

УДК 57(069)+614.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТНОСТИ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА

Захаренков В.В., Кислицына В.В.*ФГБУ «НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний» Сибирского
отделения РАМН, Новокузнецк, e-mail: ecologia_nie@mail.ru*

В статье представлены результаты изучения влияния атмосферных выбросов угольной электростанции на дополнительный риск развития заболеваемости населения города. Популяционный риск нарушения здоровья населения города от воздействия взвешенных частиц составляет 4,65 дополнительных случаев смертности в год. Популяционный канцерогенный риск нарушения здоровья населения города от воздействия бенз(а)пирена составил $18,9 \cdot 10^{-6}$ дополнительных случаев онкозаболеваний в год. Анализ эффективности природоохранных затрат на мероприятия, приводящие к сокращению риска дополнительной смертности, выявил приоритетность проекта, имеющего более низкий показатель средней ежегодной дисконтированной стоимости единицы снижения риска.

Ключевые слова: угольная теплоэлектростанция, атмосферные выбросы, оценка риска, эффективность природоохранных мероприятий

PRIORITIZATION OF ENVIRONMENTAL MEASURES BASED ON RISK ASSESSMENT FOR THE HEALTH OF THE POPULATION OF AN INDUSTRIAL CITY

Zacharenkov V.V., Kislitsyna V.V.*FSBI «Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases» under Siberian
Branch of the RAMS, Novokuznetsk, e-mail: ecologia_nie@mail.ru*

The paper presents the results of study on the influence of atmospheric emissions of coal-fired power plant on the additional risk of disease incidence of the population of the city. Population risk of damage to health due to the exposure to suspended particles was 4,65 additional deaths per year. Population carcinogenic risk of damage to health due to the effects of benzo(a)pyrene was $18.9 \cdot 10^{-6}$ additional cases of cancer per year. The analysis of the effectiveness of environmental protection costs on activities resulting in the reduction of the risk of additional mortality showed a priority project, which had a lower rate of average annual present value of the unit of risk reduction.

Keywords: coal-fired thermal power plant, atmospheric emissions, risk assessment, efficiency of environmental protection measures

Одна из основных проблем промышленных городов заключается в интенсивном загрязнении воздушной среды вредными веществами и неблагоприятном влиянии их на здоровье населения. Особенно остро эколого-гигиенические проблемы стоят в городах с доминированием отдельных отраслей промышленности, в частности, теплоэнергетики [5, 6].

Более 60% всей электроэнергии в мире вырабатывается на тепловых электростанциях (ТЭС) на базе органического топлива. Удельный вес ТЭС в энергетике России составляет около 80%, при этом вклад ТЭС в общее загрязнение атмосферного воздуха составляет около 27% [3]. Теплоэнергетика является одной из основных промышленных отраслей Кемеровской области.

Уровень загрязнения воздуха продуктами сгорания определяется количеством и видом топлива, условиями сжигания, характеристиками топок, наличием очистных сооружений, условиями выброса (высота

труб, температура дымовых газов) и особенностями метеоусловий.

Канцерогенная активность угольной золы связана с содержанием в ней полициклических ароматических углеводородов, прежде всего, бенз(а)пирена, содержание которого в каменном угле составляет 20-70 мкг/кг. Отмечается корреляция между увеличением использования угля и ростом частоты рака лёгких [7].

Термин «взвешенные частицы» охватывает большое число твёрдых веществ, которые могут быть рассеяны в атмосфере в результате процессов сгорания. Взвешенные частицы как класс загрязнителей включают в себя многие субстанции и варьируют в размерах от 0,01 до 100 мкм в диаметре. Субмикронные частицы размером в диаметре менее 2 мкм, в основном появляющиеся при сжигании топлива, могут содержать такие токсичные элементы, как ванадий, магний и полициклические органические соединения. Известно, что вдыхание взве-

шенных частиц, независимо от их химического состава, увеличивает вероятность смертности от респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний [9, 10].

