк	№ 5 / ул.Молодежная, 158	Жилая	Эпизодически	Диоксид азота
Полоцк	№ 8 / ул.Октябрьская	Смешанная	Эпизодически	Диоксид азота
Могилев	№ 6 / ул.Островского, 20	Автодорога	Постоянно	Диоксид азота
	№ 2 / ул.Первомайская, 10	Жилая (центр города)	Эпизодически	Диоксид азота
	№ 1 / ул.Челюскинцев, 45	Промышленная	Эпизодически	Формальдегид, сероуглерод
Витебск	№ 5 / ул.Космонавтов, 15	Автодорога	Эпизодически	Формальдегид
Брест	№ 7 / ул.17 Сентября– ул.Интернациональная	Автодорога	Постоянно	Формальдегид
Орша	№ 1 / ул.Молодежная, 1	Смешанная	Постоянно	Формальдегид
	№ 3 / Привокзальная площадь	Автодорога	Постоянно	Формальдегид
Пинск	№ 2 / ул.Завальная, 39	Автодорога	Постоянно	Формальдегид

* Станция расположена в зоне влияния выбросов как стационарных, так и передвижных источников. ** Превышения нормативов качества отмечались только в отдельные месяцы. *** Превышения нормативов качества отмечались в течение всего года.

Таблица 3.9
Средние и максимальные из разовых концентраций основных
загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларуси
в 2009 г., мкг/м³ (данные станций с дискретным отбором проб)

Город	Суммарные твердые частицы		Диоксид серы		Оксид углерода		Диоксид азота	
	q _{ср.} *	q _{м.} **	q _{ср.}	q _{м.}	q _{ср.}	q _{м.}	q _{ср.}	q _{м.}
Бобруйск	<15	152	<п/о***	–	931	2400	36	207
Брест	28	167	0,4	55,0	544	4400	23	266
Витебск	117	211	<п/о	–	523	2900	41	157
Гомель	63	680	4,6	51,0	451	1700	21	80
Гродно	51	352	0,2	46,0	611	3750	24	193
Жлобин	97	1460	<п/о	–	311	2300	11	181
Лида	<15	166	–****	–	495	1350	–	–
Минск	15	1028	0,1	72,0	439	6700	34	313
Могилев	42	519	0,3	198,0	943	6000	53	587
Мозырь	67	1800	<п/о	–	434	2300	21	142
Новогрудок	59	331	–	–	934	2900	31	61
Новополоцк	<15	270	0,5	150,0	1633	4500	45	523
Орша	15	157	<0,1	14,0	1065	3100	22	308
Пинск	57	279	0,1	39,0	478	2500	33	382
Полоцк	25	387	0,5	25,0	1739	4900	52	445
Речица	128	1300	<п/о	–	528	2600	24	80
Светлогорск	30	286	<0,1	16,0	1715	3700	46	120
Солигорск	<15	345	–	–	669	1400	18	177
ПДК	150	300	200	500	3000	5000	100	250

* Средняя за год концентрация загрязняющего вещества. ** Максимальная из разовых концентраций загрязняющего вещества. *** Ниже предела обнаружения. **** Загрязняющее вещество не определялось / использовалась другая методика.

За пятилетний период содержание суммарных твердых частиц в воздухе в Пинске, Новогрудке и Минске уменьшилось на 30–35%. Более чем в 1,5 раза уменьшились среднегодовые концентрации ТЧ в Полоцке, Новополоцке, Солигорске и Бобруйске. Вместе с тем, в Речице, Гродно, Витебске и Гомеле содержание в воздухе суммарных твердых частиц повысилось на 24–40%, в Мозыре – на 72%. Уровень загрязнения воздуха в Бресте, Могилеве и Светлогорске существенно не изменился.

Мониторинг **твердых частиц диаметром 10 микрон и менее (ТЧ10)** проводился в Минске, Могилеве, Витебске, Гомеле и Жлобине. Отбор проб выполнялся круглосуточно в непрерывном режиме. По данным измерений, среднегодовые концентрации в Гомеле, Витебске, Могилеве, Жлобине и жилом районе Минска

находились в пределах 0,4–0,6 ПДК. Количество дней со среднесуточными концентрациями выше ПДК в Могилеве и Витебске не превышало 3%, в жилом районе Минска, Гомеле и Жлобине – 8%. Вместе с тем, следует обратить внимание на повышенный уровень загрязнения воздуха ТЧ10 в двух районах Минска (улицы Тимирязева и Радиальная). Среднегодовые концентрации в указанных районах составили соответственно 0,8 и 1,1 ПДК. Согласно Директиве Совета Евросоюза, не допускается превышение уровня 50 мкг/м³ более, чем 35 дней (9,6%) в течение календарного года. По итогам 2009 г. количество дней со среднесуточными концентрациями ТЧ10 в районах улиц Тимирязева и Радиальная превысило целевой показатель в 1,4–2,1 раза (рис. 3.5).

В годовом ходе пик загрязнения воздуха ТЧ10 зафиксирован в апреле. Основная причина увеличения концентраций – дефицит атмосферных осадков. Максимальные среднесуточные концентрации 29–30 апреля в Минске и Жлобине превысили норматив качества в 2,6–2,7 раза. Повышенная загрязненность воздуха сохранялась и в первой пятидневке мая.

Существенный рост содержания в воздухе ТЧ10 отмечен в периоды с 12 по 15 января и с 21 по 23 декабря. Максимальная среднесуточная концентрация на станции фоновый мониторинг «Березинский заповедник» 15 января составила 52 мкг/м³. В Минске зафиксирована среднесуточная концентрация в 3 раза выше норматива качества. По данным лидарных исследований Института физики НАН Беларуси, причиной повышенного содержания в воздухе ТЧ10 явился атмосферный перенос твердых частиц из районов Центральной и Восточной Европы, где при крайне неблагоприятных метеоусловиях сформировалась область повышенного загрязнения. В остальное время года уровень загрязнения воздуха ТЧ10 был значительно ниже.

Диоксид серы (SO₂). Содержание диоксида серы в атмосферном воздухе городов Беларуси на протяжении многих лет сохраняется стабильно низким. Следует отметить, что «залогом» этого является использование природного газа в качестве топлива предприятиями теплоэнергетики. С окончанием отопительного сезона содержание диоксида серы в воздухе в большинстве городов опускается ниже предела точности определения величины концентрации. Максимальные из разовых концентраций в Новополоцке и Могилеве находились на уровне 0,3–0,4 ПДК, в других городах – существенно ниже. Вместе с тем, по данным станций, работающих в непрерывном режиме, в дни с низкими температурами воздуха концентрации диоксида серы повышались до 0,6–0,9 ПДК. В рай-

оне ул.Тимирязева в Минске зафиксирована концентрация диоксида серы в 1,2 раза выше норматива качества. Рост содержания в воздухе диоксида серы, по всей вероятности, был связан с использованием мазута в качестве резервного топлива.

Оксид углерода (СО). Важнейшим источником поступления оксида углерода в атмосферный воздух является автотранспорт – его вклад составляет 91%. В 2009 г. средняя за год концентрация оксида углерода в воздухе в Орше составила 0,4 ПДК, в Новополоцке – 0,5 ПДК, в Полоцке и Светлогорске – 0,6 ПДК, в других городах – 0,3 ПДК и менее. Количество дней со среднесуточными концентрациями оксида углерода выше ПДК было незначительно. Превышения максимально разовой ПДК в Могилеве зафиксированы только в единичных пробах воздуха.

По данным измерений автоматических станций, максимальная концентрация оксида углерода в Витебске (район ул.Чкалова) составила 1,7 ПДК. Большинство превышений максимально разовой ПДК в Минске отмечено в районе ул.Тимирязева: в отдельные дни концентрации СО достигали 3–5 ПДК. Повышенная загрязненность воздуха оксидом углерода в Минске наблюдалась в теплый период в районах автодорог с интенсивным движением транспорта.

По сравнению с 2005 г. содержание оксида углерода в воздухе в Пинске, Могилеве и Бобруйске понизилось на 11–19%, в Бресте, Витебске, Минске и Солигорске – на 23–35%, в Новогрудке, Речице, Орше и Гродно – на 44–62%. В то же время прослеживается устойчивый рост уровня загрязнения воздуха оксидом углерода в Полоцке, Новополоцке и Светлогорске. Среднегодовые концентрации оксида углерода в воздухе в Гомеле и Мозыре сохраняются практически на одном уровне.

Диоксид азота (NO₂). Средние за 2009 г. концентрации диоксида азота в воздухе в Полоцке, Новополоцке, Светлогорске и Могилеве составили 0,5 ПДК, в Бобруйске и Витебске – 0,4 ПДК, в других контролируемых городах – 0,3 ПДК и менее. Вместе с тем, среднесуточные концентрации в ряде городов превышали ПДК. Так, в отдельных районах Новополоцка и Полоцка зафиксировано от 19 до 21 дня со среднесуточными концентрациями диоксида азота выше ПДК, в Могилеве – 30 дней. Особую тревогу вызывает повышенный уровень загрязнения воздуха в южной части Могилева (ул.Островского), где в течение года отмечено 107 дней со среднесуточными концентрациями диоксида азота выше ПДК.

В годовом ходе увеличение уровня загрязнения воздуха диоксидом азота во многих городах зафиксировано в апреле, что, очевидно, связано с увеличением интенсивности движения транс-

порта и преобладанием длительного периода с неблагоприятными метеоусловиями. Рост концентраций диоксида азота отмечен также в августе–сентябре, которые характеризовались дефицитом атмосферных осадков. Максимальные из разовых концентраций в Пинске и Полоцке составили 1,5–1,8 ПДК, в Новополоцке и Могилеве – 2,1–2,3 ПДК.

По данным автоматических станций, установленных в трех районах Минска, в суточном ходе концентраций диоксида азота по-прежнему четко выделяется два максимума: первый – с 7 до 9 часов, второй – с 17 до 20 часов. В жилом районе (пр. Независимости, 110) минимальные значения концентраций диоксида азота (менее 20 мкг/м³) наблюдались в течение 14 часов, в промышленных районах (улицы Тимирязева и Радиальная) – не более 4–6 часов (рис. 3.7). Аналогичная картина характерна и для оксида углерода. Синхронный ход концентраций диоксида азота и оксида углерода наблюдается также в течение года, что свидетельствует об общем источнике загрязнения – выбросах автотранспорта.

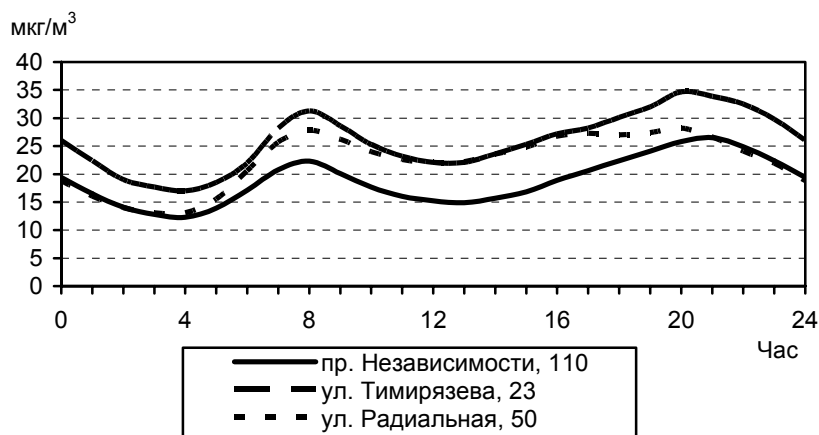


Рис. 3.7. Суточный ход концентрации диоксида азота в 2009 г. в г.Минске

По сравнению с 2005 г. содержание диоксида азота в воздухе в Бресте и Минске уменьшилось на 15%, в Гродно – на 29%, в Солигорске – на 63%. Вместе с тем, среднегодовые концентрации диоксида азота за этот период в Мозыре и Новополоцке повысились на 17–18%, в Полоцке и Бобруйске – на 27–38%, в Пинске – на 74%. Существенно возрос уровень загрязнения воздуха диокси-

дом азота в Светлогорске. В других городах содержание в воздухе диоксида азота осталось на прежнем уровне.

Загрязнение атмосферного воздуха городов Беларуси специфическими веществами представлено в таблице 3.10.

