

# АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

*О.Г. Матковская*

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 веществ.

Многообразие источников, сложность состава выбросов, фотохимических и других процессов, происходящих в атмосфере, делают оценку поступления загрязняющих веществ в атмосферу достаточно сложной задачей. В настоящее время в Беларуси наиболее полно учитываются выбросы крупных стационарных источников – предприятий, которые отчитываются по форме № 1-ОС (воздух) (согласно постановлению Национального статистического комитета от 28.06.2008г. № 77). Существенно меньше известно о выбросах передвижных источников, на долю которых приходится около 75% суммарных выбросов вредных веществ; практически не оцениваются выбросы малых точечных (например, бытового сектора) и природных источников. Полнота учета статистикой выбросов для разных групп веществ также различна: наиболее полно учитываются выбросы оксидов серы и азота, оксида углерода и твердых веществ, меньше – тяжелых металлов, аммиака и стойких органических загрязнителей (СОЗ).

В связи с этим целью данной работы является анализ действующей системы статистических показателей состояния атмосферного воздуха и определение основных направлений ее совершенствования для получения более полного представления о качественном состоянии атмосферы.

Информационную базу для анализа объемов выбросов вредных веществ в воздушный бассейн на территории республики составляют показатели, постоянно собираемые и обрабатываемые официальной статистикой.

Основным источником данных является ежегодный отчет по форме 1-ОС (воздух) «Отчет о выбросах загрязняющих веществ и диоксида углерода в атмосферный воздух от стационарных источников». Учет выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух осуществляется природопользователями, хозяйственная и иная деятельность которых влечет выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

На основе предоставляемых отчетов Белстатом формируется система показателей, характеризующая:

- 1) выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников по областям, отдельным городам и отраслям экономики;
- 2) структуру загрязнителей по видам (твердые; газообразные и жидкие загрязняющие вещества) и по классам опасности;
- 3) количество уловленных загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников;
- 4) объемы отходящих веществ, поступающих на очистные сооружения;
- 5) использование (утилизация) вредных веществ, уловленных пылегазоочистными установками;
- 6) мероприятия по уменьшению выбросов в атмосферный воздух за год, которые, в свою очередь, характеризуются:
  - вводом в эксплуатацию новых очистных установок (количество единиц, мощность);
  - повышением эффективности действующих очистных установок (количество единиц, увеличение мощности);
  - ликвидацией источников загрязнения (количество единиц, уменьшение выбросов в атмосферный воздух);
  - совершенствованием технологических процессов (количество единиц, уменьшение выбросов в атмосферный воздух);

– прочими природоохранными мероприятиями (количество единиц, уменьшение выбросов в атмосферный воздух).

Данные о годовых объемах выбросов в атмосферный воздух, содержащиеся в названном отчете, являются базовой информацией: они описывают абсолютные изменения в состоянии атмосферы. Показатели антропогенного воздействия на атмосферный воздух отличаются от статистических данных тем, что обобщают и преобразуют базовую информацию.

К санитарно-гигиеническим показателям, характеризующим состояние воздушного бассейна, относится принятая Минздравом в качестве стандарта *предельно допустимая концентрация вредных веществ* в атмосфере (ПДК). То есть максимально допустимая масса вредного вещества в единице объема воздуха ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ), отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него (его здоровье и самочувствие) вредного воздействия, включая отдаленные последствия.

На современном этапе развития промышленного производства невозможна полная ликвидация выбросов вредных веществ в окружающую среду, поэтому для борьбы с загрязнением воздушного бассейна необходимо ограничить объем выбросов вредных веществ в зависимости от общей загрязненности изучаемого объекта (района, города, региона). Для этого введен «контролируемый технический показатель деятельности» промышленного предприятия в виде *допустимых выбросов*. Допустимые выбросы – количество вредных веществ, которое не разрешается превышать при выбросе в атмосферу в единицу времени со стороны предприятия или любого другого источника загрязнения атмосферного воздуха. Уровень допустимых выбросов устанавливается из условия, чтобы содержание загрязняющих веществ в приземном слое воздуха от источника или их совокупности не превышало нормативов (ПДК) качества воздуха для населения, животного и растительного мира.

