

# 3

## глава

### КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И СОСТОЯНИЕ ОЗОНОВОГО СЛОЯ

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

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

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

### **Выбросы от стационарных источников**

В Беларуси по форме отчета № 1-ос (воздух) в 2008 г. отчиталось 2067 предприятий, что на 900 предприятий меньше, чем в 2007 г. Учтены выбросы от 130,5 тыс. источников, что на 15 тыс. меньше, чем в предыдущем году.

Общий объем выбросов от стационарных источников составил 396,1 тыс.т, в том числе от технологических, производственных и других процессов – 280,7 тыс.т (70,9%), от сжигания топлива – 115,4 тыс.т (29,1%).

**Отрасли экономики.** Основной объем выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников приходится на промышленность (включая энергетику) и жилищно-коммунальное хозяйство, вклад которых в общий объем выбросов составил 68 и 13% соответственно.

На промышленность пришлось более половины от общего количества выбросов по каждому из ингредиентов, за исключением углеводородов. Доля жилищно-коммунального хозяйства по углеводородам (без летучих органических соединений) составила 51,9%, оксиду углерода – 16,5, твердым веществам – 12,9, оксидам азота – 8, диоксиду серы – 6,4%. Вклад остальных отраслей в общий объем выбросов был незначительным и не превышал 5% практически по всем рассматриваемым ингредиентам. Исключение составили транспорт и связь – 26,0% (9,2 тыс.т) от суммарного количества выбросов углеводородов, 13,1% (11,6 тыс.т) от выбросов оксида углерода, 9,1% (4,3 тыс.т) от общего объема выбросов твердых веществ, а также строительство – 8,1% (3,8 тыс.т) от общего объема выбросов твердых веществ (табл. 3.1).

По сравнению с 2007 г. объем выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников по основным отраслям экономики снизился незначительно – на 3,0 тыс.т или менее чем на 1%. Максимальное снижение произошло в промышленности – на 16,5 тыс.т и в жилищно-коммунальном хозяйстве – на 7,6 тыс.т, что обусловлено снижением количества выбросов диоксида серы и оксидов азота от данных отраслей на 16,4 и 10,2 тыс.т соответственно. В то же время следует отметить увеличение выбросов от сельского хозяйства на 18,8 тыс.т, электроэнергетики – на 9,8 тыс.т, а также транспорта и связи – на 5,8 тыс.т.

**Города.** По количеству выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников по-прежнему выделяются Новополоцк (58,6 тыс.т) и Минск (37,4 тыс.т) (табл. 3.2). Более 10 тыс.т загрязняющих веществ в 2008 г. выброшено также в Но-

волукомле, Гомеле и Гродно. Еще в 15 городах объемы выбросов составили от 2,5 до 10,0 тыс.т.

**Таблица 3.1**

**Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу  
от стационарных источников по основным отраслям хозяйства  
Беларуси в 2008 г., тыс.т\***

| Отрасль экономики              | Твердые вещества | Оксид углерода | Диоксид серы | Оксиды азота | Углеводороды (без ЛОС) | НМЛОС**     | Прочие      | Всего        |
|--------------------------------|------------------|----------------|--------------|--------------|------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Промышленность                 | 26,3             | 53,4           | 56,7         | 51,4         | 5,3                    | 68,7        | 6,6         | 268,4        |
| в т.ч. электро-энергетика      | 0,3              | 8,7            | 13,8         | 28,2         | 0,1                    | 0,1         | 0           | 51,2         |
| Сельское хозяйство             | 5,2              | 3,3            | 0,7          | 1            | 2,3                    | 1,2         | 13,8        | 27,5         |
| Транспорт и связь              | 4,3              | 11,6           | 1,2          | 3,1          | 9,2                    | 3,2         | 0           | 32,6         |
| Строительство                  | 3,8              | 3,3            | 0,6          | 0,5          | 0,1                    | 0,4         | 0,1         | 8,8          |
| Жилищно-коммунальное хозяйство | 6,1              | 14,6           | 4,1          | 4,9          | 18,4                   | 0,7         | 2,1         | 50,9         |
| Другие отрасли                 | 1,7              | 2,3            | 0,7          | 0,5          | 0,1                    | 2,3         | 0,3         | 7,9          |
| <b>Всего</b>                   | <b>47,4</b>      | <b>88,5</b>    | <b>64</b>    | <b>61,4</b>  | <b>35,4</b>            | <b>76,5</b> | <b>22,9</b> | <b>396,1</b> |

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

По сравнению с предыдущим годом в большинстве городов страны объем выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников уменьшился. Максимальное снижение имело место в Новополоцке – на 21,2 тыс.т. В Речице оно составило 1,5 тыс.т. Уменьшение объема выбросов в этих городах произошло за счет снижения выбросов диоксида серы и оксида углерода. Следует отметить увеличение выбросов в г.Новолукомле (на 4,6 тыс.т) за счет увеличения выбросов диоксида серы.

### **Выбросы от мобильных источников**

Как известно, важнейшим источником загрязнения воздушной среды является транспорт, в первую очередь автомобильный.

**Таблица 3.2**

**Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в городах Беларуси в 2008 г., тыс.т\***

| Область, город    | Твердые вещества | Оксид углерода | Диоксид серы | Оксиды азота | Углекислоты (без ЛОС) | НМЛОС | Прочие | Всего |
|-------------------|------------------|----------------|--------------|--------------|-----------------------|-------|--------|-------|
| Брестская обл.    | 5,6              | 7,2            | 2,0          | 5,4          | 4,1                   | 2,2   | 0,9    | 27,4  |
| в т.ч. Белоозерск | 0,02             | 0,6            | 0,1          | 2,1          | 0,03                  | 0,01  | 0,04   | 2,9   |
| Брест             | 0,4              | 0,8            | 0,2          | 0,5          | 0,7                   | 0,4   | 0,2    | 3,2   |
| Пинск             | 0,3              | 0,6            | 0,4          | 0,5          | 0,2                   | 0,4   | 0,1    | 2,5   |
| Барановичи        | 0,5              | 0,4            | 0,05         | 0,3          | 0,3                   | 0,4   | 0,05   | 2,0   |
| Витебская обл.    | 8,2              | 16,6           | 25,2         | 17,2         | 2,7                   | 36,2  | 3,6    | 109,7 |
| в т.ч. Новополоцк | 0,2              | 3,2            | 18,4         | 3,5          | 0,1                   | 32,9  | 0,3    | 58,6  |
| Новолукомль       | 1,2              | 3,2            | 4,8          | 10,4         | 0,1                   | 0,03  | 0,07   | 19,8  |
| Витебск           | 1,1              | 1,0            | 0,2          | 0,9          | 0,2                   | 1,0   | —      | 4,4   |
| Орша              | 0,3              | 3,1            | 0,3          | 0,7          | 0,5                   | 0,1   | 0,0    | 5,0   |
| Полоцк            | 0,5              | 0,4            | 0,1          | 0,4          | 0,02                  | 0,5   | —      | 1,9   |
| Гомельская обл.   | 6,4              | 14,8           | 22,4         | 12,1         | 4,9                   | 20,3  | 5,5    | 86,4  |
| в т.ч. Гомель     | 1,7              | 2,3            | 3,0          | 3,9          | 0,6                   | 1,8   | 0,3    | 13,6  |
| Жлобин            | 0,7              | 3,6            | 0,3          | 0,8          | 0,001                 | 0,1   | —      | 5,5   |
| Светлогорск       | 0,3              | 0,8            | 0,6          | 0,7          | 0,1                   | 1,4   | 0,8    | 4,7   |
| Речица            | 0,2              | 0,5            | 0,004        | 0,7          | 0,1                   | 1,7   | —      | 3,2   |
| Мозырь            | 0,1              | 0,4            | 0,5          | 0,2          | 0,1                   | 0,1   | 0,1    | 1,5   |
| Гродненская обл.  | 6,5              | 11,1           | 1,0          | 7,4          | 4,3                   | 3,6   | 5,5    | 39,4  |
| в т.ч. Гродно     | 1,6              | 3,4            | 0,5          | 3,1          | 0,1                   | 2,0   | 1,7    | 12,4  |
| Минская обл.      | 10,2             | 17,0           | 6,9          | 8,2          | 6,3                   | 3,6   | 4,1    | 56,4  |
| в т.ч. Солигорск  | 1,6              | 1,1            | 1,9          | 0,7          | 0,5                   | 0,1   | 0,2    | 6,1   |
| Борисов           | 0,5              | 0,8            | 0,4          | 0,4          | 0,6                   | 0,4   | 0,1    | 3,2   |
| Слуцк             | 0,4              | 1,8            | 0,2          | 0,3          | 0,7                   | 0,1   | 0,4    | 3,9   |
| г.Минск           | 3,4              | 13,1           | 4,6          | 5,2          | 4,8                   | 5,5   | 0,8    | 37,4  |
| Могилевская обл.  | 7,2              | 8,6            | 1,9          | 5,9          | 8,2                   | 5,1   | 2,4    | 39,3  |
| в т.ч. Бобруйск   | 0,8              | 1,7            | 0,9          | 2,1          | 0,6                   | 2,4   | 0,1    | 8,6   |
| Могилев           | 0,9              | 1,6            | 0,2          | 1,6          | 0,04                  | 1,7   | 1,16   | 7,2   |
| Костюковичи       | 1,0              | 0,9            | 0,1          | 0,5          | 0,1                   | 0,003 | —      | 2,6   |
| Кричев            | 1,4              | 0,6            | 0,1          | 0,1          | 0,3                   | 0,1   | —      | 2,6   |

\* Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь.

К основным веществам, содержащимся в выбросах транспорта, относятся оксид углерода, оксиды азота, твердые вещества (сажа) и летучие органические соединения (ЛОС). В составе ЛОС содержатся многие опасные соединения, включая бензол, 1,3-

бутадиен, формальдегид и другие. Атмосферный воздух загрязняют не только выхлопные газы. Определенный вклад вносит также износ шин, тормозов, деталей двигателя и испарение топлива.

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

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

В 2008 г. валовые выбросы от мобильных источников составили 1200,6 тыс.т, в том числе оксида углерода 815,2 тыс.т, углеводородов – 229,2 тыс.т (табл. 3.3).

**Таблица 3.3**

**Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от мобильных источников на территории Беларуси в 2008 г., тыс.т\***

| Область             | Твердые вещества | Оксид углерода | Диоксид серы | Оксиды азота | Углеводороды | Бенз(а)пирен** | Всего  |
|---------------------|------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|----------------|--------|
| Брестская           | 6,1              | 121,2          | 0,2          | 18,2         | 35,1         | 0,155          | 180,8  |
| Витебская           | 5,0              | 95,7           | 0,2          | 14,6         | 28,0         | 0,125          | 143,5  |
| Гомельская          | 5,4              | 111,8          | 0,2          | 16,3         | 31,8         | 0,14           | 165,5  |
| Гродненская         | 5,4              | 104,2          | 0,2          | 15,8         | 30,4         | 0,136          | 156,0  |
| Минская             | 6,8              | 156,2          | 0,3          | 21,3         | 42,8         | 0,185          | 227,4  |
| г.Минск             | 5,9              | 145,8          | 0,4          | 19,0         | 38,9         | 0,165          | 210,0  |
| Могилевская         | 3,6              | 80,3           | 0,1          | 11,2         | 22,2         | 0,095          | 117,4  |
| Республика Беларусь | 38,2             | 815,2          | 1,6          | 116,4        | 229,2        | 1,001          | 1200,6 |

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

С мобильными источниками связаны выбросы высокотоксичного бенз(а)пирена. В 2008 г. выброс данного соединения составил около 1 т. Выбросы свинца от автотранспорта отсутствуют, так как этилированный бензин в Беларуси не используется.

Максимальный объем выбросов от мобильных источников отмечен в Минской области (227,4 тыс.т) и г.Минске (210,0 тыс.т), минимальный – в Могилевской области (117,4 тыс.т).

По сравнению с 2007 г. общее количество выбросов загрязняющих веществ от мобильных источников увеличилось на 77,3 тыс.т. При этом выбросы оксида углерода увеличились на 46,7 тыс.т, углеводородов – на 16,8, оксидов азота – на 9,8 тыс.т. Выбросы сажи увеличились на 3,9 тыс.т, бенз(а)пирена – на 0,071 т.

В 2008 г. максимальное увеличение выбросов от мобильных источников по сравнению с предыдущим годом наблюдалось в Минской области – на 17,6 тыс.т. Далее идут г.Минск и Гомельская область – на 15,5 и 11,8 тыс.т соответственно. Наименьшее увеличение выбросов от мобильных источников – в Гродненской области – 5,7 тыс.т.

### **Валовые выбросы**

Валовые выбросы от стационарных и мобильных источников в 2008 г. составили 1596,6 тыс.т (75,28% от мобильных источников, 24,8% от стационарных) (табл. 3.4).

**Таблица 3.4**

**Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу  
от стационарных и мобильных источников на территории Беларуси  
в 2008 г., тыс.т**

| Область                | Твердые<br>вещества | Оксид<br>углерода | Диоксид<br>серы | Оксиды<br>азота | Углеводороды<br>с НМЛОС | Прочие | Всего  |
|------------------------|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|--------|--------|
| Брестская              | 11,7                | 128,4             | 2,2             | 23,6            | 41,4                    | 0,9    | 208,2  |
| Витебская              | 13,2                | 112,3             | 25,4            | 31,8            | 66,9                    | 3,6    | 253,2  |
| Гомельская             | 11,8                | 126,6             | 22,6            | 28,4            | 57,0                    | 5,5    | 251,9  |
| Гродненская            | 11,9                | 115,3             | 1,2             | 23,2            | 38,3                    | 5,5    | 195,4  |
| Минская                | 17,0                | 173,2             | 7,2             | 29,5            | 52,8                    | 4,1    | 283,8  |
| г.Минск                | 9,3                 | 158,9             | 5,0             | 24,2            | 49,2                    | 0,8    | 247,4  |
| Могилевская            | 10,8                | 88,9              | 2,0             | 17,1            | 35,5                    | 2,4    | 156,7  |
| Республика<br>Беларусь | 85,7                | 903,6             | 65,6            | 177,8           | 341,1                   | 22,8   | 1596,6 |

В составе валовых выбросов загрязняющих веществ в 2008 г. преобладал оксид углерода (56,6%). На долю углеводородов и НМЛОС пришлось 21,4%, оксидов азота – 11,1, твердых веществ – 5,4, диоксида серы – 4,1%. Большая часть выброшенных в атмосферу оксида углерода (90,2%), углеводородов и НМЛОС (67,2%), а также оксидов азота (65,5%) обусловлена работой мобильных источников. От стационарных источников эмиссии в атмосферу поступило 97,6% диоксида серы и 55,4% твердых веществ.

В 2008 г. по сравнению с 2007 г. валовые выбросы оксида углерода увеличились на 40,7 тыс.т, углеводородов – на 23,5, оксидов азота – на 9,5, твердых веществ – на 6,3 тыс.т, выбросы диоксида серы снизились на 16,6 тыс.т.

В Минске суммарный объем выбросов от стационарных и мобильных источников в 2008 г. составил 247,4 тыс.т. Из них 210,0 тыс.т или 84,9% обусловлены работой автотранспорта и других мобильных источников. На долю стационарных источников пришлось 37,4 тыс.т или 15,1% от суммарных выбросов.

### **Удельные выбросы**

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

В целом для Беларуси величина удельного валового выброса, рассчитанная на единицу площади, составила 7,69 т/км<sup>2</sup>, изменяясь в пределах страны от 5,4 т/км<sup>2</sup> (Могилевская область) до 13,2 т/км<sup>2</sup> (Минская область). Для остальных областей этот показатель находился в пределах 6,3–7,8 т/км<sup>2</sup>.

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

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

Высокие значения удельных выбросов на единицу площади по большинству рассматриваемых ингредиентов выявлены для Минской области. Так, по твердым веществам значение удельного выброса составило 0,7 т/км<sup>2</sup>, оксиду углерода – 8,3, оксидам азота – 1,3, углеводородам – 2,5 т/км<sup>2</sup>.

**Таблица 3.5**

**Удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу  
от стационарных и мобильных источников  
на территории Беларуси в 2008 г.**

| Удельный<br>показатель | Ингредиент      |                 |       |       |
|------------------------|-----------------|-----------------|-------|-------|
|                        | SO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | CO    | ТЧ*   |
| т/км <sup>2</sup>      | 0,32            | 0,86            | 4,35  | 0,41  |
| т/чел.                 | 0,007           | 0,018           | 0,093 | 0,009 |

\* ТЧ – твердые частицы.

В пересчете на душу населения удельный валовый выброс составил 0,16 т/чел. На уровне областей наиболее высокое значение данного показателя установлено для Витебской области (0,2 т/чел.), самое низкое – для Могилевской (0,14 т/чел.).

Удельные выбросы загрязняющих веществ по отдельным ингредиентам на душу населения в разрезе областей распределены следующим образом. Максимальный удельный выброс твердых веществ установлен для Минской, Витебской и Гродненской областей – 0,01 т/чел. По оксиду углерода наибольшие значения характерны для Гродненской и Минской областей – 0,1 т/чел. Гомельская и Витебская области отличаются максимальными значениями удельных выбросов диоксида серы – 0,02 т/чел. Наибольший удельный выброс оксидов азота наблюдался в Витебской области – 0,025 т/чел. Кроме того, значительный удельный выброс оксидов азота характерен для Гродненской и Минской областей – 0,020 т/чел.

#### **Дополнение данных статистической отчетности о выбросах**

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

На протяжении ряда лет в Институте природопользования НАН Беларуси осуществляется подготовка национальных данных о выбросах, которые требуются для выполнения обязательств по Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие рас-



стояния. Приоритетными являются данные о выбросах тяжелых металлов, стойких органических загрязнителей и аммиака, учитываемых государственной статистической отчетностью весьма неполно. Инвентаризация проводится на основе методологии и руководящих принципов подготовки национальных данных о выбросах в рамках Программы ЕМЕП.

Согласно требованиям Руководящих принципов предоставления данных о выбросах, количественные показатели предоставляются за год, предшествующий отчетному. Таким образом, в 2008 г. предоставляются данные за 2007 г. Дополнительно к данным статистической отчетности за 2007 г. установлены выбросы загрязняющих веществ от бытового и ряда других секторов, рассчитаны выбросы от автомобильного транспорта с использованием модели COPERT III, оценены выбросы тяжелых металлов, CO<sub>2</sub>, аммиака и твердых частиц фракционного состава 10 и 2,5 мкм (ТЧ10 и ТЧ2,5).

Результаты оценки выбросов **тяжелых металлов** по основным категориям источников с учетом статистических и расчетных данных приведены в таблице 3.6.

