

В.Д. Суржиков<sup>1</sup>, Д.В. Суржиков<sup>2</sup>, С.С. Ибрагимов<sup>2</sup>, Е.А. Панайотти<sup>2</sup>**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА КАЧЕСТВО ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ**<sup>1</sup> ФГБОУ Кузбасская государственная педагогическая академия (Новокузнецк)<sup>2</sup> ФГБУ НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний (Новокузнецк)

*В статье представлены результаты анализа динамики выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в воздушное пространство индустриального центра. Установлено, что динамика выбросов основных атмосферных примесей имеет устойчивую тенденцию к снижению. Исключение составляет поступление в атмосферный воздух сажи, динамика выбросов которой характеризуется тенденцией роста. Показано, что сосредоточение множества металлургических производств на ограниченной территории создает высокую степень загрязнения приземного слоя воздуха, что индуцирует повышенный уровень риска неблагоприятных рефлекторных реакций у населения города. Коксохимическое производство, характеризующееся высоким постоянством атмосферных выбросов в течение года, вносит стабильно устойчивый вклад в риск хронической интоксикации жителей селитебных зон, примыкающих к санитарно-защитной зоне металлургического комбината.*

**Ключевые слова:** динамика выбросов, устойчивость тенденции, колеблемость, хроническая интоксикация, неблагоприятные рефлекторные эффекты, атмосферные примеси, селитебные зоны, риск для здоровья

**AIR POLLUTION AS THE FACTOR OF THE INFLUENCE ON THE LIFE QUALITY OF THE POPULATION**V.D. Surzhikov<sup>1</sup>, D.V. Surzhikov<sup>2</sup>, S.S. Ibragimov<sup>2</sup>, E.A. Panaiotti<sup>2</sup><sup>1</sup> Kuzbass State Pedagogical Academy, Novokuznetsk<sup>2</sup> Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases SB RAMS, Novokuznetsk

*The paper presents the results of the analysis of the dynamics of the pollutant emissions from stationary sources into the air space in the industrial center. It is established that the dynamics of the emissions of the major air pollutants has a stable tendency to decrease. An exception is the inclusion of black carbon in the atmospheric air; the dynamics of its emission is characterized by the trend to increase. It is shown that the concentration of many metallurgical enterprises in the limited territory creates a high degree of the surface air pollution that induces the increased risk of adverse reflex reactions among the population of the city. Coke production characterized by high constancy of atmospheric emissions during a year makes a stable contribution to the risk of chronic intoxication of the inhabitants of the residential areas adjacent to the sanitary-protection zone of the metallurgical complex.*

**Key words:** dynamics of emissions, sustainability of the trend, variability, chronic intoxication, adverse reflex effects, atmospheric impurities, residential areas, and the risk for health

При оценке качества окружающей среды и основных ее факторов, влияющих на здоровье человека, особое место принадлежит урбанизированным территориям. Следует отметить, что большинство населения страны живет в условиях именно урбанизированной жилой среды. В промышленно развитых странах степень урбанизации превышает 70–80 %. Масштабное реформирование системы государственного регулирования в сфере охраны окружающей среды и, в частности, атмосферного воздуха должно быть связано, во-первых, с наличием обоснованной стратегии достижения поставленных целей и плана действий и, во-вторых, с выбором фундаментальной концептуальной основы, позволяющей осуществлять надежную оценку реальной ситуации и определять приоритеты в действиях, направленных на максимальное снижение негативного воздействия атмосферных загрязнений на здоровье населения [1, 5]. Актуализированные проблемы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, безопасности среды обитания для его здоровья, трудового долголетия и дееспособности

решаются в настоящее время во многом с применением методологии оценки риска. Оценка риска для здоровья является международно признанным научным инструментом для разработки оптимальных решений по управлению качеством окружающей среды и состоянием здоровья населения. Степень загрязнения атмосферы зависит от количества выбросов вредных веществ и их химического состава, от высоты, на которой осуществляются выбросы, и от метеорологических условий, определяющих перенос, рассеивания и превращение выбрасываемых веществ. При постоянных параметрах выбросов уровень загрязнения атмосферы существенно зависит от климатических условий: направления, условий переноса и распределения примесей в атмосфере, интенсивности солнечной радиации, определяющей фотохимические превращения и возникновение вторичных продуктов загрязнения воздуха. Обеспечение нормальной с эколого-гигиенических позиций среды обитания требует постоянного совершенствования организационных, научных и инженерных мер, а также гибкой системы управления их реализацией

[6, 7]. На сегодняшний день остаются актуальными исследования, направленные на оценку возможных изменений воздействия такого экологического фактора как загрязнение приземной атмосферы урбанизированных территорий на условия проживания населения.

