

## КЛАССИФИКАЦИЯ СИНОПТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЦЕЛЯХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА

А. В. Назаренко

*Воронежский государственный университет*

Предложена классификация синоптических процессов применительно к оценке уровня антропогенного загрязнения атмосферы. Установлены связи между синоптическими процессами и содержанием в воздушном бассейне отдельных примесей в холодный теплый и переходный периоды года. В качестве характеристики уровня загрязнения атмосферы использованы средние концентрации примесей в приземном слое атмосферы.

Общеизвестно, что метеорологические и синоптические условия являются главными факторами, влияющими на загрязнение атмосферы, особенно в тех местах, где сильно развита промышленность [1]. В зависимости от метеорологических и синоптических условий в одних случаях загрязнители рассеиваются или выпадают (оседают) на земную поверхность, а в других наоборот, они длительное время могут находиться в атмосферном воздухе [2].

Синоптическая ситуация в определенной степени отражает сложное совместное влияние ряда метеорологических факторов на уровень загрязнения атмосферы. Исследование синоптических условий загрязнения атмосферы имеет большое значение для проведения работ по обеспечению чистоты воздушного бассейна в период неблагоприятных метеоусловий на территориях промышленных центров [1, 2, 6]. Из-за невозможности организации службы прогнозирования загрязнения воздуха, в каждом городе, встает вопрос о предсказании неблагоприятных условий рассеивания вредных примесей из единого прогностического центра для всего промышленного региона.

В данной статье проведен анализ различных уровней загрязнения атмосферы в зависимости от аэросиноптических условий. В качестве исходных данных были использованы результаты наблюдений за концентрацией загрязняющих веществ в атмосфере постов наблюдения № 1, 7, 8, 9, 10 города Воронежа, а также аэросиноптический материал за 1990-1999 гг.

В каждый случай вошли данные наблюдений концентраций по 10 антропогенным примесям (пыли (PL), сажи (SA), угарного газа (CO), оксида азота (NO), двуокиси азота (NO<sub>2</sub>), сернистого ангидрида (SO<sub>2</sub>), аэрозоля серной кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), аммиака (NH<sub>3</sub>), формальдегида (FO), фенола (FE) и значения метеорологических величин (температуры воздуха (T), относительной влажности (f), направления (dd) и скорости ветра (v) у земли) за 7, 13, 19 часов. Дополнительно привлечены в эти дни данные о параметрах задерживающих слоев (инверсий температуры).

Анализ зависимости концентрации загрязняющих веществ от синоптических процессов проводился следующим образом. Весь архивный материал был разбит на три периода: теплый, холодный и переходный. В теплый период были включены данные за май, июнь, июль, август; холодный – за ноябрь, декабрь, январь, февраль; переходный период – за март, апрель, сентябрь и октябрь. В состав архивной выборки были включены синоптические ситуации, которые наблюдались для каждого дня наблюдений за параметрами загрязнения атмосферы.

С учетом ранее изученных источников [3, 5] и проведенных исследований было целесообразно рассмотреть следующую классификацию синоптических ситуаций:

1 – центр антициклона; 2 – восточная периферия антициклона; 3 – южная периферия антициклона; 4 – западная периферия антициклона; 5 – северная периферия антициклона; 6 – барический гребень; 7 – ядро антициклона.

лона; 8 – отрог антициклона; 9 – центр циклона; 10 – передняя часть циклона; 11 – тыловая часть циклона; 12 – теплый сектор циклона; 13 – барическая ложбина; 14 – зона теплого фронта; 15 – зона холодного фронта; 16 – зона фронта окклюзии по типу теплого; 16/1 – зона фронта окклюзии по типу холодного; 17 – вторичный холодный фронт; 18 – волновая деятельность на холодном фронте (холодный фронт с волнами); 19 – широкий вынос тепла (широкий теплый сектор); 20 – малоградиентное поле пониженного давления ( $DR/Dn < 1 \text{ гПа}/100\text{км}$ ;  $P < 1013 \text{ гПа}$ ); 21 – малоградиентное поле повышенного давления ( $DR/Dn < 1 \text{ гПа}/100\text{км}$ ;  $P > 1013 \text{ гПа}$ ); 22 – многоцентровая полоса повышенного давления; 23 – барическая седловина; 24 – многоцентровая барическая депрессия; 25 – стационарный заполняющийся циклон.