**Таблица 3.6**

**Выбросы тяжелых металлов в атмосферу  
на территории Беларуси в 2007 г., т**

| Категория источника  | As   | Cd   | Cr   | Cu    | Hg    | Ni    | Pb    | Zn     |
|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Энергетика общего пользования и производства тепла               | 0,08 | 0,23 | 0,03 | 0,17  | 0,04  | 15,43 | 2,79  | 10,25  |
| Сжигание топлива в обрабатывающей промышленности и строительстве | 0,64 | 1,4  | 1,24 | 1,62  | 0,68  | 21,23 | 32,2  | 15,47  |
| Сжигание топлива в жилом секторе                                 | 0,06 | 0,05 | 0,2  | 0,45  | 0,004 | 0,14  | 0,37  | 4,08   |
| Прочее стационарное сжигание топлива                             | 0,04 | 0,01 | 0,07 | 0,12  | 0,002 | 0,19  | 0,13  | 1,21   |
| Мобильные источники  | 0,0  | 0,03 | 0,16 | 0,98  | 0,0   | 1,63  | 3,26  | 0,33   |
| Химическая промышленность  | 0,4  | 0,02 | 0,71 | 0,08  | 0,0   | 0,36  | 0,05  | 24,13  |
| Производство металлов  | 0,24 | 0,79 | 7,13 | 8,88  | 0,02  | 1,09  | 19,94 | 275,46 |
| Сжигание отходов   | 0,0  | 0,02 | 0,01 | 0,03  | 0,0   | 0,003 | 0,2   | 0,38   |
| Прочие   | 0,0  | 0,03 | 0,19 | 0,15  | 0,003 | 0,06  | 0,1   | 0,08   |
| Всего  | 1,46 | 2,58 | 9,74 | 12,48 | 0,749 | 40,13 | 59,04 | 331,39 |

Согласно полученным данным, на территории Беларуси основным источником выбросов никеля в 2007 г. являлось сжигание топлива в обрабатывающей промышленности и строительстве, а также энергетика общего пользования и производства тепла – соответственно 53 и 38% от общего объема выбросов данного элемента. Наибольшие объемы выбросов меди, хрома и цинка характерны для производства металлов – соответственно 71%, 73 и 83%.

Выбросы кадмия и свинца на территории страны связаны с обрабатывающей промышленностью и строительством – соответственно 54 и 55%, а также с производством металлов – 31 и 34%.

Для выбросов мышьяка можно выделить три основные категории источников: обрабатывающая промышленность и строительство – 44%, химическая промышленность – 27, производство металлов – 16%.

Основным источником выбросов ртути является обрабатывающая промышленность и строительство – 91%. Вклад энергетики общего пользования и производства тепла составил 5%.

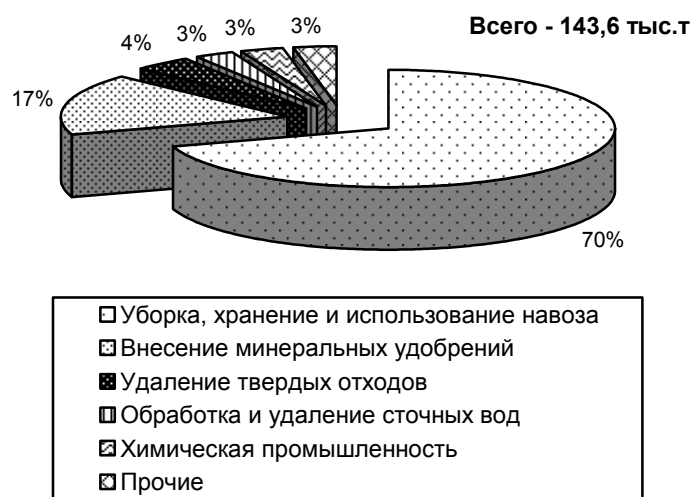
Выбросы тяжелых металлов в 2007 г. по сравнению с 2006 г. снизились на 10,1 т за счет снижения выбросов никеля на 27,8 т. В то же время выбросы остальных металлов увеличились. Максимальное увеличение наблюдалось для цинка – на 13,3 т. Выбросы никеля снизились за счет категории «энергетика общего пользования и производства тепла».

Статистические данные о выбросах загрязняющих веществ не учитывают многие из источников поступления в атмосферу **аммиака**, в первую очередь в сельском хозяйстве. Выполненные расчеты показали, что в 2007 г. выбросы аммиака составили 143,6 тыс.т. Основной вклад в его поступление в окружающую среду внесли процессы, связанные с уборкой, хранением и использованием навоза (70% от общей эмиссии). Следующим по значению источником аммиака явилось внесение азотных удобрений (17% от общего объема выбросов) (рис. 3.1).

В 2007 г. выбросы аммиака по сравнению с предыдущим годом снизились на 9,9 тыс.т.

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

В отчетах по форме № 1-ос (воздух) данные о выбросах СОЗ практически отсутствуют. В связи с этим, все оценки выбросов СОЗ получены расчетным путем. Выбросы диоксинов/фуранов оценены в граммах эквивалента токсичности (гЭТ).



**Рис. 3.1. Структура источников выбросов аммиака в атмосферу на территории Беларуси в 2007 г.**

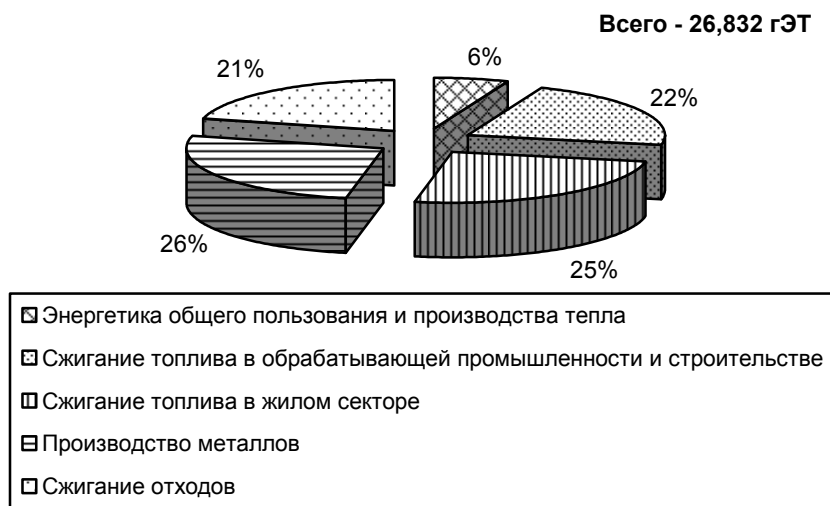
Общие выбросы диоксинов/фуранов в 2007 г. в Беларуси составили 26,8 гЭТ. Основные источники выбросов данных веществ показаны на рисунке 3.2. Наибольший вклад в выбросы диоксинов/фуранов внесло производство металлов (26% от общего объема выбросов), сжигание топлива в бытовом секторе (25%), сжигание топлива в обрабатывающей промышленности (22%) и энергетическое использование отходов (21%).

По сравнению с предыдущим годом в 2007 г. выбросы диоксинов/фуранов практически не изменились.

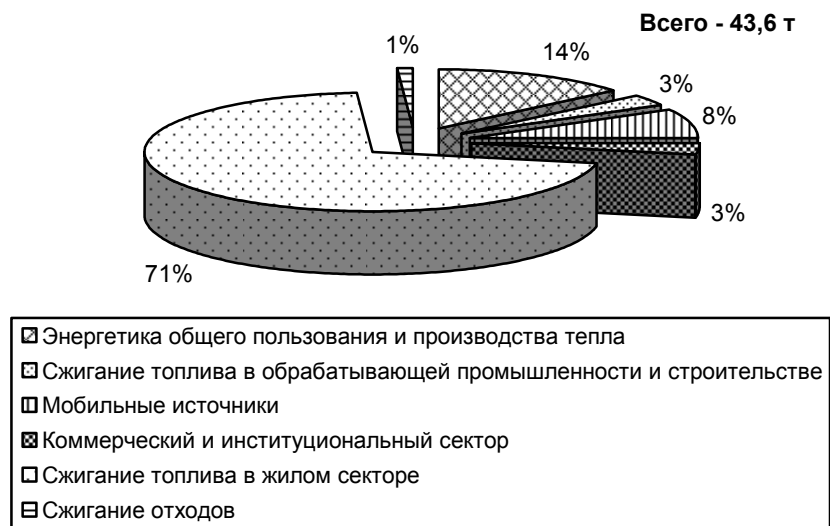
Суммарный выброс 4-х ПАУ в 2007 г. составил 43,7 т, в том числе бенз(а)пирена – 10,7 т, бензо(б)флуорантена – 21,3, бензо(к)флуорантена – 5,8, индено(1,2,3-с,д)пирена – 5,9 т.

Основным источником выбросов индикаторных ПАУ явились процессы сжигания в установках для жилого фонда (71%). Существенный вклад внесли также процессы сжигания топлива в энергетике (рис. 3.3).

Согласно выполненным расчетам, в 2007 г. выбросы твердых частиц (ТЧ) составили 86,3 тыс.т, из них выбросы частиц с диаметром менее 10 мкм (ТЧ10) – 39,17 тыс.т, а с диаметром менее 2,5 мкм (ТЧ2,5) – 27,22 тыс.т.



**Рис. 3.2. Структура выбросов диоксинов/фуранов в атмосферу на территории Беларуси в 2007 г.**



**Рис. 3.3. Структура выбросов 4-х индикаторных ПАУ в атмосферу на территории Беларуси в 2007 г.**

Наибольший вклад в 2007 г. в выбросы ТЧ в Беларуси внесла категория «обработка почв» – 14,1%, процессы производства промышленной продукции – 12,9, автомобильный транспорт – 12,3, процессы сжигания топлива в промышленности – 10,9%.

Структура выбросов ТЧ10 отличается от структуры выбросов общей пыли. Так, в выбросы ТЧ10 наибольший вклад вносят автомобильный транспорт и жилой сектор – соответственно 21 и 20%. На долю процессов сжигания топлива в промышленности приходится 16,3%, на процессы сжигания топлива в жилищно-коммунальном хозяйстве – 15% (рис. 3.4).

Структура выбросов ТЧ2,5 схожа со структурой выбросов ТЧ10. Следует отметить увеличение вклада жилого сектора в выбросы ТЧ2,5 до 26%.



**Рис. 3.4. Структура выбросов ТЧ10 в атмосферу на территории Беларуси в 2006 г.**

### **3.2. Качество атмосферного воздуха**

В 2008 г. мониторинг состояния атмосферного воздуха в Беларуси проводился в 18 промышленных городах, включая областные центры, а также Полоцк, Новополоцк, Оршу, Бобруйск, Мозырь, Речицу, Светлогорск, Пинск, Новогрудок, Жлобин, Лиду и Солигорск. Регулярными наблюдениями были охвачены территории, на которых проживает 81,3% населения крупных и средних городов страны. Дополнительно к программе мониторинговых наблюдений в течение отчетного года обследовано состояние воздушного бассейна г.Барановичи. Государственная сеть мониторинга включает в себя также стационарные наблюдения, проводимые Министерством здравоохранения Республики Беларусь в г.Могилеве (один пост).

В 2008 г. мониторинг атмосферного воздуха проводился на 61 станции: на 12 станциях в Минске, на 6 в Могилеве, на 5 в Гомеле и Витебске, на 4 в Бресте и Гродно, в остальных промышленных центрах – на 1–3 станциях.

Во всех городах определялись концентрации основных загрязняющих веществ (суммарные твердые частицы, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота), формальдегида, свинца и кадмия. Измерялись также концентрации приоритетных специфических загрязняющих веществ – аммиака, фенола, сероводорода, сероуглерода, бенз(а)пирена и летучих органических соединений, в том числе бензола. Кроме того, проводились регулярные наблюдения за концентрациями твердых частиц ТЧ10 в Минске, Могилеве, Жлобине и Гомеле.

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

В 9 городах продолжались работы по прогнозированию уровней загрязнения воздуха и регулированию выбросов в периоды с неблагоприятными метеоусловиями.

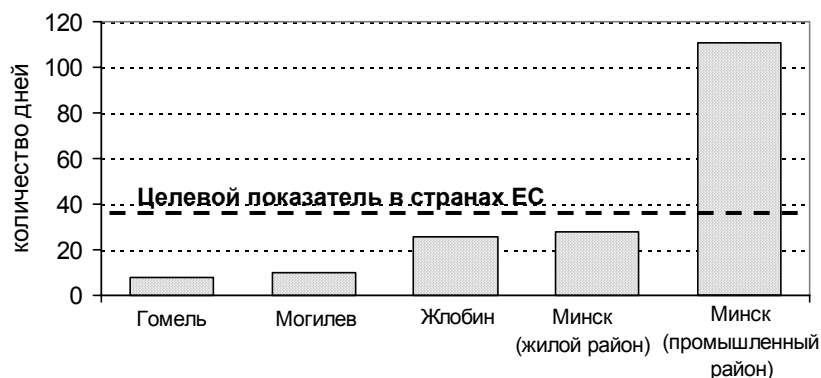
При оценке состояния атмосферного воздуха учитывались среднесуточные и максимально разовые предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ. Для станций с дискретным отбором проб средние за год значения сравнивались с ПДК среднесуточной (ПДК<sub>с.с.</sub>), а максимальные – с максимально разовой (ПДК<sub>м.р.</sub>). Средние за год концентрации твердых частиц

ТЧ10 и загрязняющих веществ, измеренных на автоматических станциях с непрерывным режимом работы, сравнивались с ПДК среднегодовыми.

Для оценки состояния атмосферного воздуха использовались такие показатели, как количество дней в году, в течение которых установлены превышения среднесуточных ПДК, а также повторяемость (доля) проб с концентрациями выше ПДК<sub>М.Р.</sub>

Анализ данных, полученных на сети мониторинга атмосферного воздуха в 2008 г., показал, что средние за год концентрации основных и специфических загрязняющих веществ в подавляющем большинстве контролируемых городов страны находятся ниже нормативов качества. Превышения среднесуточных ПДК суммарных твердых частиц, оксида углерода и диоксида азота зафиксированы только в отдельных городах. Сохранялся стабильно низким уровень загрязнения воздуха диоксидом серы.

Количество дней со среднесуточными концентрациями ТЧ10 выше ПДК в Гомеле, Могилеве, Жлобине и в жилом районе Минска было ниже целевого показателя, принятого в странах Европейского Союза (рис. 3.5).



**Рис. 3.5. Количество дней со среднесуточными концентрациями ТЧ10 выше ПДК в некоторых городах Беларуси в 2008 г.**

В течение года не зафиксировано высоких и экстремально высоких уровней загрязнения воздуха. Превышения максимально разовых ПДК отмечены только в 0,25% от общего количества проанализированных проб. Абсолютные значения максимальных концентраций были ниже, чем в предыдущие годы (табл. 3.7).

**Таблица 3.7**

**Доля проб с концентрациями загрязняющих веществ  
выше максимально разовых ПДК, %**

| Год  | 1ПДК<q <sub>м</sub> ≤2ПДК | 2ПДК<q <sub>м</sub> ≤3ПДК | 3ПДК<q <sub>м</sub> ≤4ПДК | 4ПДК<q <sub>м</sub> ≤5ПДК | q <sub>м</sub> >5ПДК |
|------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| 2006 | 89,7                      | 7,5                       | 1,7                       | 0,9                       | 0,2                  |
| 2007 | 81,3                      | 12,5                      | 4,2                       | 1,2                       | 0,8                  |
| 2008 | 88,0                      | 8,7                       | 2,7                       | 0,6                       | 0,0                  |

q<sub>м</sub> – максимальная из разовых концентраций.

По сравнению с 2007 г. количество «проблемных» районов в промышленных центрах Беларуси уменьшилось на 30%.

Вместе с тем, в Орше и отдельных районах Бреста, Витебска и Пинска в течение года в воздухе отмечалось повышенное содержание формальдегида, в Могилеве и Светлогорске – диоксида азота. В городах, расположенных в южной части страны (Гомель, Жлобин, Речица), в некоторых районах Пинска, Мозыря и Светлогорска существует проблема загрязнения воздуха суммарными твердыми частицами (табл. 3.8). В промышленном районе Минска количество дней со среднесуточными концентрациями ТЧ10 превышало целевой показатель более чем в 3 раза.

**Таблица 3.8**

**Перечень «проблемных» районов  
промышленных центров Беларуси в 2008 г.**

| Город   | Номер и адрес станции                    | Зона наблюдений | Характеристика нагрузки | Вещество, определяющее повышенный уровень загрязнения воздуха |
|---------|--|-----------------|-------------------------|---|
| Брест   | №1 (ул.Северная)                         | Жилая           | Эпизодически*           | Формальдегид  |
|         | №7 (ул.17 Сентября–ул.Интернациональная) | Автодорога      | Постоянно**             | Формальдегид  |
| Витебск | №4 (пр-т Людникова)                      | Смешанная***    | Эпизодически            | Формальдегид  |
|         | №5 (ул.Космонавтов)                      | Автодорога      | Эпизодически            | Формальдегид  |
| Гомель  | №14 (ул.Барыкина)                        | Смешанная       | Эпизодически            | Суммарные твердые частицы                                     |
| Жлобин  | №1 (микрорайон №3)                       | Смешанная       | Эпизодически            | Суммарные твердые частицы                                     |
|         | №2 (ул.Пригородная)                      | Смешанная       | Эпизодически            | Суммарные твердые частицы, ТЧ10                               |



Продолжение таблицы 3.8

| Город       | Номер и адрес станции        | Зона наблюдений | Характеристика нагрузки | Вещество, определяющее повышенный уровень загрязнения воздуха |
|-------------|------------------------------|-----------------|-------------------------|---|
| Минск       | №1 (пр-т Независимости, 110) | Жилая           | Эпизодически            | Диоксид азота, формальдегид, ТЧ10                             |
|             | №4 (ул. Тимирязева)          | Смешанная       | Эпизодически            | Формальдегид, оксид углерода                                  |
|             | №13 (ул. Радиальная)         | Промышленная    | Постоянно               | ТЧ10  |
| Могилев     | №4 (пер. Крупской)           | Смешанная       | Эпизодически            | Диоксид азота, оксид углерода                                 |
|             | №6 (ул. Островского)         | Автодорога      | Постоянно               | Диоксид азота   |
| Мозырь      | №2 (ул. Пролетарская)        | Автодорога      | Эпизодически            | Суммарные твердые частицы                                     |
| Орша        | №1 (ул. Молодежная)          | Смешанная       | Постоянно               | Формальдегид  |
|             | №2 (ул. К. Маркса)           | Смешанная       | Постоянно               | Формальдегид  |
|             | №3 (Привокзальная пл.)       | Автодорога      | Постоянно               | Формальдегид  |
| Пинск       | №2 (ул. Завальная)           | Автодорога      | Эпизодически            | Суммарные твердые частицы, формальдегид                       |
|             | №3 (ул. Центральная)         | Жилая           | Постоянно               | Формальдегид, суммарные твердые частицы                       |
| Речица      | №1 (ул. Молодежная)          | Смешанная       | Эпизодически            | Суммарные твердые частицы                                     |
| Светлогорск | №1 (мкр-н Первомайский)      | Смешанная       | Эпизодически            | Диоксид азота, суммарные твердые частицы                      |

\* Превышения нормативов качества были отмечены в отдельные месяцы. \*\* Превышения нормативов качества были отмечены в течение всего года. \*\*\* Станция расположена в зоне влияния выбросов как стационарных, так и мобильных источников.

