

УДК 577.4:614.72

М.А.Мукашева<sup>1</sup>, В.Д.Суржиков<sup>2</sup>, Д.В.Суржиков<sup>3</sup>, В.В.Кислицына<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова;

<sup>2</sup>Кузбасская государственная педагогическая академия;

<sup>3</sup>НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний СО РАМН, Новокузнецк, Россия  
(E-mail: manara07@mail.ru)

### **Оценка экологического риска, связанного с выбросами в приземную атмосферу высотных источников доменного производства металлургического комбината**

В статье представлены результаты исследования по оценке риска воздействия на здоровье населения выбросов высотных источников доменного производства крупного предприятия черной металлургии г. Новокузнецка — Западно-Сибирского металлургического комбината. Приведены результаты идентификации опасности для здоровья, связанные с конкретными компонентами промышленных выбросов; результаты оценки риска хронической интоксикации для населения, проживающего в различных селитебных зонах города. Установлены кратности превышения приемлемого риска, вклады отдельных загрязнителей в формирование риска.

*Ключевые слова:* Новокузнецк, доменное производство, диоксид серы, бенз(а)пирен.

На конференции ООН по устойчивому развитию в Рио-де-Жанейро (июнь 2012 г.) было признано, что угрозы неинфекционных заболеваний создают главную опасность устойчивому развитию в XXI в., и сокращение химического загрязнения оказывает положительное влияние на здоровье людей. Анализ стратегических рисков, представляющих угрозу безопасности государства, показал, что одно из первых мест занимают риски, связанные со здоровьем населения [1]. Проблемы совершенствования системы управления качеством окружающей среды на основе использования методологии анализа риска особенно актуальны, так как без их решения можно прогнозировать отставание страны в области создания современных механизмов эффективного регулирования процессов, обеспечивающих безопасность здоровья населения [2]. На сегодняшний день остаются актуальными исследования, направленные на оценку возможных изменений воздействия на условия проживания населения такого экологического фактора, как загрязнение приземной атмосферы урбанизированных территорий.

#### *Материалы и методы*

Для расчета рисков немедленного действия и хронической интоксикации, связанных с выбросами высотных источников доменного производства крупного предприятия черной металлургии г. Новокузнецка — Западно-Сибирского металлургического комбината (ЗСМК), были выбраны точки воздействия для расчета приземных концентраций. В каждом административном районе города были выбраны точки на границах и в центре жилой зоны. Для Центрального района города было выбрано две точки, совпадающие с центром жилой зоны, — пересечение улицы Кирова с проспектом Металлургов и микрорайон Цирка. Из-за территориальных особенностей в Орджоникидзевском районе было выделено по две точки на границе и в центре жилой зоны — в Новобайдаевском и Абашевском микрорайонах. Указанные точки для расчета приземных концентраций представлены в таблице 1.

## Точки воздействия для расчета приземных концентраций

№ точки	Территориальное расположение	Расстояние от источника выбросов, м
тв1	Граница санитарно-защитной зоны металлургического комбината	1000
Новоильинский р-н		
тв 2	Граница жилой зоны	5500
тв 3	Центр жилой зоны (пр-т Запсибовцев)	6375
Заводской р-н		
тв 4	Граница жилой зоны	5500
тв 5	Центр жилой зоны (ул. 40 лет ВЛКСМ)	6750
Центральный р-н		
тв 6	Граница жилой зоны	12500
тв 7	Центр жилой зоны (пересечение ул. Кирова и пр-та Металлургов)	15625
тв 8	Центр жилой зоны (р-н Цирка)	15050
Кузнецкий р-н		
тв 9	Граница жилой зоны	9750
тв 10	Центр жилой зоны (ул. Ленина)	11750
Новобайдаевский мкр-н		
тв 11	Граница жилой зоны	10875
тв 12	Центр жилой зоны (пр-т Шахтеров)	11625
Абашевский мкр-н		
тв 13	Граница жилой зоны	12375
тв 14	Центр жилой зоны (ул. Пушкина)	12875

