

УДК: 504.06:613.1/.9

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА г. НОВОКУЗНЕЦКА

П. В. Клинов, Д. В. Суржиков, В. Д. Суржиков, В. В. Большаков

ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC AIR POLLUTION IN NOVOKUZNETSK

P. V. Klimov, D. V. Surzhikov, V. D. Surzhikov, V. V. Bolshakov

Исследование выполнено на кафедре экологии и естествознания Новокузнецкого филиала-Института Кемеровского государственного университета и в лаборатории прикладных гигиенических исследований Научно-исследовательского института комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний Сибирского отделения РАМН

Выполнено исследование по оценке загрязнения атмосферного воздуха крупного промышленного города. Выбросы загрязняющих веществ в сочетании с метеорологическими условиями и особенностями городской застройки ведут к опасному для здоровья населения загрязнению воздушного бассейна г. Новокузнецка. Концентрации формальдегида, взвешенных частиц, диоксида азота и фтористого водорода в атмосферном воздухе всех районов города превышают предельно допустимые нормативы. Наибольшей потенциальной угрозой для населения обладают выбросы взвешенных частиц и диоксида серы, от стационарных источников, а от транспорта – выбросы диоксида азота.

Assessment on study of air pollution in a big industrial city has been completed. Pollutant emissions, combined with meteorological conditions and characteristics of urban sprawl lead to public health risk of air pollution in Novokuznetsk. Concentrations on formaldehyde, particulates, nitrogen dioxide and hydrogen fluoride in the air across the city exceed the maximum permissible standards. The greatest potential threat to the population have the emissions from stationary sources of particulates and sulfur dioxide, and from transport – emissions of nitrogen dioxide.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, выбросы промышленных предприятий.

Keywords: air pollution, industrial enterprises emissions.

Выбросы промышленных предприятий и автотранспорта оказывают негативное влияние на среду обитания и состояние здоровья людей. Присутствие в атмосферном воздухе токсичных веществ и аэрозолей ведет к росту заболеваемости и смертности населения, наносит значительный экономический ущерб [4, 5]. В Российской Федерации 55 % горожан проживают в условиях высокого и очень высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха [1]. При реструктуризации действующих и строительстве новых промышленных предприятий должен учитываться экологический фактор. Оценка антропогенного загрязнения крупного промышленного города является актуальной задачей экологических исследований.

Для характеристики загрязнения атмосферного воздуха были проанализированы данные о техногенных выбросах загрязняющих веществ Комитета по охране окружающей среды и природных ресурсов администрации г. Новокузнецка с 2004 по 2008 гг. Рассчитывался индекс сравнительной опасности выбросов [3, с. 100 – 102]. Оценивались среднегодовые и максимальные концентрации вредных примесей в атмосферном воздухе по данным Новокузнецкой гидрометобсерватории Росгидромета РФ за этот же период наблюдения. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха проводилась с помощью показателя Р, стандартизация кратности превышения ПДК осуществлялась по третьему классу опасности загрязняющих атмосферный воздух веществ [2, с. 25].

Для посуготочного определения степени жесткости погоды [6, с. 8-10] были проанализированы метеорологические данные лаборатории экологическо-

го мониторинга воздушной среды Новокузнецкого филиала-института Кемеровского государственного университета (НФИ КемГУ) за 2004 – 2006 гг. Стационарная лаборатория расположена в центральной части города, организована на базе комплекса экологического оборудования по непрерывному мониторингу воздушной среды, полученного в рамках межправительственного соглашения между РФ и США, в комплекс оборудования входят приборы по определению метеорологических показателей, концентраций ряда примесей в атмосфере, в.т. ч. озона.

Собственная богатая сырьевая база по добыче угля и железной руды обусловила развитие на юге Кемеровской области отраслей тяжелой промышленности, оказывающих значительную нагрузку на окружающую природную среду. В промузел г. Новокузнецка входят два металлургических комбината, алюминиевый и ферросплавный заводы, агломерационная и углеобогатительные фабрики, ряд шахт и разрезов, три крупные ТЭЦ и свыше 60 небольших котельных. Население города составляет свыше 560 тыс. человек. В административном отношении г. Новокузнецк разделен на шесть районов: Центральный (I), Заводской (II), Кузнецкий (III), Куйбышевский (IV), Новоильинский (V) и Орджоникидзевский (VI). Предприятия города характеризуются сосредоточением большого количества источников выбросов в воздушный бассейн на ограниченной территории, финансированием природо-охранной деятельности по остаточному принципу, использованием устаревших технологий, низкой эффективностью очистных сооружений.