В таблице 3.9 представлены средние и максимальные из разовых концентраций основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов в 2008 г.

**Суммарные твердые частицы.** Средние за год концентрации суммарных твердых частиц в Жлобине и Витебске составили 0,7 ПДК, в Гомеле, Гродно, Могилеве, Мозыре, Новогрудке, Лиде, Пинске и Светлогорске – 0,3–0,4 ПДК, в остальных контроли-

руемых городах – 0,1–0,2 ПДК. В годовом ходе увеличение уровня загрязнения воздуха суммарными твердыми частицами отмечено в конце марта–первой пятидневке апреля, июле–августе и первой декаде сентября. Основная причина – дефицит атмосферных осадков. В ряде городов рост концентраций суммарных твердых частиц зафиксирован в первой декаде января и в отдельные дни октября, что, по всей вероятности, было связано с их трансграничным переносом. Так, в эти периоды наблюдалось повышенное содержание твердых частиц в воздухе в отдельных регионах Польши.

**Таблица 3.9**

**Средние и максимальные из разовых концентраций  
основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе  
городов Беларуси в 2008 г., мкг/м<sup>3</sup>**

| Город       | Суммарные<br>твердые<br>частицы |                    | Диоксид<br>серы  |                 | Оксид<br>углерода |                 | Диоксид<br>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> | q <sub>ср.</sub> | q <sub>м.</sub> |
| Бобруйск    | 14                              | 252                | <п/о***          | <п/о            | 833               | 1900            | 44               | 218             |
| Брест       | 28                              | 268                | 1,0              | 126,0           | 593               | 4500            | 26               | 277             |
| Витебск     | 109                             | 215                | <1,0             | 7,5             | 658               | 3400            | 45               | 170             |
| Гомель      | 51                              | 489                | 8,3              | 124,0           | 439               | 3500            | 19               | 103             |
| Гродно      | 57                              | 280                | <1,0             | 20,0            | 771               | 3700            | 31               | 292             |
| Жлобин      | 98                              | 458                | <п/о             | <п/о            | 305               | 2100            | 9                | 134             |
| Лида        | 53                              | 300                | –                | –               | 784               | 2200            | –                | –               |
| Минск       | –****                           | –                  | <п/о             | <п/о            | 472               | 9700            | 31               | 307             |
| Могилев     | 46                              | 226                | <1,0             | 33,0            | 1188              | 8300            | 57               | 821             |
| Мозырь      | 59                              | 511                | <1,0             | 16,0            | 486               | 2500            | 24               | 157             |
| Новогрудок  | 40                              | 226                | –                | –               | 565               | 2200            | 34               | 65              |
| Новополоцк  | 17                              | 420                | <1,0             | 101,0           | 1268              | 4200            | 37               | 741             |
| Орша        | 24                              | 445                | <п/о             | <п/о            | 1142              | 5100            | 24               | 171             |
| Пинск       | 67                              | 300                | <1,0             | 37,0            | 424               | 2600            | 27               | 243             |
| Полоцк      | 26                              | 320                | <1,0             | 47,0            | 934               | 2400            | 38               | 539             |
| Речица      | 153                             | 1100               | <п/о             | <п/о            | 614               | 4200            | 27               | 87              |
| Светлогорск | 43                              | 387                | <п/о             | <п/о            | 1121              | 1900            | 60               | 178             |
| Солигорск   | 24                              | 429                | –                | –               | 730               | 1900            | 43               | 135             |
| ПДК         | 150                             | 300                | 200              | 500             | 3000              | 5000            | 100              | 250             |

\* Средняя за год концентрация загрязняющего вещества. \*\* Максимальная из разовых концентраций загрязняющего вещества. \*\*\* Ниже предела определения.

\*\*\*\* Загрязняющее вещество не определялось/использовалась другая методика.

В течение года на стационарных станциях Гродно зарегистрировано от 16 до 22 дней со среднесуточными концентрациями суммарных твердых частиц выше ПДК, в Мозыре – от 13 до 27, в

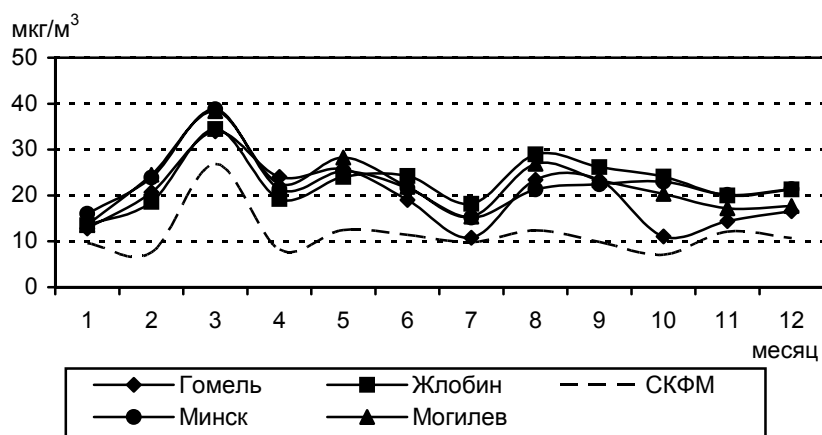
Гомеле – от 17 до 35, в Пинске – от 26 до 40 дней. В Жлобине среднесуточные концентрации рассматриваемого загрязнителя превышали ПДК в течение 46 дней. Максимальные из разовых концентраций в Жлобине, Орше, Мозыре и Гомеле превышали норматив качества в 1,5–1,7 раза.

В Речице измерения концентраций суммарных твердых частиц проводились только в районе ул. Молодежная. По сравнению с предыдущим годом содержание в воздухе суммарных твердых частиц несколько уменьшилось. Вместе с тем, уровень загрязнения воздуха был по-прежнему выше, чем в других контролируемых городах. Средняя за год концентрация составила 1,0 ПДК, а максимальная из разовых – 3,7 ПДК. Существенный рост уровня загрязнения воздуха отмечен в период апрель–август – среднемесячные концентрации превышали ПДК в 1,3–1,8 раза. Повторяемость проб с концентрациями выше максимально разовой ПДК в мае и августе достигала 22%. Ввиду специфических условий (станция расположена рядом с автодорогой с интенсивным движением транспорта, не имеющей твердого покрытия) этот район следует рассматривать как локальный участок.

В последние годы в большинстве контролируемых городов Беларуси наблюдается устойчивая тенденция к снижению уровня загрязнения воздуха суммарными твердыми частицами. В Пинске и Бресте содержание в воздухе суммарных твердых частиц снизилось на 11–13%, в Солигорске и Гродно – на 25–30%, в Новогрудке, Полоцке, Новополоцке и Бобруйске – на 53–59%. В то же время, в некоторых городах, расположенных в южной части страны (Гомель, Мозырь, Светлогорск, Речица и Жлобин), прослеживается устойчивый рост уровня загрязнения воздуха суммарными твердыми частицами. Увеличение среднегодовых концентраций отмечено также в воздушном бассейне Могилева и Витебска.

Мониторинг **твердых частиц диаметром 10 микрон и менее (ТЧ10)** проводился в Минске, Могилеве, Гомеле и Жлобине. Отбор проб выполнялся круглосуточно в непрерывном режиме. По данным измерений среднегодовые концентрации ТЧ10 в Гомеле и Могилеве составили 0,50 ПДК, в жилом районе Минска и в Жлобине – 0,65 ПДК. Количество дней со среднесуточными концентрациями выше ПДК в Гомеле и Могилеве не превышало 3%, в жилом районе Минска и в Жлобине – 8%. Вместе с тем, необходимо обратить внимание на повышенный уровень загрязнения воздуха ТЧ10 в промышленном районе Минска, где в течение года почти в 40% дней отмечены среднесуточные концентрации загрязнителя более ПДК (рис. 3.5).

В годовом ходе увеличение содержания ТЧ10 в воздушном бассейне городов зафиксировано в конце марта–первой пятидневке апреля и августе–сентябре. Основная причина увеличения концентраций – дефицит атмосферных осадков. Максимальные среднесуточные концентрации 2–4 апреля в Гомеле и Могилеве составили 1,8 ПДК, в Жлобине – 2,2 ПДК, в промышленном районе Минска – 5,4 ПДК. Минимальная загрязненность воздуха ТЧ10 отмечена в мае и июле, которые характеризовались избыточным количеством осадков. Пониженный уровень загрязнения воздуха в большинстве городов наблюдался в зимние месяцы (рис. 3.6).



**Рис. 3.6. Внутригодовое распределение концентраций ТЧ10 в воздухе городов Беларуси и на станции комплексного фоновой мониторинга в 2008 г.**

**Диоксид серы ( $SO_2$ ).** Содержание диоксида серы в атмосферном воздухе городов Беларуси на протяжении многих лет сохраняется стабильно низким. Следует отметить, что «залогом» этого является использование предприятиями теплоэнергетики природного газа в качестве топлива. С окончанием отопительного сезона содержание диоксида серы в воздухе в большинстве городов опускается ниже предела точности определения величины концентрации. Максимальные из разовых концентрации диоксида серы в Бресте, Гомеле и Новополоцке были на уровне 0,20–0,25 ПДК, в других городах – существенно ниже.

**Оксид углерода ( $CO$ ).** Важнейшим источником поступления оксида углерода в атмосферный воздух является автотранспорт –

его вклад составляет 87%. В 2008 г. средние за год концентрации СО в воздухе в Могилеве, Новополоцке, Орше и Светлогорске составили 0,4 ПДК, в остальных городах – 0,3 ПДК и менее. Среднесуточные концентрации в подавляющем большинстве городов были ниже ПДК. Однако, в северной части Могилева (пер.Крупской) в течение года зафиксировано 20 дней со среднесуточными концентрациями СО выше ПДК. В июне, который характеризовался преобладанием неблагоприятных для рассеивания загрязняющих веществ метеоусловий, повторяемость дней со среднесуточными концентрациями оксида углерода выше ПДК в этом районе достигла 50%. Максимальные из разовых концентраций в Могилеве и Минске составили 1,7–1,9 ПДК, в остальных городах – 1 ПДК и ниже. Высокая загрязненность воздуха оксидом углерода в Минске наблюдалась в теплый период в районах дорог с интенсивным движением транспорта.

За пятилетний период содержание оксида углерода в воздухе в Пинске, Витебске и Бобруйске уменьшилось на 6–8%, в Бресте и Солигорске – на 14–20%, в Орше и Минске – на 37–38%. В Речице уровень загрязнения воздуха оксидом углерода уменьшился в 1,5 раза, в Гродно – в 2 раза. В то же время, прослеживается увеличение среднегодовых концентраций СО в Могилеве и Мозыре (примерно на 23–28%). Существенно возрос уровень загрязнения воздуха оксидом углерода в Новополоцке. В Новогрудке, Полоцке и Светлогорске тенденция к изменению среднегодовых концентраций оксида углерода очень неустойчива.

**Диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ).** Средние за 2008 г. концентрации диоксида азота в Могилеве и Светлогорске составили 0,6 ПДК, в Бобруйске, Витебске, Новополоцке, Полоцке и Солигорске – 0,4 ПДК, в других городах – 0,3 ПДК и менее. Вместе с тем, среднесуточные концентрации  $\text{NO}_2$  в ряде городов превышали ПДК. Так, в Минске (район автовокзала «Московский») и Светлогорске (микрорайон «Первомайский») зафиксировано 30 дней со среднесуточными концентрациями диоксида азота выше ПДК, в Могилеве (район пер.Крупской и ул.Первомайская) – 23 дня.

Особую тревогу вызывает высокий уровень загрязнения воздуха диоксидом азота в южной части Могилева (ул.Островского), где в течение года отмечено 102 дня со среднесуточными концентрациями выше ПДК. По сравнению с предыдущим годом количество дней с превышениями среднесуточной ПДК увеличилось здесь почти в 2 раза.

В годовом ходе увеличение уровня загрязнения воздуха диоксидом азота во многих городах зафиксировано в апреле, что,

очевидно, связано с увеличением интенсивности движения автотранспорта, и в июне, который характеризовался большой повторяемостью слабого ветра и дефицитом атмосферных осадков. В целом в теплый период года концентрации диоксида азота были на 20–30% выше, чем в отопительный сезон. Максимальные из разовых концентраций диоксида азота в Полоцке достигали 2,2 ПДК, в Новополоцке и Могилеве – 3,0–3,3 ПДК.

По данным станций непрерывного измерения содержания приоритетных загрязняющих веществ (установлены в жилом и промышленном районах Минска), в суточном ходе концентраций диоксида азота четко выделяется два максимума: первый – с 8 до 9 часов, второй – с 17 до 19 часов в холодный период и с 20 до 21 часа в теплый. В жилом районе минимальные значения концентраций диоксида азота (менее 20 мкг/м<sup>3</sup>) наблюдались в течение 10–14 часов, в промышленном – не более 5 часов (рис. 3.7). Аналогичная картина характерна и для оксида углерода. Синхронный ход концентраций диоксида азота и оксида углерода наблюдается также в течение года, что свидетельствует об общем источнике поступления в атмосферу данных загрязняющих веществ.



**Рис. 3.7. Суточный ход концентраций диоксида азота в жилом и промышленном районах г.Минска**

По сравнению с 2004 г. содержание диоксида азота в воздухе в Новополоцке уменьшилось на 16%, в Солигорске, Орше и Минске – на 20–23%, в Гомеле – на 30%. Уровень загрязнения воздуха диоксидом азота в Бресте, Новогрудке, Полоцке и Гродно су-

щественно не изменился. В то же время за пятилетний период среднегодовые концентрации диоксида азота в Бобруйске, Мозыре и Светлогорске увеличились в 2–3 раза. Прослеживается тенденция к увеличению содержания диоксида азота в воздухе в Могилеве, Витебске и Пинске.

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

**Таблица 3.10**

**Средние и максимальные из разовых концентраций  
специфических загрязняющих веществ  
в атмосферном воздухе городов Беларуси в 2008 г., мкг/м<sup>3</sup>**

| Город       | Сероводород                |                    | Фенол            |                 | Аммиак           |                 | Формальдегид     |                 | Свинец           |                 |
|-------------|----------------------------|--------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
|             | q <sub>ср.</sub> *<br>—*** | q <sub>м.</sub> ** | q <sub>ср.</sub> | q <sub>м.</sub> | 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    | —***                       | —                  | 2,2              | 9,0             | —                | —               | 7,0              | 29,0            | 0,090            | 0,198           |
| Брест       | —                          | —                  | —                | —               | —                | —               | 11,2             | 140,0           | 0,069            | 0,203           |
| Витебск     | —                          | —                  | 1,4              | 4,0             | 21               | 109             | 11,0             | 60,0            | 0,078            | 0,155           |
| Гомель      | —                          | —                  | 1,4              | 10,0            | 16               | 189             | 7,1              | 47,0            | 0,124            | 0,264           |
| Гродно      | —                          | —                  | —                | —               | 12               | 156             | 5,2              | 69,0            | 0,087            | 0,162           |
| Жлобин      | —                          | —                  | —                | —               | —                | —               | 1,9              | 24,0            | 0,113            | 0,188           |
| Минск       | —                          | —                  | 0,5              | 20,0            | 39               | 496             | 7,1              | 77,0            | 0,077            | 0,205           |
| Могилев     | 1,0                        | 29,0               | 1,5              | 41,0            | 27               | 503             | 5,6              | 148,0           | 0,039            | 0,065           |
| Мозырь      | 0,2                        | 4,0                | —                | —               | —                | —               | 7,6              | 63,0            | 0,122            | 0,222           |
| Новогрудок  | —                          | —                  | —                | —               | —                | —               | 2,5              | 8,0             | 0,073            | 0,162           |
| Новополоцк  | 1,7                        | 22,0               | 0,7              | 9,0             | 2                | 56              | 5,8              | 61,0            | 0,039            | 0,084           |
| Орша        | —                          | —                  | —                | —               | —                | —               | 14,3             | 104,0           | 0,079            | 0,156           |
| Пинск       | —                          | —                  | —                | —               | —                | —               | 11,1             | 60,0            | 0,123            | 0,212           |
| Полоцк      | 1,6                        | 16,0               | 0,6              | 5,0             | 7                | 80              | 6,2              | 48,0            | 0,037            | 0,051           |
| Речица      | —                          | —                  | 1,7              | 31,0            | 21               | 43              | 8,6              | 28,0            | 0,090            | 0,197           |
| Светлогорск | <п/о****                   |                    | —                | —               | —                | —               | 5,6              | 29,0            | 0,099            | 0,149           |
| Солигорск   | —                          | —                  | —                | —               | —                | —               | 9,4              | 92,0            | —                | —               |
| ПДК         | —                          | 8,0                | 7,0              | 10,0            | —                | 200             | 12,0             | 30,0            | 0,300            | —               |

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

**Сероводород (H<sub>2</sub>S)** определяли в атмосферном воздухе в Мозыре и в городах с предприятиями химической и нефтехимической промышленности – Полоцке, Новополоцке, Могилеве и Свет-

логорске. Средняя за год концентрация  $\text{H}_2\text{S}$  в воздухе в Могилеве составила  $1,0 \text{ мкг/м}^3$ , в Полоцке и Новополоцке – соответственно  $1,6$  и  $1,7 \text{ мкг/м}^3$ , в Мозыре –  $0,2 \text{ мкг/м}^3$ . Содержание сероводорода в воздухе в Светлогорске было ниже предела точности определения. В периоды с неблагоприятными для рассеивания метеоусловиями в Могилеве (район ул.Островского) максимальная из разовых концентраций достигала  $3,6$  ПДК. На стационарных станциях в Полоцке и Новополоцке зафиксированы концентрации сероводорода в  $2$ – $2,8$  раза выше норматива качества.

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к увеличению содержания сероводорода в воздухе в Могилеве, Полоцке и Новополоцке. По сравнению с 2004 г. уровень загрязнения воздуха в указанных городах увеличился в  $2$  раза. Содержание сероводорода в воздухе в Мозыре и Светлогорске сохраняется стабильно низким.

**Фенол.** Средние за год концентрации фенола в воздухе в Гомеле, Витебске, Могилеве, Речице и Бобруйске находились в пределах  $0,2$ – $0,3$  ПДК, в Минске, Полоцке и Новополоцке – ниже  $0,2$  ПДК. Сезонные изменения концентраций были незначительны. Превышения максимально разовой ПДК отмечены, в основном, в Могилеве. На всех стационарных станциях города в периоды с неблагоприятными метеоусловиями зарегистрированы концентрации фенола в  $2$ – $3$  раза выше норматива качества. В двух контролируемых районах (улицы Челюскинцев и Мовчанского) максимальные концентрации достигали  $4$  ПДК. В Минске и Речице превышения максимально разовой ПДК фенола (в  $2$ – $3$  раза) зафиксированы только в единичных пробах воздуха.

