

Н.К. Плуготаренко, В.И. Чижова, В.В. Петров, М.С. Свирепова
(Южный федеральный университет; e-mail: plugonarenkonk@sfnedu.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИК ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Исследована возможность применения методик оценки риска для анализа качества окружающей среды. Проведено моделирование распространения загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы города Таганрога. На основании данных мониторинга и результатов моделирования сделаны расчёты неканцерогенного риска хронических и немедленных эффектов.

Ключевые слова: оценка риска, хронический эффект, загрязнение атмосферы.

N.K. Plugotarenko, V.I. Chizhova, V.V. Petrov, M.S. Svirepova

APPLICATION METHODS FOR THE ANALYSIS OF RISK ASSESSMENT ENVIRONMENTAL QUALITY BASED ON DATA FROM CITY OF ENVIRONMENTAL MONITORING AND MODELLING

The possibility of using risk assessment techniques to analyze the quality of the environment. The simulation of the dispersion of pollutants in the surface layer of the atmosphere of the city of Taganrog. Based on monitoring data and modeling results are made calculations of chronic non-cancer risk and immediate effects

Key words: risk assessment, chronic effects, pollution.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 31 марта 2014 г.

Загрязнение атмосферного воздуха является одной из самых серьезных экологических проблем многих промышленных городов мира. Повышенная концентрация загрязняющих веществ наблюдается в атмосфере практически каждого промышленного города, поэтому возникает необходимость в решении задачи оценки и моделирования распространения загрязняющих частиц в атмосфере с целью предотвращения или уменьшения их воздействия на экосистему и самого человека [1].

Отсутствие данных о масштабах и характере загрязнения атмосферного воздуха и, что очень важно, данных о возможных последствиях его воздействия на здоровье людей и окружающую природную среду, ослабляет внимание администрации хозяйственной системы страны на принятие эффективных мер по снижению техногенных выбросов и проведению санитарно-гигиенических мер защиты населения от воздействия рассеянных химических соединений. Поэтому вопрос оценки риска воздействия загрязнений атмосферного воздуха на здоровье населения актуален, а его рассмотрение открывает возможности практического решения многих проблем по защите населения и окружающей природной среды от воздействия опасных химических соединений, рассеянных в атмосферном воздухе на больших территориях.

Авторами проведено исследование возможности применения методик оценки риска для анализа качества окружающей среды на основе данных мониторинга и результатов моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосфере.

Применение методов оценки риска для анализа качества окружающей среды давно уже используется за рубежом [2, 3] и в последнее время получило развитие в нашей стране [4]. Внедрение блоков управления рисками в автоматизированные системы мониторинга является актуальной задачей [5].

В данной статье использованы данные мониторинга атмосферного воздуха города Таганрога и программное обеспечение "Эколог-Город". Разработанная фирмой "Интеграл" компьютерная система расчётного мониторинга состояния качества воздушного бассейна города (региона) реализует положения "Методики расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86)" Госкомгидромета. Программа позволяет проводить расчёты загрязнения атмосферы на любом из трех уровней – предприятия, района, города по данным об источниках выбросов загрязняющих веществ.

Для расчёта риска неканцерогенных хронических эффектов используется экспоненциальная беспороговая модель, дающая оценку вероятности увеличения первичной заболеваемости популяции в ответ на длительное воздействие неканцерогена.

Расчёт неканцерогенного риска хронических эффектов производят в соответствии с беспороговой моделью воздействия [6] по следующей формуле:

$$R = 1 - \exp \left[\frac{\ln 0,84}{K_3} \left(\frac{C}{\text{ПДК}_{\text{CC}}} \right)^b \right], \quad (1)$$

где R – неканцерогенный риск хронических эффектов;

C – среднесуточная концентрация загрязняющего вещества, $\text{мг}/\text{м}^3$;

ПДК_{CC} – предельно допустимая среднесуточная концентрация вещества, $\text{мг}/\text{м}^3$;

K_3 – коэффициент запаса, равный 7,5 для веществ 1 класса опасности, 6 – для 2 класса, 4,5 – для 3 класса и 3,0 – для 4 класса опасности;

b – коэффициент изоэффективности, равный 2,4 для веществ 1 класса опасности, 1,31 – для 2 класса, 1,0 – для 3 класса и 0,86 – для 4 класса опасности.

Хроническое воздействие характеризуется однотипными неспецифическими эффектами:

- рост общей заболеваемости по органам дыхания и сердечно-сосудистой системы;

- рост заболеваемости органов дыхания у детей;

- повышение чувствительности к бактериальным и вирусным инфекциям;

- увеличение содержания в крови метгемоглобина и карбоксигемоглобина;

- увеличение смертности от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний.