Для оценки степени суммарного загрязнения воздушного бассейна в Республиканском центре радиационного контроля и мониторинга природной среды производится расчет комплексного показателя – индекса загрязнения атмосферы (ИЗА). Расчет ИЗА проводится по следующей формуле:

$$I_{(m)} = \sum_{i=1}^m \left( \frac{q_{cp.i}}{ПДК_{с.с.i}} \right) K_i, \quad (1)$$

где:  $q_{cp.i}$  – среднегодовая концентрация  $i$  – го вещества;

$ПДК_{с.с.i}$  – его среднесуточная предельно допустимая концентрация;

$K_i$  – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха  $i$  – м веществом к степени загрязнения воздуха диоксидом серы. Значения равны 0,85; 1,0; 1,3; 1,5 соответственно для 4, 3, 2 и 1 классов опасности вещества.

Комплексный ИЗА, рассчитанный по формуле (1) показывает, какому уровню загрязнения атмосферы (в единицах ПДК диоксида серы) соответствуют фактически наблюдаемые концентрации  $m$  веществ в городской атмосфере, т.е. показывает, во сколько раз суммарный уровень загрязнения воздуха превышает допустимое значение по рассматриваемой совокупности примесей в целом. Чтобы значения комплексного ИЗА были сравнимы для разных городов, их рассчитывают для одинакового количества ( $m$ ) веществ. В списке городов указывается величина  $I$  (5), рассчитанная по для пяти веществ, которым соответствует наибольшее значение. Таким образом, характеристика суммарного загрязнения (ИЗА) позволяет учитывать концентрации примесей многих веществ, измеренных в городе, и представлять уровень загрязнения воздуха одним числом.

Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят передвижные источники (более 75% суммарных выбросов ежегодно). Анализ выбросов от них на территории страны основан на данных Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, полученных с использованием удельных показателей выбросов по обобщенным группам передвижных источников, работающих с использованием бензина, дизельного топлива, сжатого и сжиженного газа, и данных об объемах израсходованного топлива.

На фоне относительно стабильного снижения выбросов вредных веществ от стационарных источников наблюдается неустойчивая динамика по передвижным. Если по стационарным объем выбросов напрямую связан с мощностью работающих предприятий, то загрязнение атмосферного воздуха выхлопами автотранспорта зависит от многих факторов (количественных и качественных).

К количественным факторам, определяющим степень воздействия автотранспорта на состояние воздушного бассейна, следует отнести размер парка автомобилей, объем используемого топлива, а также величину автопробега.

Качественные факторы, в конечном итоге существенно влияющие на объем загрязняющих выбросов, зависят от состояния технической базы автомобильного транспорта, качества и характера используемого топлива, состояния дорожной сети и т.д.

Очевидно, что объем выбросов будет иметь прямую зависимость от количественных факторов, величина которых корректируется качественными.

Статистический анализ динамики использования бензина и дизельного топлива автомобильным транспортом возможен при условии статистического наблюдения, дополненного сбором и анализом данных по объему топлива, потребленного всеми категориями автомобилей, независимо от их разнесения по формы собственности и

ведомственной принадлежности. Во-первых, формы статистической отчетности охватывают только крупные и средние предприятия и не учитывают личный автотранспорт, а также автотранспорт малых предприятий. Во-вторых, в потреблении топлива не выделяют отдельной строкой расход его на автотранспорт (дизельное топливо может быть использовано, например, для котельных). Всё это говорит о проблематичности проведения статистического анализа динамики использования топлива автомобильным транспортом.

Исследование влияния другого важного количественного показателя – парка автомобилей – на загрязнение воздушного бассейна Республики Беларусь приводит к противоречивым результатам.

Количество единиц автомобильного транспорта в 2007 г. по сравнению с 1995 г. возросло более чем в 2 раза и составило 1930,6 тысячи. При этом выбросы от передвижных источников в атмосферу снизились на 32,8 % (рис. 2).

