

Э.В. Иванова, В.В. Быкова, Н.А. Осипова*

Оценка риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферу

*Томский государственный архитектурно-строительный университет
Томский политехнический университет

Поступила в редакцию 31.07.2006 г.

Разработка концепции и методологии оценки риска здоровью в связи с качеством среды на основе достижений отечественной и зарубежной науки позволила вывести исследования причинно-следственной связи в системе «окружающая среда – здоровье человека» на качественно новый уровень. На основании данных Томского центра по гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды были рассчитаны среднесуточные, среднегодовые и максимальные концентрации основных веществ, загрязняющих атмосферный воздух г. Томска, за 1993–2002 гг. и оценен канцерогенный риск в соответствии с нормативным документом Центра Госсанэпиднадзора Минздрава РФ с помощью комплекса программных средств «RISK ASSISTANT». Выделены территории с максимальным, минимальным и средним уровнем канцерогенного риска.

Химическое загрязнение окружающей среды создает опасность для здоровья человека. Ведутся специальные научные исследования, направленные на количественное определение связи между загрязнением окружающей среды и его влиянием на организм человека. На настоящий момент приходится констатировать, что использование традиционных подходов, основанных на сопоставлении существующих уровней химического загрязнения с гигиеническими нормативами, не всегда является эффективным. Это касается оценки качества окружающей среды и попытки увязать его со здоровьем путем соотношения реального загрязнения с величинами ПДК.

Разработка концепции и методологии оценки риска здоровью в связи с качеством среды на основе достижений отечественной и зарубежной науки позволила вывести исследования причинно-следственной связи в системе «окружающая среда – здоровье человека» на качественно новый уровень. Оценка риска здоровью человека, который обуславливается загрязнением окружающей среды, является в настоящее время одной из важнейших медико-экологических проблем [1, 2].

В научном отношении оценка риска – это последовательное, системное рассмотрение всех аспектов воздействия анализируемого фактора на здоровье человека, включая обоснование допустимых уровней воздействия.

В научно-практическом приложении основная задача оценки риска состоит в получении и обобщении информации о возможном влиянии факторов среды обитания человека на состояние его здоровья.

Целью настоящей работы является оценка канцерогенного риска для здоровья людей вследствие поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух г. Томска, который наряду с загрязнением питьевой воды и почвы относится к неблагоприят-

ным факторам окружающей среды, влияющим на здоровье населения [3]. Впервые оценка риска проводится для г. Томска по утвержденным нормативным документам.

Состояние атмосферного воздуха в Томске определяется выбросами загрязняющих веществ от стационарных и нестационарных источников [4]. Предприятиями города и автотранспортом в атмосферный воздух выбрасывается более 250 загрязняющих веществ. В городе имеется 5,5 тыс. стационарных источников загрязнения атмосферы, принадлежащих 194 промышленным предприятиям. Основными загрязняющими отраслями промышленности являются электроэнергетика (21,5%), машиностроение и металлообработка (18%), а также топливная (17,4%), пищевая (9,7%), химическая и нефтехимическая промышленность (7%).

В суммарном объеме общегородских выбросов доля автотранспорта составляет около 78% (77,9 тыс. т/год). Причинами установленной степени загрязнения автотранспортом являются высокая плотность потока автотранспорта, повышенное содержание загрязняющих веществ в выхлопных газах, плохое качество дорожного покрытия [5].

При выполнении работы основное внимание уделялось данным лабораторных исследований воздушной среды в г. Томске [6], регулярно проводимых гидрометеорологической службой на стационарных постах наблюдения (ПНЗ). Это позволяет получить достоверную информацию о реальных условиях загрязнения атмосферного воздуха на всей территории города. На основании этих данных были рассчитаны среднесуточные, среднегодовые и максимальные концентрации основных веществ, загрязняющих атмосферный воздух, за 1993–2002 гг.

Оценка канцерогенного риска проводилась в соответствии с нормативным документом Центра

Госсанэпиднадзора Минздрава РФ [7], с помощью подхода EPA US [8] (Агентство по охране окружающей среды США), официально принятого в РФ и рекомендованного ВОЗ и Программой ООН по окружающей среде и комплекса программных средств «RISK ASSISTANT» [9]. Нами рассматривалось лишь поступление в организм вредных веществ через дыхательные пути (ингаляционная экспозиция). Была выбрана группа населения, подвергшаяся воздействию (в настоящей работе выбран «средний житель» весом 70 кг, продолжительность жизни которого 70 лет и воздействие на которого длится 30 лет). Предполагается, что это его постоянное место жительства, а воздействие продолжается 3 ч в неделю.