Расчет приземных концентраций был произведен на базе «Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86)» с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы «Эколог» (вариант «Базовый», версия 3.0 (w)). Переход от максимальных расчетных концентраций атмосферных примесей к среднегодовым концентрациям осуществлялся при помощи расчетного блока «Средние», входящего в состав модели «Эколог». Результат — вычисленные для каждой из 14 рецепторных точек максимальные и среднегодовые концентрации 13 атмосферных примесей, имплицированные с риском немедленного действия и риском хронической интоксикации. Оценка риска немедленного действия проводилась в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке риска здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха» [3, 4]. Характеристика риска хронической интоксикации осуществлялась в соответствии с методиками, предложенными А.П.Щербо, А.В.Киселевым и соавторами [5, 6].

*Результаты и обсуждение*

Основной удельный вес в выбросах доменного производства занимают взвешенные вещества, оксид углерода, диоксид серы, сероводород, оксиды азота. Основное количество взвешенных веществ уносится из доменной печи доменным газом. Выход доменного газа рассчитывают по материальному балансу плавки, его величина — от 2000 до 2500 м<sup>3</sup>/т чугуна. Вынос взвешенных веществ из доменных печей, работающих с обычным давлением, составляет 50–150 кг/т чугуна, а из печей, работающих с повышенным давлением, — 25–75 кг/т чугуна. В доменном производстве на всех печах организована очистка доменного газа от колошниковой пыли. Выброс пыли с доменным газом составляет 0,02 % от общего количества образовавшейся пыли. При выпуске шлака и чугуна выделяется диоксид серы (0,15–0,2 кг/т чугуна). Сероводород сопутствует доменному газу, и значительная его часть поглощается щелочной водой в процессе мокрой очистки газа. Некоторое количество сероводорода выделяется при мокрой грануляции шлака. Оксиды азота образуются при сжигании доменного газа в воздухонагревателях, их количество зависит от температуры сжигания топлива. В состав доменного газа при выплавке чугуна на каменноугольном коксе входят углекислый газ и оксид углерода, метан, водород и азот.

Новокузнецк является крупным центром черной металлургии, алюминиевой и угольной промышленности Западной Сибири. Близкое расположение промышленных и селитебных зон в городе

обусловило высокий риск контакта населения с вредными аэрогенными факторами. Город расположен в низинной местности, расчлененной реками Томь и Кондома. На северо-западе, северо-востоке и юге города располагаются возвышенности с высотами до 380 м. Промышленная площадка Западно-Сибирского металлургического комбината имеет ширину 4,5 км, протяженность 9 км, расположена на правом берегу р. Томь, на сравнительно удаленном расстоянии от крупных жилых массивов. В Сибири антициклональная погода в зимний период сохраняется длительное время, что определяет высокую повторяемость слабых ветров, приземных инверсий температуры и застоев воздуха в приземном слое. В этих условиях загрязненный воздух скапливается в пространстве речных долин. Доменное производство металлургического комбината обладает рядом стационарных источников с высотами выброса 10–50 м. При выбросах с высотными трубами значительные концентрации вредных веществ создаются при опасной скорости ветра 4–6 м/с. Средняя скорость ветра в г. Новокузнецке составляет 2,8–3 м/с и при превышении этого уровня концентрации загрязняющих веществ, отходящих от высотных источников, в приземном слое воздуха резко возрастают.

