

**К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ГИГИЕНИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ  
СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ,  
ОБОСНОВАННЫХ ПО КРИТЕРИЯМ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ**

*Шевчук Л.М., Соколов С.М., Ганькин А.Н., Гриценко Т.Д., Просвирякова И.А., Пшегорода А.Е.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Основой управления качеством атмосферного воздуха являются гигиенические регламенты, значительное число которых в настоящее время требует пересмотра. Установлено, что оценка риска является

ключевым элементом в определении стандартов, касающихся безопасности атмосферы, и должна проводиться с учетом структурированного подхода, включающего идентификацию опасности, оценку экспозиции, оценку зависимости «доза-ответ», а также характеристику риска.

**Ключевые слова:** качество атмосферного воздуха, гигиенические регламенты, оценка риска, период осреднения, величина risk-based норматива.

**Введение.** Концепция национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь декларирует важнейшую составляющую прогресса — охрану и укрепление здоровья людей, снижение риска, связанного с вредным воздействием факторов окружающей среды. Предотвратить угрозу здоровью людей со стороны многообразных неблагоприятных физических, химических, биологических и социальных факторов становится возможным путем разработки научно обоснованных эколого-гигиенических стандартов качества среды обитания, гигиенических требований и рекомендаций, высокоэффективных технологий профилактической направленности. В числе указанных задач особое место занимает определение и совершенствование гигиенических основ управления качеством окружающей среды в целом и атмосферного воздуха в частности [1]. При этом охрана атмосферного воздуха рассматривается в качестве наивысшего приоритета для стран Европы (Декларация министров по окружающей среде и здравоохранению в Европе, Лондон, 1991).

Основой управления качеством атмосферного воздуха являются гигиенические нормативы содержания токсических химических веществ на уровне, безвредном для здоровья человека [2]. Однако, по данным некоторых исследователей, значительное число гигиенических нормативов, установленных в предшествующие годы, требуют пересмотра. Кроме того, применяемые предельно допустимые концентрации (ПДК) не всегда обоснованы по эффектам, связанным со здоровьем. Так, 30% ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест установлены по рефлекторным реакциям человека [3]. В этой связи использование действующих гигиенических нормативов в качестве критериев оценки риска здоровью возможно только в случае регламентации химических веществ по резорбтивному или рефлекторно-резорбтивному критериям вредности.

Для практической оценки степени опасности загрязнения атмосферы используются максимальные разовые и среднесуточные предельно допустимые концентрации, которые, однако, не в полной мере отражают ингаляционное воздействие химических соединений в течение всей жизни и не могут быть применены в рамках оценки риска здоровью, где необходимо использование величин, учитывающих безопасность пожизненного воздействия.

Соответствующие стандарты, применение которых возможно при оценке риска здоровью, могут быть получены в результате установления risk-based нормативов, имеющих среднегодовое осреднение.

Risk-based норматив — норматив, установленный с учетом величины риска здоровью.

**Цель работы** — разработка гигиенических регламентов в атмосферном воздухе с учетом критериев риска для здоровья населения.

**Материалы и методы.** Согласно международной методологии оценки риска здоровью, на первом этапе проводится идентификация опасности по системе критериев, включающих определение приоритетных компонентов химического загрязнения воздуха, возможных путей поступления в организм и ответов с его стороны. Критерии определения приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха при хроническом поступлении в организм включают данные о токсичности и опасности химических соединений, присутствии в международных и национальных списках приоритетных загрязнителей, массе выбросов, распространенности в объектах окружающей среды численность населения, подверженного воздействию.

Важнейшим этапом оценки риска здоровью является выявление источников загрязнения атмосферного воздуха. На данном этапе проводится сравнительный анализ данных инструментальных замеров и результатов расчетов рассеивания, т. к. для зонирования территории населенного пункта необходимы данные о пространственном распределении концентраций загрязняющих веществ по всей исследуемой территории.

Для решения задачи используется модель аппроксимации коэффициентов соответствия (формула 1).

$$K_i = \frac{C_i^r}{C_i^f}, \quad (1)$$

где  $i$  — номер поста;

$C_i^r$  — расчетные концентрации загрязняющего вещества на  $i$ -м посту наблюдений;

$C_i^f$  — фактическая концентрация загрязняющего вещества на  $i$ -м посту наблюдений.

Для интерполяции данных проводят процедуру триангуляции расчетных точек, равномерно распределенных по территории населенного пункта. В качестве метода триангуляции используется триангуляция Делоне, позволяющая разбить пространство внутри постов наблюдения на треугольники [4]. Для получения верифицированных данных о концентрации вредного вещества проводится аппроксимация коэффициента соответствия. Указанный метод верификации позволяет добиться сопряжения расчетных данных, полученных с использованием Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86 и реальных концентраций загрязняющих веществ, полученных с постов наблюдения [5].