Расчёт неканцерогенного риска немедленных эффектов производят по формуле:

$$R_1 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\text{Prob}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx, \quad (2)$$

где Prob – вероятность наступления нежелательного исхода;
 для 1 класса опасности: $\text{Prob} = -9,15 + 11,66 \lg(C/\text{ПДК}_{\text{мр}})$;
 для 2 класса опасности: $\text{Prob} = -5,51 + 7,49 \lg(C/\text{ПДК}_{\text{мр}})$;
 для 3 класса опасности: $\text{Prob} = -2,35 + 3,73 \lg(C/\text{ПДК}_{\text{мр}})$;
 для 4 класса опасности: $\text{Prob} = -1,41 + 2,33 \lg(C/\text{ПДК}_{\text{мр}})$;
 R_1 – неканцерогенный риск немедленных эффектов;
 x – среднесуточная концентрация загрязняющего вещества, $\text{мг}/\text{м}^3$;
 $\text{ПДК}_{\text{мр}}$ – предельно допустимая максимально разовая концентрация вещества, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Эффекты немедленного действия чаще всего проявляются в виде рефлекторных реакций:

- выраженное раздражающее действие на органы дыхания и слизистые оболочки;
- рост госпитализаций и обращаемости за медицинской помощью по поводу респираторных заболеваний и сердечно-сосудистой системы;
- снижение лёгочной функции у больных хроническими обструктивными заболеваниями;
- утяжеление состояния у лиц, страдающих астмой.

В табл. 1 приведены значения рисков для средних концентраций.

Таблица 1

Сравнение рисков при хронических и при немедленных эффектах

Вещество	Концентрация, $\text{мг}/\text{м}^3$	Риск при хронических эффектах	Риск при немедленных эффектах
Диоксид азота	0,503	0,551	0,607
Оксид азота	0,059	0,037	$2,38 \cdot 10^{-8}$
Оксид углерода	0,152	0,111	$9,47 \cdot 10^{-6}$
Диоксид серы	3,571	0,065	0,04

На основании данных мониторинга, зная значения обычных концентраций загрязнителей городской воздушной среды и располагая данными по автотокам города, можно спрогнозировать возможные концентрации и значения риска при увеличении или уменьшении количества автотранспорта и внести предложения по управлению рисками. Авторами были рассчитаны значения рисков для концентраций загрязняющих веществ при среднестатистическом транспортном потоке, а также при уменьшенном – в 2 раза, увеличенном – в 2 и в 4 раза (рис. 1).

