

СРЕДНЕГОДОВАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В АТМОСФЕРУ, КАК КРИТЕРИЙ ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЧЕЛОВЕКА И ОКРУЖАЮЩОЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

А. Ф. Брюхань, Е. А. Черемикина

Центр-Инвест, Россия

Инженерный центр ЕЭС - Институт Теплоэлектропроект, Россия

Поступила в редакцию 18 октября 2010 г.

Аннотация: Среди источников загрязнения атмосферного воздуха населенных территорий имеются промышленные объекты, работающие непостоянно в течение года. Для контроля уровня загрязнения атмосферы и разработки мероприятий по ее защите от нестационарных источников предлагается учет среднегодовых концентраций загрязняющих веществ, которые пропорциональны индивидуальным воздействиям этих веществ на человека. Приводится пример расчета индивидуальных и коллективных годовых воздействий от загрязнений, вызываемых стационарным и нестационарным энергетическими объектами.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, нестационарный источник загрязнения, среднегодовая концентрация, мобильная пиковая газотурбинная электростанция, индивидуальное воздействие, коллективное воздействие, атмосферная дисперсия.

Abstract: Among the sources of air pollution of populated areas are industrial facilities, working is not always during the year. To the control of the level of air pollution and the development of measures to protect it from non-stationary sources is proposed accounting average annual concentrations of pollutants, which are proportional to the individual impacts of these substances on humans. The example of the calculation of annual individual and collective impacts of the pollution caused by stationary and non-stationary energy facilities has been presented.

Key words: atmospheric pollution, non-stationary source of pollution, the average annual concentration, peak mobile gas turbine electric power station, individual impact, the collective impact, atmospheric dispersion.

Текущий контроль уровня загрязнения атмосферного воздуха селитебных территорий осуществляется с помощью дискретных измерений разовых концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) с экспозицией 20-30 минут, а также путем непрерывного отбора проб в течение суток [5]. По результатам таких измерений определяются соответствующие концентрации ЗВ – максимальная разовая $C_{\text{мр}}$ и среднесуточная $C_{\text{сс}}$.

Концентрации $C_{\text{мр}}$ и $C_{\text{сс}}$ характеризуют специфику биологического воздействия ЗВ на организм человека: рефлекторное и резорбтивное. Рефлекторное воздействие означает реакцию на кратковременное воздействие загрязнителя со стороны рецепторов верхних дыхательных путей, напри-

мер, ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержку дыхания. Для такого воздействия определяющей характеристикой является $C_{\text{мр}}$. Резорбтивное воздействие предполагает возможность развития общетоксических, гонадотоксических, эмбриотоксических, мутагенных, канцерогенных и других биологических эффектов, проявление которых зависит как от концентрации ЗВ в воздухе, так и от длительности вдыхания загрязненного воздуха. При разработке мер предупреждения развития резорбтивного воздействия учитывается среднесуточная концентрация $C_{\text{сс}}$.

Оценка степени техногенного загрязнения атмосферного воздуха предусматривает использование соответствующих нормативных показателей: предельно допустимой максимальной разовой и

предельно допустимой среднесуточной концентраций вредного вещества в воздухе населенных мест – соответственно $ПДК_{мр}$ и $ПДК_{сс}$ [4, 7]. На основании указанных показателей разрабатываются санитарно-гигиенические нормативы, природоохранные мероприятия, средства инженерной защиты окружающей среды.

Среднесуточная концентрация $C_{сс}$ достаточно объективно характеризует состояние загрязнения атмосферы от стационарных источников с точки зрения оценки негативного воздействия ЗВ на человека и окружающую природную среду. Однако имеется класс источников загрязнения, воздействие которых во времени непостоянно, например, имеющих ярко выраженные внутригодовые изменения объема выбросов ЗВ (отопительные котельные установки, автотранспортные потоки и пр.), а также объекты, функционирующие непродолжительное время «от случая к случаю».

