

ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ВЫБРОСОВ ВЗВЕШЕННЫХ И ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ СТАЦИОНАРНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

Марченко В.А.¹, Ермак Н.Б.¹, Голиков Р.А.², Кислицына В.В.², Суржиков Д.В.²,
Проскурякова Л.А.^{1,2}, Штайгер В.А.²

¹Новокузнецкий институт-филиал Кемеровского государственного университета, Новокузнецк, e-mail: vamarchenco@rambler.ru;

²Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний, Новокузнецк, e-mail: ecologia_nie@mail.ru

Проведена оценка экологического риска, связанного с выбросами в воздушный бассейн загрязняющих веществ стационарными источниками крупной углебогатительной фабрики, расположенной вблизи жилых кварталов промышленного центра Западной Сибири г. Новокузнецка. Установлены индексы опасности выбросов с определением удельного веса каждого компонента эмиссии в атмосферный воздух в индексах опасности. Определены риски для здоровья населения г. Новокузнецка, связанные с ингредиентами выбросов углебогатительного предприятия: риск хронической интоксикации, канцерогенный риск. Установлен вклад каждого загрязняющего вещества как в риск канцерогенной опасности, так и в не канцерогенном риске. Исчислены индексы опасности концентраций, создаваемых эмиссией, отходящей от высотных источников рассматриваемого предприятия, с определением критических органов и систем, наиболее подверженных воздействию компонентов выбросов.

Ключевые слова: индекс опасности, риск хронической интоксикации, канцерогенный риск, взвешенные и токсичные вещества.

RISK ASSESSMENT FOR THE HEALTH OF THE POPULATION FROM THE EMISSIONS OF SUSPENDED AND TOXIC SUBSTANCES BY THE STATIONARY SOURCES OF COAL PREPARATION PLANT

Marchenko V.A.¹, Ermak N.B.¹, Golikov R.A.², Kislitsyna V.V.², Surzhikov V.D.²,
Proskuryakova L.A.^{1,2}, Shtaiger V.A.²

¹Novokuznetsk Institute – branch of Kemerovo State University, Novokuznetsk, e-mail: vamarchenco@rambler.ru;

²Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, e-mail: ecologia_nie@mail.ru

The evaluation of the environmental risk related to the emissions of the pollutants into the air by the stationary sources of a large coal preparation plant located near the residential areas in Novokuznetsk which is an industrial center of Western Siberia has been carried out. Hazard indexes of the emissions with the determination of the specific weight of each component of the emission in atmospheric air in the hazard indexes are established. We identified the risks to the health of the population in Novokuznetsk associated with the ingredients of the emissions of the coal preparation enterprises: the risk of chronic toxicity, carcinogenic risk. The contribution of each pollutant as to the risk of carcinogenic hazard and non-carcinogenic risk is determined. The hazard indexes of the concentrations formed by the emission from high-altitude sources of the enterprise with the determination of the critical organs and systems mostly exposed to the emission components are calculated.

Keywords: hazard index, the risk of chronic toxicity, carcinogenic risk, suspended and toxic substances.

В настоящее время важно рассматривать происходящие негативные изменения в среде обитания с применением гигиенических технологий оценки риска для здоровья на основе показателей регионального социально-гигиенического мониторинга. Методология оценки риска является важнейшим инструментом для характеристики влияния факторов среды обитания на здоровье населения при осуществлении санитарно-эпидемиологического надзора и принятии управленческих решений [2]. Внедрение методологии оценки риска в

решение задач обоснования степени экологического неблагополучия территорий по эпидемиологическим данным о нарушениях здоровья, разработки и оценки эффективности мероприятий по выводу их из состояния неблагополучия и переходу на устойчивое развитие является сегодня актуальной задачей [7]. Риск для здоровья человека, связанный с загрязнением окружающей среды, возникает при следующих условиях: наличие источника риска; источник риска, находящийся в окружающей среде, характеризуется вредной для человека концентрацией или интенсивностью; присутствие человека, контактирующего с источником риска и восприимчивого к его воздействию; наличие путей передачи вредного воздействия от источника риска к организму человека [9]. Концепция риска исходит из того, что постоянное наличие в окружающей среде потенциально вредных для здоровья человека веществ всегда создает ту или иную степень реального риска, который никогда не равен нулю. Любое мероприятие, направленное на предотвращение угрозы здоровью человека со стороны загрязненной окружающей среды, не может исключить риск, а способно лишь уменьшить его [4]. Атмосферный воздух является ведущим объектом окружающей среды, с которым связана наибольшая часть всех рисков здоровью от воздействия факторов окружающей среды. Концентрация крупных промышленных комплексов на территории городов, значительное количество предприятий теплоэнергетики, угольной, металлургической и других отраслей промышленности создают постоянную опасность высокого уровня загрязнения воздушного бассейна [1, 6].