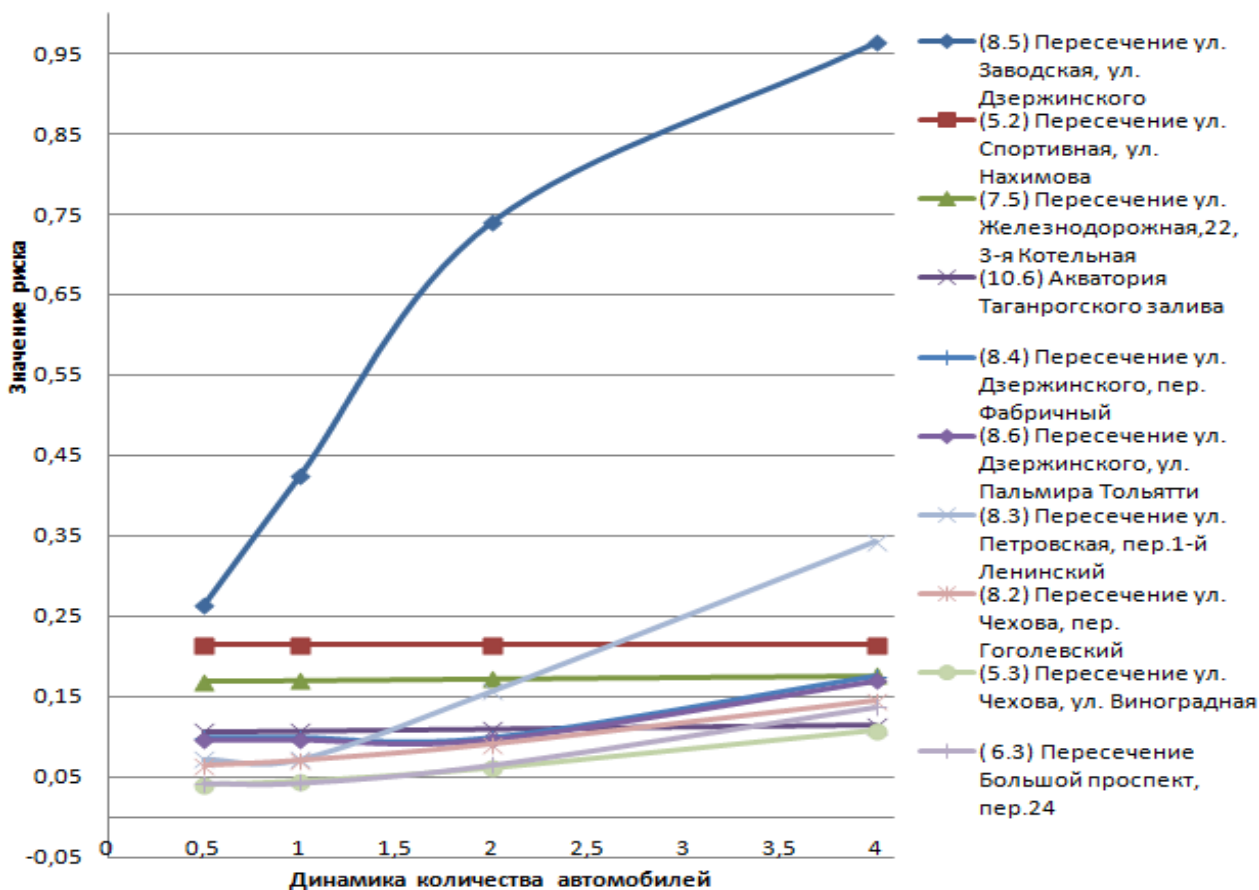


Рис. 1. График зависимости неканцерогенного риска хронических эффектов для NO₂ от количества автотранспорта в разных точках города

Анализ данных позволяет сделать выводы о том, что с увеличением автотранспорта на дорогах г. Таганрога в определенных точках, в зависимости от погодных условий и сценария распространения, а также действия загрязняющих веществ, значительно увеличивается риск заболеваемости населения в данных районах.

При анализе приемлемости риска был учтен тот факт, что большинство контролируемых (регулируемых) мер с целью уменьшения потенциального негативного воздействия вещества на окружающую среду и здоровье человека не соблюдаются, а именно эксплуатируется автотранспорт, который по своим техническим характеристикам не отвечает требованиям соответствующих экологических стандартов, следовательно, в окружающую среду поступают критические концентрации загрязняющих веществ, превышающие ПДК.

Основным критерием стратегии контроля уровня риска и разработки управленческих решений является все возрастающий уровень болезней органов дыхания населения города, который, прежде всего, связан с возрастающей антропогенной нагрузкой, в том числе и увеличением общего количества автотранспорта на дорогах города.

По данным Экологического вестника Дона "О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2011 году", в структуре первичной заболеваемости взрослого населения, как и в 2010 году,

на 1-м месте – болезни органов дыхания. Первичная заболеваемость болезнями органов дыхания с 2010 года выросла на 9,6 % и составила 184,3 % на 1000 взрослых жителей.

В структуре как общей, так и первичной заболеваемости у детей на первом месте также болезни органов дыхания. Уровень первичной заболеваемости у детей составил 1967,2 на 1000 детей в 2011 году против 1725,3 в 2010 году. Рост показателя отмечен по большинству классов.

На основании проведенных компьютерных экспериментов по изменению автонагрузки на улицах г. Таганрога и её влияния на количественное изменение уровней риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха выхлопными газами, показано, что можно уменьшить антропогенную нагрузку на природу и сократить риск заболеваемости населения, контролируя количество автотранспорта на дорогах города и перераспределяя его на участках с интенсивным движением и большой загазованностью окружающей среды.

Так на примере улицы Дзержинского, где наблюдаются наибольшие концентрации загрязнителей, продемонстрирована действенность перераспределения транспортного потока на соседнюю улицу 1-ю Котельную. По результатам компьютерного эксперимента, перераспределяя транспортные потоки, были определены концентрации загрязняющих веществ и риски для здоровья населения. Результаты представлены на рис. 2.

