

# 4

## глава

### КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И СОСТОЯНИЕ ОЗОНОВОГО СЛОЯ

#### ***4.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу***

Поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух происходит в результате деятельности природных и антропогенных источников, а также в результате регионального и трансграничного переноса.

Задача оценки выбросов является сложной по причине многообразия и сложности источников поступления загрязняющих веществ в атмосферу, а также протекающих в атмосфере физических и химических процессов. На национальном уровне осуществляется учет выбросов от крупных стационарных источников на основании формы статистической отчетности № 1-ос (воздух). Выбросы от мобильных (передвижных) источников оцениваются расчетным путем. Степень полноты информации о выбросах различается в зависимости от загрязняющего вещества. Наиболее полными являются данные о выбросах оксидов серы и азота, оксида углерода и твердых веществ; значительно менее полными представляются данные о выбросах тяжелых металлов, аммиака, стойких органических загрязнителей (СОЗ).

В данном разделе представлены данные о выбросах загрязняющих веществ, полученные на основании результатов статистического учета, а также расчетные данные.

В 2013 г. общие валовые выбросы загрязняющих веществ от стационарных и мобильных источников на территории Беларуси составили 1374,4 тыс.т (67,5% от мобильных источников, 32,5% от стационарных источников).

В составе валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в 2013 г., как и в предыдущие годы, преобладали оксид углерода – 49,9%, углеводороды и неметановые летучие органические соединения (НМЛОС) – 27,6%, оксиды азота – 11,9%, твердые вещества – 4,8% и диоксид серы – 3,6% (табл. 4.1). Большая часть выброшенных в атмосферу оксида углерода (88,1%), углеводородов и НМЛОС (50,8%) и оксидов азота (62,0%) обусловлена работой мобильных источников. Стационарными источниками обусловлено 99,4% выбросов диоксида серы и 55,3% выбросов твердых веществ.

**Таблица 4.1**

**Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу  
от стационарных и мобильных источников  
на территории Беларуси в 2013 г., тыс.т**

Область	Твердые вещества	Оксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Углеводороды (включая НМЛОС)	Прочие	Всего
Брестская	9,2	94,6	1,4	19,6	50,2	3,5	178,5
Витебская	10,2	91,5	21,0	26,9	71,7	4,8	226,1
Гомельская	10	95	19,9	25,2	70,9	4,8	225,8
Гродненская	9,5	83,5	0,9	22,6	48,0	5,4	169,9
г.Минск	5,8	119,3	1,0	22,7	36,7	0,1	185,6
Минская	12,3	138,6	3,4	26,1	64,8	8,4	253,6
Могилевская	8,6	63,8	1,3	20,9	37,4	2,9	134,9
Всего	65,6	686,3	48,9	164,0	379,7	29,9	1374,4

В 2013 г. по сравнению с 2012 г. валовые объемы выбросов загрязняющих веществ сократились на 15,5 тыс.т преимущественно за счет уменьшения выбросов диоксида серы (на 17,5 тыс.т), оксида углерода (на 10,5 тыс.т) и твердых веществ (на 2,6 тыс.т). Относительно уровня 2012 г. увеличились валовые выбросы угле-

водородов и прочих загрязняющих веществ – соответственно на 11,3 и 4,5 тыс.т.

В *г.Минске* суммарный объем выбросов от стационарных и мобильных источников в 2013 г. составил 185,6 тыс.т, что на 24,6 тыс.т меньше, чем в предыдущем году. Работой автотранспорта в г.Минске обусловлены выбросы 86,5% от валовых выбросов загрязняющих веществ.

### ***Выбросы от стационарных источников***

В 2013 г. по форме 1-ос (воздух) в Беларуси отчиталось 2265 предприятий, что на 135 предприятий (или на 6%) больше, чем в 2012 г. Как и в предыдущие годы, отчетность в 2013 г. предоставлялась преимущественно по организованным источникам, доля которых в 2013 г. сократилась по сравнению с 2012 г. с 85 до 75%.

Согласно данным статистической отчетности, в 2013 г. общее количество выбросов от стационарных источников на территории Беларуси составило 446,0 тыс.т, что на 12,7 тыс.т (или на 3%) больше, чем в 2012 г.

**Отрасли экономики.** Основной объем выбросов загрязняющих веществ среди отраслей экономики Беларуси в 2013 г. пришелся на обрабатывающую промышленность – 192,6 тыс.т или 43,2% от общего объема выбросов от стационарных источников. По сравнению с 2012 г. валовые выбросы в данной отрасли сократились на 13,8 тыс.т. Данное сокращение произошло преимущественно за счет НМЛОС, объем выбросов которых уменьшился на 10,6 тыс.т. В целом вклад промышленности в валовые выбросы от стационарных источников в 2013 г. составил 61,7%, что на 6,2% меньше по сравнению с предыдущим годом. Кроме промышленности, значительный вклад в валовые выбросы от стационарных источников внесло сельское хозяйство (127,4 тыс.т или 28,6%), а также транспорт и связь (25,8 тыс.т или 5,8%). Остальными отраслями экономики Беларуси в 2013 г. было выброшено 17,5 тыс.т загрязняющих веществ (табл. 4.2).

На долю промышленности пришлось более 70% выбросов по отдельным загрязняющим веществам за исключением углеводородов и прочих загрязняющих веществ, вклад промышленности в выбросы которых составил соответственно 15 и 19%. Выбросы углеводородов (исключая НМЛОС) и прочих загрязняющих веществ соответственно на 73,7 и 79,6% были обусловлены выбросами сельскохозяйственных организаций.

**Таблица 4.2**  
**Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу**  
**от стационарных источников по основным отраслям экономики**  
**Беларуси в 2013 г., тыс. т**

Отрасль экономики	Твердые вещества	Оксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Углевородороды (без НМЛОС)	НМЛОС	Прочие	Всего
Промышленность	26,4	65,4	46,5	58,0	19,1	54,2	5,8	275,4
в т.ч. горнодобывающая	2,5	3,1	0,9	1,3	0,2	1,8	0,0	9,8
обрабатывающая	16,3	43,5	42,1	29,3	5,6	51,3	4,5	192,6
производство и распределение электроэнергии, газа и воды	7,5	18,8	3,5	27,5	13,3	1,1	1,2	72,9
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	4,9	2,7	0,7	1,0	92,9	1,4	23,8	127,4
Транспорт и связь	0,5	9,7	0,4	2,5	10,4	2,3	0,0	25,8
Строительство	3,0	2,7	0,4	0,3	0,0	0,3	0,0	6,7
Торговля, ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного пользования	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	2,6	0,1	3,6
Предоставление коммунальных, социальных и персональных услуг	0,1	0,2	0,0	0,0	2,9	0,0	0,2	3,4
Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг потребителям	0,9	0,8	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	2,7
Государственное управление	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
Здравоохранение и предоставление социальных услуг	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4
Образование	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Всего	36,3	82,0	48,6	62,2	126,1	60,9	29,9	446,0

По сравнению с 2012 г. в 2013 г. наблюдался рост выбросов углеводородов (на 26,2 тыс.т), оксида углерода (на 3,4 тыс.т) и прочих загрязняющих веществ (на 5,2 тыс.т). В то же время сократились выбросы диоксида серы (на 15,1 тыс.т), НМЛОС (на 9,1 тыс.т) и твердых веществ (на 1,1 тыс.т).

**Города.** В 2013 г. наибольшие объемы выбросов, как и в предыдущие годы, были характерны для городов Новополоцка (53,52 тыс.т), Минска (25,13 тыс.т) и Гродно (10,61 тыс.т), причем в каждом из них выбросы сократились относительно уровня 2012 г. (табл. 4.3). Рост выбросов отмечен в большей части населенных пунктов страны (в 74%), наибольшим он был в Полоцке (на 1,98 тыс.т) и Орше (на 1,96 тыс.т). Сокращение выбросов более чем на 1 тыс.т наблюдалось в Новополоцке, Гомеле, Минске, Гродно, Белоозерске и Витебске.

**Таблица 4.3**

**Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников по областям и городам Беларуси в 2013 г. (указаны города, где выбросы превышают 1 тыс.т), тыс.т\***

Область, город	Твердые вещества	Оксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Углеводороды (без НМЛОС)	НМЛОС	Прочие	Всего
<b>Брестская область</b>	<b>4,46</b>	<b>6,50</b>	<b>1,30</b>	<b>3,56</b>	<b>18,59</b>	<b>2,17</b>	<b>3,50</b>	<b>40,08</b>
Брест	0,40	0,80	0,06	0,57	0,96	0,85	0,12	3,76
Барановичи	0,56	0,57	0,09	0,43	0,59	0,31	0,13	2,68
Жабинка	0,16	1,91	0,16	0,15	0,04	0,01	0,01	2,44
Пинск	0,19	0,31	0,04	0,33	0,29	0,23	0,05	1,44
Ивацевичи	0,18	0,29	0,01	0,09	0,47	0,12	0,04	1,20
Белоозерск	0,06	0,17	0,02	0,75	0,08	0,02	0,00	1,10
<b>Витебская область</b>	<b>5,99</b>	<b>14,54</b>	<b>20,96</b>	<b>13,21</b>	<b>19,25</b>	<b>27,06</b>	<b>4,81</b>	<b>105,82</b>
Новополоцк	0,28	3,93	19,82	3,97	0,47	24,68	0,38	53,53
Новолукомль	0,15	2,24	0,16	6,17	0,09	0,03	0,04	8,88
Витебск	0,93	1,04	0,05	0,78	0,37	0,58	0,04	3,79
Полоцк	0,40	0,52	0,06	0,43	0,09	0,46	0,03	1,99
Орша	0,28	0,51	0,21	0,61	0,27	0,08	0,01	1,97

Продолжение таблицы 4.3

Область, город	Твердые вещества	Оксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Угледороды (без НМЛОС)	НМЛОС	Прочие	Всего
<b>Гомельская область</b>	<b>5,51</b>	<b>16,85</b>	<b>19,92</b>	<b>10,89</b>	<b>29,91</b>	<b>14,79</b>	<b>4,81</b>	<b>102,68</b>
Жлобин	0,79	5,40	0,42	1,06	0,66	0,46	0,14	8,93
Гомель	1,09	1,54	0,87	1,41	0,61	1,28	0,44	7,24
Светлогорск	0,20	0,51	0,24	0,19	0,67	0,49	0,06	2,36
Калинковичи	0,28	0,33	0,04	0,14	0,20	0,09	0,05	1,13
Речица	0,25	0,38	0,16	0,20	0,01	0,03	0,01	1,04
<b>Гродненская область</b>	<b>5,56</b>	<b>8,35</b>	<b>0,90</b>	<b>9,41</b>	<b>19,43</b>	<b>4,15</b>	<b>5,41</b>	<b>53,21</b>
Гродно	1,53	2,05	0,44	2,90	0,34	2,14	1,22	10,62
Красносельский	1,14	0,76	0,05	4,48	0,00	0,00	0,00	6,43
Лида	0,18	0,61	0,04	0,29	0,58	0,77	0,09	2,56
Скидель	0,14	1,07	0,01	0,20	0,04	0,00	0,01	1,47
Сморгонь	0,17	0,43	0,02	0,09	0,16	0,20	0,02	1,09
<b>г. Минск</b>	<b>2,19</b>	<b>10,14</b>	<b>0,87</b>	<b>6,91</b>	<b>0,61</b>	<b>4,27</b>	<b>0,15</b>	<b>25,14</b>
<b>Минская область</b>	<b>6,91</b>	<b>17,89</b>	<b>3,34</b>	<b>6,97</b>	<b>23,49</b>	<b>4,07</b>	<b>8,35</b>	<b>71,02</b>
Солигорск	0,94	0,39	0,74	0,98	0,37	0,43	0,04	3,89
Городея	0,11	2,91	0,12	0,17	0,00	0,14	0,00	3,45
Слуцк	0,34	2,15	0,13	0,22	0,38	0,01	0,06	3,29
Борисов	0,42	0,55	0,08	0,36	0,70	0,52	0,24	2,87
Вилейка	0,22	0,44	0,04	0,07	0,44	0,33	0,08	1,62
Жлодино	0,26	0,33	0,30	0,35	0,01	0,30	0,00	1,55
Молодечно	0,19	0,21	0,10	0,05	0,19	0,55	0,01	1,30
<b>Могилевская область</b>	<b>5,70</b>	<b>7,81</b>	<b>1,33</b>	<b>11,3</b>	<b>14,8</b>	<b>4,43</b>	<b>2,89</b>	<b>48,26</b>
Могилев	0,69	1,51	0,08	1,64	0,57	1,93	0,12	6,54
Бобруйск	0,67	1,24	0,38	1,47	0,42	1,78	0,03	5,99
Костюковичи	0,97	1,75	0,23	2,32	0,19	0,03	0,02	5,51
Кричев	0,61	0,36	0,03	4,02	0,18	0,08	0,03	5,31
Шклов	0,20	0,17	0,01	0,10	0,71	0,02	0,06	1,27

\*Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь.

### **Выбросы от мобильных источников**

Оценка выбросов загрязняющих веществ от мобильных источников за 2013 г. выполнена Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды с использованием удельных показателей выбросов на единицу использованного топлива по обобщенным группам транспортных средств (бензиновые, дизельные, автомобили на сжатом газе, на сжиженном газе) и экологическим классам, а также данных об объемах топлива, израсходованного на работу транспорта.

Согласно проведенным расчетам, в 2013 г. общий объем выбросов загрязняющих веществ от мобильных источников на территории Беларуси составил 928,4 тыс.т, в том числе 604,4 тыс.т (65,1%) оксида углерода, 192,7 тыс.т (20,8%) углеводородов (табл. 4.4). Доля остальных загрязняющих веществ в общем объеме выбросов была менее значительной: оксиды азота – 10,5%, твердые вещества – 3,2%, диоксид серы – 0,03%. Выбросы бензо(а)пирена составили 0,74 т.

**Таблица 4.4**  
**Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от мобильных источников на территории Беларуси в 2013 г., тыс.т\***

Область	Твердые вещества	Оксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Углеводороды	Бензо(а)-пирен**	Всего
Брестская	4,8	88,1	0,1	16,0	29,4	0,12	138,4
Витебская	4,2	77,0	0,0	13,7	25,4	0,10	120,3
Гомельская	4,5	78,2	0,0	14,3	26,2	0,11	123,2
Гродненская	3,9	75,2	0,0	13,2	24,5	0,09	116,8
г.Минск	3,6	109,2	0,1	15,8	31,8	0,11	160,5
Минская	5,4	120,7	0,1	19,1	37,2	0,14	182,5
Могилевская	2,9	56,0	0,0	9,6	18,2	0,07	86,7
Всего	29,3	604,4	0,3	101,7	192,7	0,74	928,4

\*Данные Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. \*\*Значения приведены в тоннах.

Наибольшее количество загрязняющих веществ было выброшено мобильными источниками в Минской области и г.Минске (соответственно 182,5 и 160,5 тыс.т), наименьшее – в Могилевской области (86,7 тыс.т).

По сравнению с предыдущим годом общий объем выбросов загрязняющих веществ от мобильных источников в 2013 г. сократился на 27,5 тыс.т. Валовое сокращение выбросов от мобильных источников произошло за счет сокращения выбросов всех загрязняющих веществ: оксида углерода – на 13,8 тыс.т, углеводородов – на 5,8, оксидов азота – на 4,0, диоксида серы – на 2,4, твердых веществ – на 1,5 тыс.т, бензо(а)пирена – на 0,4 т.

В 2013 г. по сравнению с 2012 г. количество выбросов загрязняющих веществ от мобильных источников сократилось в Могилевской (на 23,7 тыс.т или на 21%), Гродненской (на 7,8 тыс.т или на 6%) и Гомельской областях (на 1,7 тыс.т или на 1%), а также в г.Минске (на 23,0 тыс.т или на 13%). В остальных областях наблюдалось увеличение объема выбросов.

#### **Удельные выбросы загрязняющих веществ**

В ряду экологических показателей, характеризующих загрязнение атмосферного воздуха, выделяются показатели удельных выбросов загрязняющих веществ в расчете на единицу площади территории страны и на одного жителя. Данные показатели широко используются для сравнения между собой различных стран, а также регионов внутри страны.

В 2013 г. удельные валовые выбросы загрязняющих веществ от стационарных и мобильных источников, рассчитанные на единицу площади Беларуси, составили 6,62 т/км<sup>2</sup>, что на 0,07 т/км<sup>2</sup> меньше, чем в 2012 г. В разрезе областей данная величина изменялась в диапазоне от 4,6 (Могилевская область) до 11,0 т/км<sup>2</sup> (Минская область, включая г.Минск). Для остальных областей этот показатель находился в пределах от 5,4 до 6,8 т/км<sup>2</sup>.

Удельные показатели выбросов по основным загрязняющим веществам, рассчитанные в целом для страны, представлены в таблице 4.5.

**Таблица 4.5**  
**Удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и мобильных источников на территории Беларуси в 2013 г.**

Удельный показатель	Твердые вещества	Оксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота
т/км <sup>2</sup>	0,32	3,31	0,24	0,79
т/чел.	0,0069	0,0725	0,0050	0,0173



Высокие значения удельных выбросов на единицу площади по большинству рассматриваемых ингредиентов были характерны для Гродненской и Минской областей, где удельные выбросы твердых веществ составили соответственно 0,38 и 0,45 т/км<sup>2</sup>, диоксида серы – 0,04 и 0,11 т/км<sup>2</sup>, оксидов азота – 0,90 и 1,22 т/км<sup>2</sup>, оксида углерода – 3,33 и 6,43 т/км<sup>2</sup>. По сравнению с 2012 г. удельные показатели выбросов загрязняющих веществ, приведенные на единицу площади, для Гродненской и Минской областей (включая г. Минск) сократились, но по-прежнему остаются наиболее высокими в стране.

В пересчете на душу населения удельные валовые выбросы загрязняющих веществ в 2013 г. в целом для территории Беларуси составили 0,145 т/чел. На уровне областей наиболее высокое значение данного показателя установлено для Витебской области (0,188 т/чел), самое низкое – для г. Минска (0,097 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 Гродненской области (0,0090 т/чел.), минимальный – для г. Минска (0,0030 т/чел.). Кроме того, г. Минск характеризуется наименьшими удельными показателями выбросов на душу населения по всем рассматриваемым компонентам за исключением оксида углерода, наименьший выброс которого на душу населения характерен для Могилевской области (0,0594 т/чел.), в то время как наибольший – для Минской области (0,0988 т/чел.). Для Витебской области характерны наиболее высокие удельные показатели выбросов оксидов азота (0,0223 т/чел.), диоксида серы (0,017 т/чел.) и углеводородов (0,059 т/чел.).

### ***Оценка выбросов загрязняющих веществ в рамках Программы ЕМЕП***

Полнота и качество информации о выбросах загрязняющих веществ являются необходимыми элементами регулирования трансграничного загрязнения атмосферы. Однако, официальные статистические данные не в полной мере учитывают выбросы в атмосферу таких загрязняющих веществ, как тяжелые металлы, аммиак, стойкие органические загрязнители. Кроме того, официальная статистика не дает представления о выбросах твердых веществ с разделением их на фракции различного размера. 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 Республики Беларусь по Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. 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).

Согласно требованиям руководящих принципов предоставления данных, сведения о выбросах предоставляются за год, предшествующий отчетному. Таким образом, в 2013 г. предоставляются данные за 2012 г. В данном подразделе представлены результаты оценки выбросов тяжелых металлов, аммиака, CO<sub>3</sub> и твердых взвешенных частиц в 2012 г.

**Тяжелые металлы.** В 2013 г. оценены выбросы мышьяка, кадмия, хрома, меди, ртути, никеля, свинца и цинка на территории Беларуси по основным категориям источников с учетом как статистических, так и расчетных данных, за 2012 г. Результаты оценки приведены в таблице 4.6.

Как показывают данные таблицы 4.6, в 2012 г. из перечисленных тяжелых металлов наиболее существенным объемом выбросов характеризовался *цинк* – 337,71 т. При этом 94% его выбросов пришлось на такую категорию источников, как производство металлов. Около 5% дало сжигание топлива в обрабатывающей промышленности и строительстве. Вклад остальных категорий источников в общий объем выбросов в сумме дал менее 2%.

Вторым по объему выбросов после цинка в 2012 г. был *свинец* – 68,28 т, 59% из которых поступило в атмосферу в результате сжигания топлива в обрабатывающей промышленности и строительстве. Следующий крупный источник выбросов свинца – производство металлов (23,59 т или 35%). Вклад остальных категорий источников в суммарный выброс в сумме составил менее 7%.

Общие выбросы *никеля* в 2012 г. составили 42,55 т. Никель поступал в атмосферный воздух преимущественно с выбросами от сжигания топлива в обрабатывающей промышленности и строительстве (28,26 т или 66% от общего объема выбросов данного элемента) и энергетики общего пользования и производства тепла (9,08 т или 21%).

Выбросы *меди* и *хрома* в 2012 г. составили соответственно 10,89 и 8,58 т. Наибольшие объемы выбросов были характерны для производства металлов – 65% от общего выброса меди и 74%

от общего выброса хрома. Вторым по значимости источником явилось сжигание топлива в обрабатывающей промышленности и строительстве – 18% от общего выброса меди и 17% от общего выброса хрома.

**Таблица 4.6**  
**Выбросы тяжелых металлов на территории Беларуси в 2012 г.\*, т**

Категория источника	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Энергетика общего пользования и производства тепла	0,01	0,01	0,18	0,18	0,03	9,08	0,20	1,43
Сжигание топлива в обрабатывающей промышленности и строительстве	0,84	1,78	1,49	1,93	0,86	28,26	40,00	15,59
Сжигание топлива в жилом секторе	0,11	0,04	0,22	0,42	0,01	2,35	0,33	1,77
Производство металлов	0,29	0,97	6,33	7,11	0,02	0,86	23,59	318,50
Другие промышленные процессы	0,16	0,03	0,16	0,05	0,00	0,00	0,16	0,00
Передвижные источники	0,00	0,04	0,20	1,20	0,00	2,00	3,99	0,40
Прочие	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
<b>Всего</b>	<b>1,41</b>	<b>2,87</b>	<b>8,58</b>	<b>10,89</b>	<b>0,92</b>	<b>42,55</b>	<b>68,28</b>	<b>337,71</b>

\*Оценка выбросов в рамках Программы ЕМЕП происходит на год позже.