Таблица 3.10
Средние и максимальные из разовых концентраций специфических загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларуси в 2009 г., мкг/м³ (данные станций с дискретным отбором проб)

Город	Сероводород		Фенол		Аммиак		Формальдегид		Свинец	
	Q _{ср.} *	Q _{м.} **	Q _{ср.}	Q _{м.}	Q _{ср.}	Q _{м.}	Q _{ср.}	Q _{м.}	Q _{ср.}	Q _{м.}
Бобруйск	—***	—	2,4	6,0	—	—	6,2	28,0	0,023	0,070
Брест	—	—	—	—	—	—	9,9	91,0	0,055	0,235
Витебск	—	—	1,3	6,0	17	119	10,9	46,0	0,102	0,324
Гомель	—	—	1,3	10,0	20	132	7,6	56,0	0,119	0,371
Гродно	—	—	—	—	12	160	5,5	45,0	0,118	0,220
Жлобин	—	—	—	—	—	—	2,9	65,0	0,121	0,254
Лида	—	—	—	—	—	—	—	—	0,076	0,272
Минск	—	—	0,5	15,0	35	466	5,9	51,0	0,042	0,168
Могилев	0,9	15,0	1,7	39,0	18	247	6,4	99,0	0,016	0,024
Мозырь	0,2	5,0	—	—	—	—	8,7	46,0	0,068	0,239
Новогрудок	—	—	—	—	—	—	1,6	7,0	0,046	0,131
Новополоцк	1,4	14,0	0,6	12,0	9	132	7,4	54,0	0,035	0,123
Орша	—	—	—	—	—	—	12,4	53,0	0,091	0,233
Пинск	—	—	—	—	—	—	10,9	51,0	0,120	0,301
Полоцк	1,5	17,0	0,6	14,0	18	118	7,9	42,0	0,029	0,081
Речица	—	—	1,9	44,0	20	39	6,8	30,0	0,054	0,115
Светлогорск	<п/о	—	—	—	—	—	5,1	17,0	0,061	0,335
Солигорск	—	—	—	—	—	—	5,0	18,0	0,046	0,113
ПДК	—	8,0	7,0	10,0	—	200	12,0	30,0	0,300	—

* Средняя за год концентрация загрязняющего вещества. ** Максимальная из разовых концентраций загрязняющего вещества. *** Загрязняющее вещество не определялось / использовалась другая методика. <п/о – ниже предела обнаружения.

Сероводород (H₂S) определяли в атмосферном воздухе в Мозыре и в городах с предприятиями химической и нефтехимической промышленности – Полоцке, Новополоцке, Могилеве и Светлогорске. Средняя за год концентрация сероводорода в Могилеве составила 0,9 мкг/м³, в Новополоцке и Полоцке – соответственно 1,4 и 1,5 мкг/м³, в Мозыре – 0,2 мкг/м³. Как и в предыдущем году, содержание сероводорода в воздухе в Светлогорске было ниже предела точности определения величины концентрации. При неблагоприятных для рассеивания метеоусловиях максимальные из

разовых концентраций в Новополоцке, Могилеве и Полоцке достигали 1,8–2,1 ПДК.

Устойчивая тенденция к увеличению содержания сероводорода в воздухе в Могилеве, Новополоцке и Полоцке в 2009 г. не проявилась – по данным стационарных наблюдений, среднегодовые концентрации H_2S были практически на уровне 2005 г. Содержание сероводорода в воздухе в Мозыре в последние годы находится на стабильно низком уровне.

Фенол. Средние за год концентрации фенола в воздухе в Гомеле, Витебске, Могилеве, Бобруйске и Речице по-прежнему находились в пределах 0,2–0,3 ПДК, в Минске, Полоцке и Новополоцке – ниже 0,1 ПДК. Сезонные изменения концентраций фенола были незначительны.

Максимальные из разовых концентраций фенола во всех контролируемых районах Могилева превышали норматив качества в 2–3 раза, а в районе железнодорожного вокзала – почти в 4 раза. В периоды с неблагоприятными метеоусловиями максимальные из разовых концентраций в Речице (районы улиц Молодежная и Чкалова) достигали 2,9–4,4 ПДК. В Новополоцке, Полоцке и Минске превышения максимально разовой ПДК (в 1,2–1,5 раза) зафиксированы только в единичных пробах воздуха.

За пятилетний период содержание фенола в воздухе в Новополоцке уменьшилось на 14%, в Гомеле и Могилеве – на 28–32%, в Речице и Витебске – на 49–54%. Прослеживается устойчивая тенденция к росту среднегодовых концентраций фенола в Бобруйске: по сравнению с 2005 г. они увеличились на 85%. В Минске содержание в воздухе фенола в последние годы находится на стабильно низком уровне.

Аммиак (NH_3). Средние за год концентрации аммиака в воздухе в Новополоцке, Гродно, Полоцке, Витебске, Гомеле, Могилеве и Речице находились в пределах 9–20 $мкг/м^3$. В Минске уровень загрязнения воздуха аммиаком был значительно выше: средняя за год концентрация составила 35 $мкг/м^3$. Сезонные изменения содержания в воздухе аммиака имели ярко выраженный характер. В Минске и Гродно, например, концентрации аммиака в летний период были в 2 раза выше, чем зимой, в Могилеве и Полоцке – в 3,5–4 раза, а в Новополоцке – почти на два порядка. В 2009 г. пик загрязнения воздуха аммиаком в большинстве городов зафиксирован в июле. Незначительные превышения максимально разовой ПДК отмечены в Могилеве в единичных пробах воздуха. В Минске в районе пл.Свободы и ул.М.Богдановича максимальные из разовых концентраций составили соответственно 1,7 и 2,3 ПДК.

По сравнению с 2005 г. уровень загрязнения воздуха аммиаком в Витебске и Гродно уменьшился на 11–14%, в Могилеве – на 53%. В Гомеле и Минске содержание в воздухе аммиака осталось на уровне 2005 г., в Речице – несколько увеличилось. Динамика среднегодовых концентраций аммиака в воздухе в Полоцке и Новополоцке очень неустойчива.

Формальдегид. Концентрации формальдегида в воздухе определялись на всех стационарных станциях в контролируемых городах, кроме Лиды. В 2009 г. отмечено некоторое снижение содержания формальдегида в воздухе в Орше: средняя за год концентрация находилась на уровне ПДК (в 2008 г. превышала ПДК в 1,2 раза). Минимальный уровень загрязнения по-прежнему характерен для Новогрудка и Жлобина. Средние за год концентрации формальдегида в воздухе в Полоцке, Мозыре, Бресте, Пинске и Витебске находились в пределах 0,7–0,9 ПДК, в других городах – 0,4–0,6 ПДК.

Сезонные изменения содержания в воздухе формальдегида (как и аммиака) также имели ярко выраженный характер: увеличение концентраций, как правило, наблюдалось с ростом температуры воздуха. При отрицательных или слабоположительных температурах воздуха среднемесячные концентрации варьировали в небольших пределах, а с повышением температуры существенно возрастали (рис. 3.8).



Рис. 3.8. Зависимость средних концентраций формальдегида от температурного режима в г.Бресте в 2009 г.

В 2009 г. пик загрязнения воздуха формальдегидом во многих городах Беларуси зафиксирован в июле, который характеризовался высокой повторяемостью слабых ветров и повышенным температурным режимом. Повторяемость проб с концентрациями выше максимально разовой ПДК в центральной части Могилева составила 11%, в двух районах Бреста (улицы Северная и 17 Сентября) – 21–33%. В Гомеле рост уровня загрязнения воздуха формальдегидом отмечен в августе–сентябре при малом количестве атмосферных осадков. В течение двух месяцев на стационарных станциях города зафиксировано 33 (из 35 за год) превышения максимально разовой ПДК. В Гродно, Витебске, Мозыре, Минске, Новополоцке, Пинске, Орше и Гомеле зарегистрированы концентрации в 1,5–2 раза выше ПДК, в Бресте и Могилеве – в 3,0–3,3 раза. Следует отметить, что в 2009 г. абсолютные значения максимальных концентраций формальдегида были значительно ниже, чем в предыдущие годы. В среднем за год повторяемость проб с концентрациями формальдегида выше максимально разовой ПДК в Бресте составила 3,1%, в Могилеве – 1,8%, в других городах – ниже 1%.

За пятилетний период уровень загрязнения воздуха формальдегидом в Новополоцке уменьшился на 12%, в Солигорске, Витебске, Речице, Гродно и Гомеле – на 27–33%, в Бобруйске и Светлогорске – на 40 и 58% соответственно. Среднегодовые концентрации формальдегида в воздухе в Бресте, Мозыре, Орше и Полоцке сохранялись на уровне 2005 г. В то же время содержание формальдегида в воздухе в Пинске увеличилось на 22%, в Минске и Могилеве – на 50%.

Содержание в воздухе **соединений тяжелых металлов** определялось на 50% стационарных станций. Средние за год концентрации свинца в Гомеле, Гродно, Пинске и Жлобине составили 0,4 ПДК, в других городах не превышали 0,3 ПДК. Максимальные среднемесячные концентрации свинца в Витебске (район ул.Горького) и Светлогорске (микрорайон Первомайский) превышали норматив качества в 1,1 раза, в Гомеле (район ул.Огаренко) – в 1,2 раза. Содержание в воздухе кадмия по-прежнему очень низкое.

За пятилетний период уменьшение содержания свинца в воздухе отмечено в Минске, Могилеве, Пинске и Речице. Динамика среднегодовых концентраций в большинстве городов очень неустойчива, но по сравнению с 2005 г. уровень загрязнения воздуха свинцом в Гомеле, Гродно, Орше и Витебске увеличился.

Содержание **бенз(а)пирена** измеряли в 16 городах на 32 стационарных станциях. Средние за год концентрации во всех го-

родах были существенно ниже ПДК. Временное распределение концентраций по-прежнему очень неоднородно: в подавляющем большинстве городов уровень загрязнения воздуха бенз(а)пиреном в отопительный сезон был существенно выше, чем в теплый период года. В 2009 г. пик загрязнения воздуха бенз(а)пиреном отмечен в январе–феврале: среднемесячные концентрации в отдельных районах Минска, Витебска и Полоцка составили 1,5–1,8 нг/м³, Жлобина и Могилева – 2,2–2,5 нг/м³, Речицы и Гродно – 3,0–3,3 нг/м³, однако превышений норматива качества (ПДК – 5 нг/м³) зафиксировано не было. Увеличение содержания в воздухе бенз(а)пирена в этот период, по всей вероятности, связано с использованием в качестве топлива резервного мазута.

Качество воздуха на станции фоновго мониторинга «Березинский заповедник»

Мониторинг атмосферного воздуха на станции «Березинский заповедник» организован с целью получения информации о региональном фоновом состоянии атмосферного воздуха.

По данным непрерывных наблюдений, в 2009 г. содержание в воздухе в Березинском заповеднике большинства измеряемых загрязняющих веществ понизилось по сравнению с предыдущим годом. Большую часть года метеоусловия способствовали рассеиванию загрязняющих веществ. Вместе с тем, в отдельные периоды отопительного сезона отмечено существенное увеличение содержания в воздухе диоксида серы, диоксида азота и твердых частиц фракции 10 микрон и менее, что обусловлено региональным переносом загрязняющих веществ. Неблагоприятное влияние метеоусловий проявилось только в апреле и августе.

Диоксид серы. Среднегодовая фоновая концентрация диоксида серы в 2009 г. сохранялась на уровне предыдущего года (0,30 мкг/м³). Значения ниже этого уровня зафиксированы в 53% измерений, причем подавляющее большинство из них – в теплый период. Повышенное содержание в воздухе диоксида серы отмечено в январе–феврале. Максимальная среднесуточная концентрация (10,03 мкг/м³) зафиксирована 20 февраля. Повышение среднесуточных концентраций диоксида серы до 5,14–8,60 мкг/м³ отмечено в отдельные дни первой половины марта. Заметное увеличение среднесуточных концентраций зафиксировано также в период с 17 по 23 декабря, характеризующийся пониженным температурным режимом (минимальные температуры воздуха достигали –23°С) и преобладанием ветра северо-восточного направле-

ния, обуславливающего перенос загрязняющих веществ от региональных источников выбросов (Новолукомльской ГРЭС, Новополоцкого промышленного узла). Не исключено и влияние глобального переноса, поскольку в этот период в Западной и Центральной Европе при крайне неблагоприятных метеоусловиях сформировалась область повышенного загрязнения.

С окончанием отопительного сезона содержание в воздухе диоксида серы существенно уменьшилось. Летом его среднемесячные концентрации были на порядок ниже, чем зимой (рис. 3.9).

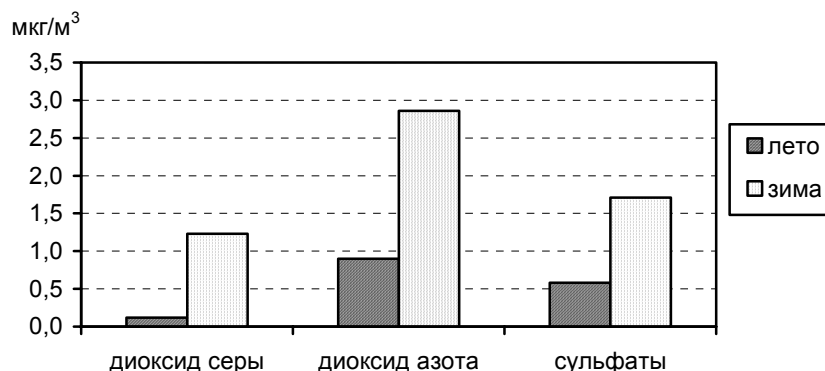


Рис. 3.9. Сезонные изменения концентраций загрязняющих веществ в воздухе в Березинском заповеднике в 2009 г.