В процессе исследования было установлено, что некоторые синоптические ситуации в отдельные сезоны года наблюдаются очень редко. Поэтому в дальнейшем они не рассматривались. Из 25 синоптических ситуаций было проанализировано 16, а именно: 1, 2, 4, 6, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 16/1, 18, 20, 21, 23, 25.

Для выявления благоприятных и неблагоприятных условий, способствующих повышению концентраций антропогенных веществ, оставшиеся синоптические ситуации были разделены на 5 классов, для каждого из которых была определена средняя концентрация антропогенных примесей (таблица 1).

**В первый класс** включены синоптические процессы со стационарными условиями, при которых не наблюдается адвекции тепла или холода. Они способствуют накоплению примесей в приземном слое атмосферы при наличии приземных и приподнятых инверсий. В данный класс вошли следующие синоптические ситуации: 1, 6, 20, 21, 23.

**Во второй класс** входят синоптические процессы, сопровождающиеся адвекцией тепла и приземными, приподнятыми инверсиями, способствующие накоплению примесей в приземном слое атмосферы, но не более чем в первом классе. В данный класс включены ситуации: 4, 12, 16.

**Третий класс** характеризует процессы, связанные с адвекцией холода, отсутствием приземных и приподнятых инверсий, наличием кратковременных осадков, способствующих рассеиванию примесей. В этот класс были отнесены синоптические ситуации: 2, 11.

**Четвертый класс** связан с активными процессами, протекающими при сильной адвекции тепла или холода, продолжительными или кратковременными умеренными или сильными осадками, сопровождающиеся сильным ветром. В данный класс входят следующие синоптические ситуации: 9, 14, 15.

**В пятый класс** вошли малоактивные синоптические процессы. Это заполняющиеся циклоны, размытые атмосферные фронты, малоградиентные барические поля. В пятый класс были отнесены синоптические ситуации: 16/1, 18, 25 (таблица 1).

Для каждого класса синоптических процессов определены средние значения концентрации антропогенных примесей в холодный, теплый и переходный периоды года.

Концентрации пыли в течение года имеют повышенные значения в теплое время года и пониженные, соответственно, в холодное. Как уже выше рассматривалось, в теплое время года повышенные концентрации пыли связаны не только с выбросами от предприятий, но и большую часть в результате подъема частиц с подстилающей поверхности. В холодное время года подстилающая поверхность преимущественно покрыта снежным покровом, в результате чего концентрации пыли ниже, чем в теплое. В переходные периоды года концентрации пыли имеют значения выше, чем зимой и ниже, чем летом.

В течение всего года отмечаются повышенные концентрации пыли в центре стационарного антициклона ( $Az$ ), восточной периферии  $Az$ ; пониженные – при влиянии холодного фронта и центра активного  $Zn$ . Рассмотрение классов синоптических ситуаций, позволяет сделать следующие закономерности.

Повышенные концентрации пыли в переходный период связаны со стационарными условиями, проходящими без адвекции (1 класс), способствующими накоплению пыли в приземном слое (рис. 1).

Высокие концентрации пыли в теплый период связаны с синоптическими ситуациями, при которых наблюдается адвекция тепла (2 класс).

В холодный период повышенные концентрации пыли связаны со стационарными условиями (1 класс) и влиянием тыла  $Zn$ , сопровождающегося адвекцией холода, сильным ветром, кратковременными осадками, по интенсивности меньше, чем на холодном фронте (3 класс).

Концентрации  $SO_2$  имеют максимальные значения в холодный период года. Это происходит из-