Цель настоящего исследования заключалась в изучении влияния атмосферных загрязнителей угольной электростанции на дополнительный риск развития заболеваемости населения города и анализе эффективности мероприятий по снижению выбросов.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на угольной теплоэлектростанции юга Кузбасса. Инвентаризация атмосферных выбросов основывалась на анализе отчётов формы № 2ТП-воздух Юго-западного комитета по охране окружающей среды. Концентрации загрязнителей в рецепторных точках рассчитывались с помощью «Методики расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий»-ОНД-86 [8]. Оценку риска для здоровья населения от содержания канцерогенов и взвешенных веществ в атмосферном воздухе осуществляли по методике, разработанной Всемирной организацией здравоохранения и Агентством по охране окружающей среды США [1, 2]. В работе проведена оценка дополнительного канцерогенного риска для здоровья населения города от воздействия бен(а)пирена. Также выполнена оценка неканцерогенного риска (вероятности увеличения смертности), связанного с содержанием в атмосфере угольной пыли. При анализе эффективности затрат на этапе управления риском два инвестиционных проекта (природоохранных мероприятия) сравнивались по их чистой дисконтированной стоимости [4].

Общая численность городского населения составляет 26 тыс. человек. На основе данных карты плотности населения на территории города было выбрано 4 рецепторные точки. Точка 1 располагалась

в южной части города, точка 2 – в северной части. Каждая точка являлась представительной для 10 тыс. человек. Точки 3 и 4, выбранные на территории поселков, входящих в состав города, представляли 4 тыс. и 2 тыс. человек соответственно.

Результаты исследования и их обсуждение

Поступление вредных веществ в атмосферу города от стационарных промышленных источников по годам изменялось незначительно, при этом на долю ТЭС приходится до 97% годового валового выброса в атмосферу города. Загрязнение атмосферы города формируется за счёт выбросов продуктов сгорания твёрдого топлива: золы, углекислого газа, окислов азота и серы. Изменение величины выбросов по годам связано, в основном, с выработкой электроэнергии и количеством сожжённого угля соответственно. При оценке факторов риска нарушения здоровья населения допускается, что интенсивность выбросов останется постоянной в течение 70 лет. В результате расчёта рассеивания вредных веществ в атмосфере получены среднегодовые концентрации загрязнителей в 4-х точках воздействия концентраций (ТВК). Располагая данными среднегодовых концентраций, в каждой из 4-х точек рассчитаны канцерогенный риск и риск от вдыхания твёрдых частиц, а также определен суммарный риск по городу.

Результаты расчетов среднегодовых концентраций атмосферных загрязнителей в рецепторных точках и определяемых ими рисков представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1
Индивидуальный и популяционный риски дополнительной смертности от воздействия взвешенных веществ

№ ТВК	Среднегодовая концентрация, мг/м ³	Единичный коэффициент дополнительной смертности	Индивидуальный риск дополнительной смертности	Популяционный риск дополнительной смертности
1	0,3645	0,35	0,01276	1,82271
2	0,0494	0,35	0,01731	2,47205
3	0,0166	0,35	0,00582	0,33269
4	0,0027	0,35	0,00094	0,02687
Итого по городу		4,65433		

Таблица 2

Индивидуальный и популяционный канцерогенные риски от воздействия бенз(а)пирена

№ ТВК	Среднегодовая концентрация, мг/м ³	Фактор-потенциал канцерогенного риска	Индивидуальный канцерогенный риск	Популяционный канцерогенный риск
1	0,024·10 ⁻⁶	7,3	0,052·10 ⁻⁶	7,402·10 ⁻⁶
2	0,034·10 ⁻⁶	7,3	0,070·10 ⁻⁶	10,039·10 ⁻⁶
3	0,011·10 ⁻⁶	7,3	0,024·10 ⁻⁶	1,351·10 ⁻⁶
4	0,002·10 ⁻⁶	7,3	0,004·10 ⁻⁶	0,109·10 ⁻⁶
	Итого по городу	18,901·10 ⁻⁶		

При анализе результатов установлено, что популяционный риск нарушения здоровья населения города от воздействия взвешенных частиц составляет 4,65 дополнительных случаев смертности в год. Наибольший уровень риска отмечен в точке 2 (2,47 дополнительных случаев). Популяционный канцерогенный риск нарушения здоровья населения города от воздействия бенз(а)пирена составил 18,9·10⁻⁶ дополнительных случаев онкозаболеваний в год. Следует отметить, что Агентство по охране окружающей среды США предлагает в качестве допустимого канцерогенного риска 1 случай на 1 миллион населения. Исходя из этого, можно сделать вывод о низкой вероятности нарушения здоровья населения города от воздействия бенз(а)пирена.