На границе санитарно-защитной зоны (тв1) расчетная максимальная концентрация оксида железа, имплицированная с выбросами доменного производства ЗСМК, составила  $0,022 \text{ мг/м}^3$ , диоксида серы —  $0,091 \text{ мг/м}^3$ , оксида углерода —  $0,489 \text{ мг/м}^3$ , бенз(а)пирена —  $0,000003 \text{ мг/м}^3$ , неорганической пыли с содержанием диоксида кремния менее 20 % —  $0,011 \text{ мг/м}^3$ . Максимальные концентрации диоксида серы в селитебных зонах города установлены на уровне более высоком, чем концентрация данного загрязнителя на границе санитарно-защитной зоны. Так, в жилой зоне Новоильинского района (тв3) максимальный рассчитанный уровень загрязнения диоксидом серы, обусловленный выбросами доменного производства, составил  $0,58 \text{ мг/м}^3$ , в жилой зоне Заводского района (тв5) —  $0,61 \text{ мг/м}^3$ , в центре селитебной зоны Центрального района (тв7 и тв8) —  $1,42 \text{ мг/м}^3$  и  $1,37 \text{ мг/м}^3$  соответственно. Для других примесей, входящих в состав рассматриваемых выбросов, расчетные концентрации максимальны именно на границе санитарно-защитной зоны, что обусловлено характеристиками дымовых труб доменного производства. Так, на границе Новоильинского и Заводского районов (тв2 и тв4) максимальная концентрация оксида углерода определена на уровне  $0,107 \text{ мг/м}^3$ , неорганической пыли —  $0,0023 \text{ мг/м}^3$ , оксида железа —  $0,0046 \text{ мг/м}^3$ .

При сопоставлении расчетных концентраций с нормативными показателями нами установлено, что на границе санитарно-защитной зоны (тв1) металлургического комбината кратность превышения максимально разовой ПДК по бенз(а)пирену составила 3,0 раза. В центре селитебной зоны Новоильинского района кратность превышения по диоксиду серы определена в 1,15 раза; Заводского района — в 1,22 раза; Центрального — в 2,73–2,83 раза. Максимальные концентрации остальных атмосферных примесей, входящих в состав рассматриваемых выбросов, не превышали своих гигиенических нормативов. Риск немедленного действия, имплицированный с максимальными расчетными концентрациями загрязнителей, составил в жилой зоне Новоильинского и Заводского районов  $0,023$  (в долях единицы), Кузнецкого района (тв10) и Новобайдаевского микрорайона (тв12) —  $0,136$ , Абашевского микрорайона (тв14) —  $0,157$ . Максимальный уровень риска немедленного действия отмечается в центре селитебной зоны Центрального района города (тв7 и тв8) —  $0,242$  (в долях единицы). Значение риска показывает в районах долю населения, которая в момент достижения максимальных концентраций могла бы испытывать неблагоприятные рефлекторные реакции — ощущение запаха, раздражающий эффект. Риск немедленного действия при комбинированном воздействии ряда загрязняющих веществ определяется максимальным риском отдельной примеси среди всех воздействующих ингредиентов [4]. В полученных нами результатах максимальный уровень риска зарегистрирован по диоксиду серы. И именно этот загрязнитель определяет уровень суммарного риска немедленного действия, связанного с выбросами доменного производства, по всем точкам воздействия в г. Новокузнецке.

В таблице 2 приведены кратности превышения приемлемого уровня рассчитанными значениями риска немедленного действия по точкам воздействия, а также суммарные уровни риска.

Суммарный риск немедленного действия превышает приемлемый уровень на границе и в центре селитебной зоны Центрального и Орджоникидзевского районов, в селитебной зоне Кузнецкого района. Таким образом, уровень риска немедленного действия, имплицированного с выбросами доменного производства ЗСМК, является неприемлемым в 8 из 14 рассматриваемых нами точках воздействия.

Исчисленные нами среднегодовые концентрации на границе санитарно-защитной зоны ЗСМК составили по оксиду железа  $0,01 \text{ мг/м}^3$ , диоксиду серы —  $0,043 \text{ мг/м}^3$ , оксиду углерода —  $0,23 \text{ мг/м}^3$ ,

бенз(а)пирену — 0,0000014 мг/м<sup>3</sup>, неорганической пыли — 0,005 мг/м<sup>3</sup>. Среднегодовые концентрации диоксида серы определены в жилой зоне Новоильинского района — 0,27 мг/м<sup>3</sup> (тв3), Заводского — 0,29 мг/м<sup>3</sup> (тв5), Центрального — 0,64–0,66 мг/м<sup>3</sup> (тв7 и тв8). На границе санитарно-защитной зоны кратность превышения среднесуточной ПДК составила по бенз(а)пирену 1,4 раза, диоксиду серы — 0,85 раза, оксиду железа — 0,26 раза. В селитебных зонах превышение среднесуточного гигиенического норматива отмечено только по диоксиду серы: в Новоильинском районе — в 5,45 раза, в Заводском — в 5,77, Центральном — в 12,86–13,35, Кузнецком — в 10,04, Орджоникидзевском — в 9,93–11,02 раза.