Город расположен на холмистой равнине, расчлененной долинами рек Томь, Кондома и Аба и ок-

руженной отрогами Салаирского кряжа и Кузнецкого Алатау. Исторически г. Новокузнецк развивался и строился отдельными площадками. Жилые районы находятся между промплощадками отдельных крупных производств. Близкое расположение промышленных и селитебных зон обуславливает высокую вероятность контакта населения с загрязняющими атмосферный воздух веществами. В юго-восточной части города расположены жилые массивы районов III и VI. Между ними расположена промышленная площадка, включающая алюминиевый и ферросплавный заводы, крупную ТЭЦ. Селитебные кварталы района III не имеет достаточной зоны санитарного разрыва с этой промплощадкой. Район VI несколько более удален и менее подвержен воздействию атмосферных выбросов. На островах реки Кондома, в 2,5 км от жилой зоны района I находится Абагурская аглофабрика, промышленные выбросы от которой оказывают влияние на воздушный бассейн районов I, III и IV.

Крупный источник загрязнения атмосферного воздуха – Новокузнецкий металлургический комбинат находится на северо-западной окраине района I, у подножия отрогов Салаирского кряжа, на левом берегу реки Томь. Наибольшему воздействию его выбросов подвергается атмосферный воздух районов I, II и IV. Промышленная площадка Западно-Сибирского металлургического комбината (ЗСМК) имеет протяженность 9 км, расположена на правом берегу реки Томь на расстоянии 12 км от жилых массивов района II. ЗСМК является единственным крупным городским предприятием, имеющим нормативный размер санитарного разрыва с селитебными кварталами.

Фактором, усугубляющим неблагоприятную градостроительную ситуацию и ведущим к накоплению атмосферных загрязнений в приземном слое воздуха, являются климатические условия местности. Застройка городской территории и выбор местоположения промышленных предприятий в г. Новокузнецке осуществлялись без учета климатических характеристик, обуславливающих рассеивание в воздухе примесей. При северных (повторяемость 8 – 10 %) и северо-восточных (повторяемость 3 – 6 %) ветрах факелы предприятий почти полностью накрывают центральную часть города. На метеорологический режим города влияют изменения альбедо земной поверхности, которая для застроенных районов меньше альбедо загородной местности, выделений тепла, создаваемого различными видами хозяйственной деятельности. В центральной части города формируется остров тепла, который вызывает поток воздуха от окраин к центру. В этих условиях в районах V, VI и частично в районе IV, расположенных ближе к окраинам, наблюдается приток свежего воздуха, а в центр (районы I и III), поступает загрязненный воздух от промышленных предприятий. Важным фактором формирования острова тепла является наличие в воздушном бассейне большого количества выбросов твердых частиц, скапливающихся в атмосфере над городом и

поглощающим часть солнечной радиации, что ведет к дополнительному нагреванию воздуха.

Особенностью климатических условий г. Новокузнецка является преобладание антициклонных барических образований. В воздушной среде города часты инверсионные распределения температуры. Приземные инверсии возникают в зимний период в результате застывания и выхолаживанию воздуха над земной поверхностью. В летний период преобладают приподнятые инверсии, связанные с атмосферными циркуляционными процессами. В условиях г. Новокузнецка, при наличии большого количества низких источников выбросов, при инверсиях создаются условия, способствующие накоплению примесей в приземном слое воздуха. Выбросы низких источников в г. Новокузнецке скапливаются в приземном слое воздуха при штилях (повторяемость 13 – 18 %). Большую опасность для воздушного бассейна города представляют застои воздуха, т. е. ситуации, когда приземные инверсии температуры наблюдаются при штилевой погоде.

Повторяемость дней с умеренно жесткой степенью погоды в центральной части города составляет 42,5 %, мягкой – 26,5 %, жесткой – 25,8 %, очень жесткой 5,2 %. В зимние месяцы повторяемость дней с жесткой степенью погоды может достигать 84 %, а в летние месяцы – 63 %. В весенний и осенний периоды преобладают умеренно жесткие (повторяемость дней 52,1 %) и мягкие (повторяемость дней 40,9 %) степени погоды.