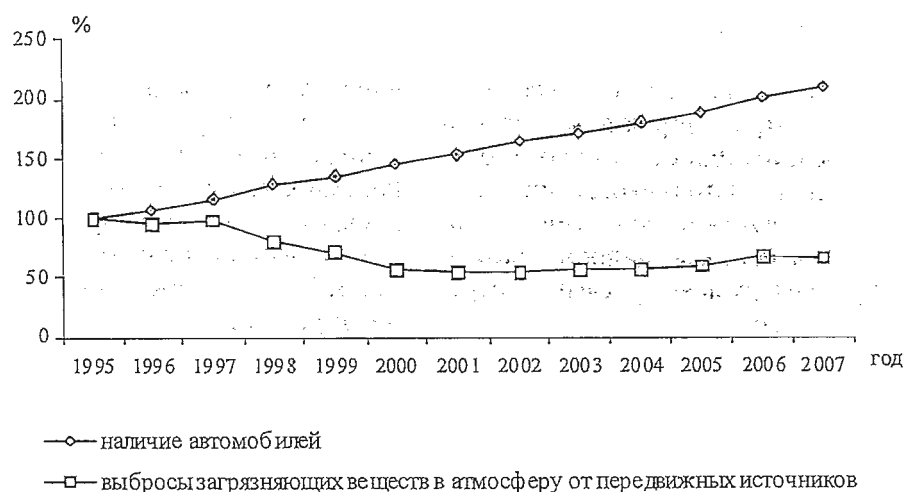


Рисунок 2 – Динамика количества автомобильного транспорта личного пользования и выбросов от передвижных источников в Республике Беларусь (в % к 1995 г.)<sup>1</sup>

Такой «феномен», по нашему мнению, требует отдельного объяснения. Ведь мы имеем не единичный случай логического несоответствия, а устойчивую тенденцию за весь рассматриваемый период времени.

При ежегодных темпах роста количества автомобилей динамика выбросов от передвижных источников непрерывно сокращалась. Здесь можно предположить несколько причин:

- уменьшение выбросов от передвижных источников в 2007 г. обусловлено уменьшением потребления топлива. В 2006 г. расход топлива составил 203,0 тыс.т, в 2007 г. – 192,2 тыс.т [2, с.187];
- расчетные данные о количестве потребленного топлива за год представляются в определенном смысле условными, так как количество купленного топлива не всегда соответствует объему его потребления на данной

<sup>1</sup> Составлен по данным [1]

территории. Например, не учитываются расход топлива иностранного транспорта на территории нашей страны, неизрасходованные запасы топлива в домашних хозяйствах и т.п.;

- в отличие от данных по стационарным источникам (где сведения поступают в органы статистики из первичных отчетов предприятий), данные по передвижным источникам поступают как расчетный показатель от различных ведомств: ГАИ МВД Республики Беларусь и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. Вполне допустимо, что возможно несоответствие данных;

- атмосферный воздух загрязняют не только выхлопные газы; определенный вклад приходится также на износ шин, тормозов, деталей двигателя и на испарение топлива;

- показатель выбросов от передвижных источников является сложным показателем, который должен учитывать многие факторы. Методологически он основан на результатах типовых испытаний. В этом случае причина может быть скрыта в несовершенстве методик расчета объема выбросов от автотранспорта.

Сложность методик расчета показателя выбросов от автотранспорта и межведомственная рассредоточенность данных о количестве передвижных источников, существенно затрудняют получение объективной информации о загрязнении воздушного бассейна Республики Беларусь выбросами от передвижных источников.