## Классификация синоптических процессов

1 КЛАСС	2 КЛАСС	3 КЛАСС	4 КЛАСС	5 КЛАСС
<b>СИНОПТИЧЕСКИЕ СИТУАЦИИ</b>				
Центр антициклона. Гребень антициклона. Малоградиентное поле повышенного или пониженного давления. Барическая седловина.	Западная периферия стационарного антициклона. Теплый сектор циклона. Зона фронта окклюзии по типу теплого.	Восточная периферия антициклона. Тыловая часть циклона или ложбины.	Центр циклона. Зона теплого фронта. Зона холодного фронта.	Волновая деятельность на холодном фронте. Зона фронта окклюзии по типу холодного. Стационарный заполняющийся циклон. Многоцентровая барическая депрессия.
<b>КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ В АТМОСФЕРЕ</b>				
Условия, способствующие накоплению примесей в атмосфере. Стационарные условия. Однородная воздушная масса. Наличие приземных или низких приподнятых инверсий. Слабый ветер. Устойчивая стратификация атмосферы.	Условия, способствующие накоплению примесей в атмосфере и их увеличение за счет трансграничного переноса. Адвекция тепла. Наличие адвективных приземных или приподнятых инверсий. Густые дымки, туманы, морозящие осадки. Слабый или умеренный ветер. Устойчивая стратификация атмосферы.	Условия, способствующие рассеиванию примесей. Адвекция холода. Отсутствие инверсий. Наличие умеренного порывистого ветра у земли и на высоте. Умеренные кратковременные осадки. Неустойчивая стратификация атмосферы.	Условия наиболее благоприятные для рассеивания примесей. Смена воздушных масс. Наличие умеренных и сильных осадков. Сильный порывистый ветер.	Условия благоприятные как для рассеивания, так и для накопления примесей. Слабая адвекция тепла или холода. Наличие условий, как первого, так и четвертого класса. Наблюдается как устойчивая, так и неустойчивая стратификация.

за того, что  $\text{SO}_2$  образуется, как правило, в результате сжигания топлива в котельных, ТЭЦ, металлургических предприятий и предприятий по производству серной кислоты. Рассматривая распределение концентрации  $\text{SO}_2$  в различные сезоны года при различных синоптических ситуациях, прослеживается определенная зависимость. Повышенные

концентрации  $\text{SO}_2$  во все сезоны года связаны с влиянием центра заполняющегося Az, теплым сектором Zn. В теплый период года наблюдаются повышенные концентрации  $\text{SO}_2$  при западной периферии Az, пониженные – при влиянии теплых и холодных фронтов, центров активных циклонов и тыловой части Zn.

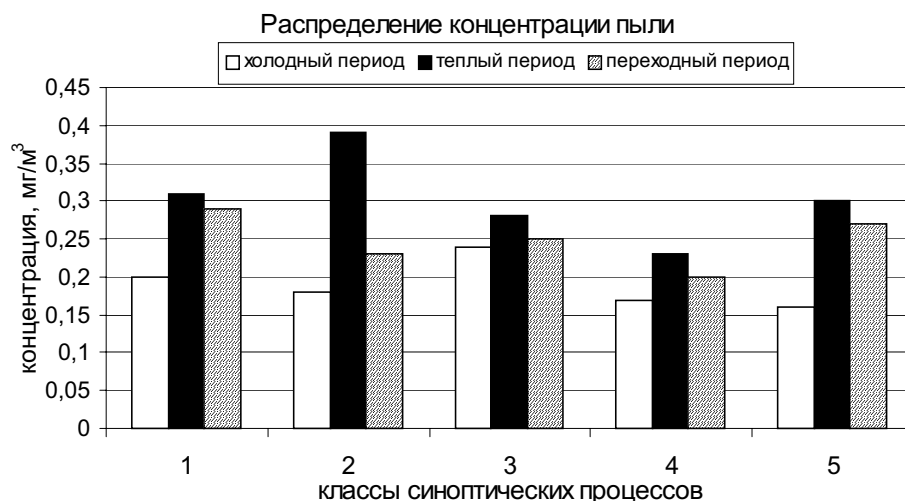


Рис. 1. Распределение концентрации пыли по классам синоптических процессов и сезонам года