За пятилетний период снижение уровня загрязнения воздуха фенолом отмечено в Могилеве и Витебске (на  $26$ – $29\%$ ), а также в Гомеле (на  $42\%$ ). В остальных городах среднегодовые концентрации фенола повысились. По сравнению с 2004 г. содержание фенола в воздухе в Полоцке и Новополоцке увеличилось соответственно на  $20$  и  $40\%$ . Прослеживается устойчивая тенденция к росту среднегодовых концентраций фенола в Бобруйске и Минске. Динамика среднегодовых концентраций фенола в Речице неустойчива.

**Аммиак ( $\text{NH}_3$ ).** Средние за год концентрации аммиака в воздухе в Гродно и Гомеле находились в пределах  $12$ – $16 \text{ мкг/м}^3$ , в Речице, Витебске и Могилеве –  $21$ – $27 \text{ мкг/м}^3$ . Содержание аммиака в Полоцке и Новополоцке по-прежнему было значительно ниже, чем в других городах. Вместе с тем, в Минске уровень загрязнения воздуха аммиаком несколько вырос и был выше, чем в других контролируемых городах. Средние за год концентрации аммиака в



большинстве районов города варьировали в диапазоне 31–38 мкг/м<sup>3</sup>. Больше всего воздух загрязнен в районе ул.Судмалиса: средняя за год концентрация аммиака составила 58 мкг/м<sup>3</sup>.

Сезонные изменения содержания в воздухе аммиака имели ярко выраженный характер. Так, в Минске, Витебске и Гродно концентрации загрязнителя в летний период были в 1,4–1,8 раза выше, чем зимой, в Могилеве – в 2,7 раза, в Полоцке и Новополоцке – в 4–5 раз. В 2008 г. «пик» загрязнения воздуха аммиаком практически во всех городах зафиксирован в июле.

В то же время следует отметить, что превышения максимально разовой ПДК отмечены только в двух городах – в Минске (район ул.Судмалиса) и Могилеве (район пер.Крупской), где максимальные концентрации аммиака достигали 2,5 ПДК.

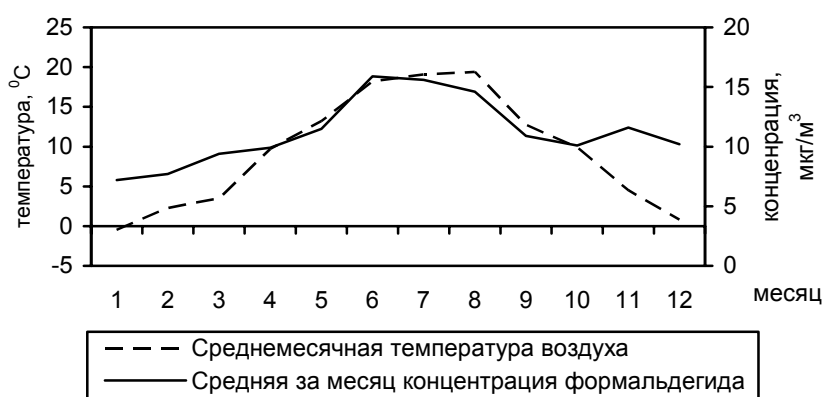
По сравнению с 2004 г. уровень загрязнения воздуха аммиаком в Витебске и Гомеле уменьшился на 36–38%, а в Речице повысился на 40%. Незначительное увеличение содержания аммиака прослеживается в Минске. В Гродно, Могилеве и Полоцке динамика среднегодовых концентраций загрязнителя неустойчива. Очень низкий уровень загрязнения воздуха аммиаком в Новополоцке не позволяет определить тенденцию к его изменению.

**Формальдегид.** Концентрации формальдегида в воздухе определялись во всех контролируемых городах, кроме Лиды. Наиболее напряженная ситуация в отношении формальдегида сложилась в Орше: средняя за год концентрация загрязнителя составила 1,2 ПДК. В Солигорске, Пинске, Бресте и Витебске средние за год концентрации находились в пределах 0,8–0,9 ПДК. Минимальный уровень загрязнения по-прежнему характерен для Новогрудка и Жлобина. В других городах средние за год концентрации формальдегида варьировали в диапазоне 0,4–0,6 ПДК.

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

В 2008 г. «пик» загрязнения воздуха формальдегидом в большинстве городов Беларуси зафиксирован во второй половине лета. Повторяемость проб с концентрациями выше максимальной разовой ПДК в Орше (район ул.К.Маркса) составила 12%, в Бресте (район ул.17 Сентября) – 31%. Очень неблагоприятная ситуация сложилась в августе, в течение которого наблюдались рекордно

высокие температуры воздуха. Повышенная загрязненность воздуха во многих городах сохранялась до конца первой декады сентября. Максимальные из разовых концентраций в Гомеле, Витебске, Новополоцке, Полоцке и Пинске превышали ПДК в 1,5–2 раза. В Мозыре, Гродно и Минске зафиксированы концентрации 2,1–2,6 ПДК, в Солигорске и Жлобине – 3,1 ПДК, в Орше – 3,5 ПДК. В Могилеве (район ул.Мовчанского) и двух районах Бреста (улицы Северная и 17 Сентября) максимальные концентрации формальдегида достигали почти 5 ПДК. В среднем за год повторяемость проб с концентрациями формальдегида выше максимально разовой ПДК в Бресте и Солигорске составила 5%, в Орше – 2,1, Пинске, Могилеве и Витебске – 1–1,5, в других городах – ниже 1%.



**Рис. 3.8. Зависимость средних концентраций формальдегида от температурного режима в г.Бресте в 2008 г.**

За пятилетний период уровень загрязнения воздуха формальдегидом в Бобруйске и Гродно уменьшился на 22–29%, в Новополоцке, Полоцке, Речице и Светлогорске – на 33–40%. Снижение содержания формальдегида в воздухе в последние два года отмечено в Гомеле. Вместе с тем, по сравнению с 2004 г. средние концентрации загрязнителя в Солигорске и Мозыре увеличились на 13–14%, в Бресте – на 22, Витебске и Орше – на 38–40, в Пинске – на 57%. Тенденция к изменению среднегодовых концентраций формальдегида в Минске и Могилеве неустойчива.

**Соединения тяжелых металлов.** Средние за год концентрации свинца в воздухе в Гомеле, Жлобине, Мозыре и Пинске со-

ставили 0,4 ПДК, в других городах не превышали 0,3 ПДК. Максимальная среднемесячная концентрация – 0,9 ПДК – зафиксирована в Гомеле. Содержание в воздухе кадмия по-прежнему очень низкое.

За пятилетний период уменьшение содержания свинца в воздухе отмечено в Бресте, Минске, Могилеве, Новогрудке и Полоцке. Динамика среднегодовых концентраций в других городах очень неустойчива, но, по сравнению с 2004 г., уровень загрязнения воздуха свинцом в большинстве городов вырос. Наиболее заметное увеличение содержания в воздухе свинца произошло в Гомеле, Пинске, Речице, Светлогорске и Мозыре.

Содержание **бенз(а)пирена** в воздухе измеряли в 15 городах на 29 стационарных станциях. Средние за год концентрации загрязнителя во всех городах были существенно ниже ПДК. Временное распределение концентраций очень неоднородно. В подавляющем большинстве городов уровень загрязнения воздуха бенз(а)пиреном в отопительный сезон был существенно выше, чем в теплый период года. Однако превышений норматива качества отмечено не было. Максимальная среднемесячная концентрация бенз(а)пирена была зафиксирована в Жлобине – 2,8 нг/м<sup>3</sup> (ПДК – 5 нг/м<sup>3</sup>).

#### **Качество воздуха на Станции комплексного фоновых мониторинга «Березинский заповедник» (СКФМ)**

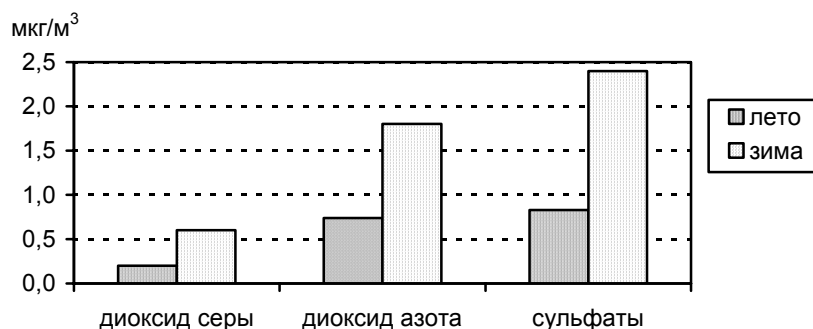
Мониторинг состояния атмосферного воздуха на станции «Березинский заповедник» организован с целью получения информации о региональном фоновом (природном) состоянии атмосферы.

По данным непрерывных наблюдений в 2008 г., содержание в воздухе большинства измеряемых загрязняющих веществ существенно не изменилось по сравнению с предыдущим годом. Состояние воздуха во многом определялось глобальным и региональным переносом (иногда в сочетании с неблагоприятными для рассеивания метеоусловиями).

**Диоксид серы.** Среднегодовая фоновая концентрация диоксида серы в воздухе в Березинском заповеднике в 2008 г. сохранялась на уровне предыдущего года (0,31 мкг/м<sup>3</sup>). Значения ниже этого уровня зафиксированы в 56% измерений. В годовом ходе увеличение содержания диоксида серы в воздухе отмечено в первой половине января, что, вероятно, было связано с атмосферным переносом. Заметное увеличение концентраций диоксида серы зафиксировано в конце марта–начале апреля. Максимальная среднесуточная концентрация 4 апреля составила 6,12 мкг/м<sup>3</sup>.

Увеличение концентраций диоксида серы в этот период связано с повышенной повторяемостью ветра северо-восточного направления, обуславливающего перенос загрязняющих веществ от региональных источников выбросов (Новолукомльская ГРЭС, Новополюцкий промышленный узел).

Увеличение среднесуточных концентраций диоксида серы отмечено и в отдельные дни декабря (до 2,0–5,2 мкг/м<sup>3</sup>). В остальное время года концентрации варьировали в диапазоне 0,2–0,3 мкг/м<sup>3</sup>. Вместе с тем, в зимний период средние концентрации диоксида серы были в 3 раза выше, чем летом (рис. 3.9).

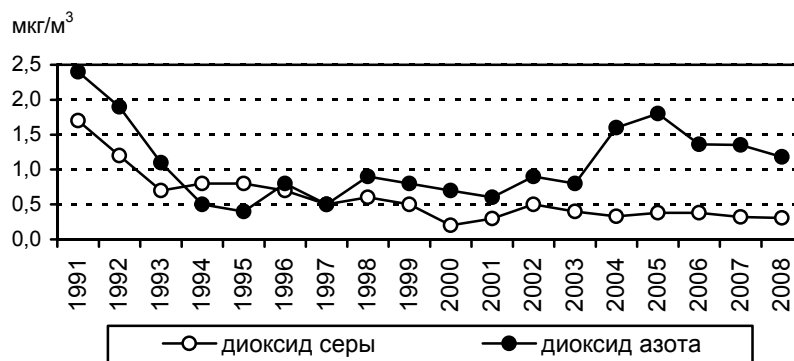


**Рис. 3.9. Сезонные изменения концентраций загрязняющих веществ в воздухе в Березинском заповеднике в 2008 г.**

Минимальный уровень загрязнения воздуха диоксидом серы отмечен в августе (среднемесячная концентрация составила 0,17 мкг/м<sup>3</sup>).

В последнее десятилетие содержание диоксида серы в воздухе в Березинском заповеднике находится на стабильно низком уровне, а в 2008 г. уменьшилось по сравнению с 2004 г. на 11%.

**Диоксид азота.** Среднегодовое содержание диоксида азота в воздухе в Березинском заповеднике в 2008 г. составило 1,18 мкг/м<sup>3</sup> (в 2007 г. – 1,35 мкг/м<sup>3</sup>) (рис. 3.10). Сезонные изменения концентрации по-прежнему были незначительны. Вместе с тем, подавляющее большинство дней со среднесуточными концентрациями диоксида азота более 4,0 мкг/м<sup>3</sup> зафиксировано в отопительный сезон. Максимальная среднесуточная концентрация (7,3 мкг/м<sup>3</sup>) отмечена 9 января. Среднемесячные фоновые концентрации диоксида азота в летний период варьировали в диапазоне 0,7–0,8 мкг/м<sup>3</sup>.



**Рис. 3.10.** Динамика среднегодовых концентраций диоксида серы и диоксида азота в воздухе в Березинском заповеднике в 1991–2008 гг.

По сравнению с 2004 г. содержание диоксида азота в воздухе в Березинском заповеднике уменьшилось на 25%. Вместе с тем, уровень загрязнения воздуха данным загрязнителем в последние пять лет был в 2–3 раза выше, чем в период 1994–2003 гг.

**Сульфаты.** Среднегодовое содержание сульфатов в воздухе в Березинском заповеднике в 2008 г. составило 1,4 мкг/м³ и было несколько выше, чем в 2007 г. Минимальные среднемесячные концентрации в мае–августе варьировали в узком диапазоне – 0,8–0,9 мкг/м³. В остальное время года содержание сульфатов в воздухе было в 2–3 раза выше. Максимальная среднесуточная концентрация сульфатов – 12,1 мкг/м³ – была отмечена 22 марта.

Значительные межгодовые колебания средних концентраций сульфатов не дают возможности охарактеризовать тренды их изменений однозначно, хотя можно проследить очевидное уменьшение концентраций после 1993 г.

**Суммарные твердые частицы.** Среднегодовая концентрация суммарных твердых частиц в 2008 г. составила 9 мкг/м³. В периоды без осадков среднесуточные концентрации увеличивались до 35–40 мкг/м³. Максимальная среднесуточная концентрация – 53 мкг/м³ – зафиксирована 2 апреля.

В последнее десятилетие наблюдается устойчивая тенденция к снижению среднегодовых концентраций суммарных твердых частиц в воздухе в Березинском заповеднике.

**Тяжелые металлы.** Среднегодовая концентрация свинца в воздухе в Березинском заповеднике в 2008 г. составила 2,7 нг/м³,

кадмия –  $0,29 \text{ нг/м}^3$ . В годовом ходе заметное увеличение содержания свинца в воздухе зафиксировано в период апрель–июль. Максимальная среднемесячная концентрация –  $5,1 \text{ нг/м}^3$  – отмечена в июне, который характеризовался дефицитом атмосферных осадков (выпало 34% нормы). Внутригодовое распределение концентраций кадмия достаточно однородно: среднемесячные концентрации (за исключением августа) варьировали в диапазоне  $0,25\text{--}0,30 \text{ нг/м}^3$ . Максимальная среднесуточная концентрация свинца составила  $21,7 \text{ нг/м}^3$ , кадмия –  $2,5 \text{ нг/м}^3$ .

Тенденция к изменению среднегодовых концентраций свинца в воздухе в Березинском заповеднике (как и во многих промышленных центрах страны) неустойчива.

**Твердые частицы ТЧ10.** Среднегодовая концентрация ТЧ10 в воздухе в Березинском заповеднике в 2008 г. составила  $10 \text{ мкг/м}^3$ , что в 2–2,5 раза ниже, чем в некоторых промышленных центрах Беларуси. Количество дней с очень низкими концентрациями (менее  $10 \text{ мкг/м}^3$ ) составило 44%. Среднесуточные концентрации выше  $25 \text{ мкг/м}^3$  ( $0,5 \text{ ПДК}$ ) зафиксированы в 9% дней (в 2007 г. – в 13%). Сезонные изменения содержания в воздухе ТЧ10 незначительны: среднемесячные концентрации варьировали в диапазоне  $9\text{--}13 \text{ мкг/м}^3$  (рис. 3.6). Увеличение содержания ТЧ10 до  $0,7\text{--}0,9 \text{ ПДК}$  отмечено только в отдельные короткие периоды продолжительностью 1–2 дня. Наиболее продолжительный период (с 29 марта по 5 апреля) был связан с дефицитом атмосферных осадков.

Максимальная среднесуточная концентрация ТЧ10 в воздухе 2 апреля превышала норматив качества в 1,1 раза.

**Приземный озон.** По данным измерений, в январе–первой половине февраля концентрации приземного озона в воздухе в Березинском заповеднике варьировали в диапазоне  $70\text{--}90 \text{ мкг/м}^3$ . Во второй половине февраля содержание приземного озона в воздухе повысилось примерно на 35%. Мартовский максимум концентраций в 2008 г. не проявился. Концентрации приземного озона были ниже значений, характерных для этого времени года, что связано с обильными атмосферными осадками (выпало 2 нормы) и, соответственно, большим количеством пасмурных дней.

Заметный рост концентраций приземного озона зафиксирован в период с 28 марта по 4 апреля. 1 апреля концентрации приземного озона более 4 часов находились в диапазоне  $120\text{--}143 \text{ мкг/м}^3$ ; 4 апреля средняя концентрация в первой половине дня составила  $147 \text{ мкг/м}^3$ . Максимальная из разовых концентраций (период осреднения 1 час) 3 апреля достигла 1 ПДК. В дальнейшем

концентрации приземного озона постепенно снижались и к середине месяца максимальная из разовых составила всего 0,3 ПДК. Такое существенное снижение концентраций приземного озона также связано с избыточным количеством осадков, выпавших после 10 апреля, и преобладанием пасмурной погоды. Некоторое увеличение концентраций зафиксировано только в отдельные дни третьей декады, однако, максимальные концентрации были на 25–30% ниже, чем в начале апреля.

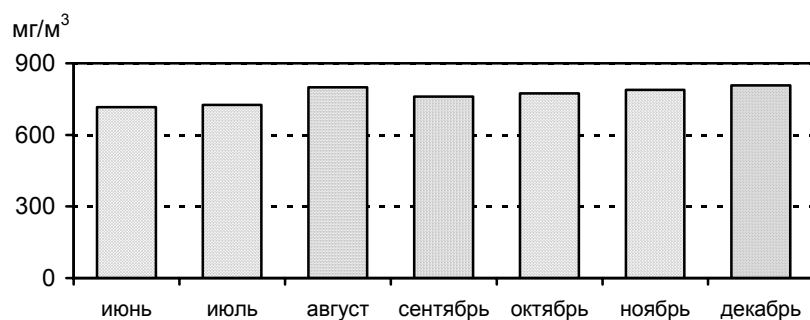
Аналогичная ситуация наблюдалась в мае–июне и большую часть июля. Существенное увеличение содержания приземного озона отмечено только 14 июля, когда наблюдалась высокая температура воздуха (+29,4°C): концентрации в течение шести часов варьировали в диапазоне 110–140 мкг/м<sup>3</sup>. Высокое содержание приземного озона зарегистрировано также в период с 4 по 8 сентября, что было связано с аномально высокими температурами воздуха. В дальнейшем содержание в воздухе приземного озона постепенно снижалось и в середине сентября уже преобладали концентрации от 40 до 60 мкг/м<sup>3</sup>. Некоторый рост содержания в воздухе приземного озона отмечен в конце декабря.

**Оксид углерода.** Средняя за год концентрация оксида углерода в воздухе составила 4,3 мкг/м<sup>3</sup>. Минимальное содержание оксида углерода отмечено в июне–июле: концентрации были в 4 раза ниже, чем в январе–феврале. Максимальная среднесуточная концентрация отмечена 9 января – 20,6 мкг/м<sup>3</sup>.