Т а б л и ц а 2

**Кратность превышения приемлемого уровня риска немедленного действия**

№ точки	Суммарный риск немедленного действия	Кратность превышения приемлемого уровня риска
тв 1	0,001	0,01
тв 2	0,006	0,06
тв 3	0,023	0,23
тв 4	0,006	0,06
тв 5	0,023	0,23
тв 6	0,157	1,57
тв 7	0,242	2,42
тв 8	0,242	2,42
тв 9	0,081	0,81
тв 10	0,136	1,36
тв 11	0,115	1,15
тв 12	0,136	1,36
тв 13	0,157	1,57
тв 14	0,157	1,57

Т а б л и ц а 3

**Кратность превышения приемлемого уровня риска хронической интоксикации**

№ точки	Суммарный риск хронической интоксикации	Кратность превышения приемлемого уровня риска
тв 1	0,097	1,94
тв 2	0,175	3,50
тв 3	0,197	3,94
тв 4	0,175	3,50
тв 5	0,206	4,12
тв 6	0,339	6,78
тв 7	0,404	8,08
тв 8	0,393	7,85
тв 9	0,276	5,53
тв 10	0,323	6,45
тв 11	0,303	6,06
тв 12	0,320	6,40
тв 13	0,336	6,73
тв 14	0,347	6,95

Суммарный риск хронической интоксикации как результат длительного воздействия среднегодовых концентраций 13 токсичных веществ, входящих в состав рассматриваемых выбросов, на границе санитарно-защитной зоны ЗСМК установлен в размере 0,097 (в долях единицы). В селитебной зоне Новоильинского района уровень хронического риска исчислен как 0,197, Заводского — 0,206, Центрального — 0,393–0,404, Кузнецкого — 0,323, Орджоникидзевского — 0,320–0,347. На границе санитарно-защитной зоны вклад бенз(а)пирена в риск хронической интоксикации составил 51,0 %.

диоксида серы — 32,6 %, оксида железа — 9,9 %, оксида углерода — 4,5 %, неорганической пыли — 1,3 %. Отмечается резкое снижение удельного веса бенз(а)пирена, оксидов железа и углерода в риске, установленном для селитебных зон города. Так, удельный вес бенз(а)пирена в риске, исчисленном для жилой зоны Новоильинского района, составил 2,7 %, для Заводского — 2,4 %. Данная динамика сопровождается резким увеличением удельной доли диоксида серы: до 95,8 % — в Новоильинском районе, до 96,4 % — в Заводском, до 99,8 % — в Кузнецком и Орджоникидзевском районах.

В таблице 3 приведены кратности превышения приемлемого уровня исчисленными значениями риска хронической интоксикации по точкам воздействия и суммарные уровни риска.

Суммарный хронический риск превышает приемлемый уровень во всех рассматриваемых нами точках воздействия. Так, на границе санитарно-защитной зоны металлургического комбината превышение составляет 1,94 раза, в селитебной зоне Новоильинского района — 3,94, Заводского — 4,12, Центрального — 7,85–8,08, Кузнецкого — 6,45, Орджоникидзевского — 6,4–6,95 раза. Таким образом, необходима разработка природоохранных проектов, направленных на снижение поступления в атмосферу компонентов выбросов доменного производства ЗСМК, в первую очередь, диоксида серы.

#### Выводы

1. На территории ряда селитебных зон г. Новокузнецка создается повышенный уровень риска неблагоприятных рефлекторных реакций (немедленного действия), связанный с выбросами доменного производства металлургического комбината. Ингредиентом выбросов, обуславливающим превышение приемлемого уровня риска, является диоксид серы.