Для мышьяка и кадмия была характерна обратная картина – основной объем выбросов пришелся на сжигание топлива в обрабатывающей промышленности и строительстве (60% общего выброса мышьяка и 62% общего выброса кадмия). Вторым по объему выбросов было производство металлов – 21% выбросов мышьяка и 34% выбросов кадмия. Общий объем выбросов для мышьяка составил 1,41 т, для кадмия – 2,87 т.

Выбросы ртути в 2012 г. на 94% были обусловлены сжиганием топлива в обрабатывающей промышленности и строительстве. Общий объем выбросов был менее 1 т.

По сравнению с предыдущим годом (2011 г.) уменьшились выбросы кадмия, хрома, меди, свинца и цинка. Наибольшее относительное уменьшение выбросов характерно для хрома – 14% (с 9,94 т в 2011 г. до 8,58 т в 2012 г.). Выбросы мышьяка, ртути и ни-

келя в 2012 г. увеличились. Наибольшее увеличение характерно для никеля – 58% (с 26,87 до 42,55 т).

**Аммиак.** Статистика на основании форм отчетности № 1-ос (воздух) недоучитывает поступление аммиака в атмосферный воздух из многих значительных источников, в первую очередь, от такой отрасли, как сельское хозяйство. Выполненные в рамках Программы ЕМЕП расчеты показали, что в 2012 г. общие выбросы аммиака на территории Беларуси составили 157,1 тыс.т, что на 6,9 тыс.т больше, чем в 2011 г. Основной вклад в поступление аммиака в окружающую среду внесла такая категория сельскохозяйственных источников, как «уборка, хранение и использование навоза» (111,6 тыс.т или 71% от общего выброса аммиака). От категории «внесение минеральных удобрений» в 2012 г. в атмосферу поступило 27,9 тыс.т аммиака или 18% от его общего выброса (рис. 4.1).



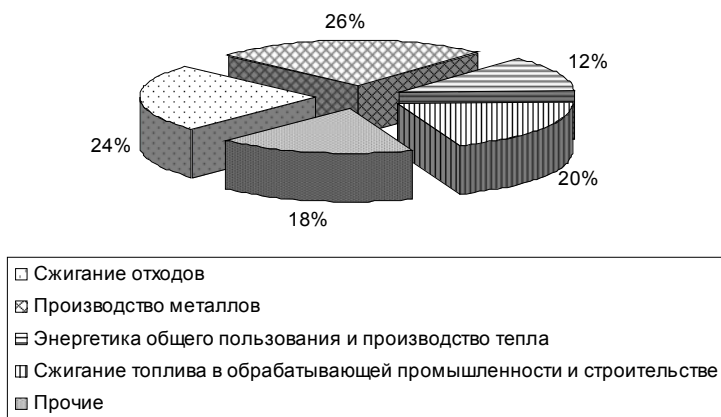
**Рис. 4.1. Структура источников выбросов аммиака на территории Беларуси в 2012 г.**

**Стойкие органические загрязнители (СОЗ).** Выбрасываемые в атмосферный воздух стойкие органические загрязнители представлены большой группой соединений, в состав которой входят диоксины/фураны, полициклические ароматические углеводо-

роды (ПАУ), полихлорированные бифенилы (ПХБ), гексахлорбензол (ГХБ), а также ряд других веществ.

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

Общий выброс диоксинов/фуранов в 2012 г. составил 33,92 г ЭТ, что на 2,2 г ЭТ меньше, чем в 2011 г. Основные источники выбросов диоксинов/фуранов представлены на рисунке 4.2. Наибольший вклад внесли производство металлов – 8,62 г ЭТ (26% от общего выброса) и сжигание отходов – 8,18 г ЭТ (24% от общего выброса). Существенен был также вклад сжигания топлива в обрабатывающей промышленности и строительстве – 6,66 г ЭТ (20%) и энергетики общего пользования и производства тепла – 4,24 г ЭТ (12%). На долю прочих источников пришлось 6,22 г ЭТ выбросов или 18% от общего выброса диоксинов/фуранов.

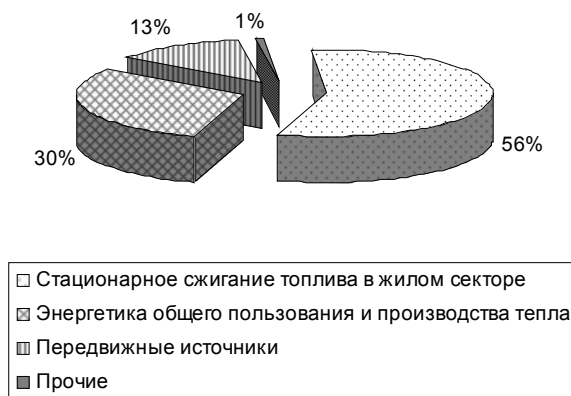


**Рис. 4.2. Структура источников выбросов диоксинов/фуранов в атмосферу на территории Беларуси в 2012 г.**

Суммарный выброс четырех индикаторных ПАУ составил 49,4 т, в том числе бензо(а)пирена – 12,1 т, бензо(б)флуорантена – 24,0 т, бензо(к)флуорантена – 6,5 т, индено(1,2,3-с,д)пирена – 6,8 т.

Основным источником выбросов индикаторных ПАУ явилось стационарное сжигание топлива в жилом секторе – 27,76 т (56% от общего выброса ПАУ). Существенный вклад внесла также энергетика общего пользования и производства тепла – 14,88 т (30%). На

долю передвижных источников пришлось 6,32 т или 13% от общего объема выбросов ПАУ (рис. 4.3).



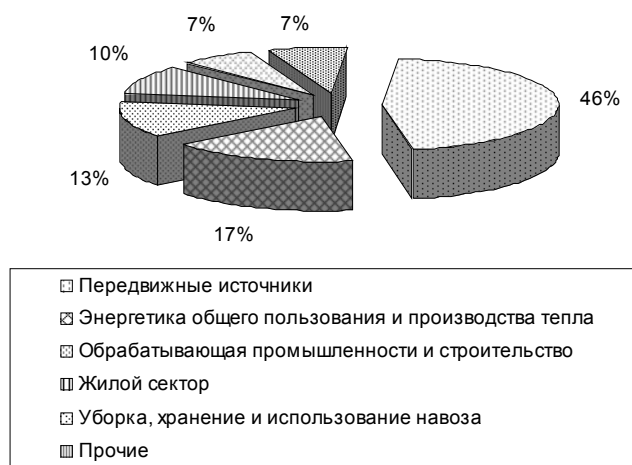
**Рис. 4.3. Структура источников выбросов ПАУ в атмосферу на территории Беларуси в 2012 г.**

**Твердые взвешенные частицы (ТЧ).** Согласно расчетам, проведенным с использованием модели GAINS, валовые выбросы твердых взвешенных частиц (суммарные твердые частицы) на территории Беларуси в 2012 г. составили 107,4 тыс.т, что на 36% превосходит величину выбросов твердых веществ, полученную на основании данных статистической отчетности по формам № 1-ос (воздух).

В общем объеме выбросов ТЧ выбросы твердых частиц фракции размером менее 10 микрон (ТЧ10) составили 67,5 тыс.т, менее 2,5 микрон (ТЧ2,5) – 51,46 тыс.т.

Наибольший вклад в выбросы суммарных твердых частиц внесли такие категории источников, как сельское хозяйство и прочие источники (14% от общего объема выбросов ТЧ), энергетика общего пользования и производство тепла (13%), внедорожные передвижные источники в сельском хозяйстве (12%), обрабатывающая промышленность (10%).

В выбросы ТЧ10 наибольший вклад внесли передвижные источники – 31,01 т или 46% от общего объема выбросов (в том числе автомобильный транспорт – 29%), энергетика общего пользования и производства тепла – 11,54 т (17%) и обрабатывающая промышленность и строительство – 8,64 т (13%) (рис. 4.4).



**Рис. 4.4. Структура источников выбросов ТЧ10 в атмосферу на территории Беларуси в 2012 г.**

В выбросы ТЧ<sub>2,5</sub> основной вклад внесли передвижные источники – 55%. Доля энергетики составила 16%, бытового сектора – 12%, обрабатывающей промышленности – 18%.

По сравнению с 2011 г. выбросы суммарных твердых частиц увеличились на 21,6 тыс.т, ТЧ<sub>10</sub> – на 23,4 тыс.т, ТЧ<sub>2,5</sub> – на 20,9 тыс.т.

#### **4.2. Качество атмосферного воздуха**

В Беларуси в системе мониторинга атмосферного воздуха проводятся наблюдения за содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, атмосферных осадках и снежном покрове. Проведение этого вида мониторинга осуществляют организации, подчиненные Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

В 2013 г. мониторинг состояния атмосферного воздуха проводился в 20 промышленных городах, включая областные центры, а также Полоцк, Новополоцк, Оршу, Бобруйск, Мозырь, Речицу, Светлогорск, Пинск, Новогрудок, Жлобин, Лиду, Солигорск, Барановичи и Борисов. Регулярными наблюдениями были охвачены территории, на которых проживает 87% населения крупных и средних городов страны. Государственная сеть мониторинга вклю-

чала в себя также стационарные наблюдения, проводимые Министерством здравоохранения Республики Беларусь в г.Могилеве (один стационарный пост).

Сеть мониторинга атмосферного воздуха в 2013 г. включала 66 станций: 11 станций в Минске, 6 в Могилеве, по 5 в Гомеле и Витебске, по 4 в Бресте и Гродно; в остальных промышленных центрах действовало по 1–3 станции. В Минске, Витебске, Могилеве, Гродно, Бресте, Гомеле, Полоцке, Новополоцке, Солигорске и в районе Мозырского промышленного узла функционировало 14 автоматических станций, позволяющих получать информацию о содержании в воздухе приоритетных загрязняющих веществ в режиме реального времени.

Во всех городах в воздухе определялись концентрации основных загрязняющих веществ, которые подлежат обязательному учету, нормированию, мониторингу и контролю на всей территории страны (суммарные твердые частицы – недифференцированная по составу пыль/аэрозоль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота). Измерялись также концентрации приоритетных специфических загрязняющих веществ: формальдегида, аммиака, фенола, сероводорода, сероуглерода. Выбор приоритетного перечня специфических веществ производился на основании данных Национального статистического комитета Республики Беларусь о выбросах с учетом размеров городов, предельно допустимых концентраций и коэффициентов рассеивания. Во всех промышленных центрах определялось содержание в воздухе свинца и кадмия, в 16 городах – бензо(а)пирена, в 10 городах – летучих органических соединений. На всех автоматических станциях измерялись концентрации твердых частиц фракции размером до 10 микрон (ТЧ10) и приземного озона. Измерения концентраций ТЧ10 проводились также в г.Жлобине.

Большой объем работ по изучению состояния воздуха в парках, зонах отдыха, вблизи автодорог, под факелом промышленных предприятий выполнен Центрами гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья и некоторыми ведомственными лабораториями в Гомеле, Могилеве, Речице и Новополоцке.

В 19 пунктах мониторинга регулярно проводились наблюдения за химическим составом атмосферных осадков. В месячных пробах осадков определялись кислотность, содержание компонентов основного солевого состава и тяжелых металлов. В период максимального накопления влагозапаса в снеге (28 февраля) в 22 пунктах проведена снегомерная съемка.



Оценка дальнего атмосферного переноса загрязняющих веществ в рамках «Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязняющих воздух веществ на большие расстояния в Европе» (Программы ЕМЕП) проводилась на специализированной трансграничной станции Высокое (западная граница Беларуси). Дополнительно в рамках данной программы продолжались наблюдения за суточными выпадениями атмосферных осадков на станциях Мстиславль (восточная граница) и Браслав (северная граница). На станции фоновый мониторинг (СФМ) Березинский заповедник анализировалось состояние воздуха и атмосферных осадков по программе Глобальной службы атмосферы.

Для оценки состояния атмосферного воздуха использовались максимально разовые, среднесуточные и среднегодовые предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ. Средние за год концентрации загрязняющих веществ, измеренные на автоматических станциях с непрерывным режимом работы и на стационарных пунктах с дискретным режимом наблюдений в сроки 1, 7, 13 и 19 часов, сравнивались с ПДК среднегодовыми. Для станций с дискретным режимом наблюдений в сроки 7, 13 и 19 часов полученные значения сравнивались с максимально разовыми ПДК.

Кроме этого, для оценки состояния атмосферного воздуха использовался такой экологический показатель, как количество (доля) дней в году, в течение которых установлены превышения среднесуточных ПДК, а также повторяемость (доля) проб с концентрациями выше максимально разовых ПДК.

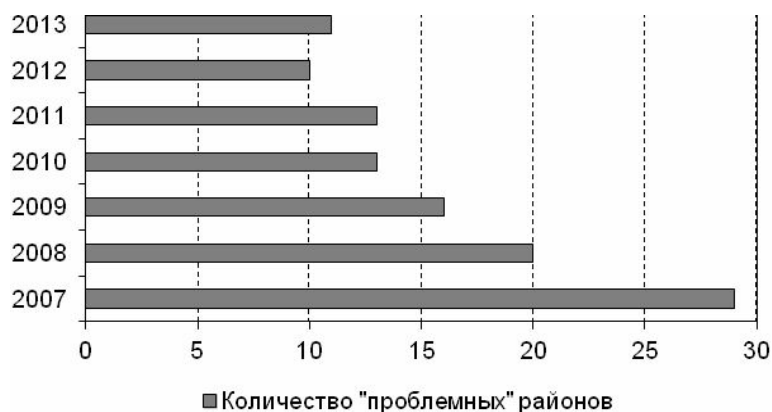
Данные о количестве дней в году со среднесуточными концентрациями ТЧ10 выше ПДК, полученные в результате непрерывных измерений, сравнивались с целевым показателем, принятым в странах Европейского Союза.

### ***Состояние атмосферного воздуха городов***

По данным стационарных наблюдений, в 2013 г. содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в большинстве контролируемых городов страны было ниже значений установленных нормативов. Доля проб с концентрациями загрязняющих веществ до 0,5 ПДК составляла от 93 до 98%. Количество дней со среднесуточными концентрациями особенно опасных для здоровья человека ТЧ10 в атмосферном воздухе Бреста, Могилева, Витебска, Жлобина, Гродно, Полоцка, Новополоцка, жилых районов Минска и Гомеля оставалось стабильным и было ниже целевого

показателя, принятого в Европейском Союзе. В 2013 г. уровень загрязнения воздуха бензо(а)пиреном в Бресте, Витебске, Гомеле и Могилеве уменьшился в 1,5–2,0 раза. Ухудшение качества воздуха, отмеченное в отдельные периоды, было связано с дефицитом атмосферных осадков и преобладанием неблагоприятных для рассеивания загрязняющих веществ метеоусловий.

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к снижению количества «проблемных» районов в контролируемых промышленных центрах Беларуси. Так, в 2012–2013 гг. их число было в два с половиной раза ниже, чем в 2007 г. (рис. 4.5).



**Рис. 4.5.** Количество «проблемных» районов в отношении загрязнения атмосферного воздуха в промышленных центрах Беларуси в 2007–2013 гг.

Вместе с тем, в Могилеве по-прежнему существует проблема загрязнения воздуха диоксидом азота, фенолом и формальдегидом (табл. 4.7). В периоды с неблагоприятными метеоусловиями максимальные концентрации указанных загрязняющих веществ превышали нормативы качества в 2–3 раза.

Данные непрерывных измерений на автоматических станциях показали, что в некоторых районах Минска (улицы Радиальная и Тимирязева) и Гомеля (ул.Барыкина) в 2013 г. был превышен целевой показатель качества атмосферного воздуха по ТЧ10, который, согласно Директиве Совета Европейского Союза, не допускает превышения среднесуточной ПДК ( $50 \text{ мкг/м}^3$ ) более чем в

9,6% от общего количества измерений в течение календарного года (более 35 дней в год).

**Таблица 4.7**  
**Перечень «проблемных» районов в отношении загрязнения атмосферного воздуха в промышленных центрах Беларуси в 2013 г.**

Город	Адрес станции	Зона наблюдений	Характеристика нагрузки	Вещества, определяющие повышенный уровень загрязнения воздуха
Минск	ул.Радиальная, 50	Промышленная	Эпизодически*	ТЧ10, диоксид азота
	ул.Тимирязева, 23	Смешанная**	Эпизодически	ТЧ10, диоксид азота
	ул.Корженевского	Смешанная	Эпизодически	Диоксид азота
Гомель	ул.Барыкина, 319	Смешанная	Эпизодически	ТЧ10, оксид углерода
Могилев	ул.Челюскинцев, 45	Промышленная	Эпизодически	Диоксид азота, фенол, формальдегид
	ул.Первомайская, 10	Жилая	Эпизодически	Диоксид азота, фенол, формальдегид
	пер.Крупской, 5	Автодорога	Эпизодически	Диоксид азота
Новополоцк	ул.Молодежная, 135	Автодорога	Эпизодически	Диоксид азота
	ул.Молодежная, 49	Смешанная	Эпизодически	Диоксид серы, оксид углерода
	ул.Молодежная, 158	Жилая	Эпизодически	Диоксид азота
Полоцк	ул.Кульнева	Смешанная	Эпизодически	Диоксид серы, оксид углерода, бенз(а)пирен

\*Превышения нормативов качества отмечались только в отдельные месяцы.

\*\*Станция расположена в зоне влияния выбросов как стационарных, так и мобильных источников.

Существенный рост уровня загрязнения воздуха формальдегидом в мае–августе отмечен в большинстве городов страны. Максимальные концентрации формальдегида в Гродно и Бресте достигали 3–4 ПДК.

Не всегда соответствовало установленным нормативам качество воздуха в Полоцке и Новополоцке. Так, при неблагоприятных направлениях ветра, обуславливающих перенос загрязняющих веществ от основного источника воздействия – Новополоцкого промышленного узла, в воздухе городов зафиксированы концентрации диоксида серы выше ПДК.

В таблицах 4.8 и 4.9 представлены характеристики состояния воздуха по данным стационарных наблюдений на станциях с дискретным и непрерывным режимом измерений.

**Таблица 4.8**

**Среднегодовые и максимально разовые концентрации основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларуси в 2013 г., мкг/м<sup>3</sup> (данные станций с дискретным отбором проб)**

Город	Суммарные твердые частицы		Оксид углерода		Диоксид азота	
	Q <sub>ср.</sub> *	Q <sub>м.</sub> **	Q <sub>ср.</sub>	Q <sub>м.</sub>	Q <sub>ср.</sub>	Q <sub>м.</sub>
Бобруйск	<15	161	769	3600	33	252
Борисов	22	283	377	2030	19	68
Барановичи	32	169	630	1800	–	–
Брест	33	211	913	3800	34	375
Витебск	113	198	517	4000	32	136
Гомель	29	332	452	1700	17	53
Гродно	26	260	664	4100	17	194
Жлобин	48	647	232	1500	12	144
Лида	51	224	474	890	16	28
Минск	<15	342	499	3900	39	445
Могилев	27	225	661	7300	49	836
Мозырь	56	382	639	2100	20	109
Новогрудок	29	269	1419	4770	31	52
Новополоцк	<15	<15	577	4700	54	532
Орша	<15	260	781	3800	21	120
Пинск	20	200	515	1600	49	250
Полоцк	<15	338	797	2500	59	432
Речица	57	1137	366	1900	33	122
Светлогорск	22	263	705	1600	53	151
ПДК	150	300	3000	5000	100	250

\*Среднегодовая концентрация загрязняющего вещества. \*\*Максимально разовая концентрация загрязняющего вещества.