**Диоксид углерода.** Содержание в воздухе диоксида углерода измеряли в июне–декабре. Средняя концентрация за период наблюдений составила 765 мг/м<sup>3</sup>. Среднесуточные концентрации варьировали в диапазоне 674–869 мг/м<sup>3</sup>. Минимальные значения отмечены в июне–июле, что вполне закономерно, так как в период вегетации растительность в процессе фотосинтеза поглощает диоксид углерода (рис. 3.11). Вместе с тем, существенное увеличение концентраций диоксида углерода зафиксировано в период с 10 по 24 июля и с 5 по 9 сентября, что было связано с рекордно высокими температурами воздуха. Устойчивый рост концентраций прослеживался с октября до конца года. Таким образом, сезонный ход концентраций диоксида углерода обусловлен сезонным изменением цикла фотосинтеза и деструкции растений.

Результаты непрерывных измерений позволили выявить четко выраженный суточный ход концентраций диоксида углерода в летние месяцы. Так, рост концентраций наблюдался с заходом солнца, при этом максимальные значения (до 1000 мг/м<sup>3</sup>) отмечены в предутренние часы. С восходом солнца происходило резкое

снижение концентраций (до 700–650 мг/м<sup>3</sup>) и в течение дня они сохранялись относительно стабильными (рис. 3.12).



**Рис. 3.11. Среднемесячные концентрации диоксида углерода в воздухе в Березинском заповеднике в 2008 г.**



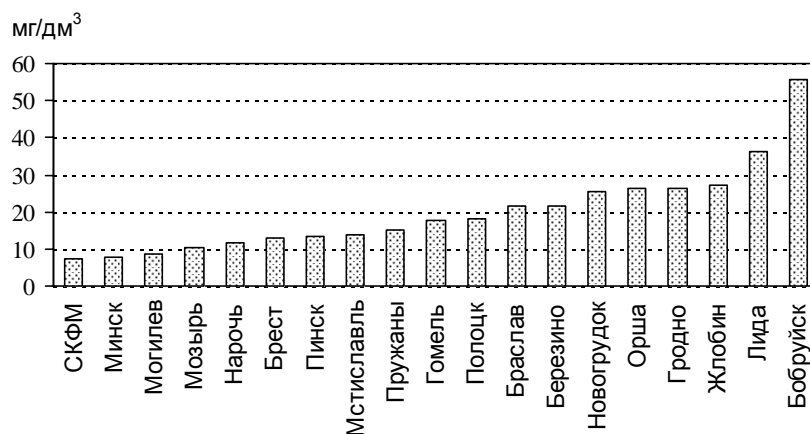
**Рис. 3.12. Суточный ход концентраций диоксида углерода в воздухе в Березинском заповеднике в 2008 г.**

### 3.3. Химический состав атмосферных осадков

В 2008 г. мониторинг химического состава атмосферных осадков проводился в 19 пунктах. В отобранных пробах определяли кислотность, содержание компонентов основного солевого состава и удельную электропроводность.



**Общая минерализация.** В 2008 г. величина общей минерализации атмосферных осадков (сумма ионов) в большинстве пунктов изменялась от 7,23 мг/дм<sup>3</sup> в Березинском заповеднике (региональный фон для территории Беларуси) до 27,34 мг/дм<sup>3</sup> в Жлобине (рис. 3.13). Осадки с малой минерализацией (не более 15,0 мг/дм<sup>3</sup>) отмечены в Бресте, Мстиславле, Пинске, Пружанах, Могилеве, Минске, Мозыре и Нарочи. Осадки с повышенной минерализацией (35,41 мг/дм<sup>3</sup>) зафиксированы в Лиде, с высокой (55,67 мг/дм<sup>3</sup>) – в Бобруйске (табл. 3.11).



**Рис. 3.13. Сумма ионов в атмосферных осадках в городах Беларуси в 2008 г.**

По сравнению с предыдущим годом увеличение суммы ионов в атмосферных осадках отмечено в Гродно (на 20%) и Орше (на 42%). В Бобруйске содержание ионов в осадках повысилось в 2 раза. В остальных пунктах сумма ионов сохранилась на прежнем уровне или несколько уменьшилась.

В большинстве пунктов минимальная минерализация атмосферных осадков отмечена в мае и июле, которые характеризовались их избыточным количеством. Увеличение суммы ионов в 14 пунктах зафиксировано в отопительный сезон, а на некоторых пунктах – в июне, что было связано с дефицитом осадков. Годовой ход минерализации для большинства пунктов почти одинаков. Расхождения, по-видимому, связаны с количеством выпадающих осадков и их продолжительностью. Как правило, короткие и частые

дожди всегда более минерализованы, чем затяжные непрерывные осадки за этот же период. Максимальное содержание загрязняющих веществ зафиксировано в осадках, выпавших в феврале в Браславе (67,59 мг/дм<sup>3</sup>), в марте в Лиде (73,66 мг/дм<sup>3</sup>) и Бобруйске (92,05 мг/дм<sup>3</sup>), в октябре в Жлобине (73,06 мг/дм<sup>3</sup>), в июне в Новогрудке (76,24 мг/дм<sup>3</sup>).

В Березинском заповеднике заметное увеличение содержания ионов в осадках (до 12,75 мг/дм<sup>3</sup>) зарегистрировано в декабре. Осадки с наименьшей минерализацией (3,13 мг/дм<sup>3</sup>) выпадали в июле. В остальное время года минерализация осадков держалась на уровне 8,0 мг/дм<sup>3</sup> с отклонениями  $\pm 2,0$  мг/дм<sup>3</sup>.

**Основные компоненты.** Качественный состав атмосферных осадков характеризовался мозаичностью. Тем не менее, в большинстве пунктов мониторинга в анионном составе атмосферных осадков преобладали гидрокарбонаты: их содержание составляло от 28 %-экв в Гродно до 62 %-экв в Лиде. И только в Березино, Нарочи и Березинском заповеднике содержание гидрокарбонатов в осадках было менее 25 %-экв. Гидрокарбонатный тип воды атмосферных осадков был характерен для Бобруйска, Браслава, Лиды, Новогрудка и Пружан, сульфатно-гидрокарбонатный – для Бреста, Жлобина, Минска, Мстиславля, Орши и Пинска, нитратно-гидрокарбонатный – для Могилева, нитратно-сульфатно-гидрокарбонатный – для Гомеля (табл. 3.12).

В теплый период года вклад гидрокарбонатов в анионный состав осадков существенно повышался. Источником гидрокарбонатов в атмосферных осадках служат продукты выветривания почвы и углекислый газ воздуха. Поскольку концентрация углекислого газа в воздухе слабо колеблется по территории, основным поставщиком гидрокарбонатов можно считать почвенную пыль, которая в виде карбонатов кальция, магния и натрия вымывается осадками из воздуха. Следовательно, в известной мере, содержание гидрокарбонатов может служить показателем запыленности воздуха.

В анионном составе атмосферных осадков в Березино, Гродно, Мозыре и Полоцке преобладали сульфаты – 31–34 %-экв; тип воды – гидрокарбонатно-сульфатный, в Березино – нитратно-сульфатный. В остальных контролируемых городах содержание сульфатов в осадках изменялось от 16 %-экв (Лида) до 30 %-экв (Гомель и Пинск).

Доля нитратов была высока в осадках в Березино, Гомеле, Могилеве, Нарочи и Березинском заповеднике – 25–38 %-экв. При этом для Нарочи был характерен нитратный тип воды атмосферных осадков, а для Березинского заповедника – сульфатно-нитратный.

Таблица 3.11

## Химический состав атмосферных осадков на территории Беларуси в 2008 г.

| Наименование пункта           | Кол-во осадков за год, 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> | Сумма ионов, мг/дм <sup>3</sup> | H <sup>+</sup> , мкг/эквл | pH   | Уд. электр. (эксп), мкСм/см |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|---------------------------------|---------------------------|------|-----------------------------|
|                               |                           | мг/дм <sup>3</sup>            |                 |                              |                               |                              |                 |                |                  |                  |                                 |                           |      |                             |
| Березино                      | 649,3                     | 5,28                          | 2,55            | 6,27                         | 2,32                          | 0,32                         | 1,61            | 1,56           | 1,51             | 0,31             | 21,73                           | 9,59                      | 5,02 | 43,91                       |
| Березинский заповедник (СКФМ) | 765,2                     | 1,39                          | 0,72            | 1,85                         | 1,49                          | 0,53                         | 0,34            | 0,36           | 0,45             | 0,10             | 7,23                            | 2,74                      | 5,56 | 12,32                       |
| Бобруйск                      | 676,2                     | 8,94                          | 3,62            | 3,73                         | 25,76                         | 1,31                         | 2,01            | 1,72           | 7,26             | 1,32             | 55,67                           | 0,21                      | 6,68 | 85,51                       |
| Браслав                       | 491,6                     | 3,46                          | 1,73            | 1,68                         | 9,66                          | 0,60                         | 1,34            | 0,66           | 1,75             | 0,59             | 21,47                           | 1,01                      | 5,99 | 30,64                       |
| Брест                         | 636,9                     | 2,35                          | 1,03            | 2,34                         | 3,60                          | 0,84                         | 0,63            | 0,47           | 1,30             | 0,17             | 12,73                           | 1,57                      | 5,80 | 20,37                       |
| Гомель                        | 577,4                     | 3,47                          | 1,16            | 3,95                         | 4,55                          | 1,06                         | 0,76            | 0,50           | 1,79             | 0,27             | 17,51                           | 0,53                      | 6,27 | 27,10                       |
| Гродно                        | 615,3                     | 5,73                          | 2,83            | 4,73                         | 6,68                          | 1,17                         | 1,73            | 1,14           | 2,34             | 0,72             | 27,07                           | 5,09                      | 5,29 | 45,37                       |
| Жлобин                        | 671,4                     | 4,64                          | 2,25            | 2,67                         | 11,33                         | 1,47                         | 1,39            | 1,02           | 2,18             | 0,39             | 27,34                           | 0,53                      | 6,28 | 41,77                       |
| Лида                          | 712,6                     | 3,76                          | 1,84            | 3,25                         | 18,56                         | 0,75                         | 1,33            | 1,06           | 3,84             | 1,02             | 35,41                           | 0,84                      | 6,08 | 48,48                       |
| Минск                         | 684,3                     | 1,54                          | 0,82            | 1,55                         | 2,05                          | 0,64                         | 0,30            | 0,25           | 0,54             | 0,14             | 7,83                            | 1,06                      | 5,97 | 12,17                       |
| Могилев                       | 575,9                     | 1,40                          | 0,69            | 1,96                         | 2,77                          | 0,54                         | 0,27            | 0,20           | 0,77             | 0,23             | 8,83                            | 1,33                      | 5,87 | 14,24                       |
| Мозырь                        | 729,2                     | 2,34                          | 0,84            | 2,10                         | 2,66                          | 1,07                         | 0,32            | 0,45           | 0,64             | 0,16             | 10,58                           | 2,64                      | 5,58 | 17,60                       |
| Мстиславль                    | 743,1                     | 2,39                          | 1,16            | 2,57                         | 4,56                          | 0,82                         | 0,52            | 0,53           | 1,08             | 0,26             | 13,89                           | 0,77                      | 6,11 | 20,89                       |
| Нарочь                        | 674,0                     | 1,88                          | 1,30            | 4,11                         | 2,13                          | 0,41                         | 0,72            | 0,50           | 0,93             | 0,20             | 12,18                           | 11,00                     | 4,96 | 23,18                       |
| Новогрудок                    | 860,6                     | 3,88                          | 1,26            | 3,34                         | 11,02                         | 2,79                         | 0,62            | 1,06           | 1,28             | 0,36             | 25,61                           | 0,59                      | 6,23 | 39,95                       |
| Орша                          | 626,1                     | 4,15                          | 1,37            | 2,46                         | 10,97                         | 2,08                         | 0,67            | 1,33           | 2,76             | 0,49             | 26,28                           | 0,27                      | 6,57 | 39,70                       |
| Пинск                         | 752,9                     | 2,68                          | 1,17            | 2,57                         | 3,41                          | 0,47                         | 0,59            | 0,84           | 1,34             | 0,17             | 13,24                           | 1,32                      | 5,88 | 20,34                       |
| Полоцк                        | 788,1                     | 4,04                          | 2,29            | 2,32                         | 4,76                          | 0,59                         | 1,07            | 0,95           | 1,62             | 0,45             | 18,09                           | 0,68                      | 6,17 | 28,03                       |
| Пружаны                       | 535,3                     | 2,12                          | 1,42            | 2,09                         | 5,27                          | 1,39                         | 0,59            | 1,19           | 0,72             | 0,17             | 14,96                           | 0,37                      | 6,43 | 23,46                       |

**Таблица 3.12**

**Ионный состав и тип воды атмосферных осадков на территории Беларуси в 2008 г.**

| Станция наблюдений | 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                         |                 |                              |                               |                              |                 |                |                  |                  |  |
| Березино           | 34                            | 22              | 32                           | 12                            | 8                            | 31              | 17             | 33               | 11               | Нитратно-сульфатный натриево-кальциевый                  |
| СКФМ               | 28                            | 20              | 29                           | 23                            | 35                           | 18              | 11             | 27               | 10               | Сульфатно-нитратный кальциево-аммонийный                 |
| Бобруйск           | 24                            | 13              | 8                            | 55                            | 11                           | 13              | 7              | 54               | 16               | Гидрокарбонатный кальциевый                              |
| Браслав            | 23                            | 16              | 9                            | 52                            | 14                           | 24              | 7              | 36               | 20               | Гидрокарбонатный кальциевый                              |
| Брест              | 28                            | 17              | 22                           | 34                            | 28                           | 17              | 7              | 39               | 8                | Сульфатно-гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый          |
| Гомель             | 30                            | 13              | 27                           | 31                            | 27                           | 15              | 6              | 41               | 10               | Нитратно-сульфатно-гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый |
| Гродно             | 31                            | 21              | 20                           | 28                            | 19                           | 22              | 8              | 34               | 17               | Гидрокарбонатно-сульфатный кальциевый                    |
| Жлобин             | 25                            | 16              | 11                           | 48                            | 26                           | 20              | 8              | 35               | 10               | Сульфатно-гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый          |
| Лида               | 16                            | 11              | 11                           | 62                            | 10                           | 14              | 7              | 48               | 21               | Гидрокарбонатный кальциевый                              |
| Минск              | 28                            | 20              | 22                           | 29                            | 38                           | 14              | 7              | 29               | 12               | Сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-аммонийный          |
| Могилев            | 23                            | 15              | 25                           | 36                            | 29                           | 11              | 5              | 37               | 18               | Нитратно-гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый           |
| Мозырь             | 32                            | 16              | 23                           | 29                            | 46                           | 11              | 9              | 25               | 10               | Гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-аммонийный          |
| Мстиславль         | 25                            | 16              | 21                           | 38                            | 29                           | 14              | 9              | 34               | 14               | Сульфатно-гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый          |
| Нарочь             | 22                            | 21              | 38                           | 20                            | 18                           | 24              | 10             | 36               | 13               | Нитратный кальциевый                                     |
| Новогрудок         | 23                            | 10              | 16                           | 51                            | 51                           | 9               | 9              | 21               | 10               | Гидрокарбонатный аммонийный                              |
| Орша               | 25                            | 11              | 12                           | 52                            | 32                           | 8               | 10             | 39               | 11               | Сульфатно-гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый          |
| Пинск              | 30                            | 18              | 23                           | 30                            | 17                           | 17              | 14             | 43               | 9                | Сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый                    |
| Полоцк             | 32                            | 24              | 14                           | 29                            | 15                           | 21              | 11             | 37               | 17               | Гидрокарбонатно-сульфатный кальциевый                    |
| Пружаны            | 22                            | 20              | 17                           | 42                            | 42                           | 14              | 17             | 20               | 8                | Гидрокарбонатный аммонийный                              |

Содержание анионов хлора в составе атмосферных осадков для всех пунктов мониторинга изменялось от 10 до 24 %-экв. При этом в Березино, Гродно, Минске, Нарочи, Полоцке, Пружанах и Березинском заповеднике оно составляло 20–24 %-экв, в остальных городах – 10–18 %-экв.

В катионном составе атмосферных осадков в большинстве городов преобладал кальций. Его содержание изменялось от 20–21 %-экв (Пружаны, Новогрудок) до 54 %-экв (Бобруйск).

В Минске, Мозыре, Новогрудке, Пружанах и Березинском заповеднике в катионном составе осадков преобладал ион аммония – 35–51 %-экв. В остальных городах его содержание составляло от 8 до 32 %-экв.

Содержание других катионов – натрия, калия и магния – в атмосферных осадках для всех пунктов мониторинга изменялось соответственно от 8 до 24 %-экв, от 5 до 17 %-экв и от 8 до 21 %-экв.

**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 в большинстве городов Беларуси в 2008 г. изменялись от 5,0 (Нарочь и Березино) до 6,6–6,7 (Орша и Бобруйск).

Выпадение кислых осадков зафиксировано в Бресте, Гомеле, Минске, Могилеве и Пинске. Кислые атмосферные осадки с pH 4,25–4,80 выпадали, в основном, в отопительный сезон. Однако, в Могилеве осадки с pH 4,68 отмечены также 24 июля и количество их было значительно – 28 мм.

Наибольшая повторяемость выпадений кислых осадков характерна для Мозыря (28%) и Березинского заповедника (61,5%). В Мозыре, например, кислые осадки отмечались не только в отопительный сезон, но и в апреле–июне, а в Березинском заповеднике – в течение всего года. В 2008 г. минимальное значение кислотности атмосферных осадков зафиксировано 9 октября в Березинском заповеднике (pH 4,11).

Необходимо отметить, что слабокислые осадки выпадают эпизодически в большинстве пунктов. Однако в Полоцке, расположенном в ближнем следе загрязнения от крупного источника выбросов диоксида серы – Новополоцкого промышленного узла – закисление на протяжении многих лет не регистрируется. В 78% измерений значения pH осадков были выше 7,0. В теплый период года отмечены осадки с pH от 8,01 до 8,47.

Для большинства пунктов мониторинга характерны слабо-щелочные осадки. Их повторяемость в 2008 г. составляла 40–86%. В теплый период года в Бобруйске, Браславе, Бресте, Минске, Гомеле, Могилеве, Мстиславле, Орше и Пинске эпизодически отмечались щелочные осадки с pH 7,04–8,04. Максимальная повторяемость щелочных осадков наблюдалась в Полоцке (69%). В мае-октябре в 9% проб здесь отмечены сильнощелочные осадки с pH > 8,04. Максимальное значение pH (8,47) в Полоцке зарегистрировано 23 мая.

В Березинском заповеднике в мае, августе и первой декаде сентября в нескольких случаях pH осадков составило 5,85–6,28. Максимальное значение pH (6,55) отмечено 9 сентября – в период, который характеризовался повышенным содержанием в воздухе большинства загрязняющих веществ (суммарные твердые частицы, ТЧ10, сульфаты, приземный озон и диоксид серы) и аномально неблагоприятными метеорологическими условиями. Следует отметить, что повышенные значения pH осадков в первой декаде сентября зафиксированы в Бобруйске, Пинске, Могилеве, Браславе и других пунктах.