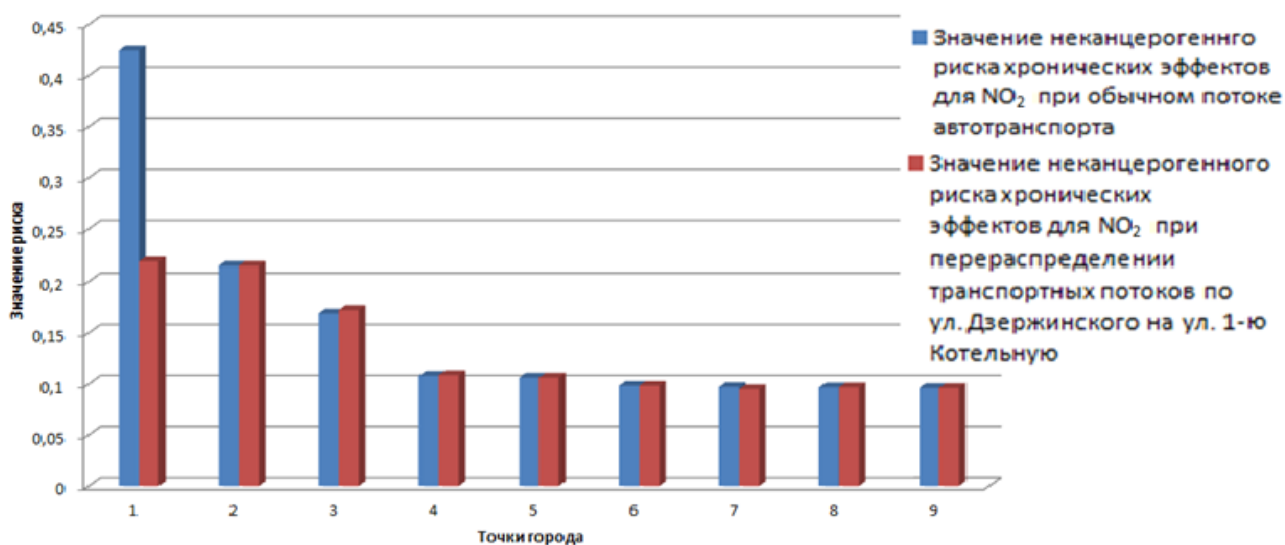


Рис. 2. График поточечного сравнения значений неканцерогенного риска хронических эффектов для NO_2 до и после перераспределения транспортных потоков:

- 1 – (8.5) Пересечение ул. Заводская, ул. Дзержинского;
- 2 – (5.2) Пересечение ул. Спортивная, ул. Нахимова;
- 3 – (7.5) Пересечение ул. Железнодорожная, 22, 3-я Котельная;
- 4 – (10.6) Акватория Таганрогского залива;
- 5 – (9.4) Пересечение пер. Кожевенный, ул. Подгорная;
- 6 – (8.4) Пересечение ул. Дзержинского, пер. Фабричный;
- 7 – (11.5) Акватория Таганрогского залива;
- 8 – (8.6) Пересечение ул. Дзержинского, ул. Пальмира Тальянти;
- 9 – (9.6) Пересечение ул. Социалистическая, ул. Желябина

Из представленных таблицы и графика видно, что при разгрузке ул. Дзержинского на ул. 1-ю Котельную значительно уменьшилась нагрузка в самой критической точке (8.5), а в соседних точках с меньшими значениями концентраций загрязняющих веществ значения риска увеличились незначительно, что не повлияло в значительной степени на уровень заболеваемости населения, но позволило сократить его в критических точках.

Снизить общую концентрацию загрязняющих веществ воздушной среды города невозможно, так как с каждым годом антропогенная нагрузка на окружающую среду все более возрастает, поэтому решение о перераспределении источников высоких концентраций, таких как автотранспорт, зная особенности метеорологических условий, движения транспортных средств, их общее количество, состояние дорог и правила дорожного движения в городе, может значительно улучшить условия жизни в районах города, страдающих загрязнением атмосферы, не усугубив положения в других.

Таким образом, применение методик по оценке риска в автоматизированных системах экологического мониторинга городов позволит вовремя проектировать и принимать управляющие решения для поддержания качества окружающей среды.

Литература

1. **Торосян Н.С., Джугарян О.А., Трифонова Т.А., Ширкин Л.А.** Сравнительный анализ рисков и модель оценки ущерба здоровью населения как элемент управления рисками // 3-я юбилейная междунар. науч.-практ. конф. "Экология регионов". Владимир: ВООО ВОИ ПУ "Рост". 2010. С. 168-175.
2. **Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I: Human Health Evaluation Manual. Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment, OSWER 9285.7-02EP.** http://epa-prgs.ornl.gov/chemicals/help/documents/RAGS_E_EPA540R99005.pdf.
3. **Балтер Б.М., Егоров В.В., Чекалина Т.И.** Методики расчёта риска // Система обработки информации об окружающей среде и здоровье населения (EHIPS). ИКИ РАН, 1998-2006. <http://www.iki.rssi.ru/ehips/welcome.htm>.
4. **Руководство** по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: Р 2.1.10.1920-04. М., 2004. 340 с.
5. **Абрамова А.Г., Плуготаренко Н.К., Петров В.В., Маркина А.В.** Системный подход к разработке концепции экологического мониторинга промышленных городов // Инженерный вестник Дона: интернет-журнал. Вып. 4 (часть 2). 2014. 4 с. <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1342>.
6. **Чижова В.И., Плуготаренко Н.К., Сомов П.А.** Системный анализ и управление рисками для здоровья человека на основании данных автоматизированной системы мониторинга // Инженерный вестник Дона: интернет-журнал. Вып. 4 (часть 2). 2014. 5 с. <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1344>.