Таблица 4.9

Среднегодовые и максимально разовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларуси в 2013 г. (по данным непрерывных измерений)

Город	Расположение станции	ТЧ10			Диоксид серы			Оксид углерода		
		q <sub>ср.</sub> * -****	q <sub>м.</sub> **	q <sub>п.</sub> ***	q <sub>ср.</sub>	q <sub>м.</sub>	q <sub>п.</sub>	q <sub>ср.</sub>	q <sub>м.</sub>	q <sub>п.</sub>
Брест	ул.Северная,75	-****	-	-	19	69	0	349	2000	0
Витебск	ул.Чкалова,14	17	49	0	-	-	-	283	10210	0
Гомель	ул.Барыкина, 319	28	109	38	-	-	-	597	13600	0
Гродно	пр.Космонавтов, 60/6	20	78	2	9	417	0	291	3497	0
Минск	пр.Независимости,110	20	67	6	3	257	0	128	4938	0
	ул.Тимирязева,23	35	260	38	2	95	0	-	-	-
	ул.Корженевского	20	93	9	7	122	0	315	3318	0
	ул.Радиальная,50	31	216	37	-	-	-	201	6906	0
Могилев	пер.Крупской, 5	23	137	17	25	98	0	299	2000	0
	пр.Шмидта, 19а	20	52	4	23	51	0	303	3104	0
	ул.Мовчанского, 4	18	59	1	-	-	-	-	-	-
Новополоцк	ул.Молодежная, 49	18	61	2	24	3495	3	511	4002	0
Полоцк	ул.Кульнева	18	48	0	67	851	0	561	4340	0
Солигорск	ул.Северная, 15	23	68	5	18	100	0	342	2000	0
д.Пеньки	Мозырский район	14	50	1	20	790	0	266	3779	0
	ПДК	40	50	-	50	500	-	500	5000	-

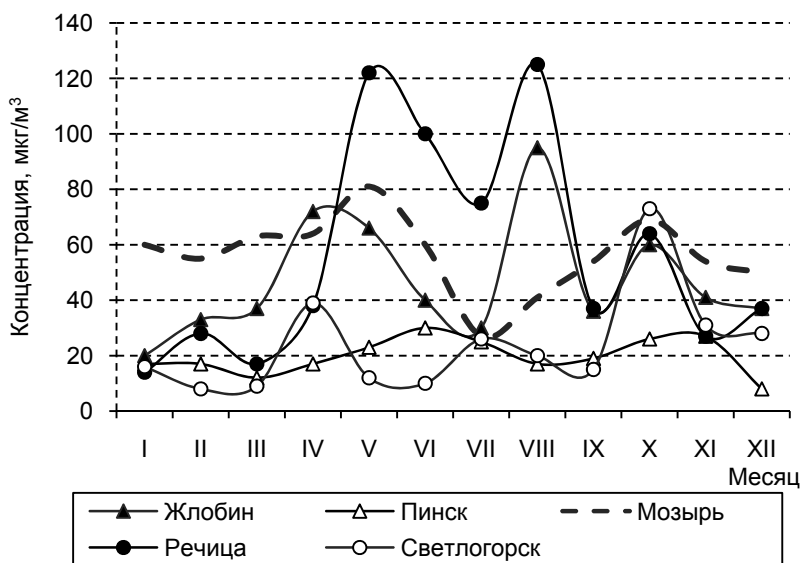
Продолжение таблицы 4.9

Город	Расположение станции	Диоксид азота			Оксид азота			Приземный озон			Бензол		
		q <sub>ср.</sub>	q <sub>м.</sub>	q <sub>п.</sub>	q <sub>ср.</sub>	q <sub>м.</sub>	q <sub>п.</sub>	q <sub>ср.</sub>	q <sub>м.</sub>	q <sub>п.</sub>	q <sub>ср.</sub>	q <sub>м.</sub>	q <sub>п.</sub>
Брест	ул.Северная,75	16	200	0	4	200	0	65	200	71	0,3	26,7	0
Витебск	ул.Чкалова,14	11	428	3	6	366	0	–	–	–	0,6	10,0	0
Гомель	ул.Барыкина, 319	31	190	0	25	551	0	54	278	33	0,5	6,5	0
Гродно	пр.Космонавтов, 60/6	34	261	2	10	997	0	65	192	45	2,0	83,8	0
Минск	пр.Независимости,110	25	137	0	7	459	0	48	146	10	0,2	8,5	0
	ул.Тимирязева,23	56	277	20	24	942	0	54	148	19	0,9	10,4	0
	ул.Корженевского	58	456	20	27	1236	1	48	159	6	1,5	25,2	0
	ул.Радиальная,50	50	572	30	18	908	0	49	184	16	0,2	50,0	0
Могилев	пер.Крупской, 5	45	200	16	22	200	0	–	–	–	0,5	5,1	0
	пр.Шмидта, 19а	14	164	0	3	300	0	67	181	60	0,8	3,3	0
	ул.Мовчанского, 4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Новополоцк	ул.Молодежная, 49	17	164	0	9	261	0	59	246	25	0,1	11,6	0
Полоцк	ул.Кульнева	19	199	0	13	649	0	55	179	14	1,5	55,7	0
Солигорск	ул.Северная, 15	11	200	0	9	200	0	75	172	115	0,2	3,7	0
д.Пеньки	Мозырский район	9	142	0	3	331	0	65	190	67	0,5	8,2	0
	ПДК	40	250	–	100	400	–	90	160	–	10	100	–

\*Среднегодовая концентрация загрязняющего вещества, мкг/м<sup>3</sup> (для приземного озона – среднесуточная концентрация).

\*\*Максимально разовая концентрация загрязняющего вещества (период осреднения – 20 минут, для приземного озона период осреднения – 1 час, для ТЧ10 – 24 часа, мкг/м<sup>3</sup>. \*\*\*Количество дней со среднесуточной концентрацией выше ПДК. \*\*\*\*Концентрация загрязняющего вещества не измерялась.

**Суммарные твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль).** В 2013 г. в большинстве контролируемых городов Беларуси в 95% измерений концентрации суммарных твердых частиц не превышали 0,5 ПДК. Сезонные изменения концентраций ТЧ в воздухе в городах в Витебской, Гродненской и Могилевской областях были незначительны. В городах, расположенных в южной части страны (Брестская и Гомельская области), увеличение содержания в воздухе суммарных твердых частиц зафиксировано в теплый период года, что свидетельствует о преимущественном вкладе естественных источников в поступление пыли в атмосферный воздух. Существенный рост уровня загрязнения воздуха суммарными твердыми частицами отмечен в апреле–мае, августе и октябре (рис. 4.6). Основная причина – дефицит атмосферных осадков.



**Рис. 4.6.** Внутригодовое распределение среднемесячных концентраций суммарных твердых частиц в атмосферном воздухе городов Беларуси в 2013 г.

Вместе с тем, превышения максимально разовой ПДК суммарных твердых частиц зарегистрированы, в основном, в воздухе

городов Гомельской области. Так, максимально разовая концентрация ТЧ в воздухе в Мозыре составила 1,3 ПДК, в Жлобине – 2,2 ПДК, в Речице (район ул. Молодежная) – 3,8 ПДК.

В Могилеве в зонах влияния ОАО «Можелит», металлургического, автомобильного и вагоностроительного заводов отмечены концентрации суммарных твердых частиц 1,1–1,2 ПДК. На расстоянии 100 м от завода «Электродвигатель» зарегистрирована концентрация суммарных твердых частиц в 2,1 раза выше норматива качества.

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к снижению уровня загрязнения воздуха суммарными твердыми частицами. Так, в воздухе городов Мозыря и Светлогорска их концентрации понизились на 16–27%, Могилева, Гродно, Новогрудка, Гомеля, Речицы, Жлобина и Пинска – на 36–65%. Некоторое увеличение (на 18%) содержания в воздухе ТЧ отмечено только в Бресте. В остальных городах уровень загрязнения воздуха суммарными твердыми частицами сохраняется стабильно низким.

**Твердые частицы фракции до 10 микрон (ТЧ10).** Мониторинг ТЧ10 в 2013 г. проводился в 10 городах и в районе Мозырского промышленного узла. Среднегодовые концентрации ТЧ10 в воздухе в Гомеле (район ул. Барыкина) и Минске (районы улиц Радиальная и Тимирязева) находились в пределах 0,7–0,9 ПДК. В воздухе других городов среднегодовые концентрации ТЧ10 не превышали 0,6 ПДК. В последние годы прослеживается тенденция к снижению повторяемости (доли) дней со среднесуточными концентрациями ТЧ10 выше норматива качества (табл. 4.10). Вместе с тем, в отдельных районах Гомеля и Минска целевой показатель качества атмосферного воздуха по ТЧ10 был превышен.

В годовом ходе существенный рост содержания в воздухе ТЧ10 отмечен в апреле–мае, августе и октябре, что было связано с дефицитом атмосферных осадков.

Максимальные среднесуточные концентрации ТЧ10 в воздухе в Жлобине и Гродно достигали 1,5–1,6 ПДК, в Гомеле и Могилеве – 2,2–2,8 ПДК. В третьей декаде апреля в двух районах Минска (улицы Радиальная и Тимирязева) среднесуточные концентрации ТЧ10 превышали норматив качества в 4,3–5,2 раза.

**Диоксид серы (SO<sub>2</sub>).** По данным непрерывных измерений среднегодовые концентрации диоксида серы в воздухе Мозырского промузла, Бреста, Новополоцка, Солигорска и Могилева находились в пределах 0,4–0,5 ПДК, Минска и Гродно – 0,1–0,2 ПДК. В Полоцке среднегодовая концентрация диоксида серы составила 1,4 ПДК.



Таблица 4.10

**Характеристика загрязнения воздуха ТЧ10  
в городах Беларуси в 2011–2013 гг.**

Город	Расположение станции	Доля дней с превышениями среднесуточной ПДК, %			Максимальная среднесуточная концентрация, ПДК		
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Брест	ул.Северная, 75	12,4	6,2	2,2	2,1	2,3	1,1
Гомель	ул.Барыкина, 319	34,5	10,2	11,0	6,3	2,1	2,2
Гродно	пр.Космонавтов, 60/6	1,3	2,3	0,6	1,2	1,5	1,6
Жлобин	ул.Пригородная, 12	3,2	6,8	6,1	1,5	2,3	1,5
Минск	пр.Независимости, 110	3,4	4,3	2,0	1,8	2,0	1,3
	ул.Тимирязева, 23	18,7	7,0	17,8	3,1	1,5	5,2
	ул.Корженевского	9,5	7,4	3,5	2,3	2,9	1,9
	ул.Радиальная, 50	21,1	15,6	11,9	2,1	2,3	4,3
Могилев	пер.Крупской, 5	9,6	7,5	5,0	1,9	1,9	2,8
	пр.Шмидта, 19а	2,9	0,5	1,2	1,6	1,1	1,05
	ул.Мовчанского, 4	2,2	2,2	0,4	1,3	2,2	1,2
Новополоцк	ул.Молодежная, 49	0,4	0,6	0,6	1,6	1,2	1,2
Полоцк	ул.Кульнева	1,2	3,0	0,0	1,4	1,5	1,0
Солигорск	ул.Северная, 15	–	3,2	1,5	–	2,6	1,4
Витебск	ул.Чкалова, 14	4,2	3,2	0,0	1,4	1,4	1,0
д.Пеньки	Мозырский район	–	0,3	0,3	–	1,1	1,002

Превышение среднесуточной ПДК ( $200 \text{ мкг/м}^3$ ) в течение трех дней было отмечено в Новополоцке. Неблагоприятная ситуация в отношении загрязнения воздуха диоксидом серы наблюдалась здесь в третьей декаде апреля: максимально разовые концентрации (период осреднения 20 минут) достигали 2–4 ПДК. Повышенная загрязненность воздуха диоксидом серы отмечена и 1 мая: в течение 5 часов концентрации  $\text{SO}_2$  превышали норматив качества, максимальная концентрация составила 7 ПДК. Метеорологические условия, сложившиеся в этот период (юго-западный ветер со скоростью 2–4 м/с), способствовали переносу диоксида серы от Новополоцкого промышленного узла.

Выбросы предприятий Новополоцкого промышленного узла оказывают существенное влияние на качество воздуха в Полоцке. В 2013 г. в периоды с неблагоприятными метеоусловиями в воздухе города фиксировались концентрации диоксида серы в 1,7 раза выше ПДК.

Превышения норматива качества по диоксиду серы отмечены и в районе Мозырского промышленного узла. Максимальная концентрация  $SO_2$  (1,6 ПДК) зафиксирована при юго-восточном ветре со скоростью 2–3 м/с, который обуславливал перенос загрязняющих веществ от основного объекта воздействия.

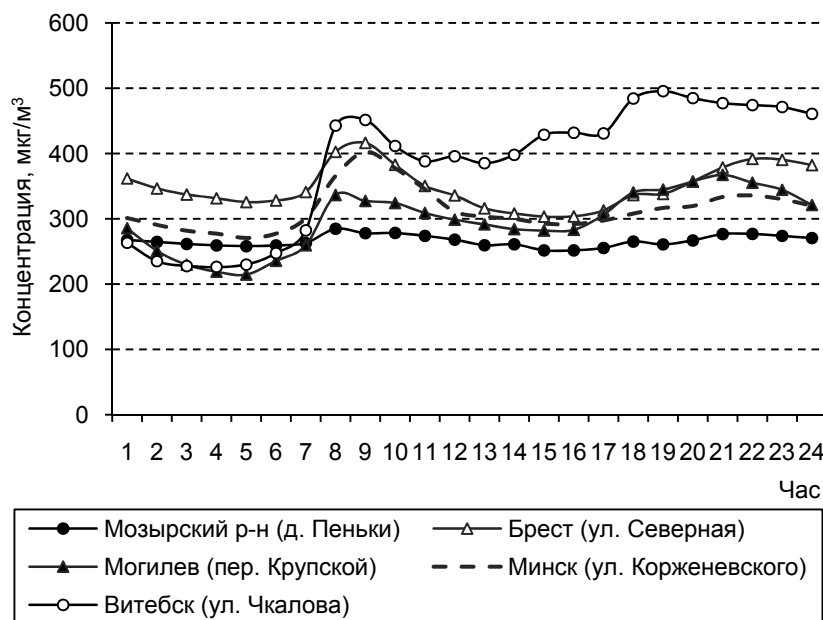
**Оксид углерода (СО).** По данным непрерывных измерений на автоматических станциях, среднегодовые концентрации оксида углерода в районе Мозырского промышленного узла, в Минске, Гродно и Могилеве находились в пределах 0,4–0,6 ПДК, в Солигорске, Бресте и Витебске – 0,7–0,8 ПДК, в Новополоцке и Полоцке – 1,0–1,1 ПДК. В Гомеле (район ул.Барыкина) среднегодовая концентрация оксида углерода в воздухе составила 1,2 ПДК. В районах станций с дискретным отбором проб воздуха в 99% измерений концентрации оксида углерода были ниже 0,5 ПДК. Превышений среднесуточных ПДК не отмечено.

В суточном ходе концентраций СО по-прежнему выделяются два максимума: первый – с 7 до 9 часов, второй – после 18 часов (рис. 4.7).

В воздухе в Витебске в единичных измерениях зафиксированы концентрации оксида углерода в 2 раза выше максимально разовой ПДК, в Гомеле – в 2,7 раза.

По данным Минского городского центра гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья в районах улиц Захарова, Кальварийская, Русиянова, Ландера, Брилевская–Чкалова максимально разовые концентрации оксида углерода достигали 1,4–1,6 ПДК, в районе ул.Сурганова – 3,5 ПДК.

В последние годы в большинстве контролируемых городов страны наблюдается устойчивая тенденция к снижению уровня загрязнения воздуха оксидом углерода. Незначительное увеличение концентраций отмечено в Гродно, Пинске и Минске, существенное (более, чем в 1,5 раза) – в Мозыре и Бресте. Уровень загрязнения воздуха оксидом углерода в Гомеле и Витебске стабилизировался: среднегодовые концентрации от года к году изменяются незначительно (отклонения не превышают  $\pm 15\%$ ).



**Рис. 4.7. Суточный ход концентрации оксида углерода в городах Беларуси в 2013 г.**

**Диоксид азота ( $NO_2$ ).** По данным непрерывных измерений, среднегодовые концентрации диоксида азота превышали ПДК только в отдельных районах Могилева (пер.Крупской) и Минска (улицы Тимирязева, Корженевского и Радиальная) (табл. 4.9). Вместе с тем, повышенный уровень загрязнения воздуха диоксидом азота отмечен и в районах станций с дискретным отбором проб в Новополоцке, Минске (улицы Челюскинцев, М.Богдановича, Щорса) и Могилеве (улицы Первомайская, Челюскинцев).

Превышения среднесуточной ПДК диоксида азота в течение года эпизодически отмечали в Новополоцке (23 дня) и трех районах Минска (улицы Тимирязева, Корженевского и Радиальная) (от 20 до 30 дней). Количество дней с превышениями норматива качества по диоксиду азота в Гродно, Витебске и других районах Минска было незначительно. Больше всего превышений среднесуточной ПДК зарегистрировано в юго-западном районе Могилева (ул.Челюскинцев) (табл. 4.11).

**Таблица 4.11**

**Средние за год концентрации диоксида азота  
и количество дней с превышениями среднесуточной ПДК  
диоксида азота в воздухе в Могилеве в 2013 г.**

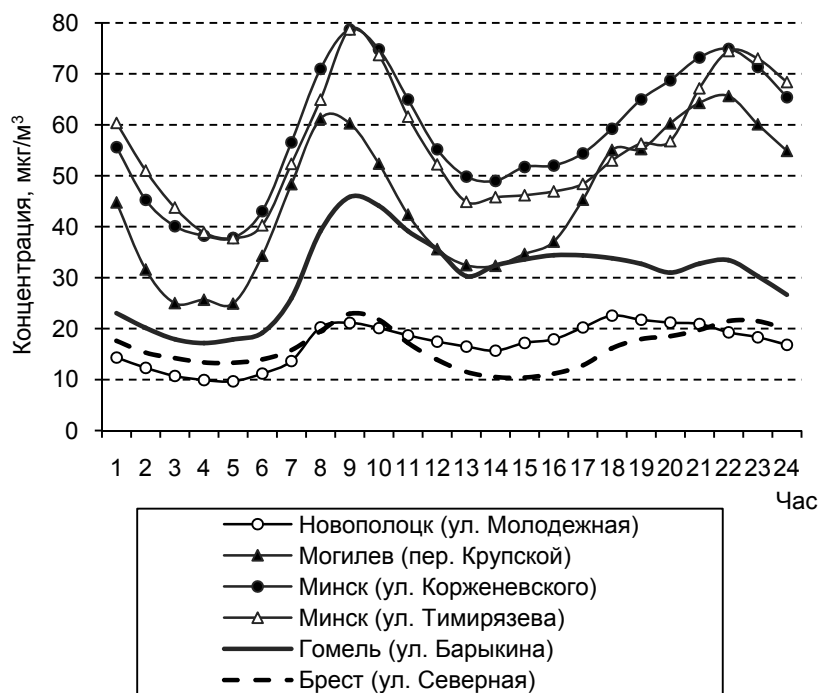
Характеристики загрязнения	Станция №1*	Станция №2	Станция №3	Станция №4	Станция №6	Станция №12
Средняя за год концентрация, ПДК	1,8	1,5	0,7	1,1	0,4	1,0
Количество дней с превышениями ПДК <sub>с.с.</sub>	54	23	4	16	0	8

\*Станция №1 – ул.Челюскинцев, 45; станция №2 – ул.Первомайская, 10; станция №3 – ул.Каштановая, 5; станция №4 – пер.Крупской, 5; станция №6 – пр.Шмидта, 19а; станция №12 – ул.Мовчанского, 4.

Суточный ход концентраций диоксида азота аналогичен суточному ходу концентраций оксида углерода, что свидетельствует об общем источнике загрязнения – выбросах автотранспорта. Большинство превышений максимально разовой ПДК фиксируется, как правило, в утренние часы. «Пик» загрязнения приходится на период с 7.30 до 10.00, что явно связано с интенсивностью движения транспорта (рис. 4.8).

При неблагоприятных для рассеивания загрязняющих веществ метеорологических условиях в Бресте, Полоцке и Витебске зарегистрированы концентрации диоксида азота в 1,5–1,7 ПДК, в Новополоцке и Минске – 2,1–2,3 ПДК. В Могилеве максимально разовая концентрация диоксида азота превышала норматив качества в 3,3 раза. Следует отметить, что существенный рост содержания диоксида азота (а также оксида азота) в воздухе многих городов Беларуси зарегистрирован 18 марта. Несмотря на идеальные условия для рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое воздуха, во время ликвидации последствий урагана «Хавьер» тысячи машин образовали пробки на автодорогах, что способствовало интенсивному выбросу выхлопных газов.

За последние пять лет (по сравнению с 2009 г.) среднегодовые концентрации диоксида азота в воздухе в Гомеле, Витебске и Гродно понизились на 19–32%. В Бобруйске, Мозыре, Орше и Могилеве снижение было менее значительным – не более 8%. Вместе с тем, уровень загрязнения воздуха диоксидом азота в Минске, Полоцке и Светлогорске повысился на 13–15%, в Новополоцке и Речице – на 20–35%, в Пинске и Бресте – на 48%.



**Рис. 4.8. Суточный ход концентрации диоксида азота в городах Беларуси в 2013 г.**

Загрязнение атмосферного воздуха в городах Беларуси наиболее распространенными специфическими веществами представлено в таблице 4.12.

**Сероводород ( $H_2S$ )** определяли в атмосферном воздухе в городах с предприятиями химической и нефтехимической промышленности – Могилеве, Мозыре, Новополоцке, Полоцке и Светлогорске. Среднегодовые концентрации  $H_2S$  в воздухе в Могилеве, Полоцке и Новополоцке находились в пределах  $1,0-1,2 \text{ мкг/м}^3$ , в Мозыре среднегодовая концентрация сохранялась на уровне предыдущего года –  $0,3 \text{ мкг/м}^3$ . Концентрации сероводорода в атмосферном воздухе в Светлогорске были ниже инструментального предела обнаружения. Превышений максимально разовой ПДК в обследованных городах отмечено не было.

За последние пять лет (по сравнению с 2009 г.) содержание сероводорода в воздухе в Новополоцке и Полоцке понизилось на 14–20%. Незначительное увеличение уровня загрязнения воздуха сероводородом (на 11%) зафиксировано в Могилеве. В последние два года прослеживается увеличение концентраций сероводорода в воздухе в Мозыре.

**Таблица 4.12**

**Среднегодовые и максимально разовые концентрации специфических загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларуси в 2013 г., мкг/м<sup>3</sup>**  
(данные станций с дискретным отбором проб)

Город	Сероводород		Фенол		Аммиак		Формальдегид		Свинец	
	Ср.*	М.к.**	Ср.	М.к.	Ср.	М.к.	Ср.	М.к.	Ср.	М.к.
Бобруйск	–***	–	1,3	5,0	21	81	7,6	83,0	0,011	0,029
Борисов	–	–	1,7	5,0	–	–	7,6	37,0	0,020	0,038
Брест	–	–	–	–	–	–	10,3	132,0	0,031	0,055
Витебск	–	–	1,4	4,0	29	168	10,5	43,0	0,037	0,075
Гомель	–	–	0,6	5,0	12	60	6,8	51,0	0,030	0,062
Гродно	–	–	–	–	15	188	5,4	100,0	0,026	0,054
Жлобин	–	–	–	–	–	–	3,1	53,0	0,066	0,130
Лида	–	–	–	–	–	–	7,0	10,0	0,020	0,033
Минск	–	–	0,3	2,0	14	386	6,4	30,0	0,017	0,058
Могилев	1,0	8,0	1,8	29,0	18	300	6,6	89,0	0,007	0,019
Мозырь	0,3	4,0	–	–	–	–	7,0	35,0	0,028	0,069
Новогрудок	–	–	–	–	–	–	1,2	17,0	0,028	0,044
Новополоцк	1,2	8,0	1,0	13,0	8	61	3,2	40,0	0,015	0,023
Орша	–	–	–	–	–	–	10,4	42,0	0,024	0,048
Пинск	–	–	–	–	–	–	12,5	52,0	0,024	0,062
Полоцк	1,2	8,0	1,0	15,0	15	336	3,9	40,0	0,021	0,059
Речица	–	–	1,6	8,0	7	29	6,7	104,0	0,047	0,205
Светлогорск	<п/о****	–	–	–	–	–	14,0	44,0	0,023	0,035
ПДК	–	8,0	–	10,0	–	200	–	30,0	0,300	–

\*Среднегодовая концентрация загрязняющего вещества (для формальдегида – средняя за период январь–сентябрь). \*\*Максимально разовая концентрация загрязняющего вещества. \*\*\*Загрязняющее вещество не определялось. \*\*\*\*Ниже предела обнаружения.