Далее на этапе оценки экспозиции проводится количественное определение поступления токсиканта с атмосферным воздухом в организм в реальных условиях по формуле 2.

$$TRD = C \times IR \times ED, \quad (2)$$

где TRD — величина потенциальной дозы, мг/сут;  
 C — концентрация загрязняющего вещества, мг/м<sup>3</sup>;  
 IR — величина поступления;  
 ED — продолжительность воздействия, лет.

Процедура оценки зависимости «экспозиция-ответ» позволяет устанавливать связь между экспозицией исследуемого химического соединения и риском нарушений функции органов и систем организма с учетом степени их выраженности [6]. При моделировании зависимости «экспозиция-ответ» в рамках оценки канцерогенного риска используется принцип пороговости действия, согласно которому негативные эффекты со стороны здоровья проявляются, начиная с реперного уровня. Установление реперного уровня содержания поллютантов в атмосфере проводится по результатам поперечного эпидемиологического исследования состояния здоровья детей, проживающих в населенном пункте. Состояние здоровья оценивается с использованием многолетних сведений об обращаемости за медицинской помощью. В качестве реперного уровня содержания поллютанта в атмосфере принимается величина, соответствующая 95% доверительной границе полученной модели.

В качестве меры экспозиции используется, как правило, потенциальная доза или величина поступления. Кроме того, для оценки зависимости «экспозиция-ответ» могут использоваться множественные эволюционные модели, отражающие влияния комплекса химических соединений на риск развития различных нарушений здоровья. Эволюционные модели строятся на базе существующих математических моделей или полученных в результате региональных эпидемиологических исследований с учетом конкретных условий загрязнения атмосферы [7]. Эмпирические значения коэффициентов эволюционных уравнений, установленные по результатам парного моделирования, учитывают тяжесть исходов заболеваний, а также степень функциональных нарушений критических органов (система рекуррентных уравнений учитывает накопление риска неканцерогенных эффектов на критические органы за счет действия химических веществ), формула 3 [7].

$$R_{t+1}^i = R_t^i + (\alpha_i R_t^i + \sum_j \Delta R_t^{ij}) C, \quad (3)$$

где  $R_{t+1}^i$  — риск нарушений  $i$ -й системы организма в момент времени  $t+1$ ;  
 $R_t^i$  — риск нарушений  $i$ -й системы организма в момент времени  $t$ ;  
 $\alpha_i$  — коэффициент, учитывающий эволюцию риска за счет естественных причин;  
 C — временной эмпирический коэффициент.

Характеристика риска на базе эволюционных моделей осуществляется в виде следующих этапов:

- обобщение результатов оценки экспозиции и зависимостей «экспозиция-ответ»;
- установление реперных уровней экспозиции и расчет значений риска для отдельных видов нарушений здоровья;
- расчет риска нарушений здоровья при воздействии химических веществ.

Риск нарушения здоровья, связанный с воздействием химических веществ ( $R_t$ ) рассчитывается по формуле 4:

$$R_t = 1 - \prod_{i=1}^r (1 - R_t^i), \quad (4)$$

где  $R_t^i$  — риск развития нарушений  $i$ -й критической системы при воздействии химических факторов.

**Результаты и их обсуждение.** В последние годы в качестве альтернативы концепции гигиенического нормирования рассматривают концепцию риска, имеющую существенное преимущество по сравнению с концентрацией гигиенического нормирования. На сегодняшний день оценка риска становится ключевым элементом в установлении стандартов, касающихся безопасности атмосферного воздуха [7].

Разработка стандартов качества атмосферы по критериям оценки риска проводится с применением структурированного подхода, включающего идентификацию опасности, оценку экспозиции, зависимости «доза-ответ», а также характеристику риска.

При обосновании стандартов качества атмосферы применены следующие основные принципы, изложенные Всемирной организацией здравоохранения: а) использование стандартов содержания поллютантов в атмосферном воздухе не должно создавать риск для здоровья населения; б) критический эффект со стороны здоровья должен устанавливаться с учетом наиболее чувствительных групп населения; в) разработанные стандарты должны быть обоснованными и реальными для выполнения, а также должны учитывать безопасность пожизненного воздействия.

Как отмечено выше, соответствующие стандарты, использования которых возможно при оценке риска, могут быть получены в результате установления risk-based нормативов, имеющих среднегодовое осреднение.