Примером таких объектов могут быть мобильные пиковые газотурбинные электростанции (МПГТЭС) [3], работающие в периоды пиковых нагрузок в электросетях обычно в осенне-зимний период. Суммарная продолжительность работы МПГТЭС в году не превышает 150 часов. Поэтому среднесуточные концентрации различных загрязняющих агентов, обусловленные такими источниками, не могут быть объективными критериями уровня загрязнения воздуха. Для более адекватной оценки уровня загрязнения атмосферы, вызванного нестационарными источниками, ниже обосновывается использование среднегодовой концентрации ЗВ.

Очевидно, что ни максимально разовая, ни среднесуточная концентрации ЗВ в атмосферном воздухе не определяют фактическое воздействие загрязнений от нестационарных источников на человека, фауну и флору, а также на загрязнение почвы, поверхностных и подземных вод. Наиболее объективной характеристикой негативного воздействия техногенного загрязненного воздуха может служить суммарная (проинтегрированная по времени) концентрация за заданный период времени:

$$I(r, j) = \int_0^t C(r, j, t) dt, \quad (1)$$

где $C(r, j, t)$ – измеренная либо расчетная концентрация ЗВ в момент времени t в точке с полярными координатами r и j относительно источника, помещенного в начало координат, t – период воз-

действия. Текущая концентрация $C(r, j, t)$ определяется задаваемым графиком работы промышленного объекта. Количество ЗВ, проникающее в организм человека в результате дыхания, пропорционально проинтегрированной по времени концентрации (ПВК). Показатель ПВК часто используется при оценке биологического воздействия радионуклидов и токсичных химических веществ на человека [6, 8].

Воздействие ЗВ на организм человека при функционировании загрязняющего объекта довольно продолжительно во времени и составляет годы и десятки лет. Поэтому в практических оценках биологического воздействия вместо величины $I(r, j)$ проще использовать среднегодовую концентрацию $\bar{C}(r, j)$:

$$\bar{C}(r, j) = \frac{1}{T} \int_0^T C(r, j, t) dt, \quad (2)$$

где T – продолжительность года.

При оценках экологической опасности нестационарного объекта загрязнения во внимание следует принимать две величины – индивидуальное годовое воздействие $D_{ind}(r, j)$ на человека, проживающего в точке с координатами r и j относительно точки расположения источника загрязнения, и коллективное годовое воздействие D_{col} на население, проживающее в районе размещения источника:

$$D_{ind}(r, j) = T \bar{C}(r, j), \quad (3)$$

$$D_{col} = T \int_0^{2p} \int_0^{\infty} r \bar{C}(r, j) r(r, j) dr dj .$$

В выражении (3) посредством $r(r, j)$ обозначена плотность населения.

Поскольку число пунктов измерений концентраций ЗВ даже в крупных городах незначительно, величины $D_{ind}(r, j)$ и D_{col} могут быть определены лишь расчетным путем с помощью той или иной модели атмосферной дисперсии, например, модели, предложенной в работе [1]. Эта модель построена на принципе достижения максимального индивидуального и коллективного воздействий источника загрязнения атмосферы на население.

В численных расчетах коллективного годового воздействия D_{col} процедуру интегрирования можно заменить суммированием по площадным элементам, ограниченным 8 угловыми секторами

шириной $p/4$ и интервалами расстояний Dr от источника, составляющими, например, 1 км:

$$D_{col} = \frac{pT}{4} \sum_i \sum_j r_i \bar{C}(r_i, j_j) r(r_i, j_j) Dr. \quad (4)$$

Кроме того, среднегодовую концентрацию в точках с координатами r_i и j_j можно определить путем осреднения расчетных среднемесячных концентраций

$$\bar{C}(r_i, j_j) = \frac{1}{12} \sum_m \bar{C}_m(r_i, j_j), \quad (5)$$

а распределение плотности населения – с помощью мелкокомасштабной карты городской застройки.

Указанные оценки относятся к одному конкретному загрязняющему агенту. Поэтому при анализе комплексного воздействия совокупности выбросов ЗВ необходимо выполнять расчеты, по крайней мере, для основных химических веществ.