**Сероуглерод (CS<sub>2</sub>)** на протяжении многих лет определяют в воздухе в Могилеве и Светлогорске. По данным измерений, в Могилеве в 87% проанализированных проб концентрации сероуглерода не превышали 0,5 ПДК. Максимальная из максимально разовых концентраций была на уровне ПДК. В Светлогорске, как и в предыдущем году, в большинстве отобранных и проанализирован-

ных проб воздуха сероуглерод не обнаружен. Некоторое увеличение концентраций (до 0,3 ПДК) зафиксировано в августе, который характеризовался дефицитом атмосферных осадков и большой повторяемостью слабых ветров и штилей.

Динамика среднегодовых концентраций сероуглерода в воздухе в Могилеве неустойчива. Содержание сероуглерода в воздухе в Светлогорске сохраняется стабильно низким.

**Фенол ( $C_6H_5OH$ ).** В 2013 г. концентрации фенола в воздухе в Борисове, Бобруйске, Витебске, Гомеле и Минске не превышали 0,5 ПДК. В Речице концентрации фенола более 0,5 ПДК зафиксированы только в 1% проб, в Новополоцке и Полоцке – соответственно в 1,5 и 2,0% проб. Вместе с тем, во всех контролируемых районах Могилева эпизодически отмечали концентрации фенола выше норматива качества. В периоды с неблагоприятными метеорологическими условиями в центральной части города зарегистрирована концентрация почти в 3 раза выше ПДК. Превышения максимально разовой ПДК фенола (в 1,3–1,5 раза) в Новополоцке и Полоцке отмечены только в единичных пробах воздуха. В зоне влияния ОАО «Гомельстройматериалы» зарегистрирована концентрация фенола 1,5 ПДК.

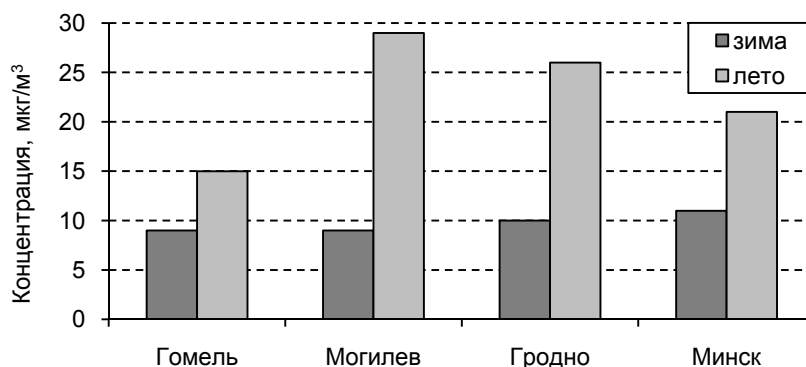
По сравнению с 2009 г. содержание фенола в воздухе в Речице понизилось на 16%, в Минске, Бобруйске и Гомеле – на 40–54%. Вместе с тем, среднегодовые концентрации фенола в воздухе в Полоцке и Новополоцке повысились на 67%. Увеличение содержания фенола в воздухе в Могилеве и Витебске незначительно.

**Аммиак ( $NH_3$ ).** В 2013 г. среднегодовые концентрации аммиака в воздухе в большинства (8 из 9) городов находились в пределах 7–21 мкг/м<sup>3</sup> (примерно, как и в 2012 г.).

Сезонные изменения концентраций аммиака имели ярко выраженный характер – летний уровень загрязнения воздуха был в 1,5–3 раза выше зимнего (рис. 4.9).

Вместе с тем, превышения норматива качества зафиксированы только в единичных пробах воздуха. Так, максимальная из максимально разовых концентраций аммиака в воздухе в Могилеве составила 1,5 ПДК, в Полоцке – 1,7 ПДК, в Минске – 1,9 ПДК.

По сравнению с 2009 г. уровень загрязнения воздуха аммиаком в Новополоцке и Полоцке понизился на 11–17%, в Гомеле – на 40%, в Минске и Речице – на 60–65%. В Гродно и Витебска наблюдается устойчивая тенденция к увеличению среднегодовых концентраций аммиака в воздухе.



**Рис. 4.9. Сезонные изменения концентрации аммиака в воздухе городов Беларуси в 2013 г.**

**Формальдегид (НСОН).** Концентрации формальдегида определяли в 18 городах на всех станциях с дискретным режимом отбора проб воздуха. Измерения проводились в период январь–сентябрь.

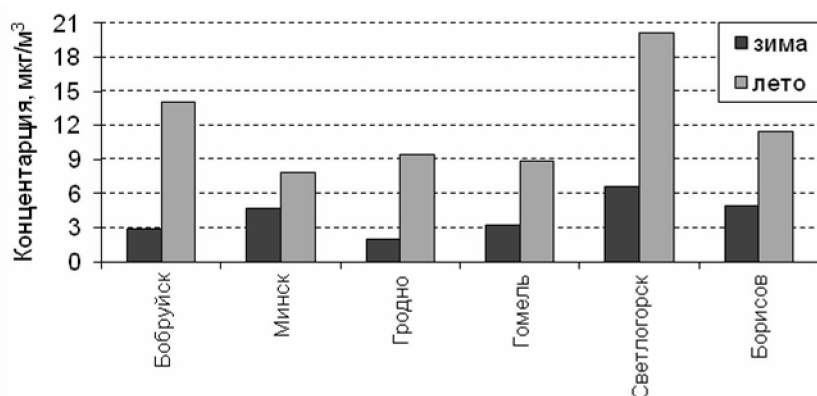
В 2013 г. доля проб с концентрациями формальдегида 0,5 ПДК и менее в Светлогорске и Пинске составила 62–72%, в Бобруйске, Бресте, Витебске, Могилеве, Мозыре и Орше – 80–89%, в Борисове, Гомеле и Гродно – 90–95%, в Жлобине, Лиде, Минске, Новогрудке, Новополоцке, Полоцке и Речице – более 95%.

Сезонные изменения содержания в воздухе формальдегида имели ярко выраженный характер – в некоторых городах концентрации летом были почти в 5 раз выше, чем зимой (рис. 4.10).

Существенный рост концентраций формальдегида отмечен в первой половине мая, которая характеризовалась исключительно теплой погодой и редкими дождями. Повышенная загрязненность сохранялась в третьей декаде июня, когда на большей части страны воздух прогревался до 29–32°С тепла. Метеорологические условия, способствовавшие быстрому протеканию фотохимических реакций в атмосфере и образованию формальдегида (жаркая погода и дефицит атмосферных осадков), наблюдались большую часть июля и в период с 1 по 20 августа.

В воздухе 15 городов зарегистрированы концентрации выше норматива качества. В Бобруйске и Могилеве максимально разовые концентрации достигали 2,8–3,0 ПДК, в Гродно и Речице – 3,3–3,5 ПДК, в Бресте – 4,4 ПДК.





**Рис. 4.10. Сезонные изменения концентрации формальдегида в воздухе городов Беларуси в 2013 г.**

Повышенное содержание в воздухе формальдегида отмечено в районах автодорог с интенсивным движением транспорта. По данным Минского городского Центра гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, в теплый период года максимальные концентрации формальдегида нередко превышали норматив качества в 1,5–3,5 раза.

В последние годы в большинстве контролируемых городов прослеживается устойчивая тенденция к снижению содержания в воздухе формальдегида. Вместе с тем, по сравнению с 2009 г. уровень загрязнения воздуха в Бобруйске, Пинске и Светлогорске возрос. Тенденция среднегодовых концентраций формальдегида в воздухе в Витебске неустойчива.

**Приземный озон ( $O_3$ ).** Мониторинг приземного озона проводили в 8 городах и в районе Мозырского промышленного узла. Среднегодовые концентрации в Минске, Гомеле и Полоцке находились в пределах 48–55 мкг/м<sup>3</sup>, в Могилеве, Новополоцке, Солигорске, Гродно, Бресте и в районе Мозырского промышленного узла – 65–75 мкг/м<sup>3</sup> и были выше, чем в предыдущие годы.

В 2013 г. в Новополоцке, Гомеле и Гродно зафиксировано от 25 до 45 дней со среднесуточными концентрациями приземного озона выше ПДК, в Могилеве, в районе Мозырского промышленного узла и в Бресте – от 60 до 71 дня. Больше всего превышений среднесуточной ПДК отмечено в Солигорске – 115 дней. В Минске и Полоцке количество дней с превышениями было значительно

ниже – не более 20. Максимальные среднесуточные концентрации (1,3–1,5 ПДК) в воздухе в большинстве городов зарегистрированы во второй декаде апреля, в Бресте (1,9 ПДК) – в конце июля, который характеризовался жаркой погодой (максимальная температура воздуха достигала почти 34°C).

Суточная динамика приземного озона в воздухе во всех городах одинакова, различаются лишь сами уровни концентраций. Максимум загрязнения отмечен в послеполуденное время (рис. 4.11).

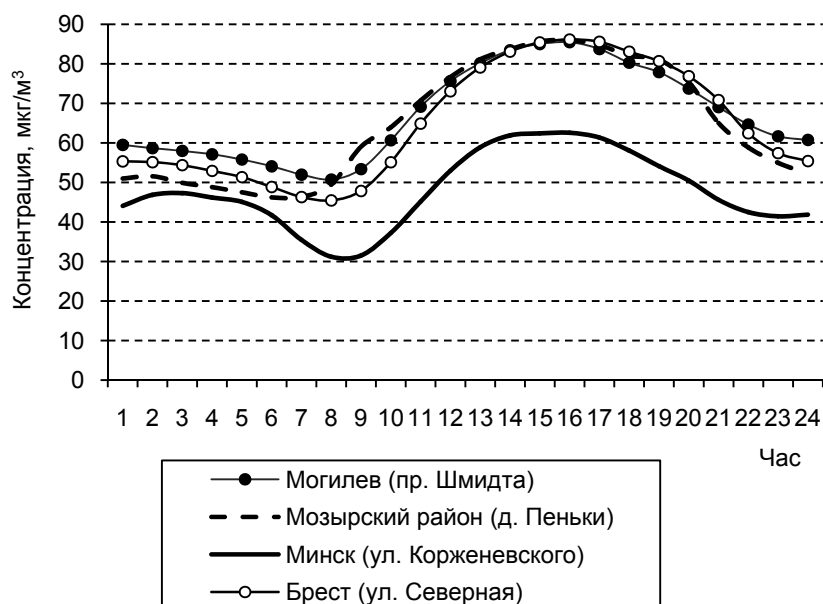


Рис. 4.11. Суточный ход концентрации приземного озона в городах Беларуси в 2013 г.

В годовом ходе концентраций «пик» загрязнения воздуха приземным озоном отмечен в апреле. Весенний максимум загрязнения воздуха связан с перестройкой атмосферы и, как следствие, притоком озона из стратосферы.

**Летучие органические соединения (ЛОС).** В 2013 г. содержание в воздухе ЛОС (в том числе бензола) измеряли во всех областных центрах, Полоцке, Новополоцке, Солигорске и в районе Мозырского промышленного узла. По данным непрерывных изме-

рений, среднегодовые концентрации бензола были существенно ниже норматива качества. Максимальная среднегодовая концентрация (0,8 ПДК) отмечена в Гродно.

В районах станций с дискретным режимом отбора проб воздуха максимально разовые концентрации ксилола (1,6 ПДК) и бензола (2,9 ПДК) зарегистрированы в центральной части Могилева, этилбензола (1,3 ПДК) – в районе авто- и железнодорожного вокзалов в Витебске.

**Тяжелые металлы.** Содержание в воздухе соединений тяжелых металлов определялось на 50% стационарных станций. Средние за год концентрации свинца в воздухе в Бресте, Витебске, Гомеле, Речице и Жлобине находились в пределах 0,1–0,2 ПДК, в остальных городах были ниже 0,1 ПДК. Превышений норматива качества ни в одном городе не отмечено. Максимальная среднемесячная концентрация свинца (0,7 ПДК) зафиксирована в Речице. Как и в предыдущие годы, содержание в воздухе кадмия было существенно ниже ПДК.

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к снижению уровня загрязнения воздуха свинцом. По сравнению с 2009 г. содержание свинца в воздухе в Полоцке, Новогрудке, Жлобине, Бресте и Бобруйске понизилось на 28–52%, в Новополоцке, Мозыре, Могилеве, Минске, Витебске и Светлогорске – на 57–64%, в Орше, Гродно, Гомеле и Пинске – на 74–80%. Снижение уровня загрязнения воздуха свинцом в Речице составило около 13%.

**Бенз(а)пирен.** Содержание в воздухе бензо(а)пирена в 2013 г. определяли только в отопительный сезон. По результатам измерений, уровень загрязнения воздуха бензо(а)пиреном в Гродно, Бресте, Витебске и Гомеле, по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года, понизился в 1,5–2,2 раза (табл. 4.13).

В 2013 г. существенный рост концентраций бензо(а)пирена отмечен в январе, который характеризовался пониженным температурным режимом, особенно в третьей декаде месяца. Увеличение содержания в воздухе бензо(а)пирена в этот период, по всей вероятности, связано с использованием предприятиями теплоэнергетики мазута в качестве резервного топлива. Максимальная среднемесячная концентрация в воздухе в Полоцке составила 0,9 ПДК, в Жлобине – 1,2 ПДК. Минимальный уровень загрязнения воздуха бензо(а)пиреном зафиксирован в дождливом ноябре. Низкие концентрации сохранялись и в аномально теплом декабре.

Таким образом, результаты стационарных наблюдений на сети мониторинга атмосферного воздуха в 2013 г. позволяют сделать вывод, что общая картина состояния атмосферного воздуха в

городах и промышленных центрах Беларуси по-прежнему достаточно благополучна.

**Таблица 4.13**

**Средние концентрации бензо(а)пирена в воздухе городов Беларуси в отопительные сезоны 2012 и 2013 годов, нг/м<sup>3</sup>**

Город	2012 г.	2013 г.
Брест*	4,0	2,6
Витебск	1,3	0,8
Гомель	2,9	1,3
Гродно	2,7	1,8
Жлобин	3,3	3,3
Минск	1,4	1,2
Могилев	1,8	1,5
Новополоцк	1,0	0,9
Полоцк	4,5	3,1
Солигорск	1,3	1,0
Мозырский район	0,7	0,6

\*Данные за период январь–март.

Вместе с тем, в отдельных районах Могилева, Минска и Новополоцка сохраняется проблема загрязнения воздуха диоксидом азота, Гомеля – оксидом углерода, Полоцка – диоксидом серы и бензо(а)пиреном. Во всех контролируемых городах в теплый период отмечен существенный рост концентраций формальдегида. В некоторых районах Гомеля и Минска превышен целевой показатель качества атмосферного воздуха по твердым частицам фракции размером до 10 микрон.

#### **Качество воздуха на станции фонового мониторинга (СФМ) Березинский заповедник**

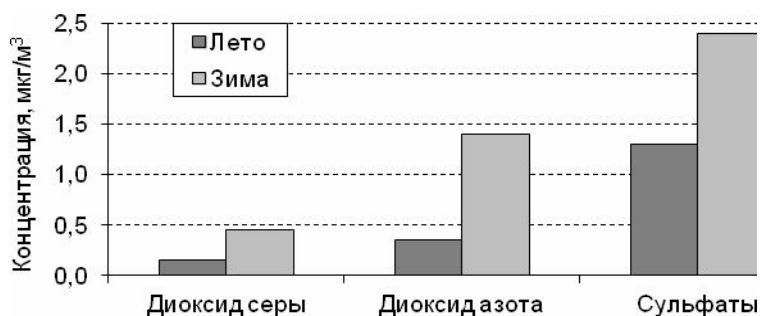
Мониторинг атмосферного воздуха на станции «Березинский заповедник» организован с целью получения информации о региональном фоновом состоянии атмосферного воздуха.

По данным непрерывных наблюдений, в 2013 г. содержание в воздухе Березинского заповедника диоксида серы, диоксида азота и свинца несколько понизилось. Концентрации сульфатов и кадмия повысились на 30–43%. Неблагоприятное влияние метеоусловий проявилось только в периоды с пониженным температурным режимом (во второй половине января) и дефицитом атмосферных осадков (в апреле–мае). В остальное время года основная роль в фор-

мировании уровня загрязнения воздуха принадлежала глобальному переносу. Ярко выраженных эпизодов с повышенным содержанием в воздухе загрязняющих веществ не отмечено.

**Диоксид серы.** Среднегодовая концентрация диоксида серы в воздухе в Березинском заповеднике в 2013 г. составила  $0,17 \text{ мкг/м}^3$  и была минимальной за весь период наблюдений. Значения выше этого уровня зафиксированы в 48% измерений, причем подавляющее большинство из них – в отопительный сезон. Максимальная среднесуточная концентрация ( $3,15 \text{ мкг/м}^3$ ) зарегистрирована 21 января – в период перемещения через Беларусь антициклона гренландского происхождения, обусловившего усиление морозов.

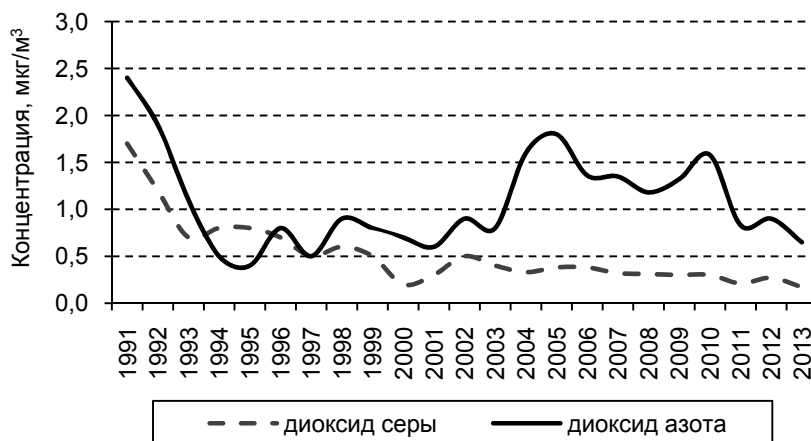
Сезонные изменения содержания в воздухе диоксида серы не имели, как и в предыдущие годы, ярко выраженного характера. В то же время зимний уровень загрязнения был почти в 3 раза выше летнего (рис. 4.12).



**Рис. 4.12.** Сезонные изменения концентраций загрязняющих веществ в воздухе в Березинском заповеднике в 2013 г.

Зимний максимум концентраций диоксида серы однозначно связан с ростом потребления серосодержащих видов топлива не только внутри страны, но и в дальнем зарубежье (трансграничный перенос). Минимальный уровень содержания диоксида серы в воздухе (среднемесячные концентрации были ниже  $0,10 \text{ мкг/м}^3$ ) отмечен в августе–ноябре.

Необходимо отметить, что содержание диоксида серы в воздухе в Березинском заповеднике находится на стабильно низком уровне. Так, за последние 10 лет его концентрации уменьшились почти в два раза (рис. 4.13).



**Рис. 4.13.** Изменение среднегодовых концентраций диоксида серы и диоксида азота в воздухе в Березинском заповеднике в 1991–2013 гг.

**Диоксид азота.** Среднегодовая концентрация диоксида азота в воздухе в Березинском заповеднике в 2013 г. составила  $0,65 \text{ мкг/м}^3$  и была минимальной за десятилетний период наблюдений (рис. 4.13).

Некоторый рост содержания в воздухе диоксида азота отмечен во второй половине января и в апреле. Максимальная среднесуточная концентрация ( $5,81 \text{ мкг/м}^3$ ) зафиксирована 30 января. В остальное время года длительных периодов со среднесуточными концентрациями более  $2,0 \text{ мкг/м}^3$  не отмечено. Низкие значения концентраций диоксида азота (менее  $0,50 \text{ мкг/м}^3$ ) сохранялись в августе–октябре, которые характеризовались дефицитом атмосферных осадков и большой повторяемостью слабых ветров и штилей. Летний уровень загрязнения был в 4 раза ниже зимнего.

По сравнению с 2004 г. концентрации диоксида азота в воздухе в Березинском заповеднике понизились в 2,5 раза. В последние три года содержание диоксида азота близко к его глобальному уровню.

**Сульфаты.** Среднегодовая концентрация сульфатов в воздухе в Березинском заповеднике в 2013 г. составила  $1,72 \text{ мкг/м}^3$  (в 2012 г. –  $1,20 \text{ мкг/м}^3$ ).

Как и в предыдущие годы, относительно повышенные концентрации сульфатов отмечались в холодный период. Однако, в

2013 г. значения среднесуточных концентраций более  $5,00 \text{ мкг/м}^3$  эпизодически отмечались и во второй половине апреля. Максимальная среднесуточная концентрация сульфатов ( $9,61 \text{ мкг/м}^3$ ) зафиксирована 30 марта. Минимальное содержание в воздухе сульфатов (менее  $1,00 \text{ мкг/м}^3$ ) зарегистрировано в июле и в первой половине сентября.