ОАО ЦОФ «Кузнецкая» располагается в Заводском районе г. Новокузнецка, являющегося крупным промышленным центром Западной Сибири. Предприятие задействовано в области обогащения и агломерации каменного угля. Обогащение каменного угля производится двумя методами: гравитационный и флотация.

Цель исследования

Оценка риска для здоровья населения г. Новокузнецка, связанного с поступлением в атмосферный воздух города взвешенных и токсичных веществ от стационарных источников углеобогащательной фабрики «Кузнецкая».

Материалы и методы исследования

В работе по оценке экологического риска от углеобогащательной фабрики нами использовался том предельно допустимых выбросов этого промышленного объекта (том ПДВ). Том ПДВ содержит следующие характеристики промышленного предприятия: количество и наименование источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, высоты и диаметры этих источников, скорости выхода газовой смеси из устья источника, температуру отходящих газов, а также массу выбросов каждого из токсичных веществ, выраженную как в тоннах в год, так и в граммах в секунду. Устанавливался

удельный вес отдельных источников углеобогадательной фабрики в выбросах основных взвешенных и токсичных веществ, а также индекс сравнительной опасности выбросов [5]. Эти показатели позволяют провести идентификацию основных источников опасности и выделить наиболее опасные (приоритетные) вещества для оценки риска.

Индекс сравнительной опасности определялся по формуле:

$$HRI = E \times TW \times N / 10000,$$

где HRI – индекс сравнительной опасности;

TW – весовой коэффициент влияния на здоровье;

E – величина выброса, т/год;

N – численность популяции, потенциально подверженной воздействию.

Значение TW составляет 1 при значении безопасной референтной концентрации > 1,75 мг/м³; 10 – при безопасной концентрации 0,175-1,75 мг/м³; 100 – при 0,0175-0,175 мг/м³; 1000 – при 0,00175-0,0175 мг/м³.

Оценка риска, связанного с расчетными концентрациями атмосферных примесей, проводилась на основе расчетов максимальных и среднегодовых концентраций с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы «Эколог» (вариант «Базовый», версия 3.0). Модель «Эколог» позволяет рассчитать приземные концентрации загрязняющих веществ в атмосфере в соответствии с нормативно-правовыми документами, регламентирующими контроль качества атмосферного воздуха населенных мест.

Для полного представления о распространении и воздействии примесей, поступающих от углеобогадательной фабрики в воздушный бассейн города, выбраны контрольные точки в разных районах города. Перечень точек воздействия концентраций, связанных с выбросами рассматриваемого предприятия, приведен в таблице 1.

Таблица 1

Координаты точек воздействия концентраций

№ ТВК	Широта (градус и секунды)	Долгота (градус и секунды)	Район города	Микрорайон города
1	53°47' с. ш.	87°20' в. д.	Орджоникидзевский	Белые дома
2	53°46' с. ш.	87°17' в. д.	Орджоникидзевский	Новобайдаевский
3	53°46' с. ш.	87°12' в. д.	Кузнецкий	Площадь Ленина
4	53°45' с. ш.	87°09' в. д.	Центральный	Цирк
5	53°45' с. ш.	87°07' в. д.	Центральный	Драмтеатр
6	53°45' с. ш.	87°05' в. д.	Куйбышевский	Машзавод
7	53°49' с. ш.	87°10' в. д.	Заводской	Берёзка
8	53°53' с. ш.	87°07' в. д.	Новоильинский	Авиаторов

Переход от максимальных расчетных концентраций атмосферных примесей к среднегодовым концентрациям осуществлялся при помощи расчетного блока «Средние», входящего в состав модели «Эколог». Данный расчетный блок служит для определения осредненных за длительный период концентрации загрязняющих веществ. Результатом явились вычисленные для каждой из 8 точек воздействия максимальные и среднегодовые концентрации атмосферных примесей, имплицированные с выбросами углеобогатительной фабрики.