В зимний период для воздушного бассейна города характерно образование ледяного смога, представляющего собой сочетание газообразных загрязнителей, пылевидных частиц и кристаллов льда, возникающих при замерзании капель тумана и пара отопительных систем, а также образование, при растворении в каплях тумана диоксида серы, повышенных концентраций паров серной кислоты. Высокая концентрация аэрозольных частиц в городском воздухе ведет к увеличению конденсации влаги и, соответственно, частоты туманов, которые играют значительную роль в уменьшении дальности видимости на территории города. Туман является фактором, усиливающим загрязнение приземного слоя воздуха. Капли тумана поглощают вредные вещества как вблизи поверхности, так и из вышележащих загрязненных слоев воздуха. Концентрации примесей в тумане возрастают, что связано с происходящими в нем химическими процессами. В переходный период года атмосферу города характеризует формирование восстановительного смога из смеси дыма, сажи, капель тумана и диоксида серы. Данный тип смога достигает максимальных уровней при высокой влажности воздуха и состоянии приподнятой инверсии в воздушном бассейне. В летний период отмечается формирование в воздушной среде города фотохимического смога, возникающего в результате разложения загрязняющих веществ под действием солнечного излучения. Большая повторяемость антициклональной погоды и континентальность климата способствуют тому, что по количеству ясных дней и солнечному сиянию, а также

количеству поступающей солнечной радиации г. Новокузнецк превосходит города европейской территории страны на тех же широтах. Основным условием формирования фотохимического окислительного смога является наличие в атмосфере оксидов азота, входящих в состав промышленных выбросов большинства предприятий города. В набор конечных продуктов данного типа смога входят озон и формальдегид.

Оценка сезонности распределения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе центральной части города (район I) проводилась за период с 01.12.2004 по 01.12.2009 гг. по данным наблюдений на трех стационарных постах Новокузнецкой гидрометобсерватории. В зимний период года средние концентрации сажи в 6,1 раза, диоксида серы в 2,9 раза, бенз(а)пирена в 2,3 раза выше, чем летом, когда наблюдаются минимальные концентрации этих веществ в атмосферном воздухе, при коэффициентах сезонной колеблемости 78,6 %, 46,2 %, 30,5 %, соответственно. Для летнего периода характерны высокие средние концентрации формальдегида, превышающие концентрации данного загрязнителя зимой в 1,65 раза, при коэффициенте сезонной колеблемости 27,7 %, а также фенола, концентрации которого летом в 2,48 раза выше, чем зимой, при коэффициенте сезонной колеблемости 46,25 %. Оценка сезонности уровня загрязнения атмосферного воздуха по комплексному показателю Р (без учета бенз(а)пирена, так как концентрации данного загрязнителя не отслеживаются в других районах города) выявила, что летом значения показателя Р в центральной части города достигают опасного уровня, в то же время как зимой, осенью и весной преобладает уровень загрязнения, вызывающий опасение. Согласно данным лаборатории экологического мониторинга воздушной среды НФИ КемГУ, максимальный уровень концентрации озона достигается в весенний период, что связано с высоким притоком солнечной радиации, в том числе и ультрафиолетовой, а также с наиболее интенсивным переносом озона из стрatosферы в это время года.

Минимальный уровень загрязнения атмосферного воздуха центральной части города озоном отмечается в осенний период.

Загрязнение атмосферного воздуха г. Новокузнецка, в первую очередь, связано с высокими выбросами дымовых труб промышленных предприятий металлургического и теплоэнергетического комплексов. Также в атмосферный воздух города поступают низкие выбросы из труб мелких котельных, производственных зданий, автомобильные и железнодорожные выхлопы, которые сразу же оказываются в приземном слое и слабо разбавляются. На крупных металлургических предприятиях в процессе производства накапливаются вредные вещества, которые периодически поставляются в атмосферу залповыми выбросами. При выбросах от металлургических предприятий и ТЭЦ, обладающих высотными трубами, значительные концентрации примесей у поверхности создаются при опасной скорости ветра, при которой факел выброса опускается к земле и наблюдается эффект задымления. Значения опасной скорости ветра зависят от высоты, скорости и температуры выбросов из источника. Для предприятий г. Новокузнецка опасная скорость ветра колеблется в пределах 3 - 4 м/с при средней скорости ветра в городе 2,8 м/с. При ослаблении ветра до штиля должен происходить подъем перегретых выбросов от высоких источников в верхние слои атмосферы, где они могут рассеиваться. Однако в условиях г. Новокузнецка при штилевой погоде часто наблюдается инверсия, которая образует задерживающий слой, препятствующий подъему выбросов. От точечных и линейных рельефоидных источников ежегодно в атмосферный воздух поступают (период 2004-2008 гг.) взвешенные частицы, диоксид азота, диоксид серы, фтористый водород в количестве 51,2; 19,2; 40,1; 1,07 тыс. тонн соответственно. Предприятия города выбрасывают в воздух фенол, сажу, сероводород и аммиак в среднем 243; 824; 276; и 715 тонн в год соответственно (таблица 1).