В последнее десятилетие содержание в воздухе диоксида серы в Березинском заповеднике находится на стабильно низком уровне: по сравнению с 2005 г. его концентрации уменьшились на 18%.

Диоксид азота. Среднегодовая фоновая концентрация диоксида азота в воздухе в Березинском заповеднике составила $1,32 \text{ мкг/м}^3$ (в 2008 г. – $1,18 \text{ мкг/м}^3$) (рис. 3.10). Сезонные изменения концентрации диоксида азота не были так контрастны, как диоксида серы. В 2009 г. существенное увеличение содержания в воздухе диоксида азота отмечено в ноябре–декабре. Максимальные среднесуточные концентрации ($11,30\text{--}27,30 \text{ мкг/м}^3$) зафиксированы в период с 17 по 21 декабря. В период с 3 марта по 16 октября среднесуточные концентрации не превышали $2,50 \text{ мкг/м}^3$.

За последние 5 лет содержание в воздухе диоксида азота в воздухе в Березинском заповеднике понизилось на 27%. Вместе с тем, уровень загрязнения воздуха диоксидом азота был выше, чем в период 1994–2003 гг.



Рис. 3.10. Изменение среднегодовых концентраций диоксида серы и диоксида азота в воздухе в Березинском заповеднике в 1991–2009 гг.

Сульфаты. Среднегодовая фоновая концентрация сульфатов в 2009 г. составила $0,9 \text{ мкг/м}^3$ и была ниже, чем в предыдущем году. В мае–октябре среднемесячные концентрации варьировали в диапазоне $0,4\text{--}0,7 \text{ мкг/м}^3$. В остальное время года содержание в воздухе сульфатов было в 2–4 раза выше. Максимальная среднесуточная концентрация сульфатов – $8,1 \text{ мкг/м}^3$ – отмечена 14 января.

Суммарные твердые частицы. Среднегодовая фоновая концентрация суммарных твердых частиц в воздухе в Березинском заповеднике в 2009 г. составила 8 мкг/м^3 . На этом фоне выделяется заметное увеличение содержания твердых частиц в апреле–мае, по составу преимущественно терригенного происхождения, что очевидно связано с проведением весенних сельскохозяйственных работ. Кроме того, в конце апреля–начале мая в составе аэрозолей резко возрастает массовая доля пыльцы цветущих растений. Максимальная среднесуточная концентрация суммарных твердых частиц – 89 мкг/м^3 – зарегистрирована 27 мая.

Фоновый уровень концентраций суммарных твердых частиц в приземном слое атмосферы региона обусловлен трансграничным переносом. Незначительное повышение содержания твердых частиц в теплый период лимитируется местными природными или антропогенными факторами.

Тяжелые металлы. Среднегодовые фоновые концентрации свинца и кадмия в 2009 г. составили соответственно 1,7 и

0,07 нг/м³ и были ниже, чем в предыдущем году. В годовом ходе заметное увеличение содержания в воздухе свинца зафиксировано в апреле, кадмия – в марте и июле. Среднемесячные концентрации ртути варьировали в диапазоне 0,5–0,7 нг/м³. Максимальная среднесуточная концентрация свинца составила 26,8 нг/м³, кадмия – 2,60 нг/м³, ртути – 1,1 нг/м³.

По сравнению с 2005 г., среднегодовые фоновые концентрации свинца понизились на 60%, кадмия – на 75%. В 2009 г. содержание тяжелых металлов в воздухе в Березинском заповеднике было минимальным за весь период наблюдений.

Твердые частицы фракции 10 микрон и менее. Среднегодовая фоновая концентрация ТЧ10 в воздухе в Березинском заповеднике в 2009 г. составила 11 мкг/м³ и была в 2 раза ниже, чем в Жлобине, Гомеле, Витебске, Могилеве и жилом районе Минска. В 51% дней отмечены концентрации ТЧ10 менее 10 мкг/м³ (0,2 ПДК). Среднесуточные концентрации выше 25 мкг/м³ (0,5 ПДК) зафиксированы только в 5% дней. Сезонные изменения содержания в воздухе ТЧ10 незначительны: среднемесячные концентрации варьировали в диапазоне 7–10 мкг/м³. Некоторое увеличение уровня загрязнения воздуха отмечено в апреле, который характеризовался дефицитом атмосферных осадков. Увеличение содержания в воздухе ТЧ10 в периоды 12–15 января и 21–22 декабря связано с их глобальным переносом.

Максимальная среднесуточная концентрация ТЧ10 15 января незначительно превышала норматив качества.

Летучие органические соединения. Среднегодовые фоновые концентрации толуола и бензола в 2009 г. составили 0,6 нг/м³, максимальные среднесуточные – соответственно 1,6 и 1,8 нг/м³. Сезонные изменения фоновых концентраций ЛОС незначительны.

Приземный озон. В 2009 г. четко проявился весенний максимум загрязнения воздуха приземным озоном. В январе–первой половине марта концентрации приземного озона варьировали в диапазоне 60–90 мкг/м³. Увеличение содержания в воздухе приземного озона (до 100–115 мкг/м³) зафиксировано только в отдельные дни. Во второй половине марта концентрации повысились на 15% и в последнюю пятитдневку месяца почти достигли уровня ПДК. Тенденция к росту содержания в воздухе приземного озона сохранялась и в апреле. Большую часть месяца средние концентрации в первой половине дня составляли 0,9–1,0 ПДК. Максимальные концентрации зафиксированы 29 апреля, когда наблюдались наиболее благоприятные условия для образования приземно-

го озона (преобладание ясной погоды, низкая относительная влажность и повышенный температурный режим): в течение четырех часов концентрации превышали максимально разовую ПДК (160 мкг/м^3).

Повышенное содержание в воздухе приземного озона сохранялось и в начале мая. Пик загрязнения отмечен 4 мая, когда с 10 час. 30 мин. до 13 час. 40 мин. среднечасовые концентрации составляли от 160 до 192 мкг/м^3 . В дальнейшем концентрации понизились до $90\text{--}115 \text{ мкг/м}^3$. Повышенное содержание в воздухе приземного озона (1,1 ПДК) отмечено только 27 мая.

В летний период существенного роста уровня загрязнения воздуха приземным озоном не отмечено. Концентрации в большинстве дней варьировали в диапазоне $70\text{--}100 \text{ мкг/м}^3$; увеличение содержания в воздухе приземного озона (до $115\text{--}120 \text{ мкг/м}^3$) зафиксировано в основном в дни с температурой воздуха более 25°C . Аналогичная ситуация наблюдалась в сентябре–первой декаде октября. Существенное снижение содержания в воздухе приземного озона произошло во второй половине октября, чему способствовали частые и обильные осадки (в октябре выпало почти три нормы). В отдельные дни концентрации составляли $14\text{--}19 \text{ мкг/м}^3$. Пониженный уровень загрязнения воздуха приземным озоном сохранялся и в ноябре–декабре.

Диоксид углерода. Среднегодовая фоновая концентрация диоксида углерода в 2009 г. составила 806 мг/м^3 . Среднесуточные концентрации варьировали в диапазоне $744\text{--}879 \text{ мг/м}^3$. В отдельные дни июля и августа концентрации в ночные часы повышались до $1000\text{--}1159 \text{ мг/м}^3$.

Амплитуда значений суточного хода концентраций в летний период составила 64 мг/м^3 и была существенно выше, чем в зимний – 28 мг/м^3 (рис. 3.11). Сезонные изменения содержания в воздухе диоксида углерода незначительны: отклонения среднемесячных концентраций не превышали $\pm 5\%$.

3.3. Химический состав атмосферных осадков

В 2009 г. мониторинг химического состава атмосферных осадков в Беларуси проводился в 19 пунктах. В отобранных пробах определяли кислотность, содержание компонентов основного солевого состава и удельную электропроводность.

В целом 2009 г. оказался более влажным, чем 2008 г. Годовые суммы осадков были выше нормы в большинстве пунктов мониторинга. К аномально влажным периодам можно отнести июнь–

июль и октябрь–ноябрь. Крайне засушливым был апрель (в некоторых пунктах осадков выпало 4–8% от нормы). Дефицит осадков во многих пунктах наблюдался в августе–сентябре.

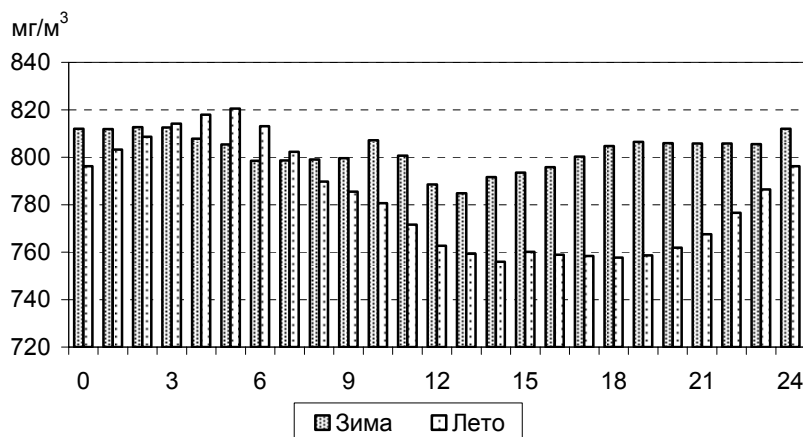


Рис. 3.11. Суточный ход концентраций диоксида углерода в атмосферном воздухе в Березинском заповеднике в 2009 г.

Сведения о химическом составе атмосферных осадков на станциях мониторинга в Беларуси в 2009 г. представлены в таблице 3.11.

Общая минерализация. В 2009 г. величина общей минерализации атмосферных осадков (сумма ионов) в большинстве пунктов мониторинга изменялась от 6,5 мг/дм³ (Березинский заповедник – региональный фон для территории Беларуси) до 15,7 мг/дм³ (Полоцк). Повышенная минерализация атмосферных осадков была характерна для Бобруйска – 30,3 мг/дм³ (рис. 3.12).

По сравнению с предыдущим годом увеличение суммы ионов (на 21%) отмечено только в Могилеве. В Мстиславле минерализация осадков сохранялась на прежнем уровне. В остальных пунктах зафиксировано снижение минерализации.

Абсолютные минимальные значения минерализации в большинстве пунктов отмечены в июне–июле и октябре–ноябре, которые характеризовались избыточным количеством осадков. Увеличение суммы ионов зафиксировано в отопительный сезон, на некоторых пунктах – в апреле–мае и августе–сентябре, что было связано с дефицитом осадков. Максимальное содержание загрязняющих веществ отмечено в осадках, выпавших в январе в

Мстиславле и Новогрудке (33,1–34,3 мг/дм³), в апреле – в Гродно (33,7 мг/дм³) и Орше (55,8 мг/дм³), в феврале – в Браславе (43,0 мг/дм³), в мае – в Бобруйске (52,1 мг/дм³). Все максимальные величины были ниже (иногда в 2–3 раза) соответствующих значений прошлого года. Годовой ход минерализации на большинстве пунктов по-прежнему одинаков (рис. 3.13).

В Березинском заповеднике существенное увеличение содержания ионов (до 23,5 мг/дм³) зарегистрировано в апреле. Рост содержания ионов (до 13,9 мг/дм³) отмечен также в декабре, в течение которого преобладали неблагоприятные метеоусловия, обусловившие повышение концентраций диоксида серы, диоксида азота и твердых частиц ТЧ10 в атмосферном воздухе заповедника. Не исключено влияние глобального переноса, поскольку в этот период в Западной и Центральной Европе при крайне неблагоприятных метеорологических условиях сформировалась область повышенного загрязнения. Осадки с малой минерализацией (3,1–3,8 мг/дм³) выпадали в июне и октябре–ноябре. В остальное время года минерализация осадков держалась на уровне 4,5–9,2 мг/дм³.

Основные компоненты. Качественный состав атмосферных осадков характеризовался мозаичностью. Тем не менее, в большинстве пунктов мониторинга преобладающим анионом в составе осадков по-прежнему были гидрокарбонаты: их содержание изменялось от 26 %-экв в Мозыре до 46 %-экв в Жлобине и Мстиславле. И только в Березино и Нарочи содержание гидрокарбонатов в осадках было менее 25 %-экв. Гидрокарбонатный класс воды атмосферных осадков (согласно классификации О.А. Алекина) был характерен для Браслава, Гродно, Жлобина, Лиды, Минска, Могилева и Мстиславля, сульфатно-гидрокарбонатный – для Бобруйска, Бреста, Гомеля, Новогрудка, Орши, Пинска, Полоцка и Пружан (табл. 3.12).