Для расчета эффектов, связанных с длительным (хроническим) воздействием веществ, загрязняющих воздух, использовалась информация об их среднегодовых концентрациях. В случае экспериментального обоснования нормативов предельного содержания вредных примесей в атмосферном воздухе по эффекту хронического воздействия математическая обработка результатов строится по принципу определения зависимости «концентрация – время – эффект». При нормировании примесей атмосферного воздуха принимались значения коэффициента запаса (K_3) в зависимости от класса опасности – для веществ 1 класса на уровне 7,5; 2 класса – 6; 3 класса – 4,5 и 4 класса – 3. При хроническом воздействии примеси на уровне пороговой концентрации (дозы) риск проявления неспецифических токсических эффектов составляет 16 % (или 0,16, если его выражать в долях единицы) [3]. Уравнение расчета риска хронической интоксикации имеет вид:

$$R = 1 - \exp(\ln(0,84) \times C / (\text{ПДК} \times K_3)),$$

где C – среднегодовая концентрация вещества, оказывающая воздействие на организм человека.

Для оценки риска комбинированного действия нескольких загрязнителей в соответствии с правилом умножения вероятностей применяется формула, где в качестве множителя выступают не величины риска здоровью, а значения, характеризующие вероятность его отсутствия:

$$R_{\text{сум}} = 1 - (1-R_1) \times (1-R_2) \times (1-R_3) \times \dots \times (1-R_n),$$

где $R_{\text{сум}}$ – риск комбинированного действия примесей; $R_1 \dots R_n$ – риск действия каждой отдельной примеси.

Коэффициенты опасности концентраций рассчитывались отдельно по каждому веществу в каждой расчетной точке. Коэффициент опасности представляет собой кратность референтной концентрации для острого или хронического воздействия от максимальной или среднегодовой расчетной концентрации токсичного вещества в приземном слое воздуха. Индекс опасности является суммой коэффициентов опасности от отдельных загрязняющих веществ. Расчет индивидуального ингаляционного канцерогенного риска осуществлялся в зависимости от следующих параметров: среднегодовая расчетная

концентрация канцерогенного вещества в приземном слое воздуха, суточный объем дыхания и вес тела среднестатистического индивидуума, фактор-потенциал канцерогенного эффекта [8]. Исчисленные уровни ингаляционного риска сопоставлялись с приемлемыми значениями риска.

Результаты исследования

Проведена идентификация опасности выбросов в воздушный бассейн от ЦОФ «Кузнецкая». На территории рассматриваемого предприятия расположено 32 организованных стационарных источников выбросов. Данные источники эмиссий характеризуются следующими параметрами: высота источника – от 3 м до 50 м; диаметр источника – от 0,45 м до 3,0 м; скорость выхода газовой смеси из устья – от 1 м/с до 25,7 м/с; температура отходящей газовой смеси – от 18,0 °С до 64 °С. Рассчитанная опасная скорость ветра по источникам выбросов углеобогадательной фабрики находится в пределах от 0,5 м/с до 5,6 м/с. Суммарная валовая эмиссия в воздушный бассейн города, связанная с функционированием ЦОФ «Кузнецкая» составляет 1161,1 т/год (по организованным источникам), в том числе каменноугольной пыли 749,6 т/год; оксида углерода – 157,6 т/год; диоксида серы – 102,2 т/год; диоксида азота – 99,8 т/год; метана – 26,96 т/год; оксида азота – 16,17 т/год; керосина – 5,74 т/год; древесной пыли – 1,97 т/год. В состав выбросов также входят толуол – 310,0 кг/год; ксилол – 176,0 кг/год; этанол – 162,0 кг/год; марганец – 31,0 кг/год; бензин – 7,0 кг/год и ряд других токсичных веществ. Показатель удельной эмиссии каменноугольной пыли составляет 57,1 г/с; оксида углерода – 14,0 г/с; диоксида азота – 8,9 г/с; диоксида серы – 8,2 г/с; метана – 2,9 г/с; оксида азота – 1,4 г/с. Суммарный индекс опасности выбросов углеобогадательной фабрики определен как 5847869. Данное безразмерное значение возможно сравнивать с аналогичными индексами, полученными для фабрик аналогичного типа, расположенных на других территориях и оснащенных отличными от рассматриваемого предприятия промышленным оборудованием и системами пыле- и газоочистки. Удельный вес каменноугольной пыли в суммарном индексе опасности составляет 70,5 %; диоксида серы – 9,6 %; диоксида азота – 9,4 %; керосина – 5,4 %; марганца – 2,9 %; оксида азота – 1,5 %. Удельный вес каждого из оставшихся компонентов эмиссий углеобогадательной фабрики не превышает 1 %.