Для оценки динамики выбросов загрязняющих веществ в воздушный бассейн крупного промышленного центра Западной Сибири г. Новокузнецка нами определялись следующие показатели: средние уровни рядов динамики выбросов; их средние абсолютные изменения, средние темпы прироста или убыли; ранговые коэффициенты корреляции рядов динамики, их коэффициенты колеблемости и автокорреляции отклонений от тренда. Были получены линейные тренды, характеризующие динамику поступления вредных примесей в приземный слой атмосферы города за 2001–2011 гг. Среднее абсолютное изменение показывает на сколько в среднем за год повышается или снижается уровень выбросов загрязняющего вещества в абсолютных единицах (т/год). Средний темп прироста или убыли характеризует среднее процентное изменение за год уровня рассматриваемых факторов. Ранговый коэффициент корреляции используется для характеристики устойчивости динамики процесса, коэффициент колеблемости применяется для характеристики уровня колебаний от линии тренда ряда динамики, коэффициент автокорреляции отклонений от тренда служит для выявления типа колебаний значений ряда динамики [2, 4]. Осредненные концентрации атмосферных примесей за период 2004–2010 гг. сопоставлялись нами со среднесуточными и максимально разовыми ПДК, исчислялись уровни риска хронической интоксикации и немедленного действия. Основу оценки риска для здоровья составила методика, разработанная А.П. Щербо и А.В. Киселевым [3, 8]. Риск хронической интоксикации определялся как пожизненная вероятность приобретения индивидуумом

одного или нескольких хронических заболеваний, индуцируемых загрязнением воздушного бассейна за длительный период времени (при условии, что уровень загрязнения не изменится). Оценка риска немедленного действия показывает годовую вероятность возникновения у индивидуума неблагоприятных рефлекторных реакций (ощущение запаха, резь в глазах, раздражение горла, кашель), имплицитированных с достижением максимального уровня загрязнения воздушного бассейна города в течение года. Для оценки риска для здоровья, связанного с поступлением в воздушный бассейн загрязняющих веществ от высотных источников коксохимического производства крупного металлургического комбината, расположенного в промышленной зоне города, проведен расчет рассеивания в атмосферном воздухе сажи, диоксидов серы и азота, оксидов углерода и азота, бенз(а)пирена, содержащихся в выбрасываемой газовой смеси. Получены максимальные и среднегодовые концентрации вышеперечисленных атмосферных примесей, входящих в состав выбросов производства кокса. Полученные уровни риска сравнивались с приемлемыми, также установлен вклад выбросов коксохимии в фоновый риск хронической интоксикации.

С целью идентификации аэрогенной опасности была проанализирована динамика поступления загрязняющих веществ от стационарных источников в воздушный бассейн города. В таблице 1 приведены статистические данные по загрязнению атмосферы г. Новокузнецка за 2001–2011 гг.

Средний уровень валовых выбросов в атмосферу за рассматриваемый временной период составил 412,96 тыс. тонн/год, в том числе взвешенных веществ – 50,68; диоксида азота – 20,35; диоксида серы – 40,28; оксида углерода – 252,76; сажи – 0,85; метана – 42,07 тыс. тонн/год. Среднее абсолютное снижение валовых выбросов определено как 17,45 тыс. тонн/год, взвешенных веществ – 3,58;

**Таблица 1**  
Средние показатели динамики выбросов загрязняющих веществ в атмосферу г. Новокузнецка (в тыс. тонн/год)

Наименование загрязняющего вещества	Средний уровень выбросов, тыс. тонн/год	Среднее абсолютное изменение тыс. тонн/год	Средний темп прироста или убыли, %
валовые выбросы	412,96	-17,45	-4,27
взвешенные вещества	50,68	-3,58	-7,14
диоксид азота	20,35	-1,08	-4,86
диоксид серы	40,28	-1,18	-3,19
оксид углерода	252,76	-9,83	-3,92
фтористый водород	0,96	-0,03	-3,33
сероводород	0,275	-0,03	-10,24
фенол	0,242	-0,015	-6,06
цианистый водород	0,9	-0,056	-6,11
сажа	0,85	0,06	7,68
аммиак	0,75	-0,071	-8,54
метан	42,07	-1,6	-3,95