В анионном составе атмосферных осадков в Березино и Мозыре преобладали сульфаты – соответственно 33 и 31 %-экв. Класс воды осадков в Березино был нитратно-сульфатный, в Мозыре – нитратно-гидрокарбонатно-сульфатный. В Браславе, Гродно, Жлобине, Лиде, Минске, Могилеве, Мстиславле и Нарочи содержание сульфатов в атмосферных осадках находилось ниже предела, позволяющего включить их в название класса воды (25 %-экв). В остальных пунктах мониторинга содержание сульфатов в осадках изменялось от 25 %-экв в Бресте, Орше и Полоцке до 33 %-экв в Бобруйске.

Таблица 3.11

Химический состав атмосферных осадков на территории Беларуси в 2009 г.

Наименование пункта	Кол-во осадков за год, мм	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма ионов, мг/дм ³	рН	Уд. электр. (эксп), мкСм/см
		мг/дм ³											
Березино	839,1	3,37	1,63	3,62	2,13	0,50	1,09	1,62	0,85	0,22	15,04	5,16	33,25
Березинский заповедник (СФМ)	824,1	1,19	0,49	1,33	1,51	0,69	0,34	0,25	0,59	0,11	6,48	5,44	11,75
Бобруйск	821,4	6,37	1,76	3,97	9,44	0,53	0,85	1,48	4,88	1,03	30,32	6,55	60,04
Браслав	672,4	1,30	0,89	1,24	3,36	0,45	0,57	0,66	0,64	0,27	9,37	5,98	16,63
Брест	760,4	1,15	0,76	1,35	1,62	0,87	0,16	0,17	0,41	0,09	6,58	5,31	14,01
Гомель	902,6	2,36	0,85	1,81	3,90	0,97	0,33	0,39	0,97	0,14	11,72	5,60	23,36
Гродно	684,4	1,93	1,14	2,21	3,70	0,94	0,49	0,72	0,86	0,20	12,20	6,11	21,49
Жлобин	979,5	1,66	0,72	1,54	4,17	0,92	0,29	0,34	0,86	0,15	10,65	6,28	18,38
Лида	741,7	1,14	0,63	1,19	2,50	0,50	0,19	0,24	0,53	0,17	7,08	5,66	14,38
Минск	899,2	0,96	0,65	1,25	2,84	0,69	0,23	0,23	0,40	0,13	7,38	5,41	15,33
Могилев	916,3	1,57	0,75	1,87	3,67	0,97	0,21	0,52	0,81	0,27	10,65	6,00	18,14
Мозырь	764,7	1,58	0,64	1,63	1,67	0,81	0,13	0,11	0,31	0,09	6,97	5,26	14,42
Мстиславль	938,0	1,60	1,24	1,93	5,23	0,90	0,56	0,63	1,39	0,24	13,71	6,14	23,96
Нарочь	779,3	1,41	1,30	3,04	0,50	0,49	0,73	0,74	0,57	0,15	8,93	4,91	22,05
Новогрудок	886,5	3,17	1,05	1,93	4,72	1,34	0,42	0,74	1,17	0,23	14,77	6,05	29,46
Орша	792,7	1,83	0,89	1,52	3,88	1,03	0,44	0,43	0,68	0,20	10,90	5,96	18,24
Пинск	797,9	1,84	0,78	1,65	3,61	0,87	0,29	0,37	1,01	0,15	10,58	5,97	20,51
Полоцк	836,7	2,53	1,46	2,60	4,77	0,77	0,98	0,98	1,20	0,37	15,66	5,81	22,93
Пружаны	662,8	2,02	0,85	1,58	3,83	1,06	0,52	0,78	0,67	0,10	11,43	6,00	25,65

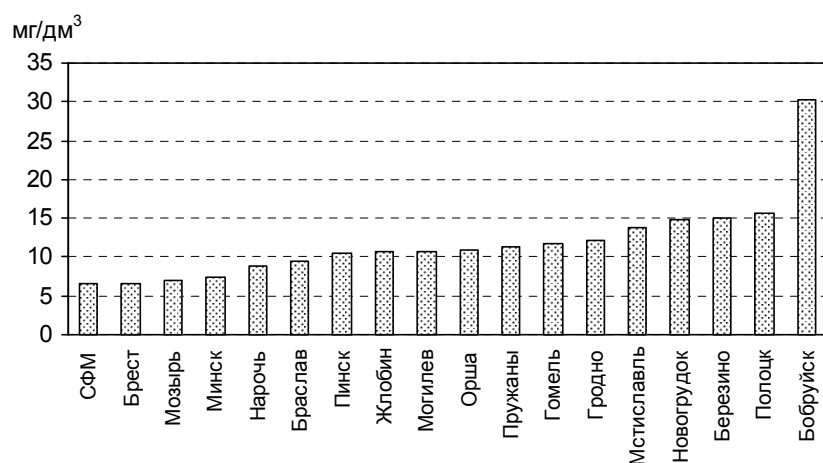


Рис. 3.12. Минерализация атмосферных осадков в городах Беларуси в 2009 г.

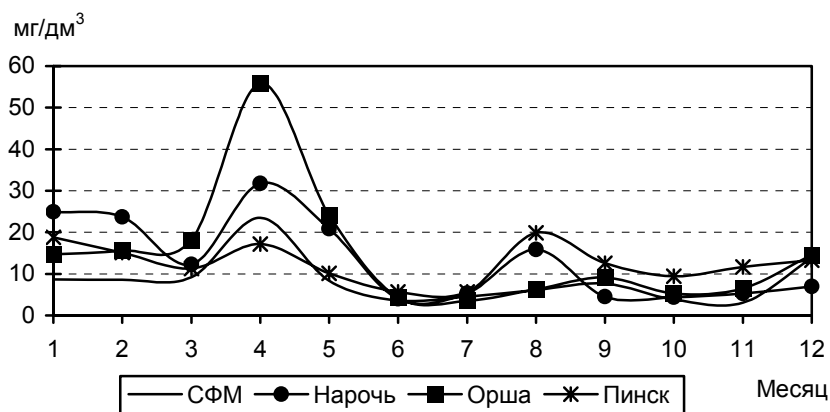


Рис. 3.13. Годовой ход минерализации атмосферных осадков на метеостанциях Нарочь, Орша, Пинск и в Березинском заповеднике

Доля нитратов была высока в осадках в Березино, Мозыре и Нарочи – 25–40 %-экв. В атмосферных осадках в Нарочи была значительна доля хлоридов – 30 %-экв, осадки здесь относились к хлоридно-нитратному классу.

Таблица 3.12

Ионный состав и тип воды атмосферных осадков на территории Беларуси в 2009 г.

Наименование пункта	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Тип воды атмосферных осадков*
	%–экв									
Березино	33	22	28	17	16	27	23	24	10	Нитратно-сульфатный натриевый
Березинский заповедник	29	16	26	29	39	15	7	30	9	Нитратно-гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-аммонийный
Бобруйск	33	12	16	39	7	9	9	56	20	Сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый
Браслав	21	20	16	43	21	21	14	26	18	Гидрокарбонатный кальциевый
Брест	25	23	24	28	55	8	5	23	8	Сульфатно-гидрокарбонатный аммонийный
Гомель	29	14	18	38	39	10	7	35	8	Сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-аммонийный
Гродно	24	19	21	36	34	14	12	28	11	Гидрокарбонатный кальциево-аммонийный
Жлобин	23	14	17	46	40	10	7	34	10	Гидрокарбонатный кальциево-аммонийный
Лида	23	17	19	40	34	10	7	32	17	Гидрокарбонатный кальциево-аммонийный
Минск	19	17	19	44	45	12	7	24	13	Гидрокарбонатный аммонийный
Могилев	23	15	21	42	39	7	10	29	16	Гидрокарбонатный кальциево-аммонийный
Мозырь	31	17	25	26	59	7	4	20	10	Нитратно-гидрокарбонатно-сульфатный аммонийный
Мстиславль	18	19	17	46	28	14	9	39	11	Гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый
Нарочь	24	30	40	7	23	27	16	24	10	Хлоридно-нитратный натриевый
Новогрудок	32	14	15	38	39	10	10	31	10	Сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-аммонийный
Орша	25	17	16	42	41	14	8	25	12	Сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-аммонийный
Пинск	26	15	18	40	36	9	7	38	9	Сульфатно-гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый
Полоцк	25	19	20	36	21	21	12	30	15	Сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый
Пружаны	27	15	17	41	41	16	14	23	6	Сульфатно-гидрокарбонатный аммонийный

* Согласно классификации О.А. Алекина.

В катионном составе атмосферных осадков в большинстве городов преобладал ион аммония – его содержание изменялось от 34 (Гродно, Лида) до 59 %-экв (Мозырь). В Бобруйске, Браславе, Мстиславле, Пинске и Полоцке в катионном составе доминировал кальций – 26–56 %-экв, в Березино и Нарочи – натрий (по 27 %-экв).

Содержание калия и магния в атмосферных осадках во всех пунктах мониторинга было существенно ниже 25 %-экв.

В Березинском биосферном заповеднике атмосферные осадки в 2009 г. относились к нитратно-гидрокарбонатно-сульфатному кальциево-аммонийному типу. При этом содержание сульфатов и гидрокарбонатов находилось примерно на одном уровне – 29 %-экв. По сравнению с предыдущим годом, в осадках увеличилось относительное содержание гидрокарбонатов, но произошло это увеличение не столько за счет роста их концентрации, сколько за счет уменьшения содержания других анионов.

Кислотность. Кислотность атмосферных осадков обусловлена распределением вклада основных кислотообразующих ионов (SO_4^{2-} и NO_3^-) и ионов HCO_3^- .

Среднегодовые величины pH атмосферных осадков в большинстве пунктов мониторинга в 2009 г. изменялись от 5,0–5,5 (Березино, Брест, Минск, Мозырь, Березинский заповедник) до 6,0–6,3 (Браслав, Гродно, Жлобин, Могилев, Мстиславль, Новогрудок, Пружаны, Орша и Пинск). В Нарочи среднегодовая величина pH составила 4,9, в Бобруйске – 6,6.

Выпадения кислых осадков зафиксированы в Бобруйске, Бресте, Гомеле, Жлобине, Минске, Могилеве, Мозыре, Орше и Березинском заповеднике. Осадки с pH 4,1–4,9 выпадали, в основном, в отопительный сезон. В Могилеве, Бобруйске, Бресте, Жлобине и Березинском заповеднике отмечены единичные выпадения кислых осадков в летние месяцы.

Наибольшая повторяемость выпадений кислых осадков характерна для Бреста (19%), Мозыря (30%) и Березинского заповедника (38%). Следует отметить, что, по сравнению с предыдущим годом, количество выпадений кислых осадков в Березинском заповеднике уменьшилось более чем в 1,5 раза. Минимальное значение pH (3,9) в 2009 г. зафиксировано 21 января в Березинском заповеднике.

Для большинства пунктов мониторинга по-прежнему характерны слабощелочные осадки. Повторяемость их составляла 37–100%. В течение года в Браславе, Гомеле, Минске, Могилеве, Мстиславле и Орше отмечались осадки с pH от 7,0 до 8,0. Как и в предыдущем году, наибольшая повторяемость щелочных осадков

наблюдалась в Полоцке (63%): в мае и июле в четырех выпадениях зафиксированы сильнощелочные осадки с рН 8,1–8,2.

В Березинском заповеднике выпадения слабощелочных осадков отмечались ежемесячно (кроме января–февраля). Наибольшее количество выпадений слабощелочных осадков (59%) наблюдалось в мае–июле. Максимальное значение рН (6,8) зарегистрировано 23 июня.

Состояние снежного покрова

В конце зимнего сезона 2008–2009 гг. выполнена снегомерная съемка в 21 пункте Беларуси. Пробы отобраны в период максимального накопления влагозапаса в снеге (28 февраля).

Сульфаты. Пространственное распределение концентраций сульфатов в снежном покрове достаточно однородно. В подавляющем большинстве пунктов (в 18 из 21) концентрации сульфатов в снежном покрове находились в пределах 0,8–2,0 мг/дм³, что характерно для слабого уровня загрязнения, обусловленного рассеиванием соединений серы на больших площадях в результате дальнего переноса от антропогенных и естественных источников. Максимальные значения концентраций сульфатов (2,8 мг/дм³) зафиксированы в районах метеостанций Барановичи и Колодищи (Минск), минимальные значения (0,6–0,7 мг/дм³) – в районах метеостанций Высокое и Гродно.

Нитраты и ион аммония. Концентрации нитратов в снежном покрове в большинстве пунктов отбора проб варьировали в диапазоне от 1,0 до 1,6 мг/дм³ и были существенно ниже, чем в зимние сезоны 2005–2006 и 2006–2007 гг. Отдельными небольшими пятнами выделяются поля более низких концентраций (0,8–0,9 мг/дм³) в районах метеостанций Барановичи, Пружаны и Полоцк.