#### ***Химический состав атмосферных осадков в г.Минске (по экспериментальным данным)***

В Институте природопользования НАН Беларуси проводится экспериментальное изучение химического состава атмосферных осадков и снежного покрова в г.Минске. Основным методом изучения атмосферных осадков – отбор объединенных (недельных) проб в соответствии с рекомендациями Программы ЕМЕП. Дополнительно отбираются разовые пробы, характеризующие отдельное (единичное) выпадение атмосферных осадков. В пробах осадков определяется содержание основных макрокомпонентов, кислотность и удельная электропроводность.

Согласно полученным данным, средняя минерализация атмосферных осадков в г.Минске в 2008 г. составила 9,9 мг/дм<sup>3</sup>. Отмечено существенное колебание показателя минерализации недельных проб – от 3,5 до 27,8 мг/дм<sup>3</sup>. С увеличением количества осадков минерализация, как правило, снижается, наибольшее количество изучаемых ионов содержится в пробах кратковременных осадков. Экспериментальные значения удельной электропроводности варьировали в пределах 5,2–44,0 мкСм/см, среднее значение составило 17,0 мкСм/см.

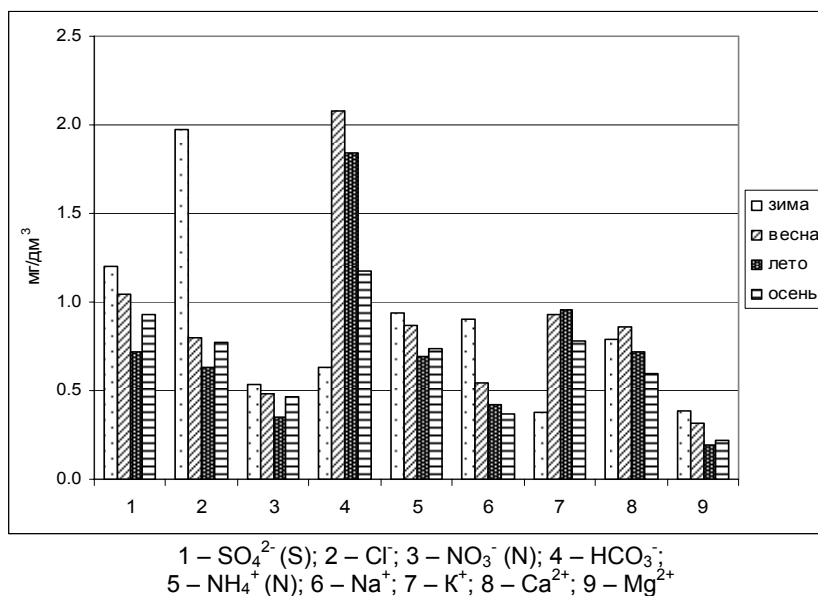
Кислотность атмосферных осадков варьировала в пределах 4,5–7,0. Среднее значение pH (6,1) превышало равновесную величину для атмосферных осадков (5,6). Около 10% проб осадков имели pH ниже 5,6.

Преобладающим анионом в химическом составе атмосферных осадков явились сульфаты. Соотношение ионов в течение года имело вид:



Коэффициент корреляции между содержанием в атмосферных осадках натрия и хлора в 2008 г. составил 0,97, сульфатов и иона аммония – 0,76, гидрокарбонатов и кальция – 0,70. Высокие коэффициенты корреляции свидетельствуют о едином источнике поступления этих пар ионов в атмосферу.

Исследованы сезонные различия в химическом составе атмосферных осадков за период с 2006 по 2008 г. Средняя минерализация атмосферных осадков в летний период за этот промежуток составила 9,4 мг/дм<sup>3</sup>, в зимний период – 12,3 мг/дм<sup>3</sup>. Наибольшие сезонные колебания в атмосферных осадках претерпевают концентрации хлоридов, ионов натрия и калия (рис. 3.14).



**Рис. 3.14.** Сезонные различия в содержании основных ионов в атмосферных осадках на территории г.Минска в 2006–2008 гг.

Среднее содержание иона калия в зимний период составило 0,4 мг/дм<sup>3</sup>, в летний – 0,9 мг/дм<sup>3</sup>, гидрокарбонат-иона – соответственно 0,6 и 1,8 мг/дм<sup>3</sup>. В зимний период снежный покров выступает в качестве фактора, лимитирующего почвенно-эрозионные и биогенные процессы, являющиеся основным источником данных элементов в осадках.

Концентрации ионов сульфатов и нитратов в зимний период более чем в 1,5 раза превышают содержание этих ионов в летний период. Уменьшение содержания окисленных серы и азота в весенне-летний период может объясняться окончанием отопительного сезона и, как следствие, меньшим выбросом соединений серы и азота в атмосферу на местном и региональном уровнях.

Сезонные изменения в сторону уменьшения содержания элементов в летний период характерны также для ионов натрия и хлорид-ионов. Концентрации ионов натрия и хлорид-ионов в зимний период более чем в 2 раза превышают концентрации этих ингредиентов в зимний период, что в значительной степени может быть связано с более интенсивным их поступлением зимой вследствие внесения противогололедных солевых смесей.

В целом увеличение минерализации атмосферных осадков в зимний период может свидетельствовать о повышении вклада антропогенных факторов в химический состав атмосферного воздуха в данный сезон года.

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

Основные негативные факторы, связанные с загрязнением атмосферного воздуха в масштабе Европы – закисление и эвтрофирование окружающей среды, приземный озон, тяжелые металлы и стойкие органические загрязнители, – регулирует Международная конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния 1979 года (Женевская конвенция), а также протоколы к ней.

Оперативной частью Конвенции является «Совместная программа наблюдения и оценки распространения загрязняющих веществ на большие расстояния в Европе» (ЕМЕП), основная задача которой состоит в расчете баланса загрязняющих веществ в странах Европы на основе внешних и внутренних эмиссий, метеорологической и климатической информации, а также последующем моделировании потоков и выпадений атмосферных загрязнителей.



Совместные действия стран в области охраны атмосферного воздуха привели к тому, что за истекшее после принятия Женевской конвенции время произошло значительное сокращение выбросов загрязняющих веществ. В первую очередь это характерно для серы: общее сокращение выбросов серы в Европе составило около 70%. В Беларуси выбросы серы сократились примерно на 80%.

Сокращение выбросов оксидов серы до потолков, установленных Гетеборгским протоколом на 2010 г., уже достигнуто в 50% стран-сторон Конвенции, и в целом намеченные цели сокращения для региона ЕМЕП уже достигнуты. В результате сокращения атмосферных выпадений серы уменьшилась кислотность атмосферных осадков и в целом сократилось влияние кислотных осадков на экосистемы, природные воды и здоровье человека.

В отличие от выбросов серы, борьба с выбросами оксидов азота, основным источником которых является транспорт, не была столь успешной. Общее сокращение выбросов оксидов азота в Европе с момента подписания Конвенции составило 25–30%. Снижение выбросов оксидов азота в соответствии с установленными потолками произведено лишь в 40% стран; необходимо еще суммарное сокращение выбросов на 15%.

Выбросы аммиака, оказывающего как закисляющее, так и эвтрофирующее воздействие, в Европе сократились в среднем на 20%. Наибольшее сокращение характерно для стран Восточной Европы, в то время как в остальной части Европы сокращение не превышает в среднем 10%. Около 65% стран сократили свои выбросы аммиака в соответствии с установленными потолками.

По модельным расчетам Метеорологического синтезирующего центра «Запад» Программы ЕМЕП, годовой поток выпадений на территорию Беларуси в 2006 г. составил 94,8 тыс.т серы, 61,6 тыс.т окисленного и 80,7 тыс.т восстановленного азота. По сравнению с 2005 г. выпадения окисленной серы снизились на 16,3%, окисленного азота – на 9,7%, восстановленного азота – на 17,7%. Средние расчетные фоновые концентрации диоксида серы в атмосферном воздухе Беларуси в 2004 г. составили 0,9 мкг/м<sup>3</sup>, диоксида азота – 0,8 мкг/м<sup>3</sup>, сульфатов – 0,7 мкг/м<sup>3</sup>, тонкодисперсных взвешенных частиц ТЧ10 – 6,9 мкг/м<sup>3</sup>, ТЧ2,5 – 6,3 мкг/м<sup>3</sup>.

По оценкам Метеорологического синтезирующего центра «Восток» Программы ЕМЕП (данные на 2006 г.), годовой поток выпадений свинца на территорию Беларуси от антропогенных источников составил 69,46 т, кадмия – 4,43 т, ртути – 0,98 т, бензо(а)пирена – 8,72 т, диоксинов – 164,0 гЭТ.

По сравнению с 2005 г. в 2006 г. выпадения свинца увеличились на 8,4%, кадмия – на 6,7%. Уровни выпадения ртути возросли на 26%, выпадения бензо(а)пирена практически не изменились, диоксинов – возросли на 32,7%.

По сравнению с 1990 г. выпадения серы сократились на 73%, окисленного азота – на 58%, восстановленного азота – на 39%.

Особенности географического положения Беларуси обусловили преобладание в составе атмосферных выпадений трансграничной составляющей. По последним оценкам центров ЕМЕП, доля трансграничной серы в выпадениях на территорию Беларуси составляет 85%, окисленного азота – 91, восстановленного азота – 49, бензо(а)пирена – 52%. Около 70% антропогенного свинца, 79% кадмия и 84% ртути также имеют внешнее происхождение.

В поступлении на территорию Беларуси окисленных серы и азота, тяжелых металлов, бензо(а)пирена основной вклад принадлежит странам-соседям – России, Украине, Польше, Румынии, Германии (табл. 3.13). Восстановленный азот имеет в основном местное происхождение; существенный вклад вносят также Украина и Польша. В свою очередь, более 60% серы и восстановленного азота и около 87% окисленного азота от источников на территории Беларуси выпадает на территорию других стран.

Территориальная структура выпадений серы и азота на территории Беларуси по данным расчетов МСЦ-«Запад» приведена на рисунках 3.15–3.17.

Информацию о выпадениях серы и азота на территории Беларуси, дополняющую оценки по моделям переноса и осаднения, позволяют получить данные сети мониторинга химического состава атмосферных осадков в рамках НСМОС. Интенсивность потока осаднения с атмосферными осадками рассчитывалась как функция взвешенной средней годовой концентрации серы и азота в осадках на основе данных о месячных концентрациях компонентов в осадках определенной станции и годового количества осадков.

Интенсивность выпадений серы, рассчитанная таким образом, в 2008 г. варьировала от 268,2 (Могилев) до 2014,7 кг/км<sup>2</sup>/год (Бобруйск) при среднем значении 769,6 кг/км<sup>2</sup>/год (рис. 3.18). Интенсивность потока окисленного (нитратного) азота в 2008 г. варьировала от 185,1 (Браслав) до 919,2 кг/км<sup>2</sup>/год (Березино) при среднем значении 443,0 кг/км<sup>2</sup>/год (рис. 3.18). Интенсивность выпадений восстановленного (аммонийного) азота изменялась от 162,35 (Березино) до 1865,9 кг/км<sup>2</sup>/год (Новогрудок) при среднем уровне 525,8 кг/км<sup>2</sup>/год. В 2008 г. по сравнению с 2007 г. средние выпадения окисленной серы и восстановленного азота увеличи-

лись на 6,9% и 3,9% соответственно, выпадения окисленного азота снизились на 19%.

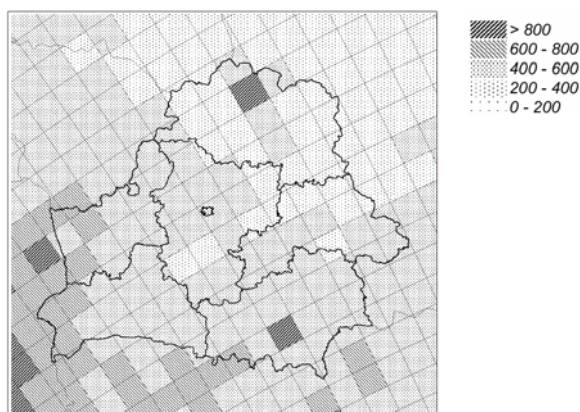
**Таблица 3.13**

**Выпадения некоторых тяжелых металлов и СО<sub>2</sub> на территорию  
Беларуси от источников в других странах в 2006 г., кг/год**

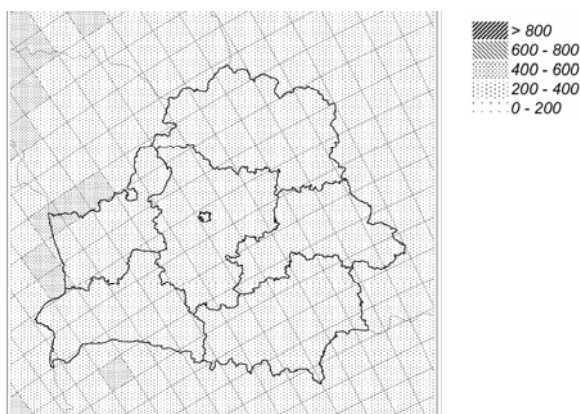
| Страна-источник      | Свинец  | Кадмий | Ртуть | Бензо(а)-<br>пирен | ПХДД,<br>гЭТ |
|----------------------|---------|--------|-------|--------------------|--------------|
| Беларусь             | 20641,0 | 929,2  | 153,3 | 4183,0             | 17,1         |
| Польша               | 18645,0 | 1829,2 | 355,5 | 969,0              | 11,3         |
| Украина              | 9336,0  | 151,3  | 167,8 | 734,1              | 18,4         |
| Россия               | 3468,0  | 719,4  | 65,0  | 63,5               | 4,2          |
| Румыния              | 1772,0  | 91,0   | 34,6  | 67,9               | 1,2          |
| Словакия             | 1868,0  | 128,4  | 28,0  | 48,7               | 0,7          |
| Сербия и Черногория  | 1303,0  | 71,2   | 12,9  | 18,1               | 0,3          |
| Греция               | 828,1   | 5,2    | 6,1   | 3,7                | 0,1          |
| Турция               | 645,4   | 19,3   | 6,7   | 15,8               | 0,7          |
| Болгария             | 675,5   | 60,8   | 4,9   | 8,4                | 0,3          |
| Чехия                | 894,9   | 68,8   | 27,0  | 48,2               | 1,2          |
| Италия               | 1375,0  | 30,8   | 11,8  | 34,8               | 0,5          |
| Германия             | 889,8   | 21,4   | 6,9   | 126,5              | 0,2          |
| Швеция               | 174,9   | 6,6    | 1,4   | 23,9               | 0,3          |
| Эстония              | 656,6   | 10,6   | 3,9   | 34,8               | 0,03         |
| Латвия               | 798,2   | 27,8   | 0,6   | 325,6              | 0,5          |
| Венгрия              | 644,6   | 30,6   | 16,4  | 44,3               | 0,5          |
| Литва                | 684,6   | 23,9   | 13,3  | 241,2              | 1,5          |
| Босния и Герцеговина | 501,4   | 12,3   | 4,3   | 8,2                | 0,1          |
| Норвегия             | 46,6    | 3,5    | 1,1   | 4,3                | 0,1          |
| Прочие               | 3608,5  | 188,7  | 57,3  | 134,3              | 10,5         |
| Реэмиссия            | –       | –      | –     | 1585,0             | 94,3         |
| Всего                | 69457,1 | 4430,0 | 978,8 | 8723,3             | 164,0        |

При сопоставлении средних уровней выпадений в 2005–2008 гг. с уровнями в предшествующие годы необходимо учитывать изменения в сети отбора атмосферных осадков: в 2005 г. начат отбор атмосферных осадков на станциях Мстиславль и Браслав, в 2007 г. – на станции Жлобин.

Анализ динамики влажного выпадения закисляющих и эвтрофирующих соединений показывает, что, в отличие от первой половины 1990-х годов, когда интенсивность выпадения данных соединений уменьшалась, для последних лет в целом намечается тенденция к некоторому росту их атмосферного поступления (рис. 3.19).



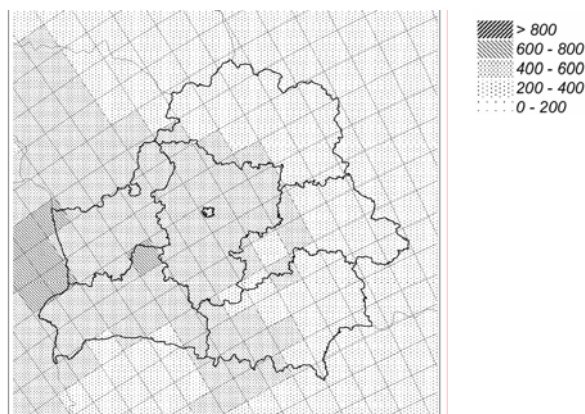
**Рис. 3.15. Уровни выпадений окисленной серы на территории Беларуси, кг/км<sup>2</sup>/год (по данным МСЦ-«Запад»)**



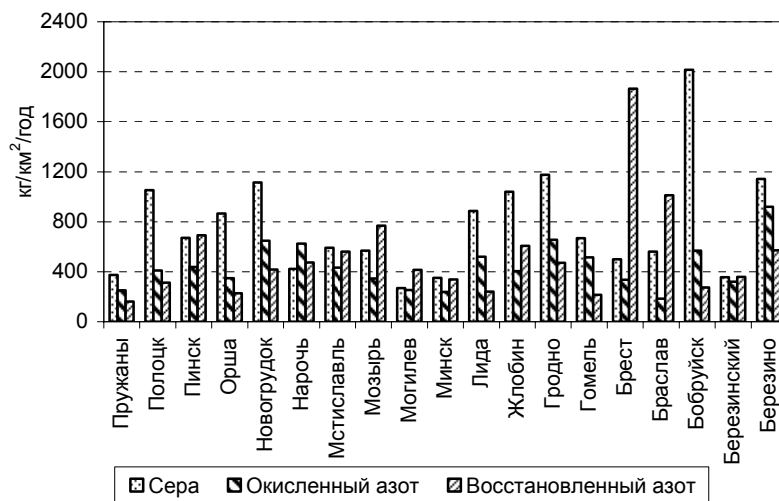
**Рис. 3.16. Уровни выпадений окисленного азота на территории Беларуси, кг/км<sup>2</sup>/год (по данным МСЦ-«Запад»)**

Для оценки потенциального экологического эффекта выпадений для СКФМ Березинский заповедник, характеризующей фоновые условия, рассчитаны выпадения основных закисляющих соединений (серы и азота) и физиологически активных основных катионов (кальция, магния и калия) в эквивалентной форме (рис. 3.20). Разность поступления этих групп соединений характеризует потенциал закисления. Хорошо выражен нисходящий тренд

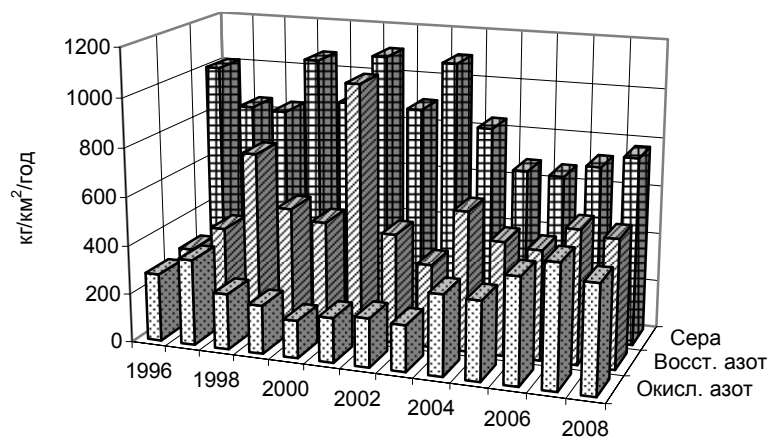
потенциала закисления среды для первой половины 1990-х годов, что связано, в первую очередь, с сокращением поступления основных закисляющих соединений. В последующие годы потенциал закисления не имеет выраженного тренда.