диоксида азота – 1,08; диоксида серы – 1,18; оксида углерода – 9,83; метана – 1,6 тыс. тонн/год. Единственным компонентом выбросов, характеризующимся средним абсолютным приростом, является сажа, среднее значение прироста – 0,06 тыс. тонн/год. Средний темп убыли валовых выбросов составил 4,27 %, взвешенных веществ – 7,14 %; диоксида азота – 4,86 %; диоксида серы – 3,19 %; оксида углерода – 3,92 %; метана – 3,95 %. Максимальные темпы убыли характеризуют динамику выбросов сероводорода – 10,24 % и аммиака – 8,54 %. Средний темп прироста поступления сажи в приземный слой воздуха от стационарных источников равен 7,68 %.

Уравнения линейных трендов динамики выбросов, характеризующие их коэффициенты корреляции рангов, колеблемости и автокорреляции отклонений от трендов представлены в таблице 2.

Автокорреляция – это корреляция между значениями одного и того же признака, но со сдвигом во времени. Отрицательные регрессионные коэффициенты трендов динамики свидетельствуют о том, что уровни валовых, а также выбросов взвешенных веществ, диоксидов серы и азота, оксида углерода, фтористого и цианистого водорода, сероводорода, фенола, аммиака и метана имеют тенденцию к снижению. Статистически значимые коэффициенты корреляции рангов уровней вышеперечисленных загрязняющих веществ, определенные в пределах от –0,99 до –0,64, свидетельствуют об устойчивости тенденции снижения их выбросов. Слабой колеблемостью характеризуются поступления в воздушный бассейн города взвешенных веществ, диоксидов серы и азота, оксида углерода, фенола, цианистого водорода и метана, коэффициенты колеблемости по динамике этих примесей определены в размере менее 10 %. Умеренной колеблемостью отмечаются выбросы фтористого водорода, сероводорода и аммиака, коэффициенты колеблемости динамики по данным веществам нахо-

дятся в пределах от 10,82 % до 15,48 %. Поступление в атмосферный воздух города сажи от стационарных источников отмечается положительным значением регрессионного коэффициента тренда, что означает тенденцию к повышению уровня выбросов этого загрязнителя, характеризующегося довольно высоким положительным коэффициентом ранговой корреляции ( $r = 0,76$ ) и сравнительно высоким значением коэффициента колеблемости (16,46 %). Динамика выбросов диоксида серы отличаются маятниковой колеблемостью, коэффициент автокорреляции отклонений от тренда первого порядка равен –0,35. Долгопериодичной колеблемостью характеризуется динамика поступления в воздушный бассейн города диоксида азота, оксида углерода и сажи, коэффициенты автокорреляции первого порядка определены как 0,45; 0,49 и 0,35 соответственно. Динамика остальных компонентов выбросов отмечается случайно распределенной во времени колеблемостью (коэффициенты автокорреляции от –0,21 до 0,28).

Административно г. Новокузнецк разделен на шесть районов: Центральный, Заводской, Кузнецкий, Куйбышевский, Новоильинский, Орджоникидзевский. За период 2004–2010 гг. средние из максимальных концентрации взвешенных веществ в воздушном бассейне города превышали максимально разовую ПДК в зависимости от селитебной зоны в 2,1–3,1 раза, оксида углерода – в 1,5–2,7; диоксида азота – в 3,9–6,2; сероводорода – в 1,1–1,8; фенола – в 2,8–3,5; сажи в – 1,5–2,2; фтористого водорода – в 4,1–5,4; формальдегида – в 2,6–3,9 раза. Средние концентрации таких атмосферных примесей как взвешенные вещества превышали нормативный показатель в зависимости от района города в 1,3–2,0 раза; диоксида азота – в 1,1–1,5; фтористого водорода – в 1,2–1,5; формальдегида – в 3,5–5,5 раза. Средние уровни загрязнения воздушного бассейна диоксидом серы, оксидами углерода и азота, фенолом, сажей и аммиаком не пре-

**Таблица 2**  
**Уравнения линейных трендов, коэффициенты корреляции рангов, коэффициенты колеблемости и коэффициенты автокорреляции, характеризующие динамику выбросов загрязняющих веществ**