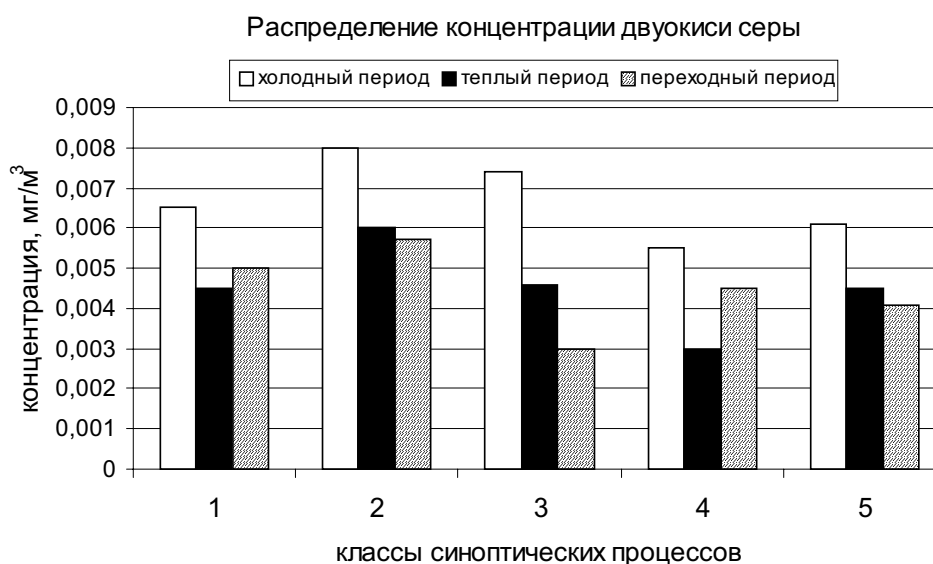


Рис. 2. Распределение концентрации двуокиси серы по классам синоптических процессов и сезонам года

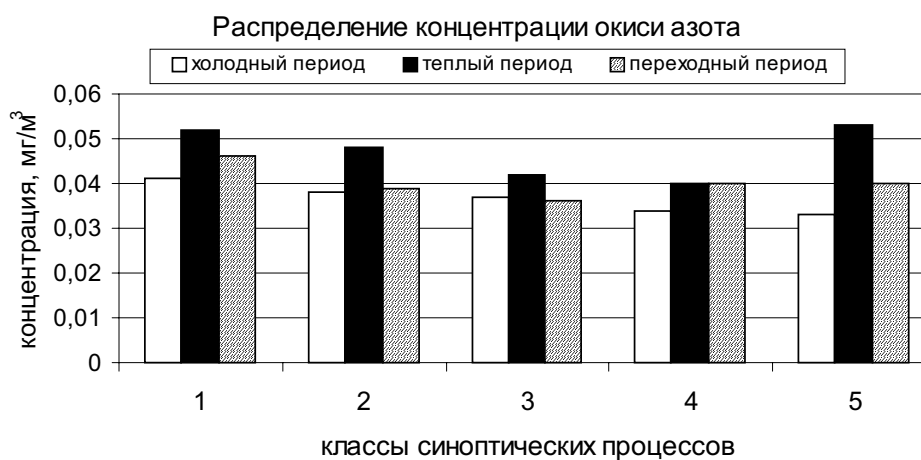


Рис. 3. Распределение концентрации окиси азота по классам синоптических процессов и сезонам года

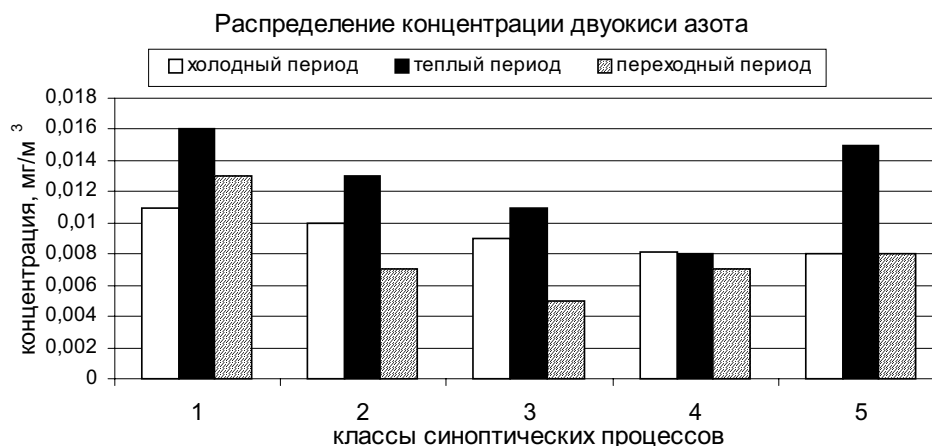


Рис. 4. Распределение концентрации двуокиси азота по классам синоптических процессов и сезонам года

В переходный период года повышенные значения концентрации наблюдаются при влиянии теплых фронтов и малоградиентного поля повышенного давления, пониженные - при тыловой части  $Zn$  и влиянии холодных фронтов

В холодное время практически равномерное распределение концентрации  $SO_2$  наблюдается во всех остальных синоптических ситуациях.