Содержание ионов аммония в снежном покрове практически по всей территории страны составило менее 0,7 мг/дм³. Несколько выше (0,9 мг/дм³) содержание ионов аммония в снежном покрове в районах метеостанций Октябрь и Ганцевичи.

Кислотность. Основным экологическим последствием сульфатного и нитратного загрязнения является закисление атмосферных осадков и снежного покрова. Кислотность снежного покрова является интегральной величиной и зависит не только от концентраций кислот, но и от наличия оснований, их нейтрализующих.

Значения рН снежного покрова в большинстве пунктов варьировали от 5,6 до 6,2. Максимальные значения рН (6,7–6,8) отмечены в районах метеостанций Костюковичи, Ганцевичи и Барано-

вичи, минимальные (5,0–5,4) – в районах метеостанций Гомель, Нарочь, Высокое, Березинский заповедник и Горки.

Как и в предыдущие годы, связь между концентрациями сульфатов и нитратов и величиной рН неоднозначна. Прямой корреляции – увеличения кислых свойств снежного покрова с увеличением концентраций сульфатов и нитратов – не отмечено.

3.4. Трансграничный перенос и атмосферные выпадения загрязняющих веществ

Совместные действия стран в области охраны атмосферного воздуха привели к тому, что за время, истекшее после принятия в 1979 г. Международной конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (Женевской конвенции), произошло значительное сокращение выбросов загрязняющих веществ в странах Европы. В первую очередь это характерно для соединений серы: общее сокращение выбросов серы в Европе составило около 70%, в Беларуси – 80%. В результате сокращения атмосферных выпадений серы уменьшилась кислотность атмосферных осадков и в целом сократилось влияние кислотных осадков на экосистемы, природные воды и здоровье человека.

В отличие от выбросов серы, борьба с выбросами оксидов азота, основным источником которых является транспорт, не была столь успешной. Общее сокращение выбросов оксидов азота в Европе с момента подписания Женевской конвенции составило 25–30%, в Беларуси – более 40%. Тренды изменения концентраций соединений азота в атмосферном воздухе и осадках не столь выражены, как для серы. В большинстве стран нисходящий тренд составляет 20–30%, однако существуют значительные вариации в зависимости от пункта наблюдения. Достаточно скромны и результаты борьбы с поступлением в атмосферу аммиака, оказывающего как закисляющее, так и эвтрофирующее воздействие на компоненты природной среды. Выбросы аммиака в Европе сократились в среднем на 20%. При этом наибольшее сокращение имело место в странах Восточной Европы (в Беларуси – примерно на 35%). В остальной части Европы сокращение составило в среднем 10%.

По последним модельным расчетам Метеорологического синтезирующего центра «Запад» Программы ЕМЕП (МСЦ–Запад), годовой поток атмосферных выпадений на территорию Беларуси в 2007 г. составил 112,9 тыс.т серы, 71,4 тыс.т окисленного (нитратного) и 98,9 тыс.т восстановленного (аммонийного) азота (расчетные данные поступают с задержкой на два года). По сравнению с

2006 г. выпадения окисленной серы увеличились на 19%, окисленного азота – на 16, восстановленного азота – на 23%.

Средние расчетные фоновые концентрации диоксида серы в атмосферном воздухе в 2007 г. составили 0,5–3,3 мкгS/м³, диоксида азота – 0,7–2,9 мкгN/м³, тонкодисперсных взвешенных частиц (ТЧ10) – 3,4–6,6 мкг/м³.

По оценкам Метеорологического синтезирующего центра «Восток» Программы ЕМЕП (МСЦ–Восток), годовой поток атмосферных выпадений свинца на территорию Беларуси от антропогенных источников в 2007 г. составил 89,4 т, кадмия – 4,73, ртути – 0,83, бензо(а)пирена – 5,89 т, диоксинов – 66,2 гЭТ. По сравнению с 2006 г., выпадения свинца увеличились на 28%, выпадения кадмия – на 7%; выпадения ртути уменьшились на 15%, бензо(а)пирена – на 32, диоксинов/фуранов – на 60%.

По сравнению с 1990 г., суммарные атмосферных выпадения серы на территорию Беларуси к 2007 г. сократились на 75%, окисленного азота – на 48, восстановленного азота – на 40%.

Особенности географического положения Беларуси обусловили резкое преобладание в составе атмосферных выпадений трансграничной составляющей. По последним оценкам метеорологических синтезирующих центров Программы ЕМЕП, доля трансграничной серы в выпадениях на территорию Беларуси составляет 83%, окисленного азота – 94%, восстановленного азота – 47%. Около 76% антропогенного свинца, 80% кадмия, 81% ртути, 46% бензо(а)пирена и 71% диоксинов/фуранов, выпадающих на территорию Беларуси, также имеют внешнее происхождение. В поступлении на территорию Беларуси окисленных серы и азота, тяжелых металлов, бензо(а)пирена основной вклад принадлежит странам-соседям – России, Украине, Польше, Румынии, Германии. Восстановленный азот имеет в основном местное происхождение, существенный вклад вносят также Украина и Польша. В свою очередь, 60% серы, 55% восстановленного азота и 89% окисленного азота, поступающих от источников на территории Беларуси, выпадает на территорию других стран.

Территориальная структура атмосферных выпадений серы и азота на территорию Беларуси по данным расчетов МСЦ–Запад в 2007 г. приведена на рисунках 3.14–3.16.

Информацию об атмосферных выпадениях серы и азота на территории Беларуси, дополняющую оценки по моделям переноса и осаждения в рамках Программы ЕМЕП, позволяют получить данные сети мониторинга химического состава атмосферных осадков в рамках НСМОС. Интенсивность потока осаждения с атмосферы

ными осадками рассчитывается по станциям как функция взвешенной средней годовой концентрации серы и азота в осадках на основе данных о месячных концентрациях компонентов в осадках определенной станции и годового количества осадков.

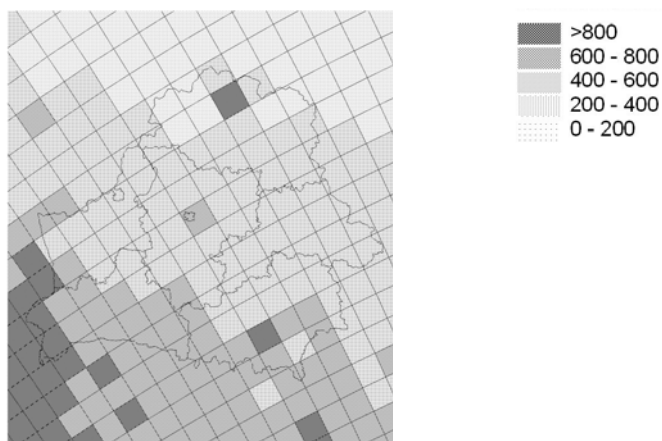


Рис. 3.14. Атмосферные выпадения окисленной серы на территории Беларуси по сетке ЕМЕП 50x50 км в 2007 г., кгS/км²/год (по данным МСЦ–Запад)

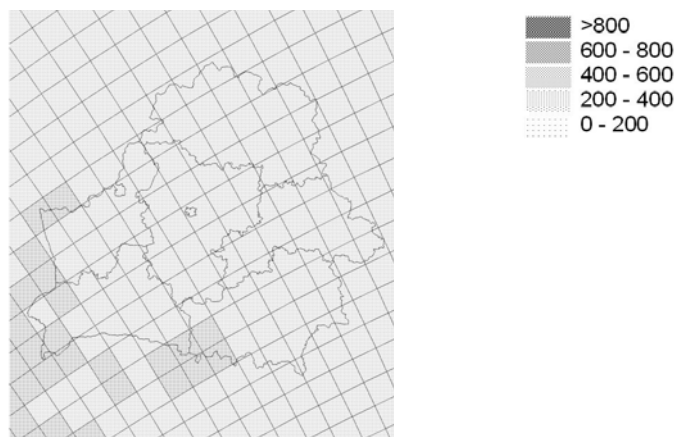


Рис. 3.15. Атмосферные выпадения окисленного азота на территории Беларуси по сетке ЕМЕП 50x50 км² в 2007 г., кгN/км²/год (по данным МСЦ–Запад)

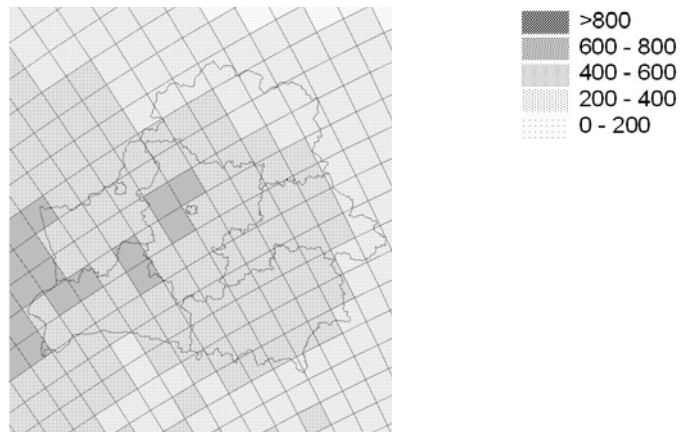


Рис. 3.16. Атмосферные выпадения восстановленного азота на территории Беларуси по сетке ЕМЕП 50x50 км² в 2007 г., кгN/км²/год (по данным МСЦ-Запад)

Рассчитанная таким образом интенсивность атмосферных выпадений серы в 2009 г. изменялась от 262,8 (Лида) до 1745,0 кг/км²/год (Бобруйск) при среднем значении 560,4 кг/км²/год, окисленного азота – от 186,3 (Лида) до 737,0 кг/км²/год (Бобруйск) при среднем значении 357,4 кг/км²/год, восстановленного азота – от 236,6 (Браслав) до 923,9 кг/км²/год (Новогрудок) при среднем уровне 515,7 кг/км²/год (рис. 3.17). По сравнению с 2008 г., атмосферные выпадения серы уменьшились в среднем на 27%, окисленного азота – на 19, восстановленного азота – на 2% (рис. 3.18).

Для оценки потенциального экологического эффекта атмосферных выпадений на фоновые территории для СФМ Березинский заповедник рассчитаны выпадения основных закисляющих соединений (серы и азота) и физиологически активных основных катионов (кальция, магния и калия) в эквивалентной форме (рис. 3.19). Разность поступления этих групп соединений характеризует потенциал закисления среды. На рисунке хорошо выражен нисходящий тренд потенциала закисления для первой половины 1990-х годов, что связано, в первую очередь, с сокращением поступления основных закисляющих соединений. В последующие годы потенциал закисления не имеет выраженного тренда.

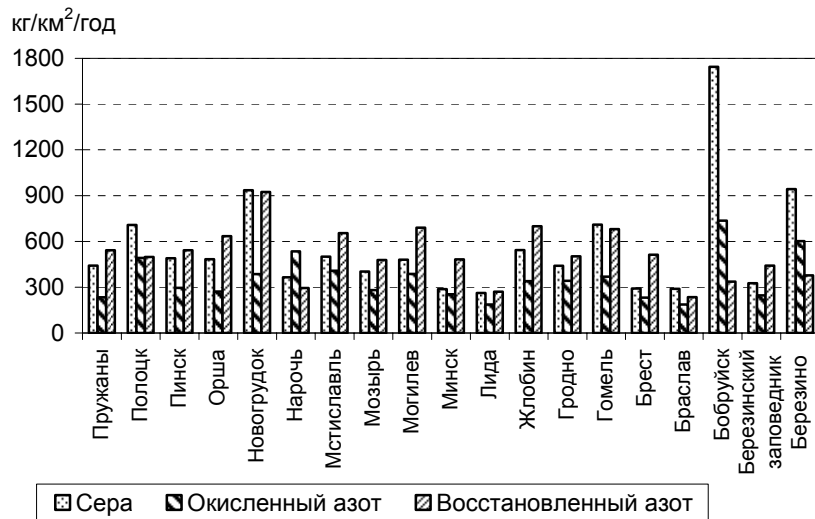


Рис. 3.17. Средняя интенсивность атмосферных выпадений соединений серы и азота на территории Беларуси в 2009 г.

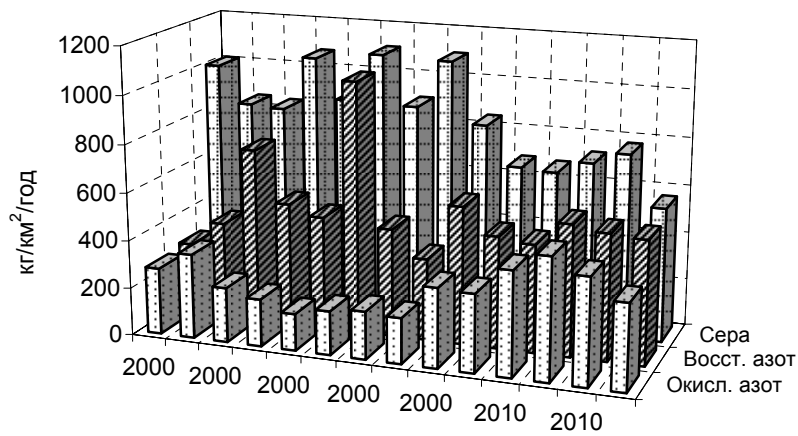


Рис. 3.18. Динамика средней интенсивности атмосферных выпадений соединений серы и азота на территории Беларуси в 1996–2008 гг.