Наименование загрязняющего вещества	Уравнение тренда	Коэффициент корреляции рангов	Коэффициент колеблемости, %	Коэффициент автокорреляции отклонений от тренда
валовые выбросы	$Y = -21,055t + 518,24^*$	–0,99**	3,86	0,32
взвешенные вещества	$Y = -4,066t + 71,01^*$	–0,99**	4,11	–0,21
диоксид азота	$Y = -1,344t + 27,07^*$	–0,93**	7,17	0,45
диоксид серы	$Y = -1,28t + 46,69^*$	–0,88**	8,41	–0,35
углерода оксид	$Y = -11,66t + 311,06^*$	–0,87**	6,48	0,49
фтористый водород	$Y = -0,048t + 1,197^*$	–0,64**	15,48	0,28
сероводород	$Y = -0,03t + 0,427^*$	–0,91**	15,03	0,05
фенол	$Y = -0,019t + 0,334^*$	–0,96**	7,52	0,19
цианистый водород	$Y = -0,065t + 1,224^*$	–0,99**	4,92	–0,08
сажа	$Y = 0,062t + 0,546^*$	0,76**	16,46	0,35
аммиак	$Y = -0,079t + 1,145^*$	–0,95**	10,82	0,17
метан	$Y = -2,49t + 54,54^*$	–0,93**	9,68	–0,04

**Примечание:** \* – за нулевой период принят 2001 г.; \*\* – статистически достоверно при  $p < 0,05$ .

вышали гигиенических нормативов. Максимальное загрязнение атмосферного воздуха взвешенными веществами, диоксидом азота, фенолом и фтористым водородом (по средним концентрациям) отмечается в Кузнецком районе города; оксидом азота и формальдегидом – в Куйбышевском районе. Максимальное значение риска немедленного действия отмечается в жилой зоне Кузнецкого района, 65,5 % населения которой вероятно будут испытывать неблагоприятные рефлекторные реакции при достижении максимального для этой территории уровня загрязнения приземного слоя воздуха. Данную высокую степень риска обуславливает загрязнение атмосферного воздуха диоксидом азота. Минимальный уровень риска немедленного действия характеризует Новоильинский район, у 21,2 % жителей данной селитебной зоны будут отмечаться неблагоприятные рефлекторные эффекты в течение года, связанные с загрязнением атмосферного воздуха фтористым водородом. Риск немедленного действия в Центральном и Куйбышевском районах города обуславливают выбросы диоксида азота, в Заводском, Новоильинском и Орджоникидзевском – фтористого водорода.

Инвентаризация выбросов коксохимического производства Западно-Сибирского металлургического комбината и идентификация опасности этих выбросов позволила выделить шесть высотных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Данные источники характеризуются высотой выброса 100 метров каждый, температурой отходящей газовой смеси 200 °С, объемом выбрасываемой газовой смеси от 23,8 до 46,5 м<sup>3</sup>/с. Суммарные выбросы бенз(а)пирена, относящегося к первому классу опасности, рассматриваемыми источниками коксохимического производства составляют 0,0096 т/год; веществ второго класса опасности 328,2 т/год, в том числе сажи – 151,4 т/год и диоксида азота – 176,8 т/год; ингредиентов третьего класса опасности – 56,5 т/год, в том числе диоксида серы – 27,5 т/год и оксида азота 29,0 т/год. Также данные источники суммарно поставляют в воздушный бассейн 2650,2 т/год оксида углерода, относящегося к четвертому классу опасности. Следует отметить, что число часов работы этих источников составляет 8760 в год, т.е. выбросы в атмосферу ведутся круглогодично, без изменения объема выбросов по периодам года.

Промышленная площадка Западно-Сибирского металлургического комбината расположена на расстоянии 6–6,5 км от границы ближайших селитебных зон. На территории города были отобраны 14 точек воздействия концентраций, имплицированных с выбросами рассматриваемых высотных источников коксохимии: точки воздействия располагались на границе и в центре жилой зоны Новоильинского, Заводского, Центрального и Кузнецкого районов города, а также на границе и в центре Новобайдаевского и Абашевского микрорайонов и на границе санитарно-защитной зоны металлургического комбината. В изучаемых точках воздействия были определены среднегодовые концентрации загрязнителей, имплицированные с выбросами коксохимического