Рассматривая распределение концентраций  $SO_2$ , в зависимости от классов синоптических процессов, повышенные значения наблюдаются в течение всех сезонов года при 2 классе (рис. 2), пониженные – при 4 классе, так как при 4 классе наблюдаются сильный ветер и интенсивные осадки.

В переходный период года минимальные концентрации  $SO_2$  наблюдаются при 3 классе, когда наблюдается более интенсивная адвекция холода, чем в остальные сезоны.

Оксиды азота  $NO$  и  $NO_2$  являются загрязняющими веществами, выбрасываемыми, как правило, автотранспортом. Максимальные выбросы от автотранспорта, как и концентрации  $NO$  и  $NO_2$  наблюдаются в теплый период года. Минимальные значения отмечаются в холодный период года.

При рассмотрении пяти классов синоптических процессов во все сезоны года наблюдаются максимальные концентрации  $NO$  и  $NO_2$  при первом классе, минимальные при 3 и 4 классе (рис. 3, 4).

Оксид углерода ( $CO$ ) является загрязняющим веществом, в основном выбрасываемым автотранспортом. Установлено, что концентрация  $CO$  хорошо зависит от интенсивности автотранспорта в течение года. При этом максимальные концентрации отмечаются в осенние и весенние периоды. Вследствие этого максимальные концентрации  $CO$

отмечаются в переходный период года, минимальные в холодный период.

Повышенные концентрации окиси углерода отмечаются при первом и втором классе, причем в переходный период отмечается максимальное повышение при втором классе. Пониженные концентрации  $CO$  отмечаются при третьем и четвертом классе (рис. 5).

Сажа в атмосферу в основном попадает в результате сжигания топлива. Выброс сажи происходит из труб высотой не менее 30 м. Частицы сажи являются хорошими ядрами конденсации, которые продолжительное время могут находиться в воздухе. В течение всего года среднесезонные концентрации сажи остаются приблизительно одинаковыми.

Максимальные концентрации сажи наблюдаются при первом классе, пониженные – при третьем классе (рис. 6). В теплый период максимальные концентрации отмечаются при втором классе, так как адвекция, как правило, не интенсивная, способствующая повышению концентрации.

Наиболее растворимыми загрязняющимися веществами в воде, а следовательно и в атмосферных осадках и во влажном воздухе, являются: фенол, формальдегид, аммиак. Причем степень растворимости в воде фенола зависит от температуры окружающей среды, чем больше температура, тем больше фенола содержится в осадках и влажном воздухе. Рассматривая распределение концентрации фенола в атмосферном воздухе в различные сезоны года, максимальные концентрации наблюдаются в теплое время года, пониженные – в холодное время.

Переходное время года характеризуется приблизительно равномерным распределением кон-

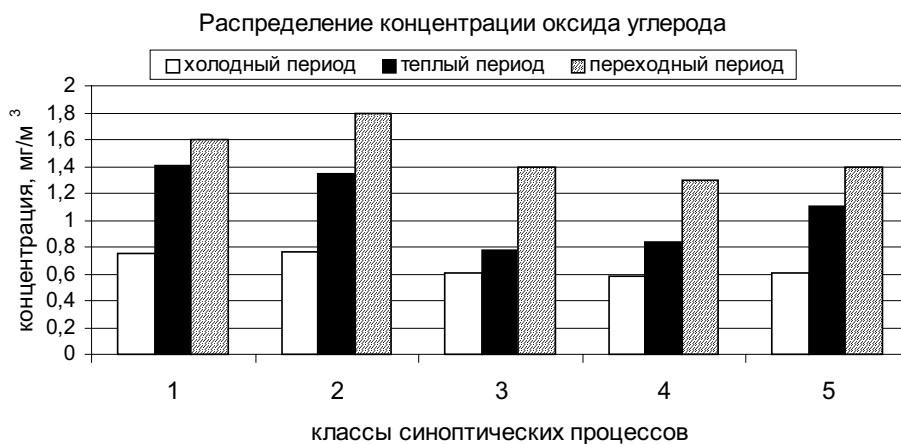


Рис. 5. Распределение концентрации окиси углерода по классам синоптических процессов и сезонам года