Процесс управления риском нарушения здоровья является логическим продолжением оценки риска. Так как популяционный риск смертности от вдыхания твёрдых частиц доминирует над канцерогенным риском, ограничением в работе стала оценка экономической эффективности планируемых природоохранных мероприятий по снижению выбросов твёрдых частиц.

В работе выбраны следующие мероприятия по сокращению выбросов твёрдых частиц на ТЭС: внедрение на котлоагрегатах акустической системы интенсификации золоулавливания с индивидуальными фильтрами (проект А); реконструкция системы орошения труб Вентури с монтажом дополнительных сопел (проект Б). Мероприятия по сокращению риска различаются между собой по величине единовременных капитальных затрат, а также текущих издержек. Поэтому расчёт стоимости реализации проекта проводился через приведение затрат к одному моменту времени (расчёт чистой дисконтированной стоимости издержек как единовременных, так и текущих). Была проведена оценка сокращения популяционного риска при реализации каждого отдельного мероприятия и установлена связь между результатами реализации проекта (сокращением выбросов взвешенных веществ) и уменьшением риска для здоровья населения. При анализе эффективности затрат на этапе управления риском два инвестиционных проекта (природоохранных мероприятия) сравнивались по их чистой дисконтированной стоимости (PVC, табл. 3).

Таблица 3

Анализ эффективности мероприятий по снижению выбросов взвешенных веществ ТЭС

Шаги управления риском	Проект А	Проект Б
Снижение выбросов Р, т/год	3930	1770
Снижение риска, число дополнительных смертей в год	2,91	1,31
Чистая дисконтированная стоимость, тыс. руб.	448149,01	517520,64
Ежегодная дисконтированная стоимость, тыс. руб.	89629,8	172506,88
Величина затрат на снижение 1 тонны выбросов, тыс. руб./т	22,81	97,46
Величина затрат на единицу снижения риска, тыс. руб./число дополнительных смертей в год	30800,62	131684,64

Анализ эффективности природоохранных затрат на мероприятия, приводящие к сокращению риска дополнительной смертности выявил приоритетность проекта А, имеющего более низкий показатель средней ежегодной дисконтированной стоимости единицы снижения риска.

Заключение

Использование методологии оценки и управления риском позволило оценить эффективность природоохранных затрат на мероприятия, приводящие к сокращению риска дополнительной смертности, и выявить проект, имеющий более низкий экономический показатель единицы снижения риска.

Список литературы

1. Авалиани С.Л., Андрианова М.М., Печеникова Е.В. и др. Окружающая среда. Оценка риска для здоровья (мировой опыт). – М.: Консультационный центр по оценке риска, 1996. – 158 с.
2. Большаков А.М., Крутько В.Н., Пуцилло Е.В. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 256 с.

3. Вольфберг Д.Б. Современное состояние и перспективы развития энергетики мира // Теплоэнергетика. – 1999. – № 8. – С. 5-12.

4. Голуб А.А. Рыночные методы управления окружающей средой: Учебное пособие. М.: ГУ ВШЭ, 2002. – 287 с.

5. Захаренков В.В., Виблая И.В., Олещенко А.М. Проблемы общественного здоровья в Сибирском федеральном округе и пути их решения // Вестник РАЕН. – 2011. – № 13. – С. 39.

6. Захаренков В.В., Виблая И.В., Олещенко А.М. Здоровье трудоспособного населения и сохранение трудового потенциала Сибирского федерального округа // Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – № 1. – С. 6-10.

7. Кислицына В.В. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения промышленного города // Академический журнал Западной Сибири. – 2013. – Т. 9. – № 3 (46). – С. 86-87.

8. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86).

9. Суржиков В.Д., Суржиков Д.В., Голиков Р.А. Загрязнение атмосферного воздуха промышленного города как фактор неканцерогенного риска для здоровья населения // Гигиена и санитария. – 2013. – № 1. – С. 47-49.

10. Суржиков Д.В., Суржиков В.Д. Гигиеническая оценка риска нарушения здоровья населения промышленного города от воздействия факторов окружающей среды // Гигиена и санитария. – 2007. – № 5. – С. 32-34.