Таблица 1

Выбросы загрязняющих веществ в воздушный бассейн г. Новокузнецка от точечных и линейных рельефоидных источников

Примесь	Выбросы, тыс. тонн/год	Индекс сравнительной опасности выбросов	Удельный вес в суммарном индексе опасности выбросов, %
Взвешенные частицы	51,22	286809	39,2
Диоксид азота	19,22	107654	14,72
Диоксид серы	40,09	224482	30,68
Оксид углерода	267,22	14964	2,04
Фтористый водород	1,07	59920	8,19
Сероводород	0,276	15456	2,11
Фенол	0,243	13586	1,86
Формальдегид	0,0001	5,6	0,0008
Сажа	0,824	4615,5	0,63
Аммиак	0,715	4005,1	0,55
Суммарно	-	731496,7	100,0

Также в атмосферный воздух города от рельефоидных источников поступает метан в среднем количестве 40,56 тыс. тонн/год и бенз(а)пирен в среднем количестве 1,15 тонн/год, обладающий канцерогенными свойствами. Согласно данным таблицы 1, в результате предварительного ранжирования загрязняющих веществ установлено, что наибольшей потенциальной угрозой для населения обладают выбросы от стационарных источников взвешенных частиц (удельный вес в суммарном индексе опасности составляет 39,2 %), диоксида серы (удельный вес 30,68 %), диоксида азота (14,72 %) и фтористого водорода (8,19 %).

Установлены вклады отраслей хозяйства в выбросы основных, загрязняющих атмосферный воздух, примесей. Удельный вес предприятий черной металлургии в выбросах взвешенных веществ от стационарных источников составил 48,42 %, диоксида серы 63,4 %, оксида углерода – 92,2 %, диоксида азота 33,5 %, бенз(а)пирена – 15,16 %. Удельный вес предприятий теплоэнергетики весьма высок в выбросах взвешенных частиц – 17,23 %, диоксида серы – 30,8 % и диоксида азота – 56,4 %. Причем ТЭЦ выбрасывают в воздушный бассейн взвешенные вещества с высоким содержанием в своем составе диоксида кремния (от 20 % до 70 %). Цветная металлургия вносит существенный «вклад» в поступление в атмосферный воздух города бенз(а)пирена – 84,70 % от суммарных выбросов данного загрязнителя, а также взвешенных частиц – 18,11 % и оксида углерода – 5,5 %. Доля котельных ЖКХ и небольших предприятий весьма значительна в выбросах таких атмосферных примесей, как взвешенные вещества – 14,0 %, диоксид серы – 3,57 %, диоксид азота – 8,34 %. Выбросы котельных осуществляются через низкие трубы и при состоянии приземной инверсии в атмосфере концентрации вредных веществ, отходящих от данного типа источников, в приземном слое воздуха резко возрастают.

Автомобильный и железнодорожный транспорт поставляет в воздушный бассейн г. Новокузнецка в среднем 53,0 тыс. тонн/год оксида углерода и

7,16 тыс. тон/год диоксида азота. В автомобильных и железнодорожных выхлопах присутствуют опасные для здоровья человека диоксид серы в среднем количестве 526 тонн/год и сажа – в количестве 106 тонн/год.

Предварительное ранжирование токсичных веществ позволило определить, что наибольшую опасность в выбросах от транспорта для населения г. Новокузнецка представляют диоксид азота (удельный вес в суммарном индексе опасности выбросов 86,04 %), оксид углерода (удельный вес 6,37 %) и диоксид серы (удельный вес 6,32 %).

В качестве основных показателей загрязненности воздушной среды г. Новокузнецка нами были использованы кратность превышения ПДК и комплексный показатель Р. Эти показатели позволяют количественно оценить степень загрязнения воздушной среды комплексом химических веществ. Средние за рассматриваемый временной период концентрации фтористого водорода превышали среднесуточную ПДК в 1,2 – 1,4 раза (в зависимости от селитебной зоны), формальдегида в 3,67 – 5,87 раза, взвешенных частиц – в 1,39–2,05 раза, диоксида азота – в 1,15 – 1,59 раза. Наибольший средний уровень загрязнения взвешенными частицами, оксидом углерода и диоксидом азота отмечается в атмосферном воздухе селитебной зоны района III, сажей и диоксидом серы – в селитебной зоне района I, формальдегидом и оксидом азота – в районе IV (таблица 2).

Средние из максимальных за рассматриваемый период концентрации фенола превышали максимально разовую ПДК в 2,76 – 3,7 раза (в зависимости от селитебной зоны), сажи – в 1,64 – 2,31 раза, фтористого водорода – в 4,39 – 5,96 раза, формальдегида – в 2,64 – 4,43 раза. Средний из максимальных уровней загрязнения атмосферного воздуха взвешенными частицами был выше предельно допустимого норматива в 2,68 – 3,44 раза, оксидом углерода – в 1,4 – 2,92 раза, диоксидом азота – в 1,76 – 2,53 раза.