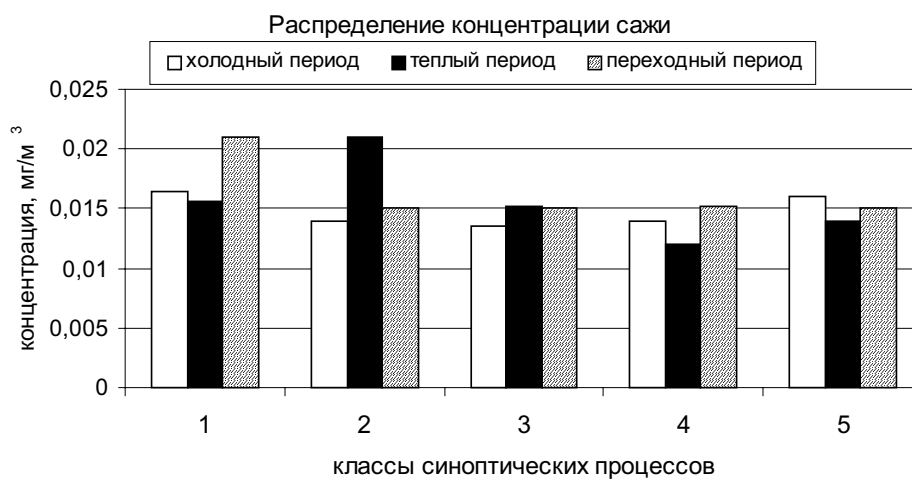


Рис. 6. Распределение концентрации сажи и по классам синоптических процессов и сезонам года

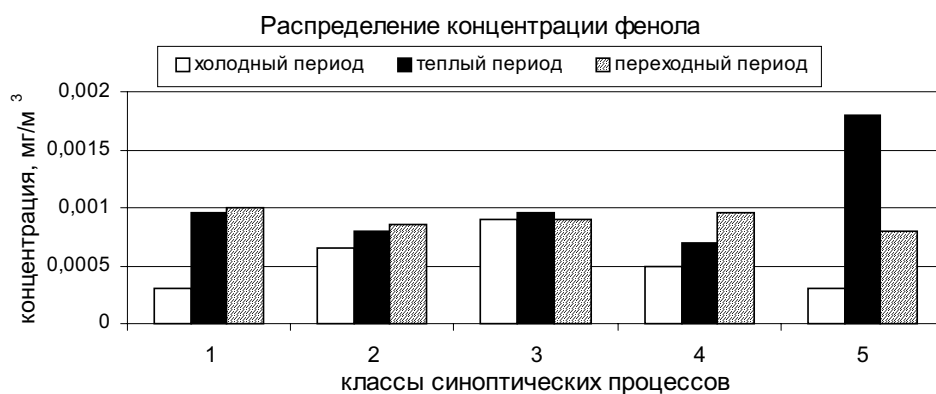


Рис. 7. Распределение концентрации фенола по классам синоптических процессов и сезонам года

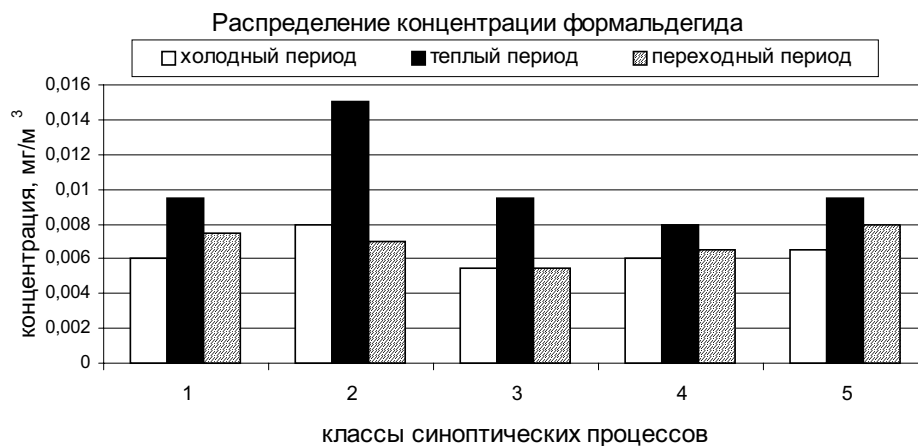


Рис. 8. Распределение концентрации формальдегида по классам синоптических процессов и сезонам года