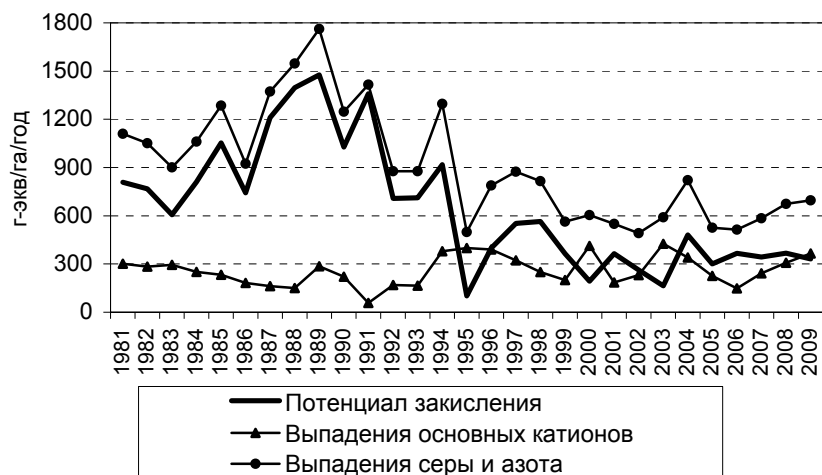


Рис. 3.19. Динамика потенциала закисления природной среды, обусловленного атмосферными осадками, в 1981–2009 гг. (по данным СФМ Березинский заповедник)

Химический состав атмосферных осадков на станции Высокое

В рамках Программы ЕМЕП с 1977 г. функционирует сеть мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, включающая в настоящее время более 100 станций в 29 странах. В Беларуси имеется одна станция, входящая в измерительную сеть ЕМЕП – Высокое (Брестская область). Она действует (с перерывами) с 1979 г. Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха и осадков здесь возобновлены в 2001 г.

В 2009 г. на станции Высокое отобрано и проанализировано 123 суточные пробы атмосферных осадков: рН определен в 123 пробах, содержание сульфатов – в 99, нитратов – в 79, иона аммония – в 118 пробах.

Характеристика основных компонентов химического состава атмосферных осадков на станции Высокое в 2009 г. представлена в таблице 3.13. Содержание сульфатов приводится в пересчете на серу, нитратов и иона аммония – на азот.

В 2009 г. на станции Высокое выпадали слабощелочные осадки. Среднемесячные величины рН варьировали в диапазоне 5,9–6,8, средняя годовая величина составила 6,5. Минимальное

значение рН (5,0) отмечено в осадках, выпавших 14–15 октября, максимальное (7,4) – 18–19 мая. Для сравнения: средняя годовая величина рН атмосферных осадков на сети ЕМЕП в 2005 г. составляла 5,20, на станциях Литвы и Латвии – 4,77–5,55.

Содержание в атмосферных осадках сульфатной серы, по сравнению с предыдущим годом, существенно уменьшилось. Среднемесячные концентрации варьировали в диапазоне 0,47–7,46 мгS/дм³ при среднем годовом значении 0,82 мгS/дм³ (в 2008 г. – 1,53 мгS/дм³). В январе–марте содержание сульфатной серы в осадках было в 2 раза выше, чем в остальное время года. Максимальная концентрация (как в Березинском заповеднике и Нарочи) отмечена в апреле, который характеризовался дефицитом атмосферных осадков (выпало всего 11% от нормы). Минимальные концентрации сульфатной серы в осадках зафиксированы в июне, который оказался исключительно дождливым (выпало свыше 2,5 норм).

Среднее годовое скорректированное содержание серы в атмосферных осадках на сети ЕМЕП в 2005 г. составило 0,50 мгS/дм³, на станциях Литвы и Латвии – 0,25–0,33 мгS/дм³, нескорректированное – соответственно 0,76 и 0,28–0,46 мгS/дм³.

Содержание нитратного азота в атмосферных осадках на станции Высокое в 2009 г. сохранялось на прежнем уровне. Его среднемесячные концентрации изменялись от 0,07 до 1,33 мгN/дм³ при среднем годовом содержании 0,47 мгN/дм³. Наибольшая повторяемость выпадений атмосферных осадков с низким содержанием нитратного азота (не более 0,20 мгN/дм³) наблюдалась в июле–сентябре. В отопительный сезон концентрации были значительно выше.

Среднее годовое содержание нитратного азота в осадках на сети ЕМЕП в 2005 г. составило 0,45 мгN/дм³, на станциях Литвы и Латвии – 0,21–0,48 мгN/дм³.

Содержание аммонийного азота в атмосферных осадках на станции Высокое в 2009 г. также сохранялось на прежнем уровне. Среднемесячные концентрации изменялись от 0,64 до 3,76 мгN/дм³ при среднем годовом содержании 0,98 мгN/дм³. Внутригодовое распределение концентраций неоднородно: в период январь–март концентрации были в 1,5–2 раза выше, чем в остальное время года. Некоторый рост содержания аммонийного азота отмечен в отдельные месяцы теплого периода, характеризующиеся дефицитом атмосферных осадков.

Таблица 3.13

**Средневзвешенные концентрации основных компонентов химического состава
атмосферных осадков на ст.Высокое в 2009 г.**

Месяц	Кол-во осадков, мм	рН	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
			мгS/дм ³	мгN/дм ³						
Январь	39,6	6,7	1,73	0,88	1,15	–	2,41	2,85	5,00	1,17
Февраль	40,6	6,7	1,52	1,33	1,75	–	3,25	2,58	4,37	0,77
Март	68,9	5,9	1,75	0,66	1,83	1,24	1,51	1,58	2,57	0,39
Апрель	4,4	6,8	7,46	–	3,76	–	–	–	–	–
Май	60,4	6,8	0,69	0,71	1,22	0,89	0,24	0,57	1,20	0,19
Июнь	193,2	6,4	0,47	0,33	0,64	1,05	0,26	0,70	0,67	0,11
Июль	51,5	6,6	0,69	0,07	1,18	0,90	0,73	1,05	2,19	0,34
Август	57,6	6,8	0,69	0,14	1,02	0,86	0,33	2,47	1,73	0,27
Сентябрь	27,1	6,7	0,66	0,14	0,93	0,55	0,26	0,81	1,61	0,27
Октябрь	93,5	6,4	0,66	0,51	0,70	0,90	0,31	0,50	0,62	0,11
Ноябрь	56,3	6,1	0,68	0,61	0,67	–	0,46	1,33	1,89	–
Декабрь	72,1	6,4	0,70	0,53	0,76	–	1,57	2,52	3,01	0,57
Среднее за год	765,2	6,5	0,82	0,47	0,98	0,92	0,75	1,29	1,70	0,30

Среднее годовое содержание аммонийного азота в осадках на сети ЕМЕП в 2005 г. составило 0,49 мгN/дм³, на станциях Литвы и Латвии – 0,33–0,72 мгN/дм³.

В 2009 г. максимальные концентрации нитратного (2,54 мгN/дм³) и аммонийного (5,61 мгN/дм³) азота зафиксированы в осадках, выпавших в период с 8 по 11 февраля.

По сравнению с 2008 г., средняя величина рН атмосферных осадков на станции Высокое уменьшилась на 0,21 единицы, содержание сульфатной серы – на 46%. Содержание в осадках нитратного и аммонийного азота существенно не изменилось (отклонения не превышали 6%) (табл. 3.14, рис. 3.20–3.21).

Таблица 3.14

Динамика среднегодовых взвешенных концентраций серы и азота и величина рН атмосферных осадков на ст.Высокое в 2002–2009 гг.

Год	рН	Серa сульфатов, мгS/дм ³	Азот нитратный, мгN/дм ³	Азот аммонийный, мгN/дм ³
2002	6,36	1,49	0,83	0,92
2003	6,30	1,75	0,74	0,68
2004	6,63	1,79	0,40	1,01
2005	5,55	1,87	0,38	0,94
2006	6,70	0,94	0,38	0,70
2007	6,50	1,03	0,72	0,69
2008	6,75	1,53	0,50	0,94
2009	6,45	0,82	0,47	0,98

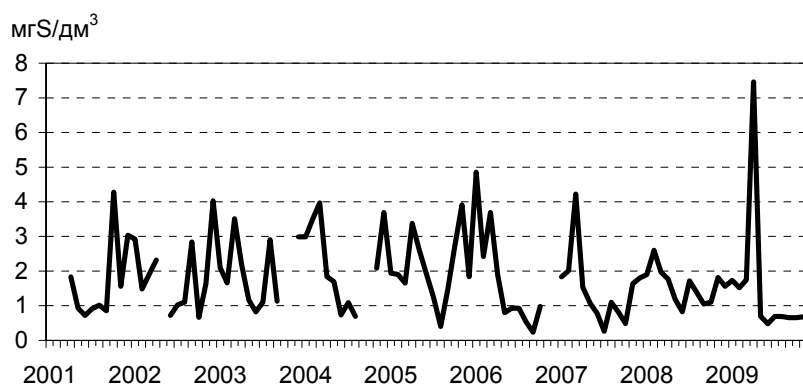


Рис. 3.20. Динамика средних месячных взвешенных концентраций серы в атмосферных осадках на станции Высокое в 2001–2009 гг.

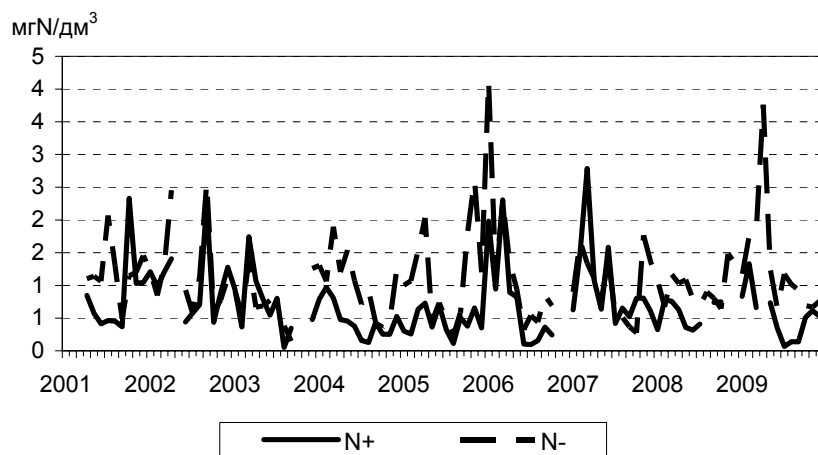


Рис. 3.21. Динамика средних месячных взвешенных концентраций окисленного (N+) и восстановленного (N-) азота в атмосферных осадках на станции Высокое в 2001–2009 гг.

На протяжении длительного периода атмосферные осадки на станции Высокое в целом более щелочные, чем в среднем на сети ЕМЕП. Для сравнения: в северо-западном регионе России в последнее десятилетие доля проб с рН от 4,0 до 5,0 составляла от 20 до 40%. На станции Высокое такие значения с 2006 г. не регистрируются.

Кроме того, осадки на станции Высокое содержат существенно больше серы и в целом более минерализованные, чем в среднем по сети ЕМЕП, что, по-видимому, обусловлено локальными источниками воздействия в районе расположения станции. Однако в последние годы отмечается некоторое снижение содержания серы в осадках.

3.5. Годовой режим атмосферного озона и уровня приземного ультрафиолета

В 2009 г. на Минской озонометрической станции Национального научно-исследовательского центра мониторинга озоносферы БГУ (НИИЦ МО БГУ) проводились регулярные измерения общего содержания озона в столбе атмосферы (СО₃), концентраций приземного (тропосферного) озона, а также, уровней приземного

ультрафиолетового солнечного излучения. На лидарной станции Института физики НАН Беларуси проводились измерения вертикальных профилей распределения ОСО и параметров атмосферных аэрозолей.

Результаты мониторинга **общего содержания озона** представлены на рисунках 3.22 и 3.23.