2. Во всех рассматриваемых точках воздействия на территории г. Новокузнецка уровень риска неспецифических токсических эффектов (хронической интоксикации) превышает приемлемый уровень. На границе санитарно-защитной зоны основной вклад в формирование повышенного уровня риска вносит бенз(а)пирен. В селитебной зоне удельный вес бенз(а)пирена в риске резко падает, а доля диоксида серы в вероятности формирования экологически обусловленной заболеваемости повышается.

#### Список литературы

- 1 Рахманин Ю.А., Синицына О.О. Состояние и актуализация задач по совершенствованию научно-методологических и нормативно-правовых основ в области экологии человека и гигиены окружающей среды // Гигиена и санитария. — 2013. — № 6. — С. 4–10.
- 2 Авалиани С.Л., Безпалько Л.Е., Бобкова Т.Е., Мишина А.Л. Перспективные направления развития методологии анализа риска в России // Гигиена и санитария. — 2013. — № 1. — С. 33–35.
- 3 Киселев А.В., Саватеева Л.А. Методические рекомендации по оценке риска здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха. — СПб.: ДЕЙТА, 1995. — 54 с.
- 4 Киселев А.В., Фридман К.Б. Оценка риска здоровью. — СПб.: ДЕЙТА, 1997. — 100 с.
- 5 Щербо А.П., Киселев А.В., Негриенко К.В., Мироненко О.В., Филатов В.Н. и др. Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска. — СПб.: СПб МАПО, 2002. — 376 с.
- 6 Щербо А.П., Киселев А.В. Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье. — СПб.: СПб МАПО, 2005. — 92 с.

М.А.Мұқашева, В.Д.Суржиков, Д.В.Суржиков, В.В.Кислицына

### Металлургиялық комбинатының домналық өндірісінің жоғары көздерінің беткейлік атмосферасына шығарындылардың экологиялық қауіптілігін бағалау

Мақалада зерттеу нәтижелері бойынша Новокузнецк қаласының Батыс Сібір металлургиялық комбинаты тұрғындары денсаулығына жоғарғы дәрежедегі ірі өндіріс домналық кәсіпорындарының қара металлургияның қауіпті әсері көрсетілген. Өндіріс қалдықтарының нақты құрамдас бөліктерімен байланысты денсаулыққа қауіпті әсерінің теңестіру және қаланың селитебті аймақтарындағы тұрғындар үшін созылмалы улану қауіпін бағалау нәтижелері берілген. Тиімді қауіптіліктің еселік артықтығы және қауіптілікті туындататын жеке ластаушылардың үлесі анықталған.

M.A.Mukasheva, V.D.Surzhikov, D.V.Surzhikov, V.V.Kislitsyna

**Assessing the environmental risk associated with emissions  
to the ground atmosphere from tall sources of blast furnace production  
of metallurgical combine**

The article presents the results of risk assessment study the public health impact of emissions sources tall blast furnace production of large steel plants in Novokuznetsk — West Siberian Metallurgical Combine. The results of the identification of the health hazards associated with specific components of industrial emissions and the results of the risk assessment of chronic intoxication for people living in different residential areas of the city. Are installed multiplicity exceeding acceptable risk contributions of individual pollutants in the formation of risk.

References

- 1 Rahmanin Yu.A., Sinitsyna O.O. *Hygiene and Sanitation*, 2013, 6, p. 4–10.
- 2 Avaliani S.L., Bezpalko L.E., Bobkova T.E., Mishina A.L. *Hygiene and Sanitation*, 2013, 1, p. 33–35.
- 3 Kiselev A.V., Savateeva L.A. *Guidelines for assessment of health risk from air pollution*, St. Petersburg: Deita, 1995, 54 p.
- 4 Kiselev A.V., Freedman K.B. *Health risk assessment*. St. Petersburg: Deita, 1997, 100 p.
- 5 Scherbo A.P., Kiselev A.V., Negrienko K.V., Mironenko O.V., Filatov V.N. et al. *Environment and health: approaches to risk assessment*, St. Petersburg: MAPO, 2002, 376 p.
- 6 Scherbo A.P., Kiselev A.V. *Risk assessment impact of environmental factors on health*, St. Petersburg: MAPO, 2005, 92 p.