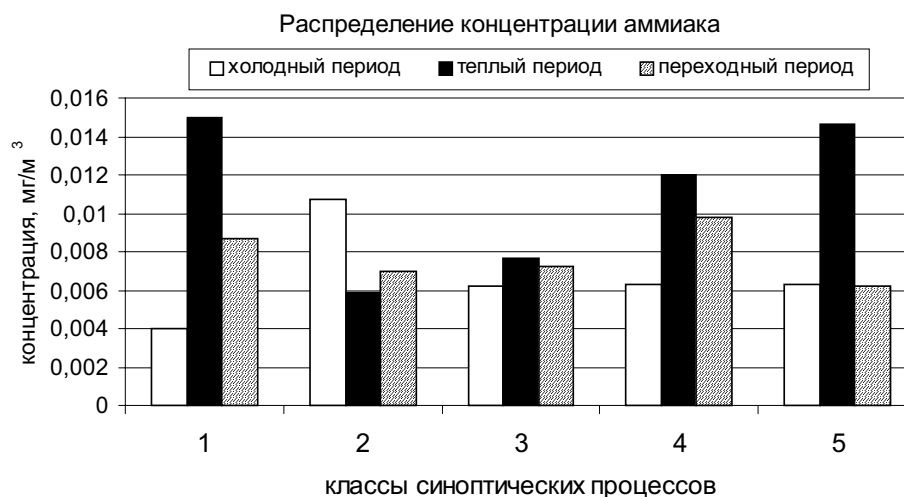


Рис. 9. Распределение концентрации аммиака по классам синоптических процессов и сезонам года

центраций фенола по классам с небольшим максимумом при первом классе (рис. 7).

В теплое время года отмечаются максимальные концентрации фенола при пятом классе, минимальные при остальных классах.

Холодное время года характеризуется повышенными концентрациями при втором и третьем классах, причем при третьем больше.

Концентрация формальдегида, как и фенола, имеют максимальные значения в теплый период года, минимальные – в холодный.

Рассматривая классы синоптических ситуаций, повышенные концентрации формальдегида в теплый и холодный период отмечаются при втором классе, пониженные – при третьем и четвертом классах, при пятом же классе наблюдается рост концентрации (рис. 8). В переходный период года повышенные концентрации отмечаются при пятом классе, пониженные – при третьем.

По сравнению с фенолом, аммиак лучше растворяется в воде. Максимальные концентрации

аммиака отмечаются в теплый период года, когда степень растворимости аммиака в воде максимальная. В холодный же период концентрация аммиака имеет минимальные значения, так как степень растворимости значительно ниже.

Повышенный уровень загрязнения аммиаком в теплый и переходный период отмечаются при первом, четвертом и пятом классах; пониженные – при втором классе (рис. 9). В холодный период наблюдается, наоборот, максимум концентрации аммиака связан со вторым классом; минимум – с первым классом.

В результате проведенного анализа изменения концентраций антропогенных примесей в различные сезоны года было установлено, что разделение на классы синоптических процессов позволяет более качественно оценить причины увеличения концентраций отдельных примесей в атмосфере и условия их рассеивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безуглая Э.Ю. Чем дышит промышленный город / Э.Ю. Безуглая. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 60 с.
2. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / М.Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 136 с.
3. Назаренко А.В. О классификации синоптических ситуаций / А.В. Назаренко // Межвузовский сборник научно-методических трудов. – Воронеж, 2002. – С. 15-22.
4. Назаренко А.В. Исследование уровня загрязнения воздуха г. Воронежа при использовании аэросиноптического материала / А.В. Назаренко, С.А. Дьяков // Высокие технологии в экологии: сб. материалов VI Международ. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2003. – С. 41-45.
5. Руководство по прогнозу загрязнения воздуха. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 104 с.
6. Сонькин Л.Р. Синоптико-статистический анализ и прогноз загрязнения атмосферы / Л.Р. Сонькин. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 224 с.