Расчет канцерогенного риска проводится по формуле

$$CR = 1 - \exp(-SF \cdot LADD),$$

где CR – индивидуальный канцерогенный риск; LADD – среднесуточная доза в течение жизни, мг/(кг·день); SF – фактор канцерогенного потенциала [мг/(кг·день)]⁻¹ (программа использует базу данных по канцерогенным свойствам веществ <http://www.epa.gov/iris/subst/>).

Эти оценки представляют теоретический дополнительный канцерогенный риск (т.е. риск сверх фоновой заболеваемости). Например, если расчетный риск есть один на 1000 000, то это буквально означает, что человек имеет шанс на 1 млн получить рак из-за указанного химического воздействия в дополнение к его шансам получить рак по другим причинам.

Оценка канцерогенного риска была выполнена для всех веществ, за содержанием которых ведутся постоянные наблюдения на ПНЗ: пыль, оксид серы (IV), оксид азота (IV), оксид углерода (II), сероводород, фенол, формальдегид, аммиак, хлористый водород. В соответствии с [7–9] канцерогенный риск рассчитывается по каждому загрязняющему веществу в отдельности. Индивидуальные канцерогенные риски от всех этих веществ, за исключением формальдегида, составили менее $1 \cdot 10^{-6}$. Согласно классификации уровней риска, приведенной в [7–9], индивидуальный риск в течение всей жизни, равный или меньший $1 \cdot 10^{-6}$, соответствует одному дополнительному случаю серьезного заболевания или смерти на 1 млн экспонированных лиц; характеризует такие уровни риска, которые воспринимаются всеми людьми как пренебрежимо малые, не отличающиеся от обычных, повседневных. Подобные риски не требуют никаких дополнительных мероприятий по их снижению, и их уровни подлежат только периодическому контролю.

Таким образом, индивидуальный канцерогенный риск для здоровья при вдыхании атмосферного воздуха для жителей г. Томска формируется под воздействием формальдегида. Анализ данных наблюдений показал, что атмосферный воздух загрязнен формальдегидом, его содержание неоднократно превышало в 4–6 раз среднесуточную предельно допустимую концентрацию за весь период наблюдений.

Формальдегид (муравьиный альдегид) НСНО – бесцветный газ с резким запахом и один из распространенных загрязнителей, связанный с химическими и металлургическими предприятиями, с производством и использованием карбамидных смол (производство полимеров, строительных материалов, мебели и пр.). Содержится в выхлопных газах автомобильных двигателей. В быту источником опасных концентраций формальдегида может быть новая мебель, строительные материалы на основе карбамидных смол, облицовка стен, потолков, обои и пр. По имеющимся приблизительным оценкам в воздушный бассейн городов России ежегодно поступает от 2,5–3 до 5–6 тыс. т формальдегида. В большинстве случаев его концентрации находятся в пределах 3–12 мкг/м³ (среднесуточная ПДК 3 мкг/м³). В воздухе ряда городов отмечаются повышенные до 100–280 мкг/м³ концентрации (Волгоград, Кемерово, Красноярск, Норильск, Омск, Тольятти, Усолье-Сибирское и др.). Существенно повышенные концентрации характерны для воздуха квартир, где постоянно курят – до 100 мкг/м³. На человека формальдегид оказывает общетоксическое, мутагенное, аллергенное и канцерогенное действие. Основным путем поступления формальдегида в организм является ингаляционный. С вдыхаемым воздухом в организм человека поступает около 1, реже 2 мг/день. Курение является дополнительным источником. Поступление с водой пренебрежимо мало. Симптомы кратковременного воздействия – раздражение глаз, слизистых оболочек носа и гортани, слезотечение, кашель, одышка и тошнота.