Помимо того, что отсутствует в полном объеме информация об объемах выбросов от передвижных источников, статистикой практически не оцениваются выбросы тяжелых металлов, аммиака и стойких органических загрязнителей (СОЗ). В связи с этим возникает необходимость проведения дополнительной инвентаризации выбросов. С этой целью Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси осуществляет сбор и обработку данных о выбросах специфических загрязняющих веществ, учитываемых весьма неполно государственной статистической отчетностью. По результатам исследований издается экологический бюллетень «Состояние природной среды Беларуси», в котором дополнительно к статистическим данным установлены выбросы загрязняющих веществ от бытового и ряда других секторов, а в дополнение к имеющимся оценкам рассчитаны выбросы от автомобильного транспорта с использованием

модели COPERT III; оценены выбросы тяжелых металлов, СОЗ и аммиака. Согласно полученным данным установлено, что сжигание топлива в бытовом секторе является одним из основных источников выбросов оксида углерода; вклад выбросов неметановых ЛОС от сжигания топлива в бытовом секторе составил 8% от общего объема выбросов [3, с.62].

Вся эта подробная информация об объемах выбросов специфических загрязняющих веществ составила бы серьезную научную базу для исследования влияния антропогенной нагрузки на качественное состояние атмосферного воздуха как на уровне республики, так и на региональном уровне.

Принимая во внимание традиционную систему статистических показателей, для более точного и полного учета антропогенной нагрузки на атмосферный воздух и ее последствий, по нашему мнению, целесообразно дополнительно производить расчет следующих показателей.

*Суммарного показателя плотности выбросов вредных веществ* —  $d_{BB}$ , выраженного в т/км<sup>2</sup>. Он показывает, сколько общего количества всех вредных веществ приходится на один км<sup>2</sup> городской площади за определенный момент времени (например, за год). Рассматриваемый показатель состоит из суммы плотностей выбросов отдельных загрязняющих ингредиентов, поступающих в атмосферу с выбросами промышленных предприятий:

$$d_{BB} = \sum_{i=1}^n d_i ; \quad (2)$$

в свою очередь

$$d_i = \frac{B_i}{\Pi_r} ; \quad (3)$$

где:  $d_i$  — плотность выбросов  $i$ -го ингредиента (т/км<sup>2</sup>);

$B_i$  — количество выбросов  $i$ -го ингредиента (т);

$i = \overline{1, n}$  — количество ингредиентов, рассматриваемых в процессе определенного исследования;

$\Pi_r$  — общая площадь земель (км<sup>2</sup>).

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух характеризуются по агрегатному состоянию (жидкие, твердые, газообразные) и по важнейшим ингредиентам (сернистый ангидрид, оксиды азота, оксиды углерода и летучие органические соединения).

Из формул (2) и (3) вытекает, что  $d_{BB}$  можно найти и как отношение общего количества выбросов вредных веществ в год к общей площади земель:

$$d_{BB} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{\Pi_r} \quad (4)$$

В группу статистических показателей загрязнения воздушного бассейна, на наш взгляд, необходимо включение показателя *количества выбросов каждого ингредиента, приходящегося на человека*, взвешенного по классу его опасности для здоровья человека (т/чел.). Являясь отношением общего количества выбросов определенного загрязняющего вещества в год (т) к численности населения города (чел.), он показывает, сколько тонн поступивших в атмосферу вредных веществ приходится на каждого жителя обследуемого региона в рассматриваемом году.

Показателем, характеризующим структурный состав вредных веществ, поступающих в атмосферу города от промышленных предприятий, является показатель *удельного веса ингредиента в общей сумме выбросов вредных веществ (в %)*. Данный показатель отражает не только загрязнение воздушного бассейна теми или иными выбросами вредных веществ, но и развитие в регионе определенной отрасли промышленности, так как каждая из них загрязняет воздушный бассейн определенным составом выбросов.