передела и со средней скоростью ветра на данной территории, равной 2,9 м/с, а также соответствующей им риск хронической интоксикации населения (неканцерогенный риск). Максимальные значения риска регистрируются на границе санитарно-защитной зоны металлургического комбината ( $6,3 \times 10^{-2}$ ), на границах и в центре жилой зоны Новоильинского и Заводского районов на расстоянии 6000–7375 метров от источников выбросов ( $2,7 \times 10^{-2}$ – $3,2 \times 10^{-2}$ ). В данных точках воздействия неканцерогенный риск превышает приемлемый уровень в 1,35–3,15 раза. Минимальный уровень аэрогенной опасности, связанной с выбросами коксохимии, отмечается на границе и в центре селитебной зоны Центрального района города на расстоянии 13000–16125 метров от источников, где значение риска не превышает приемлемый уровень. Удельный вес бенз(а)пирена в рассматриваемом риске хронической интоксикации составляет 21,8–39,0 % в зависимости от рассматриваемой точки воздействия, диоксида азота – 25,2–32,4; оксида углерода – 9,0–11,8; сажи – 18,7–24,0 %. Вклад компонентов атмосферных выбросов коксового производства в фоновый риск хронической интоксикации составляет 1,4–4,1 % в зависимости от рассматриваемой зоны воздействия.

Таким образом, несмотря на установленную устойчивую тенденцию снижения атмосферных выбросов от стационарных источников в г. Новокузнецке создаются ситуации повышенного загрязнения воздушного бассейна, вызывающие у значительной доли населения неблагоприятные рефлекторные реакции. Средний умеренный уровень загрязнения приземного слоя воздуха города еще более опасен, чем высококонцентрированные кратковременные выбросы, так как индуцирует хронический неканцерогенный риск, значения которого могут превышать приемлемый уровень. Загрязнение атмосферного воздуха промышленного центра, наряду с другими неблагоприятными экологическими факторами (разработкой угольных разрезов в пригородной зоне, неудовлетворительным качеством органолептических свойств горячей воды), несомненно, оказывает влияние на качество жизни населения, направленное на снижение его уровня.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А., Скворцова Н.С. и др. Проблемы гармонизации нормативов атмосферных загрязнений и пути их решения // Гигиена и санитария. – 2012. – № 5. – С. 75–78.
2. Дуброва Т.А. Статистические методы прогнозирования. – М.: ЮНИТИ, 2003. – 206 с.
3. Киселев А.В., Саватеева Л.А. Методические рекомендации по оценке риска здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха. – СПб.: ДЕЙТА, 1995. – 54 с.
4. Нименья И.Н. Эконометрика. – СПб.: Нева, 2003. – 224 с.
5. Рахманин Ю.А. Актуализация проблем экологии человека и гигиены окружающей среды и пути их решения // Гигиена и санитария. – 2012. – № 5. – С. 4–8.

6. Суржиков В.Д., Суржиков Д.В. Риск развития неканцерогенных эффектов в связи с загрязнением атмосферного воздуха города с развитой металлургической промышленностью // Гигиена и санитария. – 2006. – № 1. – С. 55–58.
7. Щербо А.П., Киселев А.В., Масюк В.С., Шабалина И.М. Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха промышленных городов республики Карелия и риска для здоровья детского и подросткового населения // Гигиена и санитария. – 2008. – № 5. – С. 7–11.
8. Щербо А.П., Киселев А.В. Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье. – СПб.: МАПО, 2005. – 92 с.

**Сведения об авторах**

**Суржиков Вячеслав Дмитриевич** – доктор медицинских наук, профессор кафедры основ медицины и экологии Кузбасской государственной педагогической академии (654027, г. Новокузнецк, Кемеровская обл., пр-т Пионерский, 13; тел.: (3843) 74-17-60)

**Суржиков Дмитрий Вячеславович** – доктор биологических наук, руководитель лаборатории прикладных гигиенических исследований ФГБУ «НИИ КППГЗ» СО РАМН (654041, г. Новокузнецк, Кемеровская обл., ул. Кутузова, 23; тел.: (3843) 796-549; e-mail: ecologia\_nie@mail.ru)

**Ибрагимов Садиг Советович** – аспирант лаборатории прикладных гигиенических исследований ФГБУ «НИИ КППГЗ» СО РАМН

**Панаиотти Евгений Александрович** – кандидат медицинских наук, руководитель лаборатории экологии и гигиены окружающей среды ФГБУ «НИИ КППГЗ» СО РАМН (тел.: (3843) 74-18-23)