При проведении расчетов с помощью модели атмосферной дисперсии [1] в качестве исходных данных использовались среднемесячные многолетние розы ветров, предоставленные ГУ «Тувинский Республиканский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Кроме того, в расчетах использовались технические характеристики Кызылской ТЭЦ и МПГТЭС (высоты дымовых труб, мощности выбросов ЗВ), а так-

же картографический материал для определения распределения плотности населения вокруг Кызылской ТЭЦ и МПГТЭС.

В качестве примера проведем сравнение индивидуальных и коллективных воздействий на население г. Кызыл от работы Кызылской ТЭЦ (стационарного источника) и МПГТЭС (нестационарного источника), введенной в эксплуатацию в г. Кызыл в 2009 г. [2]. Индивидуальные воздействия определялись в точках достижения максимальных концентраций ЗВ в пределах жилой зоны города. Основные результаты расчетов сведены в таблицу.

В расчетах предполагалось, что ТЭЦ работает непрерывно в течение года с постоянным объемом выбросов ЗВ, а МПГТЭС – по 30 часов в ноябре, декабре, январе, феврале и марте. Было также принято во внимание то обстоятельство, что ближайшая жилая застройка расположена на расстоянии 350 м к востоку от ТЭЦ и на расстоянии 500 м к востоку от МПГТЭС.

Согласно результатам, приведенным в таблице, индивидуальные годовые воздействия в точках достижения максимальных концентраций ЗВ в пределах жилой застройки от обоих объектов соизмеримы для всех загрязняющих компонентов. Что же касается коллективных воздействий, можно отметить значительно меньшие воздействия, оказываемые на население со стороны МПГТЭС.

Таблица

Результаты расчета индивидуальных годовых воздействий на человека в точках максимальных концентраций ЗВ и коллективных годовых воздействий на население г. Кызыл

ЗВ	Индивидуальное годовое воздействие, (мг/м ³)Чгод	Коллективное годовое воздействие, (мг/м ³)Ччел.Чгод
Кызылская ТЭЦ		
SO ₂	0,085	3018
NO ₂	0,15	5214
NO	0,029	1042
CO	0,015	539
МПГТЭС		
SO ₂	0,025	10,2
NO ₂	0,12	48,8
NO	0,019	7,8
CO	0,011	4,5

Это обстоятельство связано с малой продолжительностью работы МПГТЭС в сравнении с ТЭЦ. Таким образом, для объектов, функционирующих непродолжительное время в течение года, вполне оправданным может быть контроль регулируемыми природоохранными организациями среднегодовых концентраций ЗВ и введение в систему нормативов соответствующих среднегодовых ПДК.

Приведенный пример не учитывает фоновых концентраций ЗВ. Однако расчет индивидуальных и коллективных воздействий при наличии соответствующих данных по фоновому загрязнению атмосферы выполнить достаточно просто.

Для оценки биологического воздействия на человека от источника загрязнения воздуха населенных пунктов можно ввести понятие годовой индивидуальной дозы ЗВ, вдыхаемого человеком в течение года, которая пропорциональна индивидуальному годовому воздействию $D_{ind}(r, j)$. Аналогичным образом можно определить коллективную дозу, пропорциональную коллективному годовому воздействию D_{col} . Располагая данными медицинской статистики, можно в принципе, установить связь между дозами и социальными рисками проживания населения вблизи источников загрязнений. Отметим, что тепловые электростанции, особенно угольные, относятся к числу наиболее опасных производств. Оценки рисков смерти для населения только от воздействия воздуха, загрязненного в городах крупными угольными ТЭС, показывают, что индивидуальные годовые риски преждевременной смерти от легочных заболеваний находятся на уровне 10^{-3} - 10^{-4} [9]. Соответственно популяционный риск преждевременной смерти населения, проживающего в зоне влияния угольных ТЭС в масштабе страны, составляет десятки тысяч преждевременных смертей в год.

Что же касается рисков поражения фауны и флоры, а также уровней загрязнения почвы, поверхностных и подземных вод от воздействия источников загрязнения воздуха, можно в первом приближении предполагать, что они пропорциональны ПВК загрязняющих агентов.