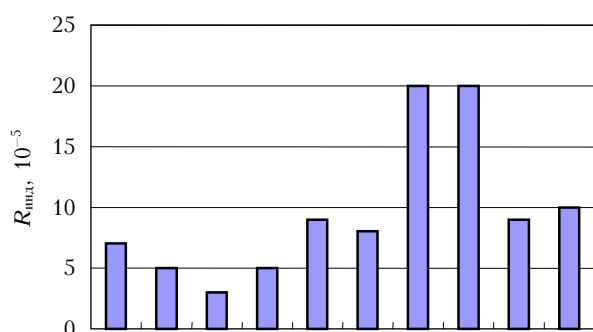
На рисунке представлено изменение индивидуального канцерогенного риска на ПНЗ г. Томска в период 1993–2002 гг.

Максимальные значения индивидуального канцерогенного риска, наблюдаемые на ПНЗ-2, -14, -13, приходится на 1999–2000 гг. и связаны не с возрастанием суммарного выброса газообразных веществ в атмосферу, а с увеличением объемной доли формальдегида.

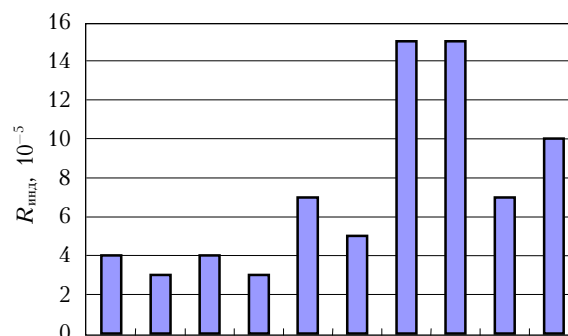
Минимальный уровень риска наблюдается на ПНЗ-11 (перекресток ул. Пролетарской и пер. Баранчуковского), ПНЗ-5 (ул. Герцена, 68), ПНЗ-13 (ул. Вершинина) и ПНЗ-14 (ул. Лазо), по данным за 2002 г. (таблица).

Ранжирование уровней индивидуального канцерогенного риска за 2002 г.

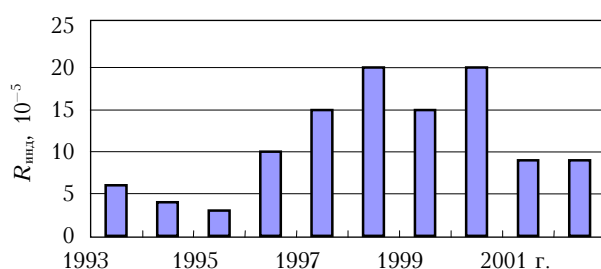
№ поста	Адрес	Индивидуальный пожизненный канцерогенный риск	Уровень риска
ПНЗ-2	пл. Ленина	$2 \cdot 10^{-4}$	средний
ПНЗ-5	ул. Герцена, 68	$8 \cdot 10^{-5}$	низкий
ПНЗ-11	ул. Пролетарской и пер. Баранчуковского	$1 \cdot 10^{-4}$	низкий
ПНЗ-12	пос. Светлый	$2 \cdot 10^{-4}$	средний
ПНЗ-13	ул. Вершинина	$1 \cdot 10^{-4}$	низкий
ПНЗ-14	ул. Лазо	$9 \cdot 10^{-5}$	низкий



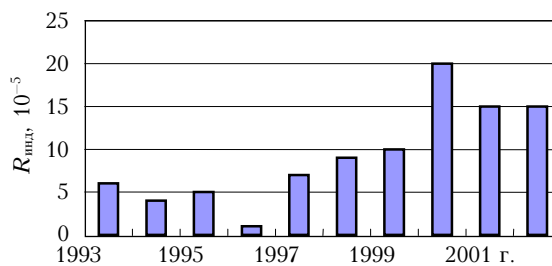
a



б



в



г

Изменение индивидуального канцерогенного риска на ПНЗ: *a* – ПНЗ-11; *б* – ПНЗ-13; *в* – ПНЗ-14; *г* – ПНЗ-2

В соответствии с классификацией риска такой риск характеризуется как низкий. Индивидуальный риск в течение всей жизни находится в пределах менее $1 \cdot 10^{-4}$ – более $1 \cdot 10^{-6}$ и соответствует зоне условно приемлемого (допустимого) риска; именно на этом уровне установлено большинство зарубежных и рекомендуемых международными организациями гигиенических нормативов для населения в целом.

Максимальный уровень риска наблюдается на ПНЗ-2 (пл. Ленина) и на ПНЗ-12 (пос. Светлый). Такой индивидуальный риск характеризуется как средний, появление такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий в условиях населенных мест.