Установление значений risk-based нормативов содержания химических агентов в атмосферном воздухе необходимо проводить на основе реперного уровня и величины фактора неопределенности. При этом выбор значений фактора неопределенности должен основываться на внутривидовой экстраполяции; распространении данных, полученных в условиях относительно непродолжительного воздействия на более длительные экспозиции; влиянии на развивающийся организм; экстраполяции с одного пути поступления на другой, переход от минимальной к полной базе данных.

С целью минимизации неопределенности в ходе установления величины risk-based стандарта содержания поллютанта в атмосфере проводится моделирование эволюций риска, считающееся одним из наиболее адекватных методов для решения задач прогнозирования и оценки вероятного воздействия факторов среды обитания на здоровье населения.

В основе анализа в данной работе были использованы действующие в Республике Беларусь нормативы предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения, утверждение постановлением Министерства здравоохранения 30 декабря 2010 г. и классы опасности загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, утверждение постановлением Министерства здравоохранения 21 декабря 2010 г. Так, классы опасности установлены для 680 химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, из них 41,5% соединений являются умеренно опасными (3-й класс), 28,4 % — высокоопасными (2-й класс), 23,5 % — малоопасными (4-й класс) и 6,6 % — чрезвычайно опасными (1-й класс). При этом только 29,9% нормативов имеют резорбтивный лимитирующий показатель вредности.

ОБУВ в атмосферном воздухе утвержден для 1431 загрязняющего химического соединения, ПДК — для 654, из которых у 21,3 % установлена только максимальная разовая ПДК. Для 18 загрязняющих химических веществ, имеющих в качестве норматива ОБУВ, установлен класс опасности.

**Заключение.** В дальнейшем, в ходе моделирования зависимости «концентрация токсиканта – ответ» в атмосфере необходимо рассматривать нозологические формы болезней адекватные повреждающему действию поллютанта и соответствующие критическим органам и системами для условия хронической ингаляции вредного вещества. Расчет окончательной величины risk-based норматива для изучаемого вещества должен опираться на установленную по результатам эволюционного моделирования недействующую концентрацию и суммарный коэффициент неопределенности.

Таким образом, основным направлением разработки гигиенических регламентов в атмосферном воздухе, обоснованных по критериям риска для здоровья является разработка risk-based нормативов, учитывающих среднегодовой период осреднения, с использованием эпидемиологических методов исследования.

#### Литература

1. Современные проблемы совершенствования системы гигиенического нормирования факторов среды обитания человека / С.М. Соколов [и др.] // Мед. новости. — 2000. — № 8. — С. 21–24.
2. Методические подходы к оценке риска воздействия разнообразных факторов среды обитания на здоровье населения на основе эволюционных моделей / Н.В. Зайцева, П.В. Трусов, П.З. Шур // Анализ риска здоровью. — 2012. — № 1. — С. 15–22.
3. Проблемы прогнозирования и оценки общей химической нагрузки на организм человека с применением компьютерных технологий / С.М. Новиков [и др.] // Гигиена и санитария. — 1997. — № 4. — С. 3–8.
4. Скворцов, А.В. Триангуляция Делоне и ее применение / А.В. Скворцов. — Томск : Изд-во Томск. ун-та, 2002. — 128 с.
5. Май, И.В. Сопряжение данных инструментальной и расчетной оценки качества атмосферного воздуха г. Перми для задач эколого-гигиенического зонирования территории / И.В. Май, С.П. Вековщина, В.М. Чигвинцев // Вестн. Пермск. ун-та. Биология. — 2010. — № 2. — С. 60–69.
6. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Под. ред. Ю.А. Рахманина, Г.Г. Онищенко. — М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. — 408 с.
7. Методические подходы к разработке гигиенических нормативов, обоснованных по критериям риска для здоровья и их реализация на примере содержания марганца в атмосферном воздухе / Н.В. Зайцева [и др.] // Анализ риска здоровью. — 2014. — № 1. — С. 14–19.

## TOWARDS THE DEVELOPMENT OF THE HYGIENIC REGULATIONS OF TOXIC SUBSTANCES IN THE AIR, BASED ON HEALTH RISK CRITERIA

*Shevchuk L.M., Sokolov S.M., Gankine A.N., Gritsenko T.D., Prosviryakova I.A., Pshegroda A.E.*

*Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus*

The bases for air quality management are the hygiene regulations, a significant number of which now requires revision. It was found that the risk assessment is a key element in the definition of standards regarding air safety and should take into account a structured approach that includes hazard identification, exposure assessment, assessment based “dose-response”, and risk characterization.

**Keywords:** air quality, hygiene regulations, risk assessment, the averaging period, the value of risk-based standard.

Поступила 18.05.2016