Установлен риск хронической интоксикации, имплицированный с выбросами в воздушный бассейн г. Новокузнецка стационарными источниками ЦОФ «Кузнецкая». Оценка риска хронической интоксикации проводится исходя из априорного утверждения о том, что человек в напряженной экологической ситуации под действием химических загрязнений чувствует себя дискомфортно и при этом включается его адаптационно-приспособительный механизм. Длительное напряжение этого механизма ведет к появлению

стрессорных реакций, увеличению содержания свободных радикалов в организме и, в итоге, к возникновению того или иного патологического состояния хронического характера. Суммарное значение риска хронической интоксикации, связанного с эмиссиями от углебогатительной фабрики, определено в пределах от $1,28 \times 10^{-3}$ до $5,5 \times 10^{-3}$ (в зависимости от зоны воздействия на территории города). Максимальные значения риска регистрируются в ТВК № 8 ($5,5 \times 10^{-3}$), расположенной в Новоильинском районе города, и в ТВК № 7 ($5,0 \times 10^{-3}$) – в Заводском районе. Минимальные значения отмечаются в ТВК № 6 ($1,28 \times 10^{-3}$) – Куйбышевский район; в ТВК № 5 ($1,45 \times 10^{-3}$) – Центральный район, микрорайон Драмтеатра; в ТВК № 4 ($1,56 \times 10^{-3}$) – Центральный район, микрорайон Цирка. Вклад оксида азота в формирование риска хронической интоксикации для населения г. Новокузнецка от выбросов углебогатительной фабрики составил от 25,5 % до 38,2 % (в зависимости от зоны воздействия); диоксида азота – от 10,9 % до 21,8 %; каменноугольной пыли – от 10,9 % до 16,1 %; марганца – 9,2–13,3 %; оксида углерода – 4,2–4,7 %; древесной пыли – 3,8–7,1 %; керосина – 3,2–5,1 %; диоксида серы – 2,1–3,3 %. Индекс опасности концентраций, индуцируемых выбросами ЦОФ «Кузнецкая», по точкам воздействия установлен в пределах от 0,067 до 0,23; значения индекса не превышает приемлемого уровня, равного 1. Наиболее критическими органами и системами организма человека, подверженными воздействию взвешенных и токсичных компонентов выбросов, являются органы дыхания (индекс опасности 0,061-0,21), центральная нервная система (индекс опасности 0,017-0,045), система кроветворения – образование метгемоглобина (0,01-0,052).

Канцерогенный риск устанавливался как дополнительный, по сравнению с фоном, риск для индивидуума заболеть раком в течение жизни при воздействии ингредиентов эмиссий углебогатительной фабрики. Значения индивидуального ингаляционного канцерогенного риска, имплицированного с выбросами бензина стационарными источниками ЦОФ «Кузнецкая», для населения г. Новокузнецка приведены в таблице 2.