Значительные межгодовые колебания средних концентраций сульфатов в воздухе в Березинском заповеднике не позволяют однозначно охарактеризовать тренды их изменений, хотя можно проследить их стабилизацию и снижение, начиная с 2004 г.

**Твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль).** Среднегодовая концентрация твердых частиц в воздухе в Березинском заповеднике в 2013 г. составила  $11 \text{ мкг/м}^3$ . Как и в предыдущие годы, на этом фоне выделяется заметное увеличение содержания твердых частиц в апреле–мае, что, очевидно, связано с проведением весенних сельскохозяйственных работ в регионе. Кроме того, в конце апреля–начале мая в составе аэрозолей резко возрастает массовая доля пыльцы цветущих растений. Однако, в 2013 г. первая декада апреля носила зимний характер погоды, устойчивый снежный покров сохранялся до середины месяца. В связи с этим рост среднесуточных концентраций твердых частиц (до  $20\text{--}48 \text{ мкг/м}^3$ ) отмечен только в конце второй декады апреля. Максимальная среднесуточная концентрация ( $102 \text{ мкг/м}^3$ ) зарегистрирована 18 мая.

**Твердые частицы фракции размером до 10 микрон (ТЧ10).** Концентрации ТЧ10 в воздухе в Березинском заповеднике в 2013 г. в непрерывном режиме измеряли только в январе–марте. Количество дней со среднесуточными концентрациями ТЧ10 выше  $25 \text{ мкг/м}^3$  (0,5 ПДК) в этот период составило всего 4%. Максимальная среднесуточная концентрация (0,7 ПДК) зафиксирована 30 января.

**Тяжелые металлы.** Среднегодовые концентрации свинца и кадмия в воздухе в Березинском заповеднике в 2013 г. составили соответственно  $1,88$  и  $0,13 \text{ нг/м}^3$ . Сезонные изменения содержания металлов в воздухе по-прежнему не имели ярко выраженного характера. Так, увеличение концентрации свинца отмечено в марте, кадмия – в ноябре. Максимальная среднесуточная концентрация свинца ( $6,20 \text{ нг/м}^3$ ) зарегистрирована 1 апреля, кадмия ( $1,78 \text{ нг/м}^3$ ) – 8 ноября. Среднемесячные концентрации ртути варьировали в диапазоне  $0,1\text{--}0,3 \text{ нг/м}^3$ , максимальная среднесуточная концентрация ( $3,0 \text{ нг/м}^3$ ) отмечена 6 января.

За последние 10 лет среднегодовые концентрации кадмия и свинца понизились на 57–65%.

**Бензол.** Измерения концентраций бензола в воздухе в Березинском заповеднике в 2013 г. проводились только в октябре–декабре. В большинстве измерений среднесуточные концентрации были ниже  $1 \text{ мкг/м}^3$ . Максимальная среднесуточная концентрация ( $1,7 \text{ мкг/м}^3$  или  $0,04 \text{ ПДК}$ ) зарегистрирована в третьей декаде декабря.

**Приземный озон.** По результатам непрерывных измерений, среднегодовая концентрация приземного озона в воздухе в Березинском заповеднике в 2013 г. составила  $64 \text{ мкг/м}^3$ . В годовом ходе существенный рост концентраций отмечен в марте–апреле. Повышенное содержание в воздухе приземного озона сохранялось и в отдельные периоды в мае. В течение года зафиксировано 45 дней со среднесуточными концентрациями выше ПДК, большинство из них (93%) – весной. Весенний максимум загрязнения связан с перестройкой атмосферы и, как следствие, притоком озона из стратосферы. Максимальная среднесуточная концентрация приземного озона ( $1,4 \text{ ПДК}$ ) зарегистрирована 11 апреля.

**Оксид углерода.** Среднегодовая концентрация оксида углерода в воздухе в Березинском заповеднике в 2013 г. составила  $15 \text{ мкг/м}^3$ . На фоне очень низких концентраций в теплый период года выделяются зимние месяцы со среднесуточными концентрациями в 2–3 раза выше летних. Максимальная среднесуточная концентрация ( $125 \text{ мкг/м}^3$ ) зафиксирована 18 декабря.

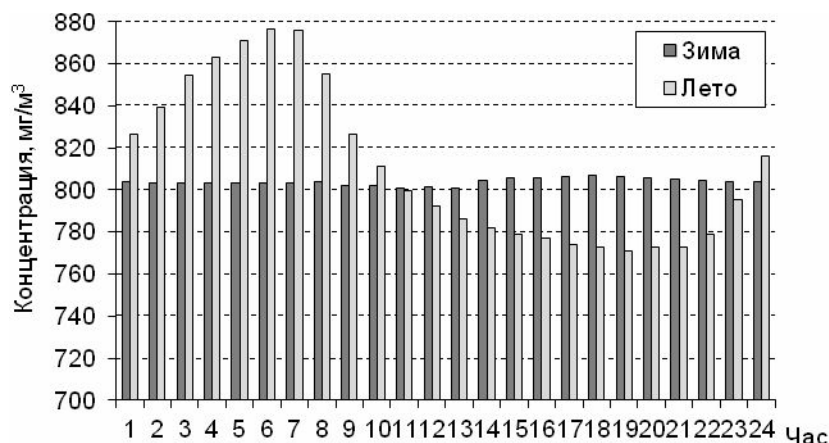
**Диоксид углерода.** Среднегодовая концентрация диоксида углерода в воздухе в Березинском заповеднике в 2013 г. составила  $813 \text{ мг/м}^3$  и была несколько выше, чем в 2010–2012 гг. В течение года среднесуточные концентрации варьировали в довольно широком диапазоне – от 768 до  $900 \text{ мг/м}^3$ . В отдельные дни июля и августа концентрации диоксида углерода в воздухе в ночные часы повышались до  $1104\text{--}1130 \text{ мг/м}^3$ .

Амплитуда значений суточного хода концентраций диоксида углерода в воздухе в летний период была по-прежнему существенно выше, чем в зимний (рис. 4.14).

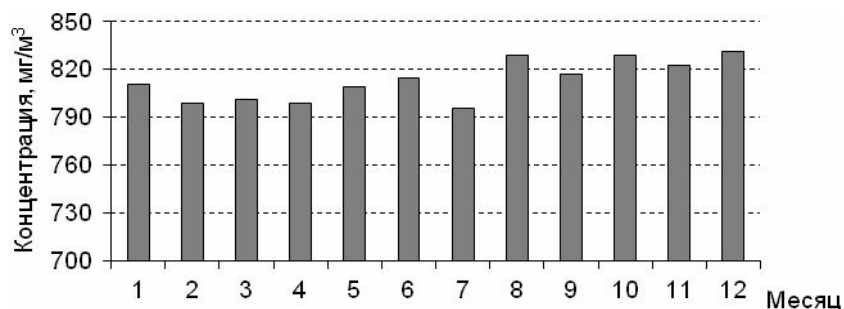
Сезонные изменения содержания в воздухе диоксида углерода в 2013 г. были незначительны: отклонения среднемесячных концентраций не превышали  $\pm 4\%$  (рис. 4.15).

По данным непрерывных измерений, среднегодовые концентрации диоксида углерода в воздухе в Березинском заповеднике варьируют в диапазоне  $789\text{--}813 \text{ мг/м}^3$  и согласуются с данными зарубежных станций фоновоего мониторинга.





**Рис. 4.14.** Суточный ход концентрации диоксида углерода в воздухе в Березинском заповеднике в 2013 г.



**Рис. 4.15.** Среднемесячные концентрации диоксида углерода в воздухе в Березинском заповеднике в 2013 г.

### 4.3. Химический состав атмосферных осадков

Атмосферные осадки являются чувствительным индикатором загрязнения атмосферы. Данные о содержании загрязняющих веществ в атмосферных осадках являются основным материалом при оценке загрязнения атмосферного воздуха промышленных центров, городов и сельской местности.

В 2013 г. мониторинг атмосферных осадков проводили в 19 пунктах. В пробах осадков, отобранных в течение месяца, определяли кислотность, содержание компонентов основного солевого состава и удельную электропроводность.

Содержание отдельных компонентов в атмосферных осадках во многом зависит от количества осадков – чем больше осадков, тем меньше их загрязненность. И эта зависимость проявляется всегда – и в отдельных пробах, и в осредненных за месяцы, сезоны, годы. Влияет и направление ветра, и интенсивность выпадения осадков, и предшествующая выпадению погода (длительность периода без осадков).

В 2013 г. в Беларуси выпало 671 мм осадков или 102% годовой климатической нормы. В течение года осадки выпадали неравномерно. Сухими были июль, август, октябрь и декабрь. В апреле и июне количество осадков было близким к климатической норме, остальные месяцы года были влажными. Наибольшая аномалия по количеству осадков зарегистрирована в ноябре (160% от климатической нормы). Наиболее значительный недобор осадков отмечен в августе (54% от климатической нормы).

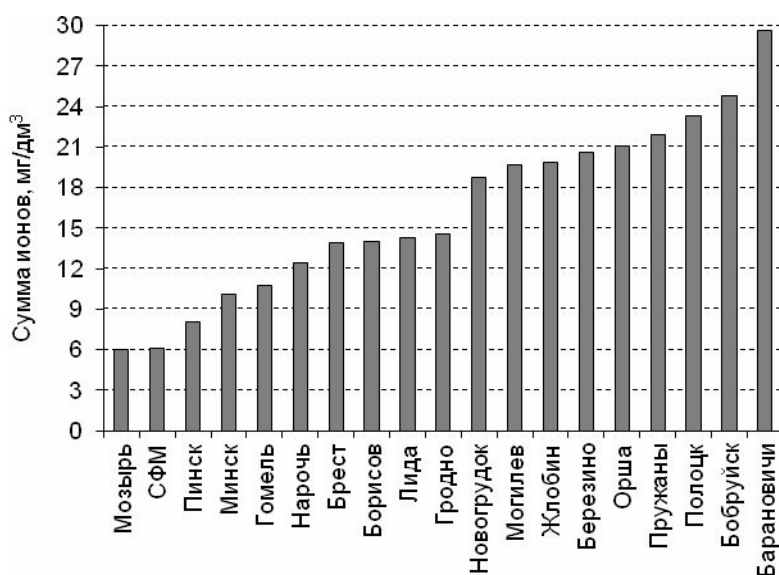
**Общая минерализация (сумма ионов).** В 2013 г. величина общей минерализации атмосферных осадков варьировала в диапазоне от 5,99 (Мозырь) до 29,63 мг/дм<sup>3</sup> (Барановичи). Осадки с малой минерализацией (не более 15 мг/дм<sup>3</sup>) отмечены в 10 пунктах мониторинга (рис. 4.16, табл. 4.14).

По сравнению с предыдущим годом в 7 пунктах отмечено снижение минерализации атмосферных осадков. Наиболее существенным оно было в Могилеве и Гродно – на 7,36 и 5,06 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. В Барановичах, Гомеле, Новогрудке, Пинске и Березинском заповеднике минерализация атмосферных осадков уменьшалась на 0,28–2,28 мг/дм<sup>3</sup>, в Орше – осталась практически без изменений.

Для остальных пунктов мониторинга отмечено увеличение минерализации атмосферных осадков на 0,71–8,43 мг/дм<sup>3</sup>. Наиболее существенным это увеличение было в Бресте – на 8,43 мг/дм<sup>3</sup> или в 2,5 раза.

В большинстве пунктов мониторинга максимальные значения минерализации отмечены в апреле–мае, в Борисове и Могилеве – в январе, в Бресте – в июне, в Новогрудке – в июле, в Жлобине и Пружанах – в августе, в Лиде – в сентябре. Абсолютные максимальные значения минерализации в Жлобине, Полоцке и Новогрудке достигали 41,30–42,60 мг/дм<sup>3</sup>, в Пружанах – 63,84 мг/дм<sup>3</sup>, в Барановичах – 71,85 мг/дм<sup>3</sup>, однако были ниже, чем

в предыдущем году. Во многих пунктах существенное снижение суммы ионов отмечено в июле, сентябре и ноябре, которые характеризовались избыточным количеством атмосферных осадков. Абсолютное минимальное значение минерализации ( $3,36 \text{ мг/дм}^3$ ) зарегистрировано в Пинске. Годовой ход минерализации в большинстве пунктов по-прежнему одинаков (рис. 4.17).



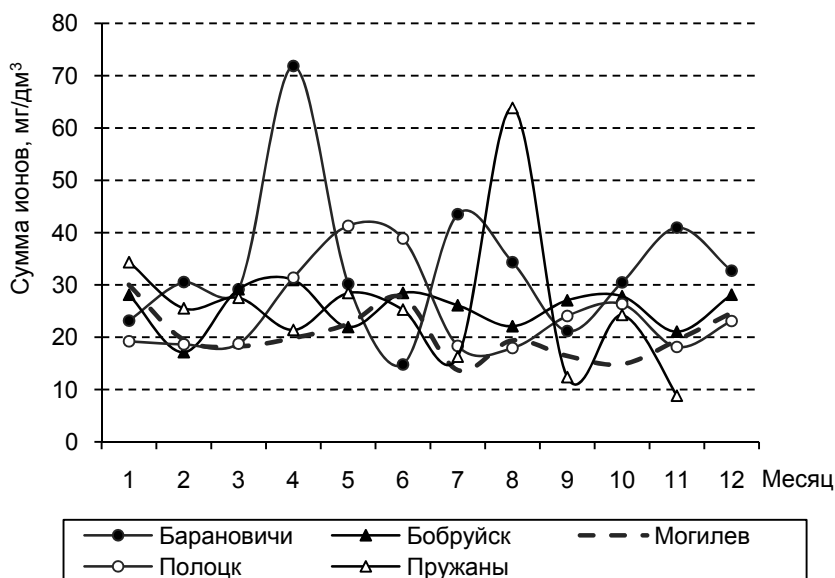
**Рис. 4.16. Общая минерализация атмосферных осадков в городах Беларуси в 2013 г.**

В Березинском заповеднике средняя за год общая минерализация атмосферных осадков составила  $6,11 \text{ мг/дм}^3$  и была на  $0,28 \text{ мг/дм}^3$  ниже, чем в предыдущем году. Увеличение суммы ионов в осадках в 2 раза (до  $14,03 \text{ мг/дм}^3$ ) зарегистрировано в апреле. Минимальное значение общей минерализации атмосферных осадков ( $2,14 \text{ мг/дм}^3$ ) отмечено в июле. В остальное время содержание ионов в осадках варьировало в диапазоне от  $4,37$  до  $9,44 \text{ мг/дм}^3$ .

Таблица 4.14

## Химический состав атмосферных осадков на территории Беларуси в 2013 г.

Пункт наблюдения	Количество осадков, мм	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	рН	Удельная электропроводность, мкСм/см	Сумма ионов, мг/дм <sup>3</sup>
		мг/дм <sup>3</sup>											
Барановичи	779,0	3,77	2,53	1,83	14,02	1,22	1,46	1,47	3,01	0,31	6,35	46,65	29,63
Березино	639,4	2,90	2,06	4,41	5,68	0,28	1,48	1,38	2,03	0,37	6,12	33,28	20,59
Березинский заповедник	642,0	1,00	0,49	1,46	1,84	0,34	0,13	0,08	0,65	0,12	5,31	10,61	6,11
Бобруйск	647,7	3,64	2,03	1,75	10,83	0,80	1,20	0,55	3,42	0,61	6,78	39,27	24,84
Борисов	670,6	1,83	0,82	1,43	6,04	1,02	0,64	0,51	1,46	0,27	5,98	23,73	14,02
Брест	639,3	2,09	0,82	2,72	4,85	0,57	0,49	0,45	1,74	0,20	5,15	21,93	13,92
Гомель	677,0	2,61	0,81	2,05	2,31	0,56	0,39	0,33	1,48	0,18	5,50	19,21	10,72
Гродно	587,0	1,85	1,13	2,01	5,42	0,84	0,66	0,93	1,46	0,25	5,70	23,31	14,55
Жлобин	612,1	2,53	1,57	2,83	7,75	1,14	0,55	0,85	2,32	0,33	5,39	31,33	19,86
Лида	628,5	1,66	0,76	3,30	4,81	0,56	0,26	0,65	1,87	0,41	5,79	22,78	14,28
Минск	677,0	1,71	0,76	1,39	3,70	0,85	0,30	0,18	1,06	0,17	5,71	16,82	10,11
Могилев	582,7	2,95	1,63	2,35	7,36	0,39	1,35	0,56	2,49	0,65	6,72	30,49	19,73
Мозырь	653,6	1,67	0,40	1,50	1,28	0,42	0,08	0,06	0,52	0,06	4,85	13,48	5,99
Нарочь	662,8	1,36	0,95	4,09	3,30	0,15	0,50	0,36	1,40	0,30	5,04	19,69	12,41
Новогрудок	774,8	3,20	1,33	2,82	6,70	1,28	0,37	0,56	2,16	0,35	5,46	29,87	18,77
Орша	687,8	2,27	2,08	2,42	8,32	1,06	1,10	0,51	2,69	0,62	6,75	33,02	21,06
Пинск	731,3	1,92	0,39	1,66	1,99	0,59	0,18	0,16	1,10	0,12	5,55	14,33	8,10
Полоцк	697,9	3,06	1,71	2,43	9,19	0,37	2,66	0,75	2,63	0,55	6,57	35,01	23,36
Пружаны	592,1	3,15	1,48	2,16	9,62	1,44	0,76	0,88	2,17	0,27	6,28	34,27	21,93



**Рис. 4.17.** Внутригодовая динамика минерализации атмосферных осадков на метеостанциях Барановичи, Бобруйск, Могилев, Полоцк и Пружаны в 2013 г.

**Основные компоненты.** В 2013 г. качественный состав атмосферных осадков, как и в предыдущие годы, характеризовался существенным разнообразием (табл. 4.14 и 4.15). При анализе химического состава атмосферных осадков интерес представляет прежде всего соотношение ионов в них, так как именно оно является отражением характера антропогенной нагрузки на окружающую среду.

В 2013 г. в большинстве пунктов мониторинга в анионном составе атмосферных осадков преобладали гидрокарбонаты. При этом в Барановичах, Бобруйске, Борисове, Бресте, Гродно, Жлобине, Могилеве Орше, Полоцке и Пружанах по содержанию анионов осадки относились к гидрокарбонатному классу – содержание иона  $\text{HCO}_3^-$  составляло в них 41,7–56,1 %-экв, а содержание других анионов было менее 25 %-экв.

В Минске и Новогрудке кроме гидрокарбонатов (соответственно 43,2 и 42,2 %-экв) в составе осадков было также велико содержание сульфатов (соответственно 25,3 и 25,6 %-экв), осадки относились к сульфатно-гидрокарбонатному классу. В Березино и

Лиде атмосферные осадки содержали много нитратов – соответственно 25,5 и 28,6 %-экв при 32,8 и 41,7 %-экв гидрокарбонатов (нитратно-гидрокарбонатный класс).

В Гомеле, Мозыре и Пинске преобладающим анионом в составе атмосферных осадков были сульфаты, их содержание составляло 36,0–37,9 %-экв. При этом в Гомеле и Пинске вторым по значимости анионом были гидрокарбонаты с содержанием соответственно 25,5 и 29,5 %-экв (осадки относились к гидрокарбонатно-сульфатному классу), а в Мозыре – нитраты с содержанием 26,9 %-экв (нитратно-сульфатный класс).

На Нарочи в составе атмосферных осадков на протяжении ряда лет сохраняется высокое содержание нитратов. В 2013 г. оно составило 38,1 %-экв. Вторым по значимости анионом были гидрокарбонаты с содержанием 30,7 %-экв, осадки относились к гидрокарбонатно-нитратному классу.

Содержание хлоридов в атмосферных осадках на всех пунктах мониторинга было ниже значения, влияющего на определение класса осадков (ниже 25 %-экв), и изменялось от 9,9 (Пинск) до 20,8 %-экв (Орша).

Что касается катионов, то преобладающим катионом в составе атмосферных осадков во всех пунктах мониторинга был кальций. При этом в Барановичах, Бобруйске, Бресте, Гомеле, Гродно, Лиде, Могилеве, Нарочи и Орше осадки относились к кальциевому классу (содержание кальция – 37,9–52,3 %-экв).

В Борисове, Жлобине, Минске, Мозыре, Новогрудке, Пинске и Пружанах помимо кальция в осадках было велико содержание иона аммония (25,1–39,3 %-экв), осадки относились к аммонийно-кальциевому классу. В Березино и Полоцке вторым по значимости катионом был натрий с содержанием его соответственно 26,1 и 34,8 %-экв, осадки относились к натриево-кальциевому классу.

Содержание калия и магния в атмосферных осадках на всех пунктах мониторинга не превышало 25 %-экв и составляло для калия – 2,6–14,3 %-экв, для магния – 7,4–18,4 %-экв.

В Березинском биосферном заповеднике, как и в 2012 г., доминирующее положение среди анионов занимали гидрокарбонаты и нитраты (соответственно 34,0 и 27,0 %-экв). Велико было также содержание сульфатов (23,4 %-экв). При этом максимальное содержание гидрокарбонатов (4,21 мг/дм<sup>3</sup>) отмечалось в апреле и августе. Среди катионов преобладали кальций (47,2 %-экв) и ион аммония (27,3 %-экв). Осадки относились к нитратно-гидрокарбонатному аммонийно-кальциевому типу.