Говоря об уровне загрязнения атмосферы региона вообще, необходимо учитывать не только факторы, загрязняющие воздушный бассейн, т.е. промышленные выбросы, но и учитывать факторы, ведущие к очищению атмосферы городов и промышленных центров от вредных веществ. Не будем здесь останавливаться на факторах научно-технического прогресса, направленных на очищение промышленных выбросов вредных веществ (например, пылегазоулавливающие установки). Речь пойдет о «естественном санитаре» воздушной среды, которым являются растения. Велика роль зеленых насаждений в очищении атмосферного воздуха городов и промышленных центров от примесей различных газов: растения очищают воздух от сажи и пыли, ослабляют действие других вредных примесей. Но «санитарная способность» растений неограничена – они также погибают от чрезмерного загрязнения атмосферы. Таким образом, изменение состояния растений

в регионе является как бы лакмусовой бумажкой для проверки качественного изменения состояния здоровья населения в связи с загрязнением воздушного бассейна.

Показателем, определяющим возможные изменения в состоянии зеленых насаждений региона, может быть *нагрузка вредного вещества на городскую флору (т/км<sup>2</sup>)* в рассматриваемый период времени (например, год). Показатель нагрузки на растения очень сложен. Он является частным от деления относительных величин:

$$H_i = \frac{d_i}{K_3} \quad (5)$$

где:  $H_i$  – нагрузка на растения  $i$ -го ингредиента;  
 $d_i$  – плотность выброса  $i$ -го ингредиента, рассчитываемая по формуле (3);

$K_3$  – коэффициент озеленения города.

Приведенный экологический показатель учитывает, сколько выбросов вредных веществ в тоннах приходится на 1 квадратный километр зеленых насаждений региона.

Показателем «восстановительной силы природы» можно считать коэффициент влияния жителей города на растительность в пределах определенного региона. Он должен отражать состояние флоры данной территории. Назовем его *коэффициентом интенсивной нагрузки жителей на единицу площади зеленых насаждений*. Данный показатель представляет собой отношение плотности населения к коэффициенту озеленения города и показывает, сколько человек приходится на 1 квадратный километр зеленых насаждений. Данный показатель предложен из соображения, что одной из главных причин ухудшения состояния насаждений следует считать превышение допустимой нормы посетителей, то есть нагрузки людей на единицу площади, которое приводит к неудовлетворительному состоянию, а в отдельных случаях и к гибели насаждений. Таким образом, чем меньше коэффициент интенсивной нагрузки жителей на единицу площади зелени, тем в более благоприятных условиях находится флора региона, что способствует наилучшему обеспечению естественного очищения воздушного бассейна и благоприятно сказывается на здоровье и самочувствии населения.

Выполненный анализ действующей системы статистических показателей загрязнения атмосферного воздуха позволяет сделать вывод о необходимости ее дополнения рядом показателей, характеризующих:

- выбросы вредных веществ от передвижных источников, включая транзитный транспорт, а также сектора домашних хозяйств;
- выбросы загрязняющих веществ, образованных в результате испарения;
- выбросы загрязняющих веществ в результате лесных и торфяных пожаров;
- выбросы специфических загрязняющих веществ (в частности, тяжелых металлов, СОЗ и аммиака), исчисляемых на регулярной основе, а не эпизодически.

В то же время с целью получения объективной картины о состоянии атмосферного воздуха необходимо расширение информационной базы за счет включения предложенных показателей, выраженных в расчете на единицу площади и душу населения. Данные относительные величины могут быть использованы как индикаторы существующей нагрузки на окружающую среду и человека в качестве наиболее репрезентативных показателей при сравнении выбросов на региональном уровне и между различными странами.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Охрана окружающей среды в Беларуси. Статистический сборник / Министерство статистики и анализа Республики Беларусь – Минск, 2008. – 233 с.
2. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2007 / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь, РУП «Бел НИЦ Экология»; под ред. С.И. Кузьмина, С.П. Уточкиной. – Минск: РУП «Бел НИЦ Экология», 2008. – 290 с.
3. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень, 2007 / под общ. ред. В.Ф. Логинова. – Минск: Изд. центр БГУ, 2008. – 377 с.

### РЕЗЮМЕ

Анализируется действующая система статистических показателей состояния атмосферного воздуха и определяются основные направления ее совершенствования с целью получения более полного представления о качественном состоянии атмосферы.

\* Статья поступила в редакцию 12 февраля 2009 г.