Таблица 2

Пожизненный канцерогенный риск (доли единицы)

№ ТВК Примесь	1	2	3	4	5	6	7	8
Бензин	$1,29 \times 10^{-8}$	$1,35 \times 10^{-8}$	$1,32 \times 10^{-8}$	$1,05 \times 10^{-8}$	$9,95 \times 10^{-9}$	$9,07 \times 10^{-9}$	$2,3 \times 10^{-8}$	$2,45 \times 10^{-8}$

Канцерогенный риск в контрольных точках составил значения в пределах от $9,07 \times 10^{-9}$ до $2,45 \times 10^{-8}$. Максимальный уровень риска отмечается в ТВК № 8 (Новоильинский район) и ТВК № 7 (Заводский район); минимальный уровень – в ТВК № 6 (Куйбышевский район).

Проведено сопоставление полученных значений как канцерогенного, так и не канцерогенного (хронической интоксикации) рисков с приемлемыми уровнями. Для канцерогенного риска и риска хронической интоксикации приемлемые значения 0,0001 и 0,02 соответственно. Риск по точкам воздействия, выраженный в кратностях превышения приемлемого уровня, приведен в таблице 3.

Таблица 3

Значения риска по точкам воздействия, выраженные в кратностях превышения приемлемого уровня

№ ТВК Тип риска	1	2	3	4	5	6	7	8
Хронической интоксикации	0,144	0,11	0,107	0,078	0,072	0,064	0,251	0,277
Канцерогенный	$1,29 \times 10^{-4}$	$1,35 \times 10^{-4}$	$1,32 \times 10^{-4}$	$1,05 \times 10^{-4}$	$9,95 \times 10^{-5}$	$9,07 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-4}$	$2,45 \times 10^{-4}$

Во всех контрольных точках превышения приемлемого уровня рисков не зафиксировано. Риск хронической интоксикации находится в пределах от 0,064 до 0,277; канцерогенный – от $9,07 \times 10^{-5}$ до $2,45 \times 10^{-4}$ долей приемлемого уровня.

Заключение

Наличие большого количества сконцентрированных на ограниченной территории стационарных источников, выбрасывающих взвешенные и токсичные вещества в атмосферу, а также недостаточная оснащенность очистными сооружениями являются причинами загрязнения воздуха эмиссиями ЦОФ «Кузнецкая» и аэрогенного риска для здоровья населения г. Новокузнецка.

С учетом загрязнения среды обитания г. Новокузнецка складывается ситуация, когда существующие риски для здоровья высоки, а выгоды от начального сокращения риска превышают затраты на их достижение. Лица, принимающие решения в области охраны окружающей среды города, при формировании своей стратегии должны опираться на анализ риска для здоровья населения.

Список литературы

1. Анализ ущерба для здоровья населения промышленного центра от загрязнения атмосферного воздуха [Текст] / В.В. Большаков, Р.А. Голиков, Д.В. Суржиков, Е.А. Панаиотти // Безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 4. – С. 9-13.
2. Боев В.М. Методология комплексной оценки антропогенных и социально-экономических факторов в формировании риска для здоровья населения [Текст] / В.М. Боев

// Гигиена и санитария. – 2009. – № 4. – С. 4-8.

3. Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска [Текст] / А.П. Щербо, А.В. Киселев, К.В. Негриенко и др. – СПб.: СПбМАПО, 2002. – 376 с.
4. Окружающая среда: оценка риска для здоровья (мировой опыт) [Текст] / С.Л. Авалиани, М.М. Андрианова, Е.В. Печенникова, О.В. Пономарева. – М.: Центр оперативной полиграфии RCI, 1996. – 160 с.
5. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [Текст] / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин и др. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.
6. Оценка экологического риска для здоровья населения от воздействия выбросов Абагурской обогатительно-агломерационной фабрики [Текст] / В.В. Захаренков, А.М. Олещенко, Д.В. Суржиков и др. // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. – 2016. – Вып. 18. – С. 164-169.
7. Прусаков В.М. Коэффициенты риска неканцерогенных эффектов [Текст] / В.М. Прусаков, Э.А. Вержбицкая // Гигиена и санитария. – 2002. – № 6. – С. 36-42.
8. Щербо А.П. Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье [Текст] / А.П. Щербо, А.В. Киселев. – СПб.: СПбМАПО, 2005. – 92 с.
9. Экологический риск для здоровья населения [Текст] / В.И. Петров, С.Л. Авалиани, Н.И. Латышевская и др. – Волгоград: Царицын, 2000. – 80 с.