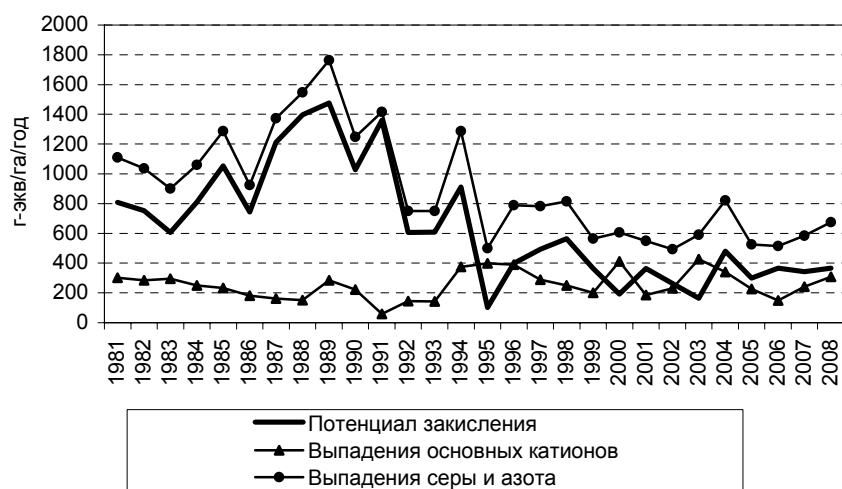
**Рис. 3.17.** Уровни выпадений восстановленного азота на территории Беларуси, кг/км<sup>2</sup>/год (по данным МСЦ-«Запад»)



**Рис. 3.18.** Средняя интенсивность атмосферных выпадений соединений серы и азота на территории Беларуси в 2008 г.



**Рис. 3.19.** Динамика средней интенсивности атмосферных выпадений соединений серы и азота на территории Беларуси в 1996–2008 гг.



**Рис. 3.20.** Динамика потенциала закисления, обусловленного атмосферными осадками, в 1981–2008 гг. (по данным СКФМ Березинский заповедник)

### **Химический состав атмосферных осадков на станции Высокое**

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

В течение 2008 г. на станции Высокое было отобрано и проанализировано 118 суточных проб осадков. Кислотность определена в 110 пробах, содержание сульфатной серы – в 92, нитратного азота – в 63, аммонийного азота – в 94 пробах. Характеристика основных компонентов химического состава атмосферных осадков на станции Высокое представлена в таблице 3.14.

В 2008 г. на станции Высокое выпадали слабощелочные осадки. Величина pH в течение года варьировала в диапазоне от 5,8 до 7,0, среднее годовое значение составило 6,8. Для сравнения: среднее годовое pH осадков по сети ЕМЕП в 2005 г. составило 5,20, на станциях Литвы и Латвии – 4,77–5,55, в северо-западном регионе России (в 2006 г.) – 4,90–5,00.

Анализ данных показал, что сульфаты на протяжении длительного периода являются доминирующим кислотным анионом в составе атмосферных осадков. В 2008 г. содержание сульфатной серы в осадках на станции Высокое варьировало в диапазоне 0,34–6,30 мг/дм<sup>3</sup> при средней годовой концентрации 1,53 мг/дм<sup>3</sup>. Среднее годовое скорректированное содержание серы в осадках на сети ЕМЕП в 2005 г. составило 0,50 мг/дм<sup>3</sup>, на станциях Литвы и Латвии – 0,25–0,33 мг/дм<sup>3</sup>, нескорректированное – соответственно 0,76 и 0,28–0,46 мг/дм<sup>3</sup>.

Сезонная зависимость содержания сульфатной серы не была столь ярко выражена, как в предыдущие годы. Так, увеличение концентраций отмечено в июле, который характеризовался интенсивной грозовой деятельностью и большим количеством осадков (выпало 117% нормы), и в середине августа – в период с повышенным метеорологическим потенциалом загрязнения атмосферы.

Максимальное содержание сульфатной серы зафиксировано в осадках 21–22 марта. Существенное увеличение концентраций (до 6,16 мг/дм<sup>3</sup>) отмечено также 7–8 января, что было связано с трансграничным переносом (в этот период наблюдалось мощное региональное загрязнение в промышленных центрах Польши) (рис. 3.21).

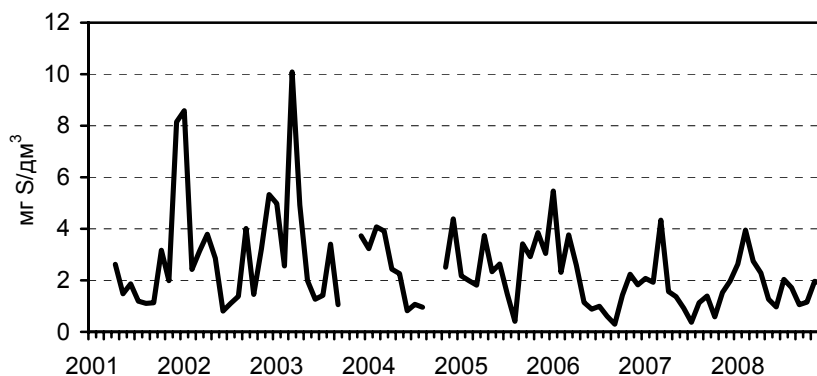
**Таблица 3.14**

**Средневзвешенные концентрации основных компонентов химического состава  
атмосферных осадков на ст.Высокое в 2008 г.**

| Месяц             | Кол-во<br>осадков, мм | pH  | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ,<br>мгS/дм <sup>3</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Cl <sup>-</sup>    | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> |
|-------------------|-----------------------|-----|--|------------------------------|------------------------------|--------------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|
|                   |                       |     |  | мгN/дм <sup>3</sup>          |                              | мг/дм <sup>3</sup> |                 |                |                  |                  |
| Январь            | 76,6                  | 6,8 | 1,90   | 0,32                         | 1,07                         | 1,37               | 1,31            | 1,48           | 3,33             | 0,46             |
| Февраль           | 23,7                  | 6,6 | 2,60   | 0,78                         | 0,67                         | 1,30               | 0,56            | 0,31           | 1,63             | 0,25             |
| Март              | 55,0                  | 6,8 | 1,97   | 0,76                         | 1,17                         | 2,02               | 1,12            | 0,62           | 2,98             | 0,50             |
| Апрель            | 40,2                  | 6,7 | 1,77   | 0,63                         | 1,03                         | 0,79               | 0,40            | 0,58           | 2,09             | 0,36             |
| Май               | 75,3                  | 6,7 | 1,18   | 0,36                         | 1,09                         | 0,94               | 0,41            | 0,39           | 2,74             | 0,43             |
| Июнь              | 43,9                  | 6,8 | 0,83   | 0,32                         | 0,79                         | 0,57               | 0,19            | 0,27           | 0,77             | 0,14             |
| Июль              | 86,3                  | 6,8 | 1,72   | 0,41                         | 0,69                         | 1,65               | 0,40            | 0,88           | 1,46             | 0,26             |
| Август            | 49,5                  | 6,8 | 1,39   | –                            | 0,90                         | 0,85               | 0,50            | 0,62           | 3,01             | 0,51             |
| Сентябрь          | 53,5                  | 6,8 | 1,05   | 0,74                         | 0,80                         | 0,86               | 0,35            | 0,34           | 1,76             | 0,25             |
| Октябрь           | 45,3                  | 6,8 | 1,10   | 0,75                         | 0,64                         | 1,11               | 0,50            | 0,54           | 2,21             | 0,30             |
| Ноябрь            | 25,2                  | 6,7 | 1,81   | –                            | 1,48                         | 0,27               | 2,40            | 2,70           | 2,57             | 0,42             |
| Декабрь           | 33,6                  | 6,8 | 1,56   | –                            | 1,34                         | –                  | 1,62            | 2,89           | 2,46             | 0,42             |
| Среднее<br>за год | 608,1*                | 6,8 | 1,53   | 0,50                         | 0,94                         | 1,10               | 0,68            | 0,86           | 2,24             | 0,35             |

\* Сумма за год.





**Рис. 3.21. Динамика средних месячных концентраций серы в атмосферных осадках на станции Высокое в 2001–2008 гг.**

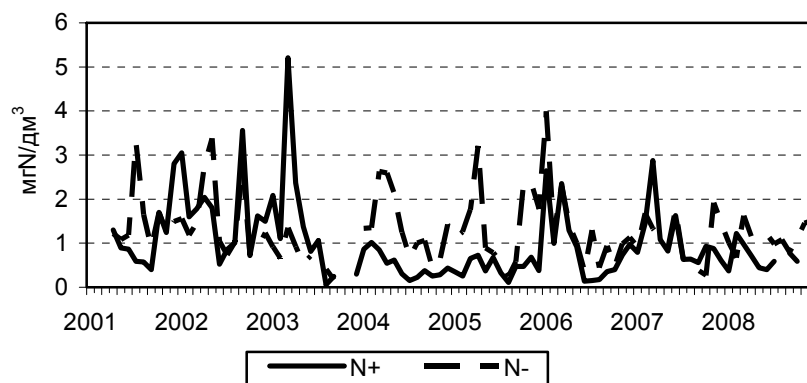
Концентрации нитратного (окисленного) азота в атмосферных осадках изменялись в диапазоне от 0,13 до 2,59 мг/дм<sup>3</sup> при среднем годовом содержании 0,50 мг/дм<sup>3</sup>. Среднее годовое содержание нитратного азота на сети ЕМЕП в 2005 г. составило 0,45 мг/дм<sup>3</sup>, на станциях Литвы и Латвии – 0,21–0,48 мг/дм<sup>3</sup>.

Содержание аммонийного (восстановленного) азота колебалось в диапазоне 0,13–3,95 мг/дм<sup>3</sup> при среднем годовом значении 0,94 мг/дм<sup>3</sup>. Среднее годовое содержание аммонийного азота в осадках на сети ЕМЕП в 2005 г. составило 0,49 мг/дм<sup>3</sup>, на станциях Литвы и Латвии – 0,33–0,72 мг/дм<sup>3</sup>.

Наибольшие средние концентрации окисленного азота зафиксированы в феврале–марте, восстановленного азота – в марте и ноябре–декабре. Максимальные концентрации окисленного и восстановленного азота в осадках отмечены 11–12 марта (рис. 3.22).

По сравнению с 2007 г. средняя величина pH атмосферных осадков на станции Высокое повысилась на 0,25 ед., содержание серы и восстановленного азота увеличилось соответственно на 49 и 36%, окисленного азота – уменьшилось на 31% (табл. 3.15).

Как и в предыдущие годы, осадки на станции Высокое в целом более щелочные, чем в среднем на сети ЕМЕП в Европе. Они содержат существенно больше серы и в целом более минерализованные, что, по-видимому, обусловлено локальными источниками воздействия в районе расположения станции.



**Рис. 3.22.** Динамика средних месячных концентраций окисленного (N+) и восстановленного (N-) азота в атмосферных осадках на станции Высокое в 2001–2008 гг.

**Таблица 3.15**

**Динамика среднегодовых взвешенных концентраций  
серы и азота (мг/дм<sup>3</sup>) и величина pH атмосферных осадков  
на станции Высокое в 2002–2008 гг.**

| Год  | pH   | Сера<br>сульфатов | Азот<br>окисленный | Азот восста-<br>новленный |
|------|------|-------------------|--------------------|---------------------------|
| 2002 | 6,36 | 1,49              | 0,83               | 0,92                      |
| 2003 | 6,30 | 1,75              | 0,74               | 0,68                      |
| 2004 | 6,63 | 1,79              | 0,40               | 1,01                      |
| 2005 | 5,55 | 1,87              | 0,38               | 0,94                      |
| 2006 | 6,70 | 0,94              | 0,38               | 0,70                      |
| 2007 | 6,50 | 1,03              | 0,72               | 0,69                      |
| 2008 | 6,75 | 1,53              | 0,50               | 0,94                      |

### **Критические нагрузки загрязняющих веществ на экосистемы**

Интегральной характеристикой устойчивости экосистем к атмосферному поступлению загрязняющих веществ в рамках Женевской конвенции является величина критической нагрузки. Расчет критических нагрузок серы и азота для природных экосистем Беларуси выполнен РУП «БелНИЦ «Экология».

Установлено, что выпадения превышают критические нагрузки по сере для 25,4% экосистем, по азоту питательному – для

31,3% экосистем. При существующем уровне выпадений не обеспечивается гарантированная защищенность 95% природных экосистем для основной части Беларуси.

Институтом природопользования НАН Беларуси выполнен расчет критических нагрузок тяжелых металлов (свинца и кадмия) для природных экосистем Беларуси. При сопоставлении данных о выпадениях тяжелых металлов с рассчитанными значениями критических нагрузок для некоторых типов естественных экосистем были выявлены превышения фактических нагрузок над допустимыми.

При расчете по эффект-ориентированному подходу превышения уровней критических нагрузок отмечены лишь по свинцу для незначительной по площади территории Беларуси (около 0,3% площади естественных экосистем).

При расчете с использованием сохраняющего подхода превышения допустимых уровней выпадений отмечаются для свинца и кадмия. По свинцу они фиксируются на 14% площадей всех естественных угодий страны.

В целом сокращение атмосферных выпадений серы привело к существенному снижению нагрузок на экосистемы в масштабе Европы. Так, в 1990 г. практически все страны–стороны Гетеборгского протокола имели 40% и более незащищенных от закисления экосистем. К 2004 г. площадь незащищенных экосистем в большинстве сторон Протокола сократилась до уровня ниже 20%. По состоянию на 2006 г. площадь незащищенных от закисления экосистем в Европе составляла около 10%.

Существенно меньше успехи в защите экосистем от нагрузок эвтрофирующего азота. Площадь экосистем, незащищенных от выпадений этих соединений, в масштабе Европы оценивается в 47%.

Согласно модельным расчетам, в Беларуси природные экосистемы на площади около 64 км<sup>2</sup> находятся под риском закисления и эвтрофирования. При различных сценариях развития (без проведения мероприятий по снижению выбросов либо при проведении таких мероприятий) доля экосистем, находящихся под угрозой закисления, составит в 2010–2020 гг. от 0 до 17%, под угрозой эвтрофирования – от 56 до 99%.

### ***3.5. Годовой режим общего содержания озона и уровня приземного ультрафиолета***

Мониторинг озонового слоя в Беларуси проводится Национальным научно-исследовательским центром мониторинга озоносферы БГУ и Институтом физики НАН Республики Беларусь.

В 2008 г., как и в предыдущие годы, регулярно выполнялись наблюдения за изменением общего содержания озона в атмосфере (ОСО) для всей территории Беларуси, уровней приземного ультрафиолетового (УФ) солнечного излучения, аэрозольной оптической толщины (АОТ) атмосферы в УФ области спектра, концентраций приземного (тропосферного) озона.

Результаты мониторинга ОСО служат основой для оценки состояния озонового слоя над территорией страны и выявления тенденций изменения слоя на протяжении больших периодов времени. По данным мониторинга выполняется анализ влияния естественных и антропогенных факторов на озоносферу, а также определяется общая тенденция в изменении уровней приземного ультрафиолетового солнечного излучения.

Результаты измерений спектров и доз биологически активного солнечного ультрафиолетового излучения позволяют получать информацию о риске возникновения у людей и животных онкологических, кожных, глазных и иммунных заболеваний, а также поражения сельскохозяйственных культур в период вегетации.

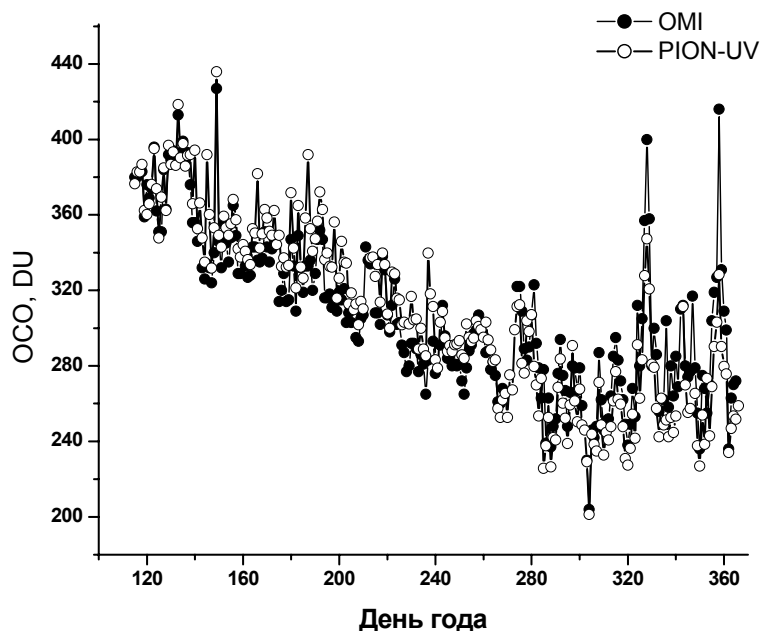
Приземная концентрация озона, наряду с концентрацией аэрозолей, является важнейшей характеристикой загрязнения тропосферного воздуха и критерием безопасности жизнедеятельности на открытом воздухе. Повышенные концентрации приземного озона негативно влияют на продуктивность сельского и лесного хозяйства. Мониторинг временных и пространственных изменений концентрации приземного озона важен также для оценки интенсивности трансграничного переноса загрязнений.

В 2008 г. мониторинг **общего содержания озона** проводился на Минской озонометрической станции (27.47E, 53.83N) с помощью ультрафиолетового спектро радиометра ПИОН-УФ, разработанного в НИИЦ МО БГУ и предназначенного для измерения спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО) в диапазоне 285–450 нм.

Результаты мониторинга ОСО в 2008 г. представлены на рисунке 3.23. Данные наземных измерений ОСО, проведенных на Минской озонометрической станции, сопоставлены со спутниковыми измерениями (ОМІ).