**Таблица 4.15**

**Ионный состав и тип воды атмосферных осадков на территории Беларуси в 2013 г.**

Пункт наблюдения	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Тип воды атмосферных осадков*
	% - экв									
Барановичи	19,1	17,4	7,3	56,1	19,6	18,4	10,9	43,7	7,4	Гидрокарбонатный кальциевый
Березино	21,2	20,5	25,5	32,8	6,3	26,1	14,3	41,1	12,3	Нитратно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый
Березинский заповедник	23,4	15,6	27,0	34,0	27,3	8,2	3,0	47,2	14,3	Нитратно-гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый
Бобруйск	22,3	16,9	8,5	52,4	13,4	15,7	4,2	51,5	15,1	Гидрокарбонатный кальциевый
Борисов	20,7	12,6	12,8	53,9	29,3	14,5	6,8	37,9	11,5	Гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый
Брест	22,8	12,1	23,4	41,7	18,8	12,7	6,9	51,8	9,8	Гидрокарбонатный кальциевый
Гомель	36,5	15,4	22,6	25,5	21,4	11,7	5,8	51,0	10,2	Гидрокарбонатно-сульфатный кальциевый
Гродно	20,0	16,6	17,2	46,2	24,2	14,9	12,4	37,9	10,7	Гидрокарбонатный кальциевый
Жлобин	19,5	16,4	17,2	47,0	25,1	9,5	8,6	46,0	10,8	Гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый
Лида	18,3	11,3	28,6	41,7	16,7	6,1	8,9	50,2	18,1	Нитратно-гидрокарбонатный кальциевый
Минск	25,3	15,3	16,2	43,2	35,7	9,9	3,5	40,2	10,6	Сульфатно-гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый
Могилев	23,0	17,2	14,5	45,3	7,9	21,5	5,3	45,7	19,6	Гидрокарбонатный кальциевый

Продолжение таблицы 4.15

Пункт наблюдения	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Тип воды атмосферных осадков*
	% - экв									
Мозырь	37,9	12,3	26,9	22,9	39,3	5,9	2,6	43,9	8,3	Нитратно-сульфатный аммонийно-кальциевый
Нарочь	16,0	15,2	38,1	30,7	6,2	16,2	6,9	52,3	18,4	Гидрокарбонатно-нитратный кальциевый
Новогрудок	25,6	14,4	17,8	42,2	29,8	6,8	6,0	45,4	12,1	Сульфатно-гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый
Орша	16,7	20,8	14,1	48,4	19,2	15,7	4,3	44,1	16,7	Гидрокарбонатный кальциевый
Пинск	36,0	9,9	24,6	29,5	29,9	7,2	3,7	50,2	9,0	Гидрокарбонатно-сульфатный аммонийно-кальциевый
Полоцк	21,0	15,9	13,2	49,8	6,2	34,8	5,8	39,6	13,6	Гидрокарбонатный натриево-кальциевый
Пружаны	21,8	13,9	11,8	52,5	30,0	12,4	8,5	40,8	8,3	Гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый

\*Согласно классификации О.А. Алекина.



**Кислотность осадков.** Кислотность атмосферных осадков обусловлена распределением вклада основных кислотообразующих ионов ( $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{NO}_3^-$ ) и ионов  $\text{HCO}_3^-$ .

Среднегодовые величины pH атмосферных осадков в Бресте, Мозыре и на Нарочи в 2013 г. находились в пределах 4,85–5,15; в Гомеле, Жлобине и Новогрудке – 5,39–5,50; в Гродно, Лиде, Минске и Пинске – 5,55–5,79; в Березино и Борисове – 5,98–6,12; в Барановичах и Пружанах – 6,28–6,35; в Бобруйске, Могилеве, Орше и Полоцке – 6,57 – 6,78.

Выпадения кислых осадков (pH<5,0) зафиксированы в Бресте, Жлобине, Березинском заповеднике, Минске и Мозыре, подавляющее большинство из них – в отопительный сезон. В 2013 г. максимальная кислотность осадков (pH=4,06) зарегистрирована 30 марта в Березинском заповеднике.

Как и в предыдущие годы, для большинства пунктов мониторинга характерны слабощелочные осадки. В Барановичах, Бобруйске, Борисове, Гомеле, Лиде, Могилеве, Новогрудке, Орше, Пинске, Полоцке и Пружанах их повторяемость составила более 50%. В течение года в Бобруйске, Гомеле, Могилеве, Полоцке и Пружанах эпизодически отмечали выпадения щелочных осадков (pH>7,0). Чаще всего выпадения щелочных осадков наблюдались в Бобруйске и Полоцке: их повторяемость составила соответственно 29 и 41%. Минимальная кислотность осадков (pH>8,0) зафиксирована в Могилеве и Бресте.

В Березинском биосферном заповеднике среднегодовое значение кислотности атмосферных осадков составило 5,31. При этом выпадения слабощелочных осадков отмечали почти ежемесячно. Однако, в январе–феврале осадки были слабокислыми и кислыми. По сравнению с предыдущим годом повторяемость выпадений осадков с pH<5,0 увеличилась в 2 раза.

#### ***Химический состав атмосферных осадков на станциях Высокое, Браслав и Мстиславль***

В 2013 г. в рамках «Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязняющих воздух веществ на большие расстояния в Европе» (Программы ЕМЕП) на станции Высокое (западная граница Беларуси) продолжались работы по мониторингу атмосферных осадков. Дополнительно в рамках данной программы проводились наблюдения за суточными выпадениями атмосферных осадков на станциях Мстиславль (восточная граница страны) и Браслав (северная граница). Характеристика основных компонен-

тов химического состава атмосферных осадков на станциях Высокое, Браслав и Мстиславль представлена в таблице 4.16.

На станции Высокое значения pH атмосферных осадков в 2013 г. варьировали в диапазоне от 5,47 до 6,70 при среднем годовом 5,98. На станциях Браслав и Мстиславль диапазон значений pH был более широким. Так, на станции Мстиславль значения pH варьировали в диапазоне от 5,43 до 7,11 при среднем годовом 6,05, на станции Браслав – от 5,06 до 7,10 при среднем годовом 5,70. Большинство выпадений кислых осадков (с pH<5,0) зафиксировано в отопительный сезон. Максимальное значение pH (7,11) зарегистрировано в октябре на станции Мстиславль.

В 2013 г. отмечено некоторое увеличение содержания загрязняющих веществ в атмосферных осадках, выпавших на всех станциях, по сравнению с 2012 г. Так, на станции Высокое содержание сульфатной серы в среднем за год увеличилось с 0,71 до 0,87 мгS/дм<sup>3</sup> (в 1,2 раза), на станции Браслав – с 0,97 до 1,56 мгS/дм<sup>3</sup> (в 1,6 раза), на станции Мстиславль – с 1,57 до 2,58 мгS/дм<sup>3</sup> (в 1,6 раза). Однако, на западной границе страны содержание в осадках сульфатной серы было в 2–3 раза ниже, чем на северной и восточной границах, что очевидно связано с большим количеством осадков, выпавших здесь в периоды с максимальной антропогенной нагрузкой.

Среднегодовое содержание в осадках азота нитратного на трансграничных станциях в 2013 г. варьировало в очень узком диапазоне: от 0,32 мгN/дм<sup>3</sup> на северной границе страны (Браслав) до 0,42 мгN/дм<sup>3</sup> на западной (Высокое). Среднегодовая концентрация азота аммонийного в районе станции Высокое была в 2–3 раза выше, чем на станциях Мстиславль и Браслав.

Как и в предыдущие годы, диапазон минимальных и максимальных концентраций соединений серы и азота в атмосферных осадках на трансграничных станциях был весьма значительным (табл. 4.17). По большинству компонентов максимальные концентрации на несколько порядков превосходили минимальные.

Максимальные концентрации сульфатной серы и азота аммонийного в суточных пробах осадков на станции Высокое зафиксированы 31 июля, азота нитратного – в конце апреля; минимальное содержание всех основных компонентов зафиксировано в сентябре, который характеризовался частыми и обильными осадками (выпало почти три месячных нормы). Максимальные концентрации основных компонентов в осадках на станции Мстиславль отмечены также в теплый период года, на станции Браслав – в начале марта.

Таблица 4.16

**Содержание соединений серы и азота в атмосферных осадках  
на станциях Высокое, Браслав и Мстиславль в 2013 г.\***

Месяц	Высокое					Браслав					Мстиславль				
	Количество осадков, мм	рН	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> мгS/дм <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Количество осадков, мм	рН	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> мгS/дм <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Количество осадков, мм	рН	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> мгS/дм <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
				мгN/дм <sup>3</sup>					мгN/дм <sup>3</sup>					мгN/дм <sup>3</sup>	
Январь	65,6	6,03	1,30	0,39	0,92	34,1	6,66	0,75	0,12	0,24	35,4	5,43	2,22	0,69	0,16
Февраль	54,4	6,15	1,27	0,67	1,02	58,4	7,10	1,43	0,66	0,33	37,9	5,59	7,19	0,65	0,15
Март	43,0	5,84	1,31	0,54	0,93	17,1	5,89	1,41	0,36	0,23	84,1	6,11	3,83	0,56	0,72
Апрель	66,5	5,86	1,17	0,56	1,93	45,6	5,40	1,84	0,36	0,33	33,2	5,55	2,44	0,59	0,85
Май	119,1	5,78	0,81	0,41	0,78	43,0	6,21	1,69	0,37	0,39	63,0	6,04	3,35	0,30	0,54
Июнь	83,6	5,47	0,56	0,44	0,68	44,8	6,31	3,34	0,27	0,43	46,8	6,23	3,78	0,52	0,42
Июль	46,8	6,10	2,62	0,86	2,88	128,8	5,38	1,13	0,27	0,26	80,5	6,32	1,59	0,41	0,42
Август	25,8	6,70	1,49	1,16	3,28	39,9	5,38	1,48	0,33	0,27	60,6	5,99	3,76	0,38	0,21
Сентябрь	137,5	6,00	0,34	0,10	0,21	29,6	5,31	1,51	0,32	0,15	102,9	6,51	1,85	0,25	0,49
Октябрь	14,6	5,70	1,81	1,26	1,64	26,7	5,56	1,82	0,32	0,37	26,3	7,11	2,02	0,41	0,45
Ноябрь	47,0	5,93	1,40	1,15	1,35	49,3	5,06	1,19	0,25	0,16	86,3	6,74	2,05	0,24	0,30
Декабрь	30,7	6,16	1,23	0,36	0,37	23,3	5,95	3,15	0,41	0,39	30,6	6,21	2,66	0,54	0,65
Среднее за год	734,6	5,98	0,87	0,42	0,84	540,6	5,70	1,56	0,32	0,29	687,6	6,05	2,58	0,39	0,41

\*При оценке содержания соединений серы и азота в атмосферных осадках в рамках Программы ЕМЕП все величины концентраций даются в пересчете на серу и азот.

**Таблица 4.17**  
**Минимальные и максимальные концентрации соединений серы и азота на трансграничных станциях Высокое, Мстиславль и Браслав в 2013 г.\***

Станция	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мгS/дм <sup>3</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	
	min	max	min	max	min	max
Высокое	0,15	4,77	0,02	2,56	0,04	5,41
Мстиславль	0,51	27,72	0,12	1,17	0,05	1,74
Браслав	0,35	6,76	0,11	0,69	0,09	0,83

\*При оценке содержания соединений серы и азота в атмосферных осадках в рамках Программы ЕМЕП все величины концентраций даются в пересчете на серу и азот.

Динамика среднегодовых концентраций соединений серы и азота в атмосферных осадках на станции Высокое по-прежнему очень неустойчива, однако, по сравнению с 2003 г. содержание в осадках азота нитратного понизилось на 43%, сульфатной серы – на 50%. В то же время среднегодовая концентрация азота аммонийного повысилась на 23,5% (табл. 4.18).

**Таблица 4.18**  
**Динамика среднегодовых концентраций соединений серы и азота\* и величины pH в атмосферных осадках на ст. Высокое в 2003–2013 гг.**

Год	pH	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мгS/дм <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>
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
2010	–	0,72	0,43	0,75
2011	–	0,73	0,52	0,83
2012	6,28	0,71	0,35	0,50
2013	5,98	0,87	0,42	0,84

\*При оценке содержания соединений серы и азота в атмосферных осадках в рамках Программы ЕМЕП все величины концентраций даются в пересчете на серу и азот.

### **Состояние снежного покрова**

В зимнем сезоне 2012–2013 гг. в 22 пунктах на территории Беларуси проведена снегомерная съемка. Пробы отобраны в конце февраля – в период максимального накопления влагозапаса в снеге.

**Сульфаты.** Пространственное распределение концентраций сульфатов в снежном покрове в 2013 г. по-прежнему было достаточно однородным. В подавляющем большинстве пунктов (в 18 из 22) их концентрации были ниже  $2,0 \text{ мг/дм}^3$ , что характеризует слабый уровень загрязнения, обусловленный рассеянием соединений серы на больших площадях в результате дальнего переноса от антропогенных и естественных источников (табл. 4.19). Максимальные концентрации ( $3,2\text{--}4,2 \text{ мг/дм}^3$ ) отмечены в отдельных районах Гомельской области (Октябрь, Житковичи).

**Нитраты и аммонийный азот.** Как и в предыдущем зимнем сезоне, концентрации нитратов в снежном покрове в большинстве пунктов мониторинга варьировали в диапазоне от 0,7 до  $2,0 \text{ мг/дм}^3$ . Отдельным пятном выделяются районы метеостанций Волковыск и Высокое, где содержание нитратов в снежном покрове достигало  $2,5\text{--}2,9 \text{ мг/дм}^3$ . Максимальное содержание нитратов в снежном покрове ( $4,7 \text{ мг/дм}^3$ ) зафиксировано в районе метеостанции Житковичи.

Концентрации азота аммонийного в снежном покрове для большинства пунктов мониторинга варьировали в очень узком диапазоне: от 0,2 до  $0,5 \text{ мг/дм}^3$ . Минимальное содержание азота аммонийного (менее  $0,1 \text{ мг/дм}^3$ ) отмечено в районе метеостанции Мозырь и на станции фонового мониторинга в Березинском заповеднике. В районах метеостанций Высокое и Барановичи содержание азота аммонийного в снежном покрове составило  $0,7 \text{ мг/дм}^3$ .

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

В 2013 г. на большей части территории Беларуси pH снежного покрова составляло от 5,6 до 6,0. Несколько выше (pH 6,2–6,3) значения водородного показателя были в районах метеостанций Октябрь, Колодищи (Минск) и Полоцк. Минимальное значение pH (5,4) отмечено в районе метеостанции Костюковичи.

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

**Таблица 4.19**  
**Химический состав снежного покрова на территории Беларуси в зимний сезон 2012–2013 гг.**

Город	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	рН	Удельная электропроводность, мкСм/с
	мг/дм <sup>3</sup>										
Барановичи	1,74	1,82	1,84	3,36	0,68	1,36	0,28	0,51	0,23	5,67	19,58
Березинский заповедник	0,68	0,67	1,00	1,53	0,09	0,42	0,53	0,71	0,08	5,84	9,30
Бобруйск	0,60	2,90	0,67	4,27	0,26	0,50	0,30	1,60	0,50	5,71	19,80
Витебск	0,67	2,90	0,89	4,31	0,19	1,00	0,10	1,60	1,00	6,07	23,50
Волковыск	1,88	1,38	2,47	6,41	0,49	1,32	0,29	2,31	0,16	5,64	25,91
Высокое	2,57	0,64	2,91	5,25	0,67	0,31	0,54	2,30	0,27	5,88	24,29
Ганцевичи	1,66	0,74	1,50	8,97	0,51	0,84	0,70	1,03	0,66	6,08	22,59
Гомель	1,32	0,61	1,05	2,74	0,52	0,47	0,70	0,38	0,11	5,77	13,25
Горки	1,06	2,50	1,28	6,19	0,37	0,90	0,20	1,60	1,00	5,64	24,90
Гродно	0,50	0,34	1,04	0,92	0,51	0,16	0,07	0,03	0,03	5,85	6,81
Езерище	0,86	2,30	0,67	5,75	0,43	0,60	0,50	1,60	0,50	5,62	21,90
Житковичи	4,22	4,93	4,66	5,00	0,31	4,27	1,16	4,09	0,37	5,89	50,34
Костюковичи	1,12	1,80	0,95	7,10	0,32	0,90	0,40	1,60	0,50	5,43	23,50
Лида	2,02	1,15	1,99	16,66	0,41	0,77	0,20	4,52	0,46	6,01	37,40
Минск	1,62	0,91	1,25	2,68	0,62	0,37	0,73	0,41	0,16	6,17	14,38
Мозырь	0,56	0,74	0,67	1,71	0,05	0,68	0,30	0,26	0,07	5,91	8,34
Нарочь	0,72	1,05	1,12	1,65	0,26	0,67	0,60	0,22	0,17	5,76	11,15
Октябрь	3,24	1,62	1,07	12,02	0,46	1,18	0,91	4,96	0,43	6,15	39,46
Пинск	0,80	0,30	0,72	0,67	0,35	0,11	0,14	0,09	0,06	5,67	6,39
Полоцк	0,81	2,90	0,76	7,27	0,42	1,70	0,60	1,60	0,50	6,30	28,60
Пружаны	1,60	3,04	1,76	2,44	0,52	1,83	0,77	1,58	0,10	5,94	24,59
Славгород	1,59	3,40	0,75	4,71	0,19	1,90	0,20	1,60	0,50	5,57	27,00

#### **4.4. Трансграничный перенос и атмосферные выпадения загрязняющих веществ**

##### **Модельные расчеты выпадений загрязняющих веществ в рамках Программы ЕМЕП**

Состояние воздушной среды на территории Беларуси во многом определяется поступлением загрязняющих веществ с трансграничным переносом. Величины трансграничных потоков загрязняющих веществ оцениваются Метеорологическими синтезирующими центрами (МСЦ) «Запад» (Норвегия) и «Восток» (Россия) в рамках Программы ЕМЕП.

По последним модельным расчетам МСЦ «Запад» (по состоянию на 2011 г.), годовой поток выпадений серы на территорию Беларуси составил 75,9 тыс.т, нитратного (окисленного) азота – 54,2 тыс.т, аммонийного (восстановленного) азота – 88,1 тыс.т. По сравнению с 2010 г. выпадения серы снизились на 33%, нитратного азота – на 23%, аммонийного азота – на 8%.

Преобладающие расчетные фоновые концентрации диоксида серы в атмосферном воздухе по состоянию на 2011 г. на западе и юге Беларуси составили 0,5–1,0 мкгS/м<sup>3</sup>, на севере и востоке – 0,3–0,5 мкгS/м<sup>3</sup>. Максимальные концентрации были характерны для Мозыря (4,0 мкгS/м<sup>3</sup>) и Новополоцка (3,3 мкгS/м<sup>3</sup>).

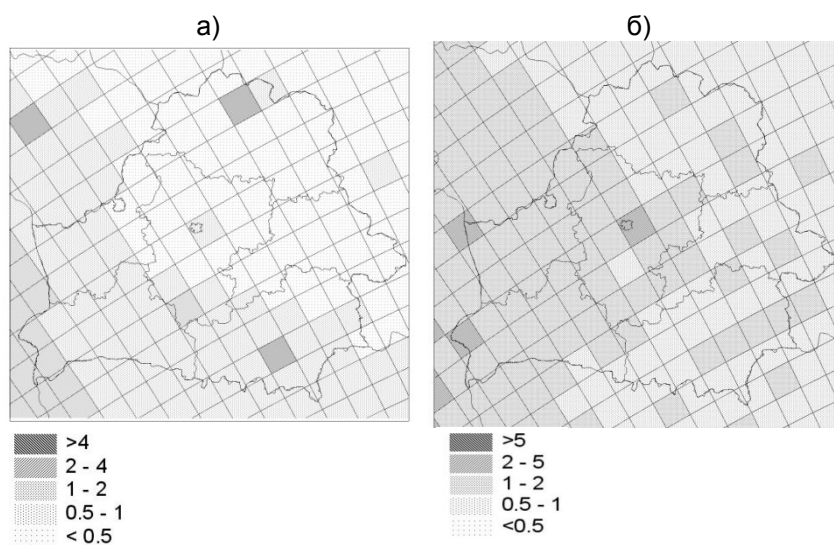
Расчетные фоновые концентрации диоксида азота в 2011 г. находились преимущественно в диапазоне 1,0–1,3 мкгN/м<sup>3</sup> в западной части страны и 0,8–1,1 мкгN/м<sup>3</sup> в восточной при существенной мозаичности концентраций. Максимальные уровни концентраций были характерны для Минска – 3,7 мкгN/м<sup>3</sup>.

Преобладающие среднегодовые расчетные концентрации ТЧ10 от антропогенных источников в 2011 г. варьировали по территории страны преимущественно в диапазоне от 7 до 11 мкг/м<sup>3</sup> с возрастанием концентраций с северо-востока на юго-запад. Максимальная концентрация (12,3 мкг/м<sup>3</sup>) была характерна для Бреста.

Среднесуточные концентрации приземного озона на территории Беларуси в 2011 г. составляли от 28,4 (Минск) до 33,0 ppb (юг Наровлянского района). Максимальные из среднесуточных концентраций находились преимущественно в диапазоне 31–32 ppb. Величина показателя содержания приземного озона АОТ40f (суммарное аккумулированное за год/вегетационный период/дневное время содержание приземного озона выше 40 ppb) варьировала в диапазоне от 10380 (Россонский район) до

18223 ppb-ч (юг Наровлянского района). Величина показателя содержания озона SOMO35 (сумма за год максимальных за сутки 8-часовых скользящих средних концентраций озона, превышающих 35 ppb) – от 1737 (Верхнедвинск) до 2682 ppb-дней (юго-запад Брагинского района).

Основной пространственный тренд содержания большинства компонентов в атмосферном воздухе – возрастание с северо-востока на юго-запад (рис. 4.18 и 4.19).