Итак, особенности учета среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в городской атмосфере можно обобщить следующим образом.

1. Для контроля уровня загрязнения атмосферы и разработки мероприятий по ее защите от стационарных источников, например, МПГТЭС, предлагается учет среднегодовых концентраций ЗВ. Эти концентрации пропорциональны индиви-

дуальным воздействиям ЗВ на человека. На основе среднегодовых концентраций ЗВ можно оценить также соответствующие коллективные воздействия ЗВ на население, проживающее в районе размещения источника загрязнения.

2. Сравнительный анализ индивидуальных и коллективных воздействий на население г. Кызыл от работы Кызылской ТЭЦ и МПГТЭС показывает, что индивидуальные годовые воздействия в точках достижения максимальных концентраций ЗВ в пределах жилой застройки от обоих объектов соизмеримы для всех загрязняющих компонентов. При этом коллективные воздействия, оказываемые на население со стороны МПГТЭС, значительно меньше воздействий от ТЭЦ. Такое различие связано с малой продолжительностью работы МПГТЭС в сравнении с ТЭЦ.

3. Для объектов, функционирующих непродолжительное время в течение года, вполне оправданным может быть контроль регулируемыми природоохранными организациями среднегодовых концентраций ЗВ и введение в систему нормативов соответствующих среднегодовых ПДК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брюхань Ф. Ф. Оценка условий атмосферной дисперсии выбросов от высотного источника / Ф. Ф. Брюхань // Промышленное и гражданское строительство. – 2003. – № 7. – С. 30-32.
2. Брюхань Ф. Ф. Оценка экологичности строительства мобильной пиковой газотурбинной электростанции в Республике Тыва / Ф. Ф. Брюхань, Е. А. Черемкина // Вестник Московского государственного строительного университета. – 2010. – № 2. – С. 115-119.
3. Брюхань А. Ф. Экологическая оценка проекта размещения мобильных пиковых газотурбинных электростанций в Московском регионе / А. Ф. Брюхань, Е. А. Черемкина // Вестник Московского государственного областного университета. Сер. Естественные науки. – 2007. – № 2. – С. 109-114.
4. ГН 2.1.6.695-98. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – М. : Минздрав России, 1998. – 96 с.
5. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов. – М. : Стандартинформ, 2005. – 3 с.
6. Методика расчета рассеяния загрязняющих веществ в атмосфере при аварийных выбросах. – Обнинск : НПО Тайфун, 2009. – 113 с.
7. Протасов В. Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России : учеб. и справ. пособие / В. Ф. Протасов. – М. : Финансы и статистика, 1999. – 671 с.

Среднегодовая концентрация загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу, как критерий его воздействия на человека и окружающую природную среду

8. Учет дисперсионных параметров атмосферы при выборе площадок для атомных электростанций // Серия изданий МАГАТЭ по безопасности. – Вена : МАГАТЭ, 1983. – № 50-SG-S3. – 105 с.

Брюхань Андрей Федорович
кандидат технических наук, главный инженер проекта ЗАО «Центр-Инвест», г. Щелково Московской области, т. 8(495)922-83-19, E-mail: vwv@land.ru

Черемикина Елена Аркадьевна
начальник отдела экологии филиала ОАО «Инженерный центр ЕЭС» – «Институт Теплоэлектропроект», г. Москва, т. 8(926)560-25-97, E-mail: elena-cheremikina@yandex.ru

9. Ядерные технологии и экологические проблемы России в XXI веке / Л. А. Большов [и др.] // Бюллетень по атомной энергии. – 2003. – № 5. – С. 15-19.

Bryukhan' Andrey Fedorovitch
Ph.D. in Technical Sciences, chief engineer of Closed Joint-Stock Company «Center-Invest», Shchelkovo, Moscow region, tel. 8(495)922-83-19, E-mail: vwv@land.ru

Cheremikina Elena Arkad'yevna
Head of the branch of ecology of the «UES Engineering Center» – «Teploelectroproject Institute», Moscow, tel. 8(926)560-25-97, E-mail: elena-cheremikina@yandex.ru