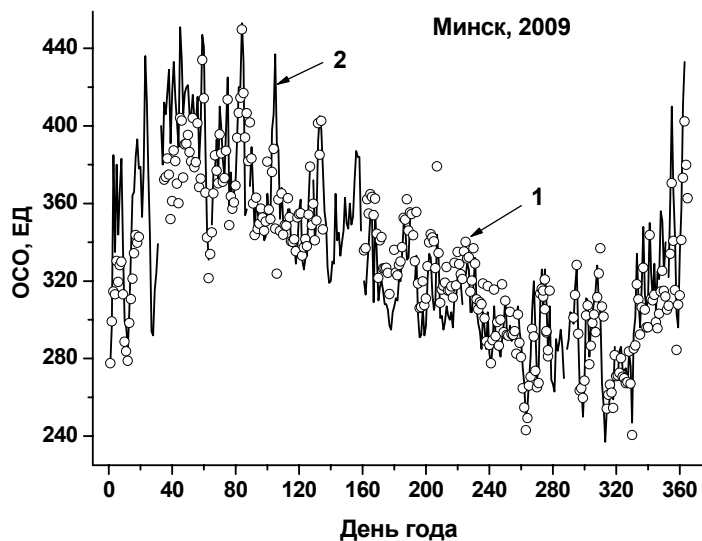


Рис. 3.22. Результаты наземных (ПИОН-УФ) (1) и спутниковых (ОМІ) (2) измерений общего содержания озона, Минск, 2009 г.

Особенность динамики озоносферы над территорией Беларуси в 2009 г. проявилась в том, что сезонный максимум среднемесячных величин общего содержания озона, который ранее (с 1997 г.) наблюдался весной в марте или апреле, зафиксирован в феврале (рис. 3.23). Кроме того, значительное превышение ОСО над нормой отмечено в декабре. При этом среднемесячные значения ОСО в феврале и декабре составили соответственно 412 и 338 ЕД (на 11,0–11,5% выше климатической нормы). В остальные месяцы общее содержание озона в атмосфере было в среднем на 2,5–3,0% ниже нормы, за исключением января, марта и октября, когда норма оказалась несколько превышена. Максимальное значение ОСО наблюдалось 23 марта (453 ЕД), минимальное – 9 сентября (237 ЕД), т.е. абсолютный годовой максимум и минимум зафиксированы в обычное время.

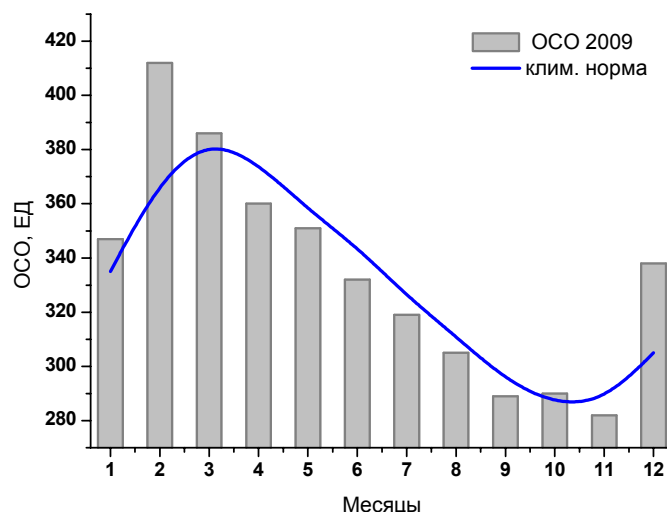


Рис. 3.23. Среднемесячные значения общего содержания озона для г. Минска в 2009 г. в сравнении с климатической нормой

Значительный уровень ОСО в феврале был обусловлен образованием в конце января в Северной Атлантике значительной по размерам стабильной области с высоким содержанием озона. Временами значения ОСО в ней превышали многолетнее среднее на 40%. Центр этой области в течение всего февраля располагался над Европейской частью Северо-Атлантического сектора, затрагивая территорию Беларуси. Высокое ОСО в декабре было обусловлено прохождением над территорией Беларуси нескольких относительно небольших областей с повышенным содержанием озона, образование которых в это время года для Северного полушария нехарактерно.

Следует отметить, что динамика озоносферы над Европой в 2009 г. характеризовалась большой изменчивостью. Помимо стабильного максимума в феврале, над Европой наблюдалось значительное число отрицательных озоновых аномалий (18). Обычно резкое кратковременное значительное по величине снижение ОСО, т.е. отрицательные озоновые аномалии, характерно для весны и осени, когда происходит перестройка циркуляционных процессов в атмосфере. В последние годы возникла тенденция к появлению отрицательных озоновых аномалий в летнее время. Проявилась она и в 2009 г. — над центральной Европой аномалии появлялись в июле и июне.

Измерения концентраций **приземного озона** проводились на Минской озонометрической станции с помощью оптического трассового измерителя ТриО-1, разработанного в НИИЦ МО БГУ и введенного в эксплуатацию 9 февраля 2004 г. В 2004 г. оптический трассовый измеритель ТриО-1 прошел метрологическую аттестацию в Белорусском государственном институте метрологии. По результатам метрологической аттестации диапазон измеряемых концентраций озона составляет 0–200 ppb, абсолютная погрешность измерений не превышает $\pm 1,45$ ppb.

Основные результаты мониторинга концентраций приземного озона, проведенного в период с 2004 по 2009 г. на Минской озонометрической станции, представлены на рисунке 3.24. На рисунке представлены концентрации озона, зарегистрированные в локальный полдень, около 10 a.m. GMT (Greenwich Mean Time).

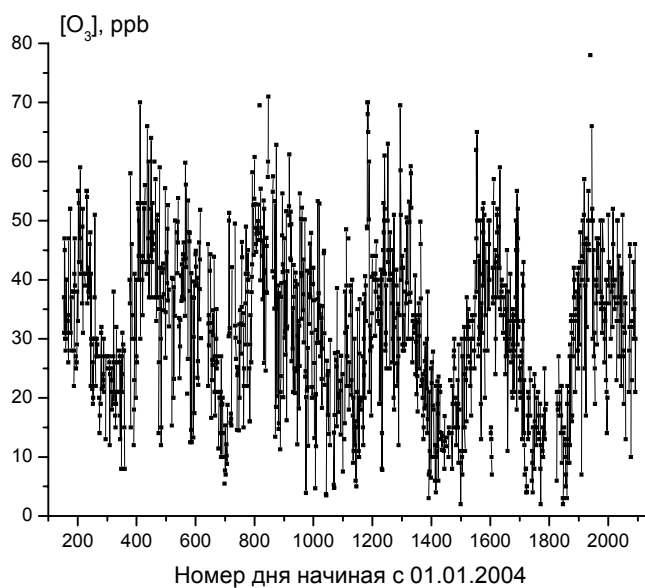


Рис. 3.24. Результаты измерений концентраций приземного озона на озонометрической станции НИИЦ МО БГУ в 2004–2009 гг.

Из рисунка 3.24, видно, что, несмотря на некоторые различия, сезонные изменения концентраций приземного озона в основных чертах повторяются из года в год. Тем не менее, значительные по амплитуде дневные изменения концентрации затрудняют

возможность сделать более фундаментальные заключения относительно дневного и сезонного хода этих вариаций. Данные, усредненные по достаточно длинному временному интервалу, иногда представляются более подходящими для обнаружения связей между атмосферными явлениями. В частности, концентрации озона, усредненные помесячно, оказались более информативными для анализа сезонных изменений и обнаружили специфический характер сезонного хода для различных лет наблюдения.

На рисунке 3.25а сезонные пики содержания приземного озона (весна и лето) хорошо видны; осенью и зимой концентрации приземного озона минимальны. Однако сильный весенний максимум концентраций появляется не каждый год.

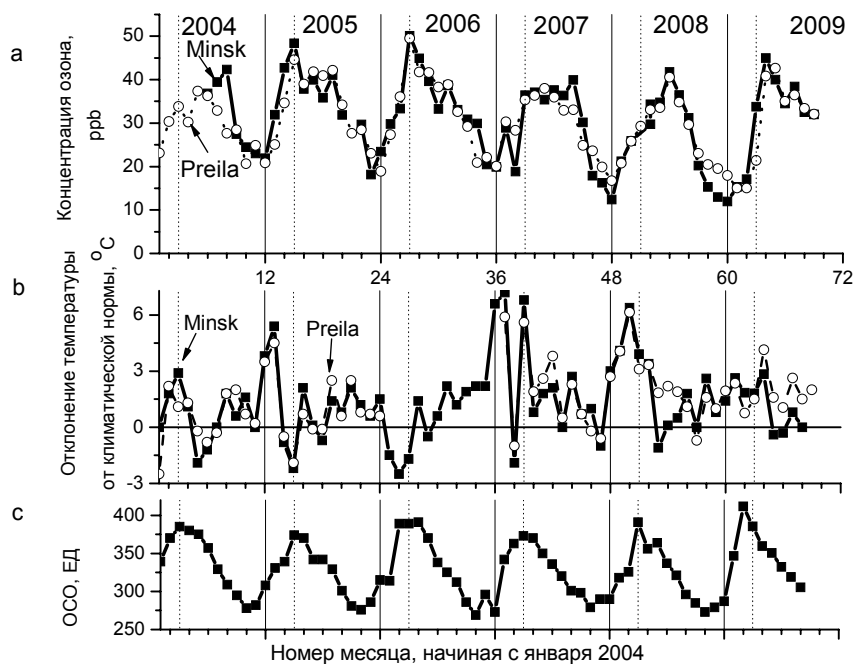


Рис. 3.25. Среднемесячные концентрации приземного озона в Минске и на станции Preila (a); отклонения среднемесячных температур от климатической нормы в Минске и на станции Preila (b); сезонный ход общего содержания озона в Минске (c). Март обозначен прерывистой (точечной) линией

Проведенные исследования обнаружили связь весеннего озонового максимума с ходом температуры в этот период. На рисунке 3.25b представлены отклонения среднемесячной температуры от климатической нормы для Беларуси, а также для станции Preila (Республика Литва) ($55^{\circ} 20' N$, $21^{\circ} 00' E$, 5 м над уровнем моря) в период 2004–2009 гг.

Связь между положительными или отрицательными флуктуациями температуры и отсутствием либо наличием весеннего максимума концентрации приземного озона хорошо прослеживается для обоих пунктов наблюдения (рис. 3.25a). Для двух данных мест амплитуда максимума концентрации приземного озона обратно пропорциональна температуре воздуха. В частности, на рисунке 3.25b можно видеть, что значительные положительные аномалии температуры в марте наблюдались в 2004, 2007 и 2009 г. Именно в эти годы весенний максимум концентрации приземного озона практически исчезал (рис. 3.25a). В противоположность этому, в 2005 и 2006 годах среднемесячная температура в обоих пунктах была ниже нормы, и это сопровождалось сильно выраженным весенним максимумом концентрации приземного озона. Ситуация, отличная от описанной выше, наблюдалась в 2009 г. Тогда весенний озоновый максимум хоть и наблюдался, но был сдвинут на апрель в Минске и на май на станции Preila (рис. 3.25a).

Полученные результаты позволили сделать вывод о природе весеннего максимума концентрации поверхностного озона в исследованном регионе.

Поверхностная концентрация приземного озона определяется (по крайней мере, в весенний период) взаимодействием двух главных факторов: интенсивностью процессов вертикального атмосферного «перемешивания» внутри планетарного граничного слоя и наличием либо отсутствием снежного покрова. Оба фактора управляются одним параметром – температурой приземного воздуха. Интенсивность «перемешивания» возрастает с ростом температуры, приводя к росту концентрации озона у поверхности земли. В то же время, снежный покров исчезает по мере роста температуры и это ускоряет разрушение озона на земной поверхности и ведет к падению его концентрации. Таким образом, именно второй фактор главным образом обуславливает наличие либо отсутствие весеннего озонового максимума. Чем позже тает снег, тем более выражен весенний озоновый максимум и тем сильнее он сдвинут к концу весны. После исчезновения снежного покрова эффективность разрушения озона на земной поверхности слабо меняется со временем, и первый фактор становится главным при инициализации следующего, летнего, озонового максимума.

Мониторинг спектров и доз биологически активного солнечного **ультрафиолетового излучения** и измерения спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО) в спектральном диапазоне 285–450 нм проводились с помощью ультрафиолетового спектрорадиометра ПИОН-УФ, разработанного в НИИЦ МО БГУ в соответствии с требованиями ВМО. Параллельно фиксировались данные метеонаблюдений (высота и балл облачности, дальность видимости, температура окружающего воздуха, влажность, давление атмосферы).

На основе измеренных спектров СПЭО определялись значения УФ индекса, а также рассчитывались дневные (суточные) дозы УФ облучения для ряда биологических эффектов (эритемы, повреждения ДНК, рака кожи, катаракты) с различными спектрами действия. Основные результаты измерений и расчетов представлены на рисунках 3.26 и 3.27 и в таблице 3.15. На рисунке 3.26 показано распределение суточных эритемных доз, полученное обработкой спектров, измеренных в 2009 г.