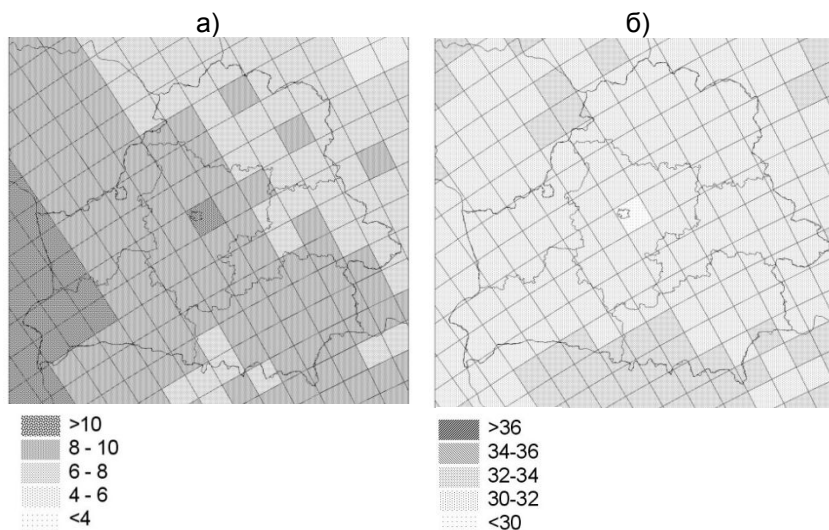
**Рис. 4.18. Среднее содержание диоксида серы (а) ( $\text{мкгS}/\text{м}^3$ ) и диоксида азота (б) ( $\text{мкгN}/\text{м}^3$ ) в атмосферном воздухе на территории Беларуси в 2011 г. (по данным Программы ЕМЕП)**

По оценкам МСЦ «Восток», годовой поток выпадений свинца от антропогенных источников на территорию Беларуси в 2011 г. составил 64,6 т, кадмия – 3,58 т, ртути – 0,57 т, бензо(а)пирена – 5,78 т, диоксинов/фуранов – 310,55 гЭТ. По сравнению с 2010 г., в 2011 г. выпадения свинца уменьшились на 2%, кадмия – на 3%, ртути – на 18%, бензо(а)пирена – на 16%, диоксинов/фуранов – на 17%.

По оценкам метеорологических синтезирующих центров ЕМЕП, доля трансграничной серы в выпадениях на территорию Беларуси в 2011 г. составила 83%, нитратного азота – 90%, аммонийного азота – 41%. 63% антропогенного свинца, 46% кадмия, 71% ртути, 84% бензо(а)пирена, 85% диоксинов/фуранов, выпав-



ших на территорию Беларуси в рассматриваемом году, также имели внешнее происхождение.



**Рис. 4.19. Среднее содержание ТЧ10 (а) (мкг/м<sup>3</sup>) и приземного озона (б) (ppb) в атмосферном воздухе на территории Беларуси в 2011 г. (по данным Программы ЕМЕП)**

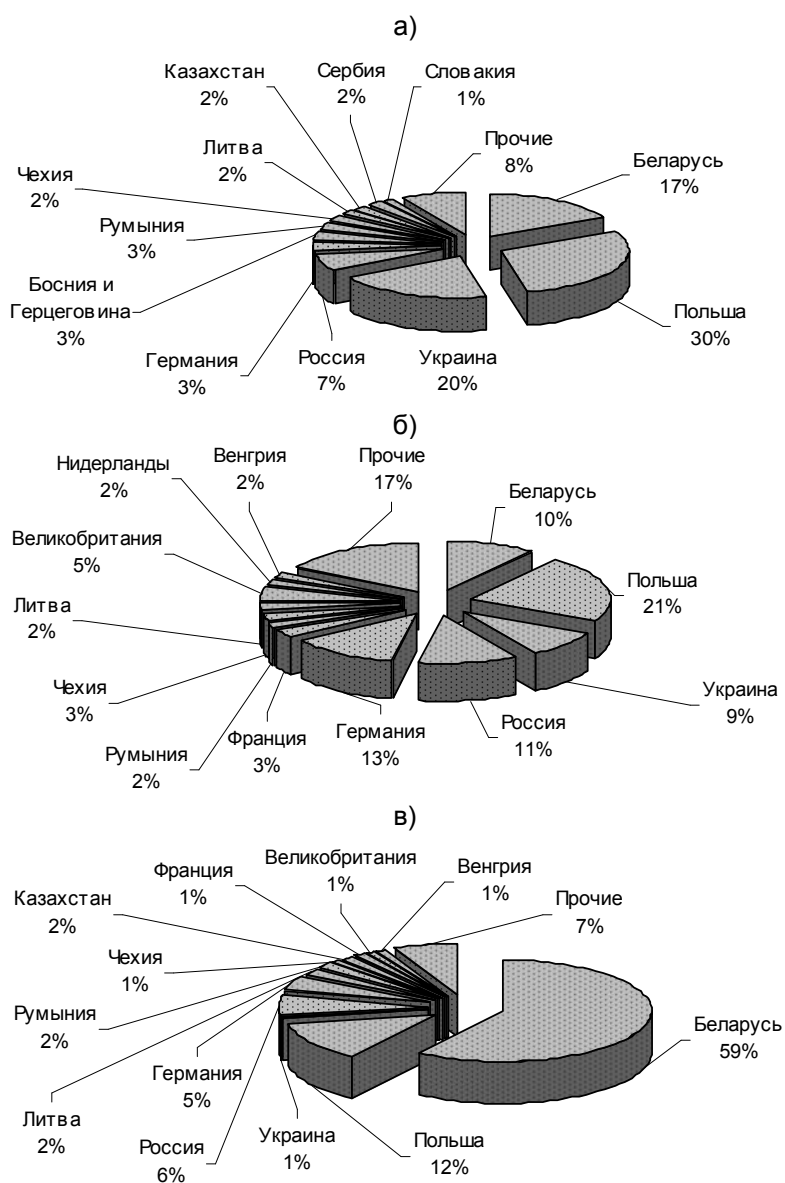
В поступлении на территорию Беларуси серы и нитратного азота, тяжелых металлов, бензо(а)пирена основной вклад принадлежит следующим странам (рис. 4.20):

– Польше: 29% серы, 22% нитратного азота, 12% аммонийного азота, 7% свинца, 1% кадмия, 11% ртути, 9% бензо(а)пирена, 33% диоксинов/фуранов;

– Украине: 19% серы, 9% нитратного азота, 1% аммонийного азота, 36% свинца, 30% кадмия, 31% ртути, 54% бензо(а)пирена, 27% диоксинов/фуранов;

– России: 7% серы, 11% нитратного азота, 6% аммонийного азота (от Европейской территории России), 4% кадмия, 0,4% свинца и ртути, 0,4% бензо(а)пирена, 7% диоксинов/фуранов;

– Румынии: 3% серы, 2% нитратного азота, 2% аммонийного азота, 1% свинца, 1% кадмия, 3% ртути, 3% бензо(а)пирена, 2% диоксинов/фуранов;



**Рис. 4.20. Источники выпадения серы (а), нитратного (б) и аммонийного (в) азота на территорию Беларуси в 2011 г. (по данным Программы ЕМЕП)**

– Германии: 13% окисленного азота, 5% восстановленного азота, 3% окисленной серы, 3% свинца, 2% кадмия, 5% ртути, 2% бензо(а)пирена, 1% диоксинов/фуранов.

Аммонийный азот имеет в основном местное происхождение. Соседние страны являются также источниками выбросов оксидов азота и НМЛОС, которые являются предшественниками приземного озона, внося основной вклад в АОТ40f и SOMO35 на территории Беларуси.

В свою очередь, 56% серы, 85% азота нитратного и 55% азота аммонийного от источников на территории Беларуси в 2011 г. выпало за пределами страны.

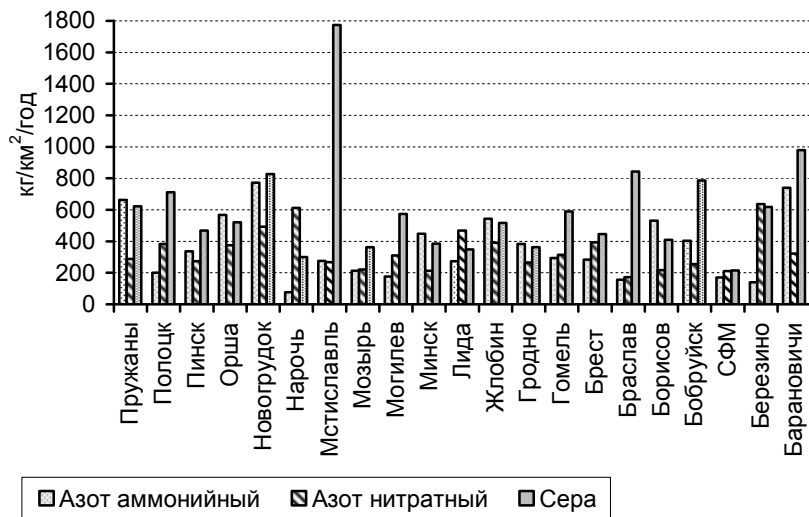
#### ***Выпадения загрязняющих веществ по данным Национальной системы мониторинга окружающей среды***

Кроме модельных расчетов переноса и осаждения загрязняющих веществ в рамках Программы ЕМЕП, информацию о выпадениях серы и азота на территории Беларуси позволяют получить данные сети мониторинга химического состава атмосферных осадков в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС). Интенсивность атмосферных выпадений серы и азота рассчитывалась по станциям как функция средней годовой концентрации компонента и годового количества осадков.

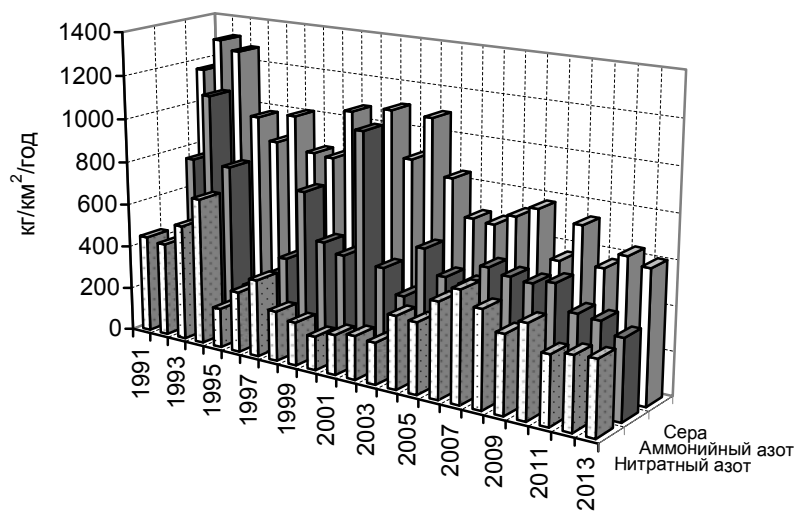
Интенсивность выпадений серы, рассчитанная таким образом, в 2013 г. варьировала от 214,0 (Березинский заповедник) до 1774,0 кг/км<sup>2</sup>/год (Мстиславль) при среднем значении 602,6 кг/км<sup>2</sup>/год (рис. 4.21). Интенсивность выпадений азота нитратного изменялась от 173,0 (Браслав) до 636,7 кг/км<sup>2</sup>/год (Березино) при среднем значении 337,4 кг/км<sup>2</sup>/год. Интенсивность выпадений азота аммонийного составляла от 139,2 (Березино) до 771,4 кг/км<sup>2</sup>/год (Новогрудок) при среднем уровне 364,1 кг/км<sup>2</sup>/год.

В 2013 г. по сравнению с 2012 г. средние выпадения серы уменьшились на 9%, азота нитратного – практически не изменились, азота аммонийного – уменьшились на 18% (рис. 4.22).

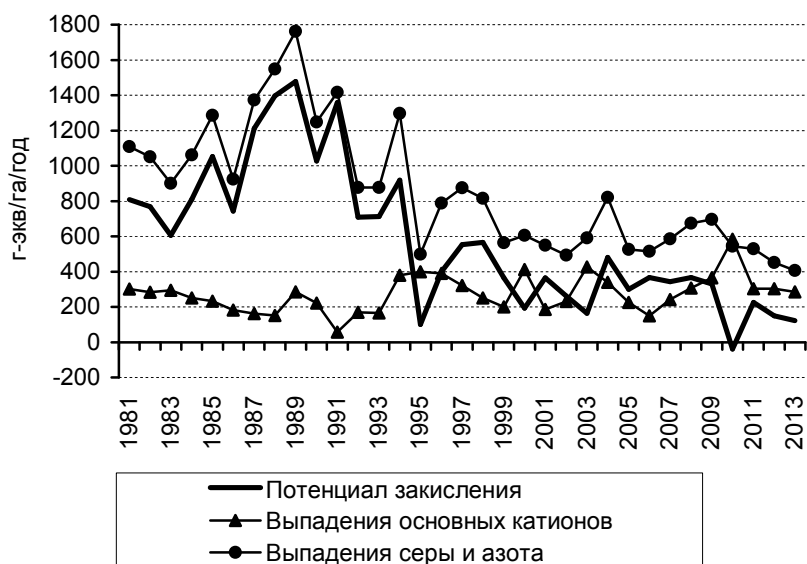
Для оценки потенциального экологического эффекта атмосферных выпадений на фоновые территории по данным СФМ Березинский заповедник рассчитаны выпадения основных закисляющих соединений (серы и азота) и физиологически активных основных катионов (кальция, магния и калия) в эквивалентной форме (рис. 4.23). Разность поступления этих групп соединений характеризует потенциал закисления окружающей среды.



**Рис. 4.21. Средняя интенсивность атмосферных выпадений соединений серы и азота на территории Беларуси в 2013 г. (по данным НСМОС)**



**Рис. 4.22. Динамика средней интенсивности атмосферных выпадений соединений серы и азота на территории Беларуси в 1991–2013 гг.**



**Рис. 4.23.** Динамика потенциала закисления природной среды, обусловленного атмосферными осадками, в 1981–2013 гг. (по данным СФМ Березинский заповедник)

Как показывает рисунок 4.23, для первой половины 1990-х годов хорошо выражен нисходящий тренд потенциала закисления, что связано, в первую очередь, с сокращением поступления основных закисляющих соединений в окружающую среду. В последующие годы (до 2009 г.) потенциал закисления не имел выраженного тренда, однако в 2010 г. наблюдается его резкое снижение вследствие роста выпадений основных катионов при сокращении поступления закисляющих соединений – в 2010 г. потенциал закисления впервые за период наблюдений принял отрицательное значение, а рН атмосферных осадков увеличилась до 6,0.

В 2011 г. потенциал закисления повысился по сравнению с 2010 г. и составил 226,2 г-экв/га/год, а средний показатель рН атмосферных осадков уменьшился до 5,8. В 2012 г. потенциал закисления вновь уменьшился до 148,4 г-экв./га/год при незначительно снижении рН осадков (до 5,7). Данная тенденция продолжилась и в 2013 г. – потенциал закисления уменьшился до 121,6 г-экв/га/год, несмотря на уменьшение рН атмосферных осадков до 5,3.

#### **4.5. Годовой режим атмосферного озона и уровня приземного ультрафиолетового излучения**

В 2013 г. в ряде пунктов наблюдения на территории Беларуси проводились регулярные измерения общего содержания озона (ОСО), концентраций приземного (тропосферного) озона, а также уровней и спектров приземного солнечного ультрафиолетового (УФ) излучения. В течение ряда лет аналогичные исследования проводятся в районах базирования сезонных Белорусских антарктических экспедиций (БАЭ).

##### **Общее содержание озона (ОСО)**

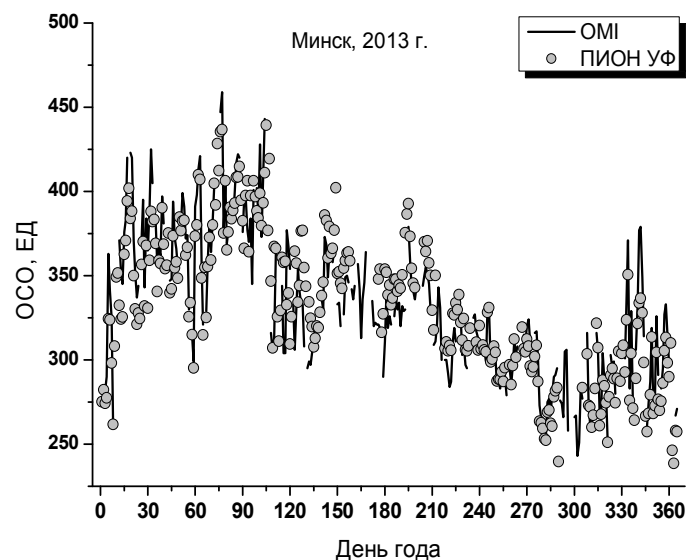
Основной (базовый) мониторинг ОСО в 2013 г. проводился на Минской озонметрической станции (Минск 27.47E, 53.83N) с помощью ультрафиолетового спектрометра ПИОН-УФ, разработанного в Национальном научно-исследовательском центре мониторинга озоносферы Белорусского государственного университета (ННИЦ МО БГУ) и предназначенного для измерения спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО) в диапазоне 285–450 нм.

Дополнительный (параллельный) мониторинг ОСО осуществлялся экземплярами модернизированного в ННИЦ МО БГУ фильтрового озонметра M-124M, реализующего методики измерений «по прямому солнцу» (Direct-Sun) и «из зенита неба» (Zenith-Sky), а также узкополосным фильтровым фотометром ПИОН-Ф, позволяющим проводить измерения ОСО по отношению интегральных освещенностей земной поверхности в двух спектральных интервалах.

В 2013 г. мониторинг ОСО в атмосфере над территорией Беларуси проводился также на метеорологических площадках в г. Гомеле и на биостанции БГУ на оз. Нарочь.

Результаты измерения среднедневных значений ОСО на Минской озонметрической станции в сравнении с данными спутниковых измерений (ОМІ) представлены на рисунке 4.24. Среднеквадратическое отклонение данных наземных измерений от данных орбитальной системы ОМІ составляет ~4%.

Особенностью весеннего периода 2013 г. стало полное отсутствие положительных аномалий ОСО и фактически одна отрицательная озонная аномалия, продолжавшаяся несколько дней и сильно понизившая величину среднемесячного значения ОСО в мае.

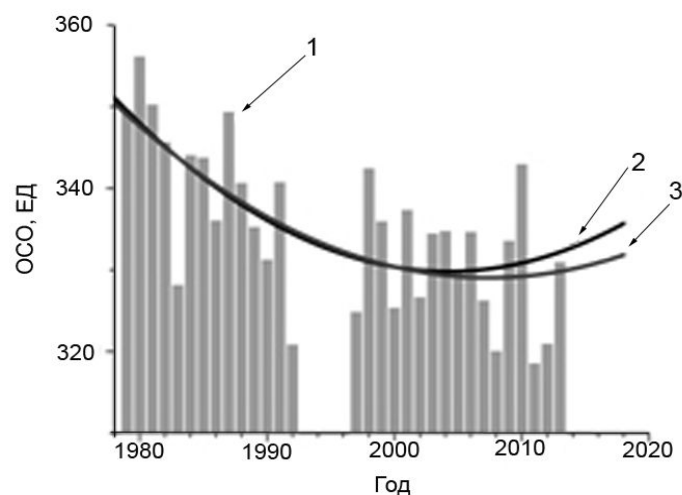


**Рис. 4.24.** Сопоставление результатов спутниковых (ОМІ) и наземных (ПИОН-УФ) измерений ОСО в атмосфере над г.Минском в 2013 г.

Максимальное среднедневное значение ОСО наблюдалось 18 марта и составило по данным ОМІ 459 ЕД, по данным наземных измерений – 437 ЕД. Этому же месяцу соответствует и максимальное среднемесячное значение ОСО.

Выполненный в 2011 г. расчет климатической нормы ОСО с учетом его многолетнего тренда указывает на начало восстановления озонового слоя над Беларусью после 2005 г. Между тем, результаты наблюдений в 2011 и 2012 г. оказались заметно меньше ожидаемых и лишь в 2013 г. ОСО приблизилось к своим прогнозным значениям. В связи с этим возникают вопросы об адекватности модельных прогнозов состояния озоносферы.

Накопленные за 2012–2013 гг. данные позволяют уточнить климатическую норму ОСО, ее многолетний тренд и оценить качество сделанного ранее прогноза. Такая работа была проведена в конце 2013 г. На рисунке 4.25 представлены графики тренда ОСО, определенного на основании наблюдений в 1979–2011 гг. и пересчитанного с учетом данных последних лет. Там же показаны среднегодовые значения результатов измерений ОСО над территорией Беларуси.



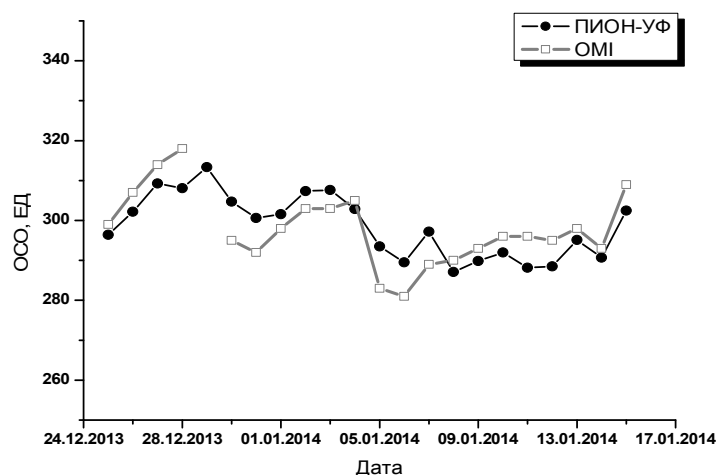
**Рис. 4.25.** Среднегодовые значения ОСО по данным спутниковых наблюдений над г.Минском (1) и многолетние тренды, определенные на основании данных за период 1979–2011 гг. (2) и 1979–2013 гг. (3)

Как видно из рисунка 4.25, учет данных 2012–2013 гг. привел к несколько менее оптимистичному прогнозу восстановления озонового слоя. Так, если ранее минимум тренда ОСО приходился на 2005 г., то с учетом новых данных он сместился на более позднее время – 2008 г. Соответственно менее интенсивным оказывается и ожидаемый в будущем рост ОСО.