Средний уровень риска по городу составляет $7,7 \cdot 10^{-5}$, что признается достоверным. И это означает, что в течение 70 лет возможно возникновение семи дополнительных случаев рака в популяции населения, равной 100 000 человек, подвергшихся ингаляционному воздействию формальдегидом.

Результаты исследования показывают, что полученная величина индивидуального риска $2 \cdot 10^{-4}$ признает вероятным, что в течение 70 лет возможно возникновение двух дополнительных случаев рака в популяции населения, равной 10 000 человек, подвергшихся ингаляционному воздействию формальдегида. Такой риск наблюдается в центре города на пл. Ленина, а также в пос. Светлом. В соответствии с классификацией такой индивидуальный пожизненный канцерогенный риск имеет средний уровень и является неприемлемым для населения в целом. Появление такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий.

Низкий уровень риска со значениями $8 \cdot 10^{-5}$ и $9 \cdot 10^{-5}$ отмечается на ул. Герцена и ул. Лазо соответственно и характеризуется как минимальный.

Аналогичная работа была выполнена для Санкт-Петербурга [1]. Результаты показали, что значения канцерогенного риска по 20 районам лежат в интервале от $4,9 \cdot 10^{-5}$ до $11,2 \cdot 10^{-5}$. Это приблизительно соответствует данным настоящей работы для г. Томска. По-видимому, такой уровень риска может характеризовать урбанизированные территории с высокой антропогенной нагрузкой. Важно отметить, что формальдегид также является единственным веществом, который вносит вклад в суммарный риск. Расчеты проводились для 12 приоритетных загрязнителей по данным стационарных постов наблюдения за состоянием атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербурге.

Таким образом, оценка канцерогенного риска позволяет осуществить прогноз возможных последствий для здоровья населения на основе сопоставления количественных уровней риска за длительный период наблюдений, при различных сценариях развития промышленного производства, автотранспорта и хозяйственной деятельности в целом.

1. *Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска* / Под ред. А.П. Щербо. СПб.: МАПО, 2002. 370 с.
2. *Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду* / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин, С.Л. Авалиани, К.А. Буштугева. М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. 408 с.
3. *Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г.И. Окружающая среда и здоровье населения*. М.: ЦЭПР, 2003. 149 с.

4. *Мониторинг* и управление качеством приземного воздуха в Российской Федерации и Великобритании / В.Ф. Панин, А.Г. Дашковский, Н.А. Осипова, А.А. Дашковская. Томск: Дельтаплан, 2003. 226 с.
5. *Журавлев Г.Г., Иванова Э.В., Мананков А.В.* Оценка пространственно-временного распределения основных и специфических примесей в атмосфере г. Томска // Вестн. ТГУ. Прил. № 3 (IV). Томск, 2003. С. 171–173.
6. *Распространение* примесей в атмосфере и методы их контроля / Б.Д. Белан, Г.Г. Журавлев, Г.О. Задде, В.А. Попов. Томск: Изд-во ТПУ, 2000. 342 с.
7. *Руководство* по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Руководство Р. 2.1.10.1920-04. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава РФ, 2004. 273 с.
8. *U.S. Environmental Protection Agency.* 1998. Guidelines for ecological assessment. EPA/630/R-95/002F. Washington, DC.
9. *Помощник* по рискам. Руководство пользователя. Русская версия / Н.П. Тарасова, А.В. Малков, В.П. Крапчатов. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. Alexandria: The Hampshire Research Institute, 1996. 270 с.

E.V. Ivanova, V.V. Bykova, N.A. Osipova. Estimate of population health risk under impact of atmospheric chemical pollutants.

Based on the recent scientific achievements, the development of concentration and methodology of estimating risks for human health because of environment quality allowed one to rise the studies of «the cause and effect» connection in the «environment – human health» system to a new qualitative level. This work is aimed at estimation of the carcinogenic risk for population under emissions of pollutants into Tomsk atmospheric air. Based on data of the Tomsk hydrometeorologic and monitoring center, diurnally-mean, monthly-mean and yearly-mean maximal concentrations of major pollutants of atmospheric air for 1993–2002 were calculated and the carcinogenic risk was estimated with the help of the RISK ASSISTANT computer package. Areas with maximal, minimal, and moderate levels of carcinogenic risks are determined.