Анализ состояния озоносферы над всей территорией Беларуси выполнялся на основе данных спутникового инструмента ОМІ, обеспечивающего изменение данных во времени и пространстве. Приемлемое пространственное разрешение обеспечивают данные спутника на сетке 1°x1°. Для широты г.Минска это соответствует линейным шагам в ~66 км вдоль параллели и ~111 км вдоль мери-

диана (сетка целиком покрывает территорию страны и содержит 77 узлов). На рисунке 3.24 приведены усредненные для территории Беларуси среднемесячные значения ОСО в 2008 г. в сравнении с климатической нормой (КН) за 1978–2007 гг. Анализ данных показывает, что в целом 2008 г. был озонодефицитным по сравнению с климатической нормой. Только в марте климатическая норма была превышена на 2%, а в мае среднемесячное содержание озона соответствовало норме. В остальные месяцы отклонения составляли от –4 до –12%.



**Рис. 3.23. Результаты наземных (ПИОН-УФ) и спутниковых (ОМІ) измерений общего содержания озона, Минск, 2008 г.**

В 2008 г., как и прежде, наблюдались определенные различия в состоянии озонового слоя над разными регионами Беларуси. Наибольшее различие отмечено в весенний и зимний периоды, что объясняется различиями динамических процессов в атмосфере над разными регионами, которое наиболее сильно проявляется весной и зимой.



**Рис. 3.24. Среднемесячные значения ОСО в 2008 г. для Беларуси в сравнении с климатической нормой**

Ежегодно (обычно в конце зимы либо поздней осенью) наблюдаются дни, когда разница в ОСО для какой-либо пары областных городов Беларуси составляет около 100 единиц Добсона (еД), т.е. примерно 30% от среднегодового значения. В 2008 г. такой день пришелся на 23 января, когда над г.Гомелем было зафиксировано ОСО 360 еД, а над г.Гродно – 265 еД (разница 95 еД). При этом среднее для страны ОСО составило 310 еД. Наблюдавшаяся картина объясняется прохождением над территорией Беларуси отрицательной озоновой аномалии, вытянутой вдоль оси «север-юг». В указанный день край этой аномалии накрыл западный регион страны, тогда как центральный и восточный регионы остались в зоне более высоких значений ОСО. Уже 24 января, вследствие дальнейшего движения аномалии на восток, ситуация над территорией страны выровнялась (при этом среднее ОСО составило 248 еД).

Низкие значения ОСО в зимние месяцы отчасти обусловлены прохождением над территорией Беларуси отрицательных аномалий (озоновых «мини-дыр»). Всего в 2008 г. 13 озоновых «мини-дыр» затронули территорию страны. Самая глубокая и продолжительная отрицательная аномалия находилась над Беларусью с 18.02.2008 по 26.02.2008. Значения ОСО в этот период были сни-

жены на 20–25%, а 22.02.2008 дефицит ОСО составил 35%. Рекордная положительная аномалия (+37%) над территорией Беларуси имела место 23 ноября.

Исследования, проведенные в ННИЦ МО БГУ, показали, что зимой и ранней весной области, в которых содержание озона в атмосфере существенно (более чем на 20%) отклоняется от нормы, характеризуются определенной дипольной структурой. В случае отрицательных озоновых аномалий в тропосфере имеет место антициклоническая циркуляция и подъем барических поверхностей до высот нижней стратосферы.

В стратосфере в этот момент наблюдается противоположная, циклоническая циркуляция, обусловленная как правило, смещением зимнего стратосферного полярного вихря на Европу. Присутствие противоположных циркуляционных структур в стратосфере и тропосфере приводит к уменьшению толщины слоя в атмосфере, в котором находится основная часть атмосферного озона. Поздней весной и летом отрицательные озоновые аномалии связаны только с подъемом изобарических поверхностей в тропосфере до высот средней стратосферы и вытеснением озона из этой области.

Аномалии зимой и весной 2008 г. были связаны с тем, что в зимние месяцы, вплоть до начала марта, стратосферный полярный циклон был сдвинут к Европе, а 22.02.2008 его центр располагался над Скандинавией и Норвежским морем (рис. 3.25).

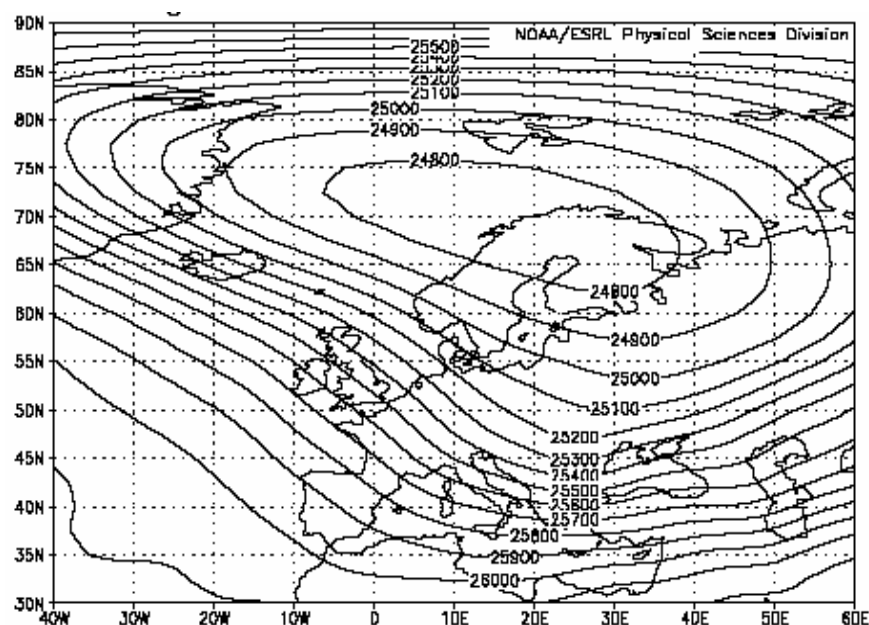
В целом за 2008 г. максимальное содержание озона наблюдалось 5 марта над г.Гродно (465 еД), а минимальное – 30 октября над г.Минском (205 еД). За весь период спутниковых наблюдений (с 1978 г.) максимальное зафиксированное ОСО составило 534 еД (Гродно, 24 февраля 2001 г.), минимальное – около 190 еД (Гродно, 1 января 1998 г.; Гомель, 1 декабря 1999 г.).

Анализ результатов состояния озонового слоя над территорией Беларуси в 2008 г. и за последние 30 лет показал, что темпы истощения озонового слоя замедлились, хотя общая тенденция сохраняется.

Мониторинг **приземных уровней и доз солнечного ультрафиолетового излучения** выполняется в автоматическом режиме в течение светового дня. В целом за 2008 г. измерено и обработано более 35600 спектров солнечного приземного УФ излучения.

На основе измеренных спектров определялись значения УФ индекса, а также рассчитывались дневные (суточные) дозы УФ облучения для ряда биологических эффектов (эритемы, повреждения ДНК, рака кожи, катаракты) с различными спектрами действия.

УФ индекс, характеризующий степень опасности ультрафиолетового излучения для человека, зависит, главным образом, от зенитного угла Солнца на момент измерения, общего содержания озона в атмосфере и состояния облачности.



**Рис. 3.25. Высоты изобарических поверхностей 20 мб (~25 км)  
22.02.2008. Центр стратосферного циклона над Скандинавией  
и Норвежским морем**

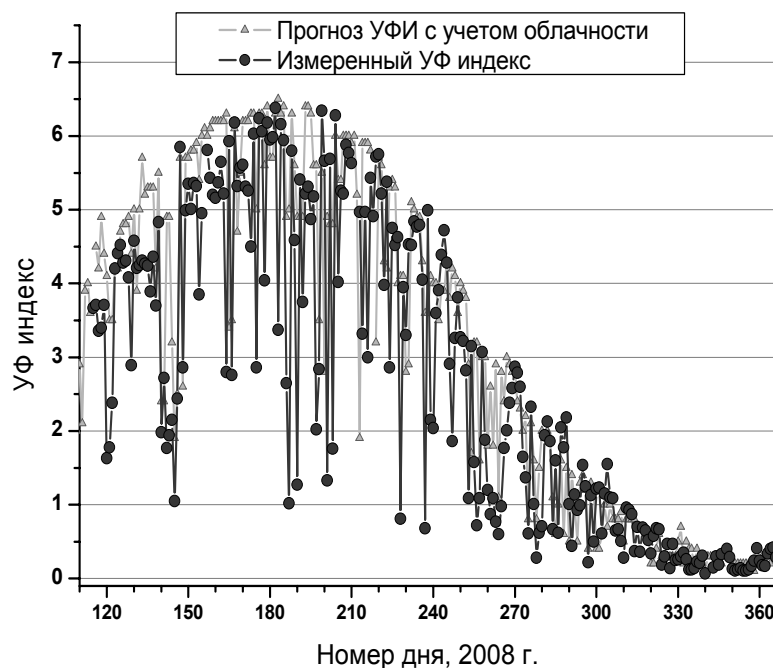
В период с апреля по сентябрь ежегодно ведется прогноз УФ индекса для информирования населения. Прогнозные и измеренные значения этой величины приведены на рисунке 3.26.

В 2008 г. на лидарной станции Института физики НАН Беларуси регулярно проводились измерения **параметров аэрозолей** над территорией страны.

В августе отмечено наиболее сильное возмущение стратосферного слоя со времени извержения вулкана Пинатубо (Филиппины, 1991 г.). Так, 7 августа 2008 г. в г.Минске было зарегистрировано значительное увеличение содержания аэрозоля в слое 15–20 км. Анализ прямых и обратных траекторий показал, что направление переноса продуктов вулканических выбросов вулканов Ок-



мок и Касаточи (оба вулкана находятся в гряде Алеутских островов) и время переноса соответствовали результатам наблюдений на лидарных станциях. Таким образом, были идентифицированы источники выбросов.

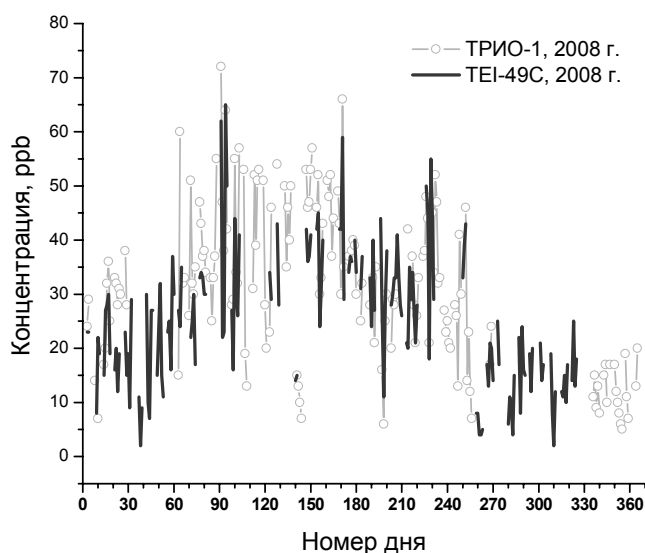


**Рис. 3.26.** Прогнозные и измеренные значения УФ индекса, Минск, 2008 г.

**Концентрация озона в приземном слое атмосферы** зависит как от естественных процессов, происходящих в тропосфере, так и от факторов, связанных с производственной деятельностью человека. При наличии коротковолнового солнечного излучения озон может образовываться в верхней тропосфере в среде прекурсоров озона – окислов азота и летучих органических соединений. Они содержатся в выхлопных газах транспортных средств и выбросах промышленных предприятий. В условиях прозрачной атмосферы, когда относительно коротковолновое солнечное излучение достигает тропосферы, а температура воздуха достаточно высока, концентрация озона в приземных слоях атмосферы может

достигать значительных величин. Сочетание факторов метеорологического и антропогенного характера может приводить к возрастанию концентрации озона в приземной атмосфере до значений, превышающих предельно допустимые.

Мониторинг концентрации приземного озона проводится на Минской озонометрической станции ННИЦ МО БГУ, начиная с 2004 г. Для ежедневных измерений используется оптический трассовый измеритель ТриО-1, работающий по принципу аппаратуры DOAS. В ряде случаев проводились также параллельные измерения прибором TEI-49C (рис. 3.27).



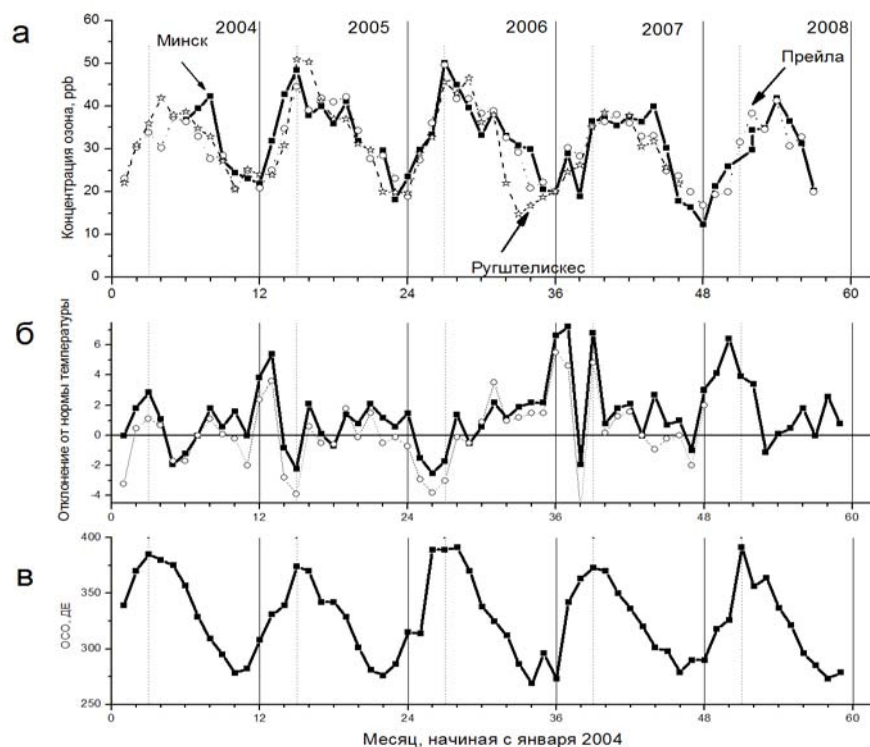
**Рис. 3.27. Результаты измерений концентрации приземного озона на Минской озонометрической станции в 2008 г.**

Существующие на данный момент ПДК по приземному озону составляют 45 ppb для двадцатичетырехчасового пребывания, 60 ppb для восьмичасового и 80 ppb для одночасового.

Максимальное зарегистрированное значение в 2008 г. составило 72 ppb (31 марта). В целом за год зафиксировано 35 дней, когда концентрация превышала 45 ppb (превышения наблюдались не круглосуточно).

На рисунке 3.28 представлены среднеемесячные данные о концентрации озона, полученные в период 2004–2008 гг. на стан-

ции ННИЦ МО (Минск) и литовской станции Прейла. Значения концентрации приземного озона получены посредством усреднения в течение месяца результатов измерений в местный полдень. Обращает на себя внимание тот факт, что отклонение среднемесячной температуры в марте от нормы сопровождается появлением (либо исчезновением) максимума концентрации приземного озона.



**Рис. 3.28.** Годовой ход концентрации приземного озона (а), отклонения среднемесячной температуры от климатической нормы (б) и общего содержания озона (в) в период 2004–2008 гг.

### 3.6. Радиационный мониторинг атмосферного воздуха

В 2008 г. на территории Республики Беларусь функционировало 55 дозиметрических постов по измерению мощности дозы гамма-излучения (МД). На 27 дозиметрических постах, распо-

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

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

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

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

Вся информация об уровнях МД, величине суммарной бета-активности и содержанию гамма-излучающих радионуклидов в пробах атмосферного воздуха заносилась в автоматизированный банк данных. В 2008 г. уровни МД, радиоактивность естественных выпадений и аэрозолей в воздухе на территории Беларуси соответствовали установившимся многолетним значениям.

Данные радиационного мониторинга атмосферного воздуха показывают, что радиационная обстановка на территории Беларуси в 2008 г. оставалась стабильной. Уровни МД, превышающие дозварийные значения, зарегистрированы в контролируемых городах, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения – Брагине, Наровле, Славгороде, Хойниках, Чечерске. Максимальные среднемесячные значения МД были зафиксированы в августе в Брагине – 0,70 мкЗв/ч (среднее за 2008 г. – 0,64 мкЗв/ч), в апреле в Наровле – 0,58 мкЗв/ч (среднее за 2008 г. – 0,54 мкЗв/ч), в мае и июне в Славгороде – 0,24 мкЗв/ч (среднее за 2008 г. – 0,23 мкЗв/ч), в июне и августе в Хойниках – 0,26 мкЗв/ч (среднее за 2008 г. – 0,25 мкЗв/ч), в марте в Чечерске – 0,25 мкЗв/ч (среднее за 2008 г. – 0,23 мкЗв/ч). На остальных пунктах наблюдений МД не превышала уровень ес-

тественного гамма-фона (до 0,20 мкЗв/ч). В областных городах среднегодовой уровень МД находился в пределах 0,10–0,13 мкЗв/ч.

В 2008 г. среднегодовые значения суммарной бета-активности проб радиоактивных выпадений из атмосферы составили: в Могилеве – 1,3 Бк/м<sup>2</sup>сут, Наровле и Хойниках – 0,7 Бк/м<sup>2</sup>сут, Брагине, Чечерске и Василевичах – 0,6 Бк/м<sup>2</sup>сут, Мозыре – 0,5 Бк/м<sup>2</sup>сут. Наибольшие среднемесячные уровни суммарной бета-активности зарегистрированы в Могилеве в декабре (1,9 Бк/м<sup>2</sup>сут), в Наровле – в апреле (1,3 Бк/м<sup>2</sup>сут).

Анализ результатов измерений суммарной бета-активности атмосферных аэрозолей в 2008 г. показывает, что наибольшие среднемесячные уровни наблюдались в сентябре в Минске –  $17,7 \cdot 10^{-5}$  Бк/м<sup>3</sup>, в ноябре в Могилеве –  $59,0 \cdot 10^{-5}$  Бк/м<sup>3</sup>, в декабре в Мстиславле –  $31,4 \cdot 10^{-5}$  Бк/м<sup>3</sup>, в январе в Мозыре –  $23,8 \cdot 10^{-5}$  Бк/м<sup>3</sup>.

По результатам гамма-спектрометрического анализа в 2008 г. в пробах аэрозолей идентифицировались следующие радионуклиды: цезий-137, калий-40, бериллий-7, свинец-210.

Контрольные уровни суммарной бета-активности, при превышении которых проводятся защитные мероприятия, составляют: для радиоактивных выпадений из атмосферы – 110 Бк/м<sup>2</sup>сут; для радиоактивных аэрозолей –  $3\,700 \cdot 10^{-5}$  Бк/м<sup>3</sup>.

В 2008 г. в пробах радиоактивных аэрозолей и выпадений из атмосферы короткоживущих изотопов, в том числе йода-131, не обнаружено. Также не отмечено существенных изменений в поведении в атмосферном воздухе цезия-137 по сравнению с предыдущими годами.

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