В соответствии с принятой в Беларуси государственной целевой программой «Мониторинг полярных районов Земли и обеспечение деятельности арктических и антарктических экспедиций на 2011–2015 годы» в 2013 г. мониторинг ОСО проводился в районах базирования сезонных 5-й и 6-й Белорусских антарктических экспедиций (БАЭ-5 и БАЭ-6). На рисунке 4.26 представлены результаты измерений среднедневных значений ОСО в районе базирования БАЭ-6 (2013–2014 гг.) на Российской антарктической станции «Прогресс».

В течение последних более чем 20 лет в Южном полушарии ежегодно наблюдается такое явление, как озоновая дыра. Ранней весной (конец августа–сентябрь) над Антарктидой начинает формироваться обширная область с малым содержанием озона, которая существует 1–1,5 месяца и исчезает (т.е. содержание озона в ней восстанавливается) в конце весны (конец октября–ноябрь).





**Рис. 4.26. Результаты измерения ОСО спектрометрией ПИОН-УФ-II в атмосфере на ст. «Прогресс», Антарктида в конце 2013–начале 2014 г.; для сравнения приведены данные орбитальной системы ОМІ**

Существование данного явления обусловлено особенностями циркуляции атмосферы над Антарктидой в зимнее и весеннее время и наличием на высотах стратосферы веществ антропогенного происхождения – хлорфторуглеродов (ХФУ).

В начале весны 2013 г. над Антарктидой в очередной раз была зафиксирована озоновая дыра. Согласно спутниковым данным, ее площадь достигла максимума (24,0 млн км<sup>2</sup>) 16 сентября.

Размеры области с дефицитом озона в 2013 г. были больше, чем в 2010 и 2012 г., но меньше чем в 2011 г. Дефицит массы озона, усредненный за последнюю декаду сентября, в 2013 г. составил 19,59 мегатонн, что больше, чем в 2010 и 2012 г., но меньше, чем в 2011 г.

Иногда условия для уничтожения озона, подобные тем, которые формируются над Антарктидой, возникают и в Арктике. Над Северным полюсом также формируется стратосферный полярный вихрь, в котором воздух может охлаждаться до температур, достаточно низких для формирования стратосферных полярных облаков.

В Северном полушарии полярный вихрь более подвижен и менее стабилен, чем в Южном. Поэтому весенние озоновые дыры над Северным полюсом наблюдаются реже. Наибольшие потери озона в полярной области северного полушария наблюдались в

феврале–апреле 2011 г. Весной 2013 г. распределение полей озона над Арктикой было близко к многолетним средним значениям.

### **Приземный озон**

Приземный озон, в отличие от стратосферного озона, который защищает живые организмы на Земле от вредного воздействия солнечного ультрафиолетового излучения, относится к загрязнителям атмосферы первого класса опасности, поскольку, являясь сильным окислителем, отрицательно влияет на здоровье человека и животных, на состояние и развитие лесных растений и сельскохозяйственных культур.

Концентрации приземного озона в крупных городах могут достигать значений, в десятки раз превышающих естественный уровень и достаточных для ощутимого негативного влияния на живые организмы.

Мониторинг концентраций приземного озона в Беларуси начал в 2004 г. и регулярно проводится на озонометрической станции ННИЦ МО БГУ с использованием оптического трассового измерителя озона ТриО-1.

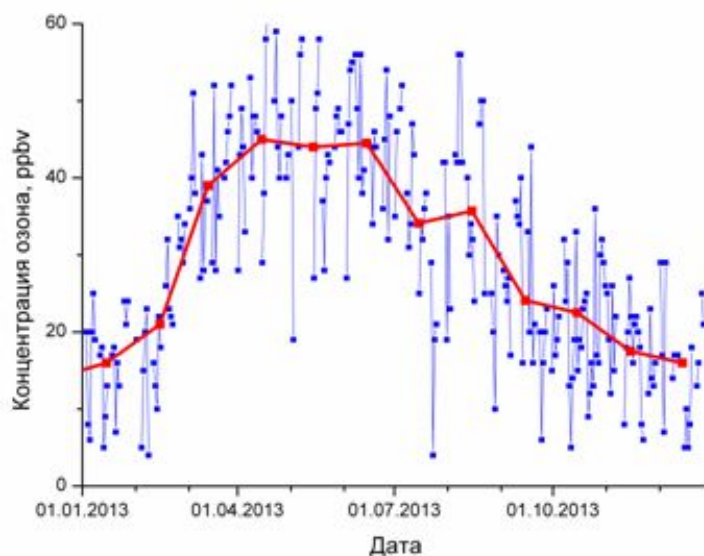
Кроме озонометрической станции ННИЦ МО, расположенной на территории филиала БГУ (ул.Курчатова, 7), в настоящее время в г.Минске действуют еще 4 пункта наблюдений в рамках НСМОС, ведущие измерения концентраций приземного озона, оксидов углерода и азота, диоксида серы, летучих органических соединений (бензола, толуола, ксилола) и аэрозольных частиц.

На рисунке 4.27 представлены результаты проведенных в ННИЦ МО БГУ измерений концентрации приземного озона в полуденное время суток в 2013 г. Показаны также соответствующие среднемесячные значения. Весенний озонный максимум в 2013 г. пришелся на апрель, а летний максимум выражен весьма слабо.

Ввиду важной роли такого параметра, как климатическая норма, в анализе вариаций и долговременных изменений концентрации приземного озона, а также в прогнозе его поведения в будущем в ННИЦ МО БГУ проведены работы по оценке климатической нормы приземного озона для г.Минска.

Совокупность исходных данных, использованных для расчета нормы, включает в себя результаты измерений (2004–2013 гг.) на озонометрической станции ННИЦ МО БГУ в местный полдень (10.00 Greenwich Mean Time) прибором ТриО-1 и результаты менее регулярных измерений прибором ТЕІ-49С, охватывающих, однако, более длительные промежутки времени; иногда непрерыв-

ные измерения велись в течение нескольких суток. В расчет также включены результаты круглосуточных измерений на четырех пунктах НСМОС в г.Минске (2011–2013 гг.).

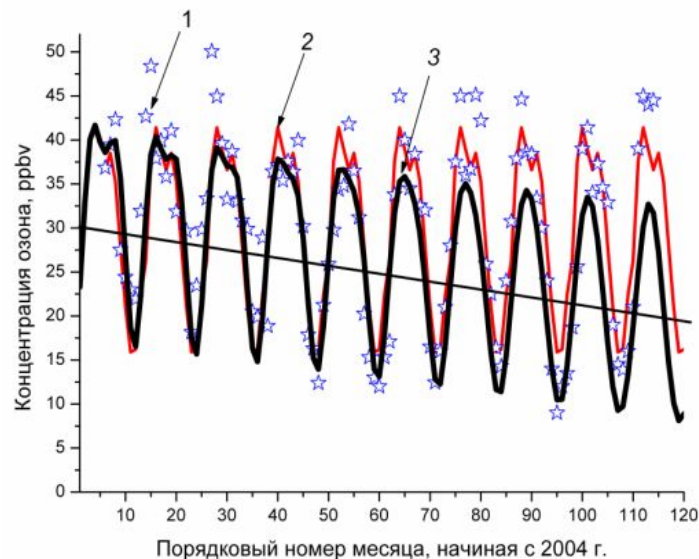


**Рис. 4.27.** Полуденные значения концентрации приземного озона, измеренные в 2013 г. в НИИЦ МО БГУ; показаны также среднемесячные значения концентрации приземного озона

В качестве дополнительных использованы данные литовской станции Прейла (LT15 по классификации ЕМЕР) за 2000–2010 гг., показывающие весьма близкие к минским результаты наблюдений.

Рисунок 4.28 демонстрирует отличие климатической нормы приземного озона для г.Минска, рассчитанной на 10.00 GMT (местный полдень), от классического представления (многолетнее среднее полуденных значений концентрации).

Как видно из рисунка 4.28, в многолетнем среднем отчетливо проявляются весенний и летний максимумы, в то время как рассчитанная климатическая норма показывает наличие ярко выраженного летнего максимума только в начале периода наблюдений. Затем летний максимум становится менее заметным и исчезает к концу периода.



**Рис. 4.28.** Среднемесячные значения полуденных измерений концентрации приземного озона на станции НИИЦ МО БГУ в г.Минске за весь период наблюдений (1), многолетние среднемесячные значения полуденных концентраций (2) и климатическая норма полуденной концентрации приземного озона (3); прямой линией показан линейный тренд

Многолетний тренд (линейная аппроксимация) имеет отрицательный знак и отражает постепенное снижение полуденной концентрации приземного озона. Такое поведение нормы и ее динамика согласуются с наблюдениями и обусловлены климатическими изменениями и ростом уровня загрязнения атмосферного воздуха в городе.

Концентрация приземного озона подвержена сильным и быстрым изменениям. Во-первых, озон переносится с тропосферными воздушными массами. Поэтому его концентрация у поверхности земли оказывается зависимой не только от местных условий, но и от направления движения воздушных масс.

Во-вторых, на концентрацию приземного озона влияет целый ряд местных факторов: погодные условия (в дождливую погоду концентрация озона резко падает), загрязнение атмосферы антропогенными выбросами (в первую очередь, оксидами азота и летучими органическими соединениями), интенсивность вертикального

перемешивания атмосферы (в более высоких слоях тропосферы концентрация озона выше), скорость осаднения на подстилающую поверхность (снежный покров способствует более медленному стоку озона).

Под действием названных факторов концентрация приземного озона часто испытывает значительные по амплитуде случайные флуктуации даже в течение одних суток. В результате говорить о воспроизводимом суточном ходе приземного озона можно только в отношении усредненных за достаточно длительный период значений. Поэтому обычно относительная дисперсия отклонений наблюдаемых концентраций от рассчитанной климатической нормы оказывается достаточно высокой, а суточный ход нормы весьма редко совпадает с реальными результатами наблюдений. Рассчитанная норма приземного озона соответствует некоей средней погоде в данный период и среднему уровню загрязнения приземного воздуха, характерному для данного периода и данной местности.

Зимой наиболее низкие концентрации приземного озона фиксируются в дневное время, что может объясняться спецификой фотохимических процессов, приводящих в основном к разрушению озона в загрязненном городском воздухе, и заторможенной термической конвекцией вследствие характерных для зимнего периода температурных инверсий.

Весной, летом и осенью дневной максимум концентрации приземного озона четко выражен и приходится на послеполуденное время суток, что объясняется продолжающимся после полудня ростом температуры и вызванной этим интенсификацией вертикального перемешивания в пограничном слое атмосферы.

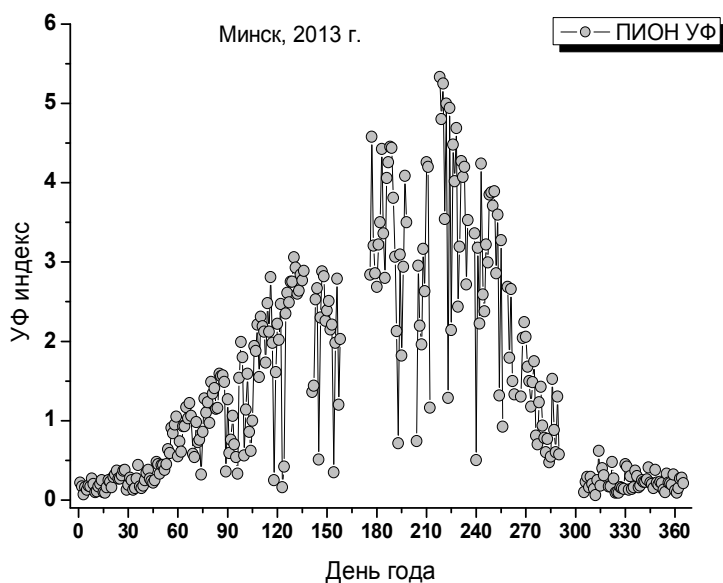
### ***Спектры и дозы биологически активного солнечного ультрафиолетового излучения***

В 2013 г. измерения спектров плотности энергетической освещенности (СПЭО) земной поверхности солнечным излучением в спектральном диапазоне 285–450 нм проводились с помощью ультрафиолетового спектрометра ПИОН-УФ и его полярной модификации ПИОН-УФ-II. Измерения производились в автоматическом режиме с восхода до захода солнца. При этом в течение светового дня регистрировалось от 100 спектров в зимние месяцы до 200 и более в летние.

По измеренным спектрам в соответствии с требованиями Всемирной метеорологической организации (ВМО) рассчитыва-

лись значения мощностей и суточных доз различных биоэффектов (эритемы, повреждения ДНК и т.п.), а также значения УФ-индекса.

На рисунке 4.29 показано распределение УФ индекса, полученное обработкой спектров, измеренных на Минской озонометрической станции НИИЦ МО БГУ в 2013 г.



**Рис. 4.29.** Экспериментальные значения УФ индекса, г.Минск, 2013 г.

Аналогичные измерения мощностей и доз биологического эффекта «эритема» и УФ индекса в 2013 г. проводились в Гомельском университете и на биостанции на оз.Нарочь с помощью фильтровых фотометров ПИОН-Ф, разработанных в НИИЦ МО БГУ специально для целей сетевого мониторинга УФ излучения.

Мониторинг СПЭО с помощью спектрометрического прибора ПИОН-УФ-II проводился также в районе базирования БАЭ-5 и БАЭ-6. На рисунке 4.30 приведены результаты измерения УФ индекса в районе базирования БАЭ-6 (Российская станция «Прогресс»).

Как видно из рисунка 4.30, значения УФ индекса в конце декабря 2013 г.—начале января 2014 г. в районе БАЭ превышали безопасный предел – 6, что требовало от участников БАЭ соблюдения дополнительных мер безопасности (особенно для глаз).

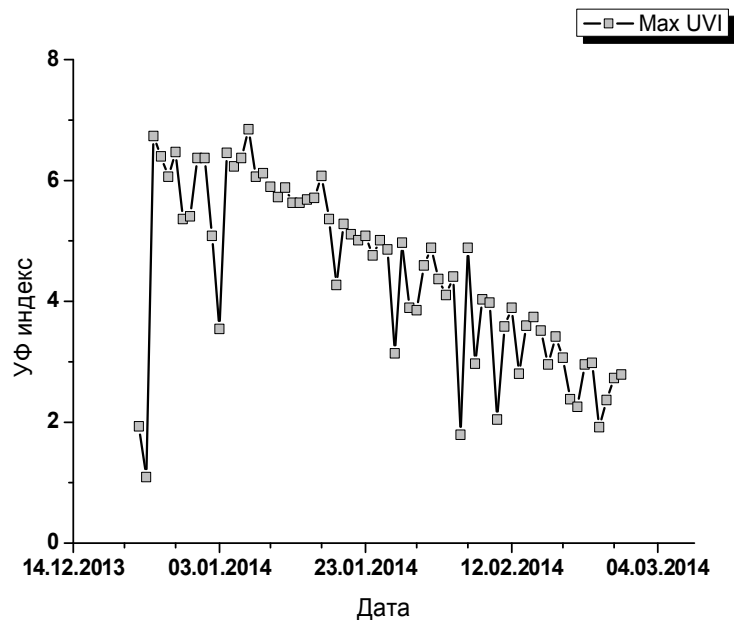


Рис. 4.30. Экспериментальные значения максимального УФ индекса, БАЭ-6 (конец 2013–начало 2014 г.) – ст. «Прогресс», Антарктида

#### 4.6. Радиационный мониторинг атмосферного воздуха

В 2013 г. на территории Беларуси функционировало 55 пунктов радиационного мониторинга по измерению мощности дозы гамма-излучения (МД). На 27 пунктах наблюдений, расположенных на всей территории страны, контролировались радиоактивные выпадения из приземного слоя атмосферы (отбор проб производился с помощью горизонтальных планшетов). Из них на 21 пункте пробы для определения суммарной бета-активности естественных атмосферных выпадений отбирались ежедневно, 6 пунктов работали в дежурном режиме – отбор проб на них производился один раз в 10 дней.

В семи городах – Браславе, Гомеле, Минске, Могилеве, Мозыре, Мстиславле, Пинске – производился отбор проб радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы с использованием фильтровентиляционных установок (ФВУ). В Могилеве и Минске

отбор проб проводился в дежурном режиме (один раз в 10 дней), на остальных пунктах, расположенных в зонах влияния атомных электростанций сопредельных государств – ежедневно.

Радиационная обстановка на территории Беларуси в 2013 г. оставалась стабильной: измерения мощности дозы гамма-излучения не выявили ни одного случая превышения над установившимися многолетними значениями.

Как и прежде, уровни мощности дозы, превышающие доаварийные значения, зарегистрированы в пунктах наблюдений городов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения – Брагине, Наровле, Хойниках, Чечерске, Славгороде.

Среднегодовые значения мощности дозы в 2013 г. составили: в Брагине – 0,51 мкЗв/ч, в Наровле – 0,47, в Хойниках – 0,24, в Чечерске и Славгороде – 0,20 мкЗв/ч.

В остальных пунктах наблюдений мощность дозы не превышала уровень естественного гамма-фона (до 0,20 мкЗв/ч).

Среднегодовые значения суммарной бета-активности проб радиоактивных выпадений из атмосферы составили: в Горках – 1,6 Бк/м<sup>2</sup>сут., в Могилеве – 1,5 Бк/м<sup>2</sup>сут., в Наровле, Хойниках, Брагине, Чечерске и Мозыре – 0,7 Бк/м<sup>2</sup>сут. Наибольшие среднемесячные уровни суммарной бета-активности зарегистрированы в ноябре 2013 г. в Могилеве (2,5 Бк/м<sup>2</sup>сут.) и Костюковичах (5,4 Бк/м<sup>2</sup>сут.), в сентябре в Мстиславле (2,1 Бк/м<sup>2</sup>сут.) и Славгороде (2,2 Бк/м<sup>2</sup>сут.), в марте в Горках (4,4 Бк/м<sup>2</sup>сут.).

Анализ результатов измерений суммарной бета-активности атмосферных аэрозолей в 2013 г. показывает, что наибольшие среднемесячные уровни наблюдались в декабре в Мозыре –  $22,2 \cdot 10^{-5}$  Бк/м<sup>3</sup>, в феврале в Минске –  $34 \cdot 10^{-5}$  Бк/м<sup>3</sup>, в марте в Могилеве –  $37 \cdot 10^{-5}$  Бк/м<sup>3</sup>, в октябре в Пинске –  $20,2 \cdot 10^{-5}$  Бк/м<sup>3</sup>.

В таблице 4.20 представлены среднемесячные значения суммарной бета-активности и содержания цезия-137 в пробах радиоактивных аэрозолей приземного слоя атмосферы за 2013 г.

В пробах радиоактивных аэрозолей и выпадений из атмосферы, отобранных в зонах влияния АЭС, расположенных на территориях сопредельных государств, не обнаружено «свежих» радиоактивных выпадений – короткоживущих радионуклидов, в первую очередь – йода-131. Уровни суммарной бета-активности и содержание цезия-137 в атмосферном воздухе соответствовали установившимся многолетним значениям.



Таблица 4.20

Среднемесячные значения суммарной бета-активности ( $\Sigma \beta$ ) и содержания цезия-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) в радиоактивных аэрозолях приземного слоя атмосферы в 2013 г.\*

Месяц	Мозырь		Браслав		Гомель		Минск		Могилев		Мстиславль		Пинск	
	$1 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$													
	$\Sigma \beta$	$^{137}\text{Cs}$	$\Sigma \beta$	$^{137}\text{Cs}$	$\Sigma \beta$	$^{137}\text{Cs}$	$\Sigma \beta$	$^{137}\text{Cs}$	$\Sigma \beta$	$^{137}\text{Cs}$	$\Sigma \beta$	$^{137}\text{Cs}$	$\Sigma \beta$	$^{137}\text{Cs}$
01	18,2	2,31	11,5	0,13	10,8	0,96	9,7	1,79	18,3	–	18,8	0,36	11,2	1,58
02	18,6	1,55	16,1	0,14	15,9	0,77	34,0	0,87	34,7	0,80	18,6	0,52	17,0	1,20
03	18,6	1,81	10,6	0,13	10,4	1,04	21,3	5,20	37,0	0,72	13,6	0,38	10,8	1,19
04	17,9	2,13	8,3	3,14	12,8	2,21	13,0	5,14	14,0	0,55	13,1	0,86	10,7	0,94
05	19,8	4,96	9,7	0,21	11,9	1,27	25,3	1,48	14,0	0,55	11,5	0,55	11,2	1,29
06	16,2	1,32	10,7	0,06	13,0	0,98	19,0	1,89	19,0	0,24	11,9	0,17	12,2	0,57
07	16,8	1,64	9,2	0,04	10,9	0,66	17,7	1,26	15,7	0,17	9,9	0,10	11,2	0,40
08	18,4	0,41	9,8	0,09	12,3	1,04	28,3	0,81	17,7	0,18	12,4	0,17	15,0	0,35
09	17,9	1,32	10,5	0,09	8,0	0,87	31,7	1,09	12,3	0,06	11,0	0,11	12,8	0,53
10	20,6	2,09	11,5	0,06	11,8	1,31	21,3	1,32	24,0	0,72	16,2	0,61	20,2	0,73
11	21,0	1,57	9,2	0,05	19,3	0,61	11,3	1,18	17,3	0,51	14,0	0,45	12,3	1,05
12	22,2	2,58	11,4	0,07	16,3	0,80	21,7	1,66	14,0	0,73	14,7	0,43	14,3	1,11
Средне-годовое	18,9	1,97	10,7	0,35	12,8	1,04	21,2	1,97	19,8	0,48	13,8	0,39	13,2	0,91

\*Контрольные уровни суммарной бета-активности, при превышении которых проводятся защитные мероприятия, составляют: для радиоактивных выпадений из атмосферы –  $110 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{сут.}$ ; для радиоактивных аэрозолей –  $3700 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$ .