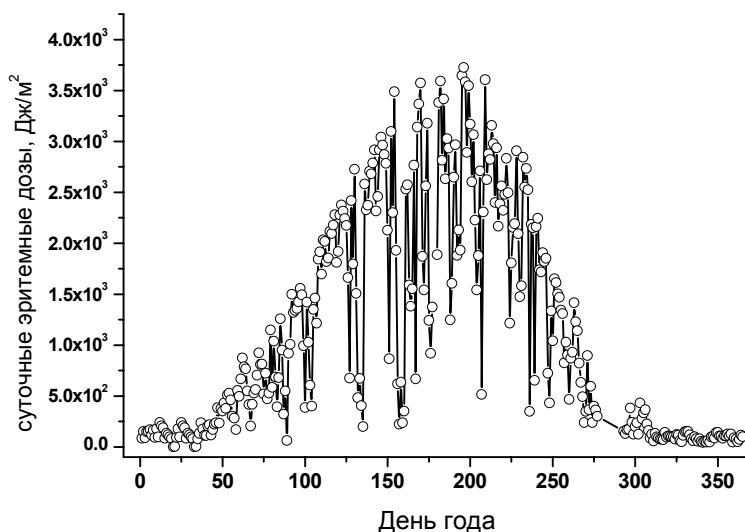


Рис. 3.26. Экспериментальные значения суточных эритемных доз солнечного ультрафиолетового излучения в 2009 г.

В таблице 3.15 приведены годовые дозы биоэффектов УФ излучения – эритемы и повреждения ДНК, рассчитанные за период измерений на Минской озонометрической станции с 2003 по 2009 г.

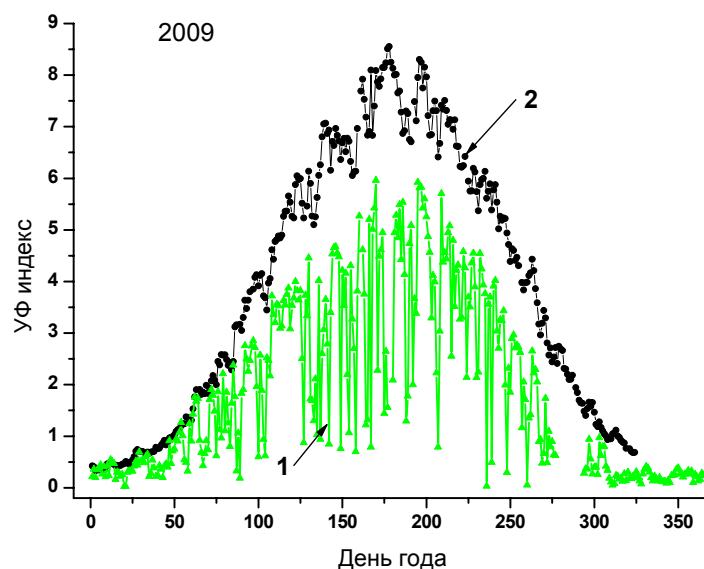


Рис. 3.27. Годовое распределение величин УФ индекса в Минском регионе в 2009 г.: 1 – экспериментальные значения, 2 – значения, рассчитанные для идеальной атмосферы (без облаков, аэрозолей и поглощающих примесей)

Таблица 3.15
Годовые дозы биологических эффектов солнечной УФ радиации

Год	Эритема, КДж/м ²	ДНК, КДж/м ²
2003	417	6,4
2004	396	6,7
2005	410	6,7
2006	441	6,8
2007	367	6,3
2008	392	6,4
2009	396	6,3

Как видно из таблицы 3.15, суммарная годовая доза, зарегистрированная в 2009 г. (396 кДж/м²), несколько выше, чем в 2008 и 2007 г., но не превышает средней дозы за весь период измерений (2003–2009 гг.) – 400 кДж/м².

На рисунке 3.27 приведено годовое распределение экспериментальных значений УФ индекса и значений, рассчитанных для локального полудня и идеальной атмосферы (без облаков, без аз-

розолей и поглощающих тропосферных газов, альbedo подстилающей поверхности равное 0,05). При расчетах использовались экспериментально измеренные значения ОСО.

Рисунок 3.27 демонстрирует хорошо известный в литературе факт влияния атмосферных параметров, в частности облачности, на уровни приземного солнечного УФ излучения. Тем не менее, изменения ОСО, особенно во время озоновых аномалий, когда возможно понижение содержания атмосферного озона на 20–25% по сравнению с многолетним средним, также могут существенно влиять на дозу биологически активного солнечного УФ излучения, в частности приводить к «скачкам» УФ индекса в пределах одной-полутора единиц. Поэтому совершенствование прогноза УФ индекса, наряду с повышением качества долгосрочного прогноза облачности, требует всестороннего развития прогноза динамики озоносферы, а также детального исследования связей стратосферных и тропосферных процессов.

В 2009 г. были проведены работы по модернизации и расширению возможностей лидарного комплекса Института физики НАН Беларуси, обеспечивающего измерение вертикальных профилей атмосферного озона и характеристик аэрозолей в диапазоне высот 8–35 км. Кроме того, предварительные натурные измерения на макете отдельного канала зондирования тропосферного озона продемонстрировали реальность проведения измерений до высот порядка 8–10 км. Вследствие этого было принято решение о создании комплексной системы, которая в одном эксперименте будет одновременно измерять профиль концентрации озона от приземного слоя до стратосферы.

В результате был разработан приемный модуль комплексной лидарной системы для зондирования озона. Были также разработаны дополнительные оптоэлектронные блоки, обеспечивающие зондирование озона в зоне 1,5–8,0 км и контроль аэрозоля в тропосфере. Разработанный лидарный комплекс для зондирования озона представляет собой сложную систему из трех излучателей и одиннадцати приемных каналов.

3.6. Радиационный мониторинг атмосферного воздуха

В 2009 г. на территории Беларуси функционировало 55 дозиметрических постов по измерению мощности дозы гамма-излучения (МД). На 27 дозиметрических постах, расположенных на

всей территории страны, контролировались радиоактивные выпадения из приземного слоя атмосферы (отбор проб производился с помощью горизонтальных планшетов). На 21 дозиметрическом посту пробы для определения суммарной бета-активности естественных атмосферных выпадений отбирались ежедневно, 6 постов были переведены в дежурный режим, отбор проб на них производился один раз в 10 дней.

В семи городах – Браславе, Гомеле, Минске, Могилеве, Мозыре, Мстиславле и Пинске – производился отбор проб радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы с использованием фильтровентиляционных установок. В Могилеве и Минске отбор проб проводился в дежурном режиме (1 раз в 10 дней), на остальных пунктах, расположенных в зонах влияния атомных электростанций сопредельных государств, – ежедневно.

Измерение уровней МД проводилось на всех 55 дозиметрических постах ежедневно, включая выходные и праздничные дни.

В пробах радиоактивных аэрозолей ежедневно измерялась суммарная бета-активность и содержание короткоживущих радионуклидов, в первую очередь йода-131. Ежемесячно измерялся изотопный состав гамма-излучающих радионуклидов в месячных пробах радиоактивных аэрозолей, а также в месячных пробах выпадений из атмосферы, объединенных в группы по территориальному признаку.

Вся информация об уровнях МД, величине суммарной бета-активности и содержанию гамма-излучающих радионуклидов в пробах атмосферного воздуха заносилась в автоматизированный банк данных.

Данные радиационного мониторинга атмосферного воздуха показывают, что в 2009 г. уровни МД, радиоактивность естественных выпадений и аэрозолей в воздухе на территории Беларуси соответствовали установившимся многолетним значениям. Радиационная обстановка на территории страны оставалась стабильной. Уровни МД, превышающие доаварийные значения, зарегистрированы в контролируемых городах, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения – Брагине, Наровле, Славгороде, Хойниках, Чечерске.

Среднегодовые значения МД в 2009 г. составили: в Брагине – 0,60 мкЗв/ч, Наровле – 0,52, Славгороде – 0,22, Хойниках – 0,24, Чечерске – 0,26 мкЗв/ч. В областных городах среднегодовой уровень МД находился в пределах от 0,10 до 0,12 мкЗв/ч

В остальных контролируемых населенных пунктах МД не превышала уровень естественного гамма-фона (до 0,20 мкЗв/ч).

Среднегодовые значения суммарной бета-активности проб радиоактивных выпадений из атмосферы составили: в Могилеве – 1,49 Бк/м²сут, Наровле – 0,69, Хойниках – 0,72, Брагине – 0,65, Чечерске – 0,59, Василевичах – 0,57, Мозыре – 0,48 Бк/м²сут. Наибольшие среднемесячные уровни суммарной бета-активности зарегистрированы в феврале в Могилеве (3,1 Бк/м²сут) и Славгороде (3,0 Бк/м²сут), а также в марте в Костюковичах (3,9 Бк/м²сут).

Анализ результатов измерений суммарной бета-активности атмосферных аэрозолей в 2009 г. показывает, что наибольшие среднемесячные уровни наблюдались в январе в Могилеве ($44,0 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³), в феврале в Гомеле ($25,0 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³) и Мстиславле ($29,3 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³), в декабре в Минске ($39,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³).

По результатам гамма-спектрометрического анализа в 2009 г. в пробах аэрозолей идентифицировались следующие радионуклиды: цезий-137, калий-40, бериллий-7, свинец-210.

В таблице 3.16 представлены среднемесячные значения суммарной бета-активности и содержания цезия-137 в пробах радиоактивных аэрозолей приземного слоя атмосферы в 2009 г.

В пробах радиоактивных аэрозолей и выпадений из атмосферы короткоживущих изотопов, в том числе йода-131, не обнаружено, также не отмечено существенных изменений в поведении цезия-137 в атмосферном воздухе по сравнению с предыдущими годами.

Контрольные уровни суммарной бета-активности, при превышении которых проводятся защитные мероприятия, составляют:

– для радиоактивных выпадений из атмосферы – 110 Бк/м²сут;

– для радиоактивных аэрозолей – $3700 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³.

В рамках выполнения заданий Государственной программы развития Национальной системы мониторинга в Республике Беларусь продолжены регулярные измерения содержания свинца-210 в атмосферном воздухе крупных промышленных городов.

Анализ данных по содержанию свинца-210 в пробах радиоактивных аэрозолей показывает, что наблюдались незначительные сезонные колебания содержания этого радионуклида.

Активности естественных радионуклидов в приземном слое атмосферы соответствовали средним многолетним значениям.

Таблица 3.16

**Среднемесячные значения суммарной бета-активности ($\Sigma \beta$) и содержания цезия-137 (^{137}Cs)
в радиоактивных аэрозолях приземного слоя атмосферы в 2009 г.**

Месяц	Мозырь		Браслав		Гомель		Минск		Могилев		Мстиславль		Пинск	
	$1 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$													
	$\Sigma \beta$	^{137}Cs	$\Sigma \beta$	^{137}Cs	$\Sigma \beta$	^{137}Cs	$\Sigma \beta$	^{137}Cs	$\Sigma \beta$	^{137}Cs	$\Sigma \beta$	^{137}Cs	$\Sigma \beta$	^{137}Cs
Январь	15,2	2,42	13,6	0,10	21,3	2,15	16,3	1,24	44,0	3,69	22,3	1,63	18,6	1,41
Февраль	12,6	1,91	18,8	0,16	25,0	2,18	14,3	1,32	37,0	1,97	29,3	1,52	16,6	2,19
Март	16,0	2,10	10,0	0,18	21,7	1,43	14,7	0,91	30,0	0,89	21,8	1,32	10,7	1,33
Апрель	22,6	2,45	10,4	0,18	17,9	1,47	19,0	1,30	25,0	1,23	20,0	1,05	13,7	2,18
Май	15,2	3,55	9,3	0,10	12,4	1,44	13,0	0,84	19,3	0,82	14,6	0,90	10,9	1,36
Июнь	15,9	0,96	8,4	0,28	12,7	0,70	17,0	1,21	16,3	0,42	14,9	0,22	15,5	0,78
Июль	14,2	0,72	10,4	0,14	10,6	1,62	19,0	1,53	14,3	0,25	12,2	0,15	13,4	0,88
Август	14,4	1,03	10,4	0,06	10,0	0,62	8,7	1,83	16,7	0,37	11,8	0,32	13,5	0,98
Сентябрь	19,5	1,49	10,9	0,05	13,0	0,97	8,3	0,52	21,7	0,46	18,3	0,23	13,7	0,75
Октябрь	13,4	1,47	8,2	0,11	7,6	0,90	17,3	1,98	17,3	0,43	14,8	0,99	12,2	1,41
Ноябрь	10,3	2,85	9,6	0,11	4,8	0,34	39,5	1,58	31,7	0,32	20,0	1,13	13,7	2,43
Декабрь	15,3	2,56	16,4	0,12	14,2	0,91	17,2	1,69	24,9	0,36	18,1	0,73	12,2	1,70
Среднее за год	15,4	1,46	11,4	0,20	14,3	0,90	17,0	1,22	24,8	0,98	18,2	0,74	13,7	1,11