Таблица 2

Средние за период наблюдения (2004 – 2008 гг.) концентрации атмосферных примесей по районам г. Новокузнецка (в кратностях превышения среднесуточной ПДК) и показатель Р (в баллах)

	Районы					
	I	II	III	IV	V	VI
Взвешенные частицы	1,59	1,39	2,05	1,78	1,47	1,45
Диоксид серы	0,24	0,12	0,228	0,148	0,18	0,22
Оксид углерода	0,37	0,36	0,40	0,36	0,33	0,36
Диоксид азота	1,43	1,18	1,59	1,49	1,15	1,38
Оксид азота	0,33	0,32	0,46	0,57	0,35	0,43
Фенол	0,67	0,33	0,73	0,73	0,67	0,67
Сажа	0,36	0,26	0,232	0,304	0,32	0,32
Фтористый водород	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,2
Аммиак	0,075	0,05	0,08	0,07	0,075	0,05
Формальдегид	4,33	3,67	4,07	5,87	4,67	4,33
Показатель Р	7,0	5,3	6,5	9,9	7,5	6,5

Комплексный показатель Р, рассчитанный по среднегодовым концентрациям атмосферных примесей, находился в пределах от 5,3 до 9,9 баллов (в зависимости от района города). Значения показателя Р, установленные по максимальным концентрациям, колебались от 50,5 до 84,4 баллов в зависимости от селитебной зоны. Степень загрязнения воздушного бассейна г. Новокузнецка, как по среднегодовым, так и по максимальным концентрациям, оценивается как опасная.

Согласно данным, представленным в таблице 2, максимальные значения комплексного показателя Р, установленные по средним концентрациям, отмечены в районе IV, что связано с высоким содержанием в атмосферном воздухе этой селитебной зоны формальдегида, минимальные в районе II. Отличие структуры загрязнения воздушного бассейна района IV от структуры загрязнения других селитебных зон имплицировано близостью к коксохимическому производству.

Таким образом, сосредоточение большого количества промышленных предприятий, производящих выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух (преимущественно предприятия металлургии и теплоэнергетики) в сочетании с метеорологическими условиями (штили и инверсии) и особенностями городской застройки (близость селитебных и промышленных зон), ведут к опасному загрязнению атмосферного воздуха г. Новокузнецка. Результаты исследования позволили обосновать следующие выводы:

1. Средние за 2004 – 2008 гг. концентрации формальдегида, взвешенных частиц, диоксида азота и фтористого водорода в атмосферном воздухе всех районов города превышают предельно допустимые нормативы. Степень загрязнения атмосферного воздуха г. Новокузнецка оценивается как опасная для здоровья населения.

2. Характер загрязнения атмосферного воздуха центральной части г. Новокузнецка варьирует по сезонам, в зимний период года средние концентрации сажи в 6,1 раза, диоксида серы в 2,9 раза, бенз(а)пирена в 2,3 раза выше, чем летом, а в летний период года концентрации формальдегида в

1,65 раза, фенола в 2,48 раза выше по сравнению с зимой.

3. Согласно результатам предварительного ранжирования загрязняющих веществ, наибольшей потенциальной угрозой для населения обладают выбросы взвешенных частиц и диоксида серы от стационарных источников, а от транспорта – выбросы диоксида азота.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2008 году». [Электронный ресурс] / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – М., 2009. – Режим доступа: <http://www.mnrg.gov.ru/part/?pid=1136>.
2. Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска [Текст] / под ред. А. П. Щербо. – СПб.: СПбМАПО, 2002. – 376 с.
3. 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.; под ред. Ю. А. Рахманина, Г. Г. Онищенко. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.
4. Ревич, Б. А. «Горящие точки» химического загрязнения окружающей среды и здоровье населения России [Текст] / Б. А. Ревич; под ред. В. М. Захарова. – М.: Акрополь: Общественная палата РФ, 2007. – 192 с.
5. Ревич, Б. А. Экономические последствия воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье населения. Пособие по региональной экологической политике [Текст] / Б. А. Ревич, В. Н. Сидоренко; под ред. В. М. Захарова, С. Н. Бобылева. – М.: Акрополь: ЦЭПР, 2007. – 56 с.
6. Суржиков, В. Д. Оценка влияния атмосферных загрязнений и метеорологических условий на показатели обращаемости за скорой медицинской помощью: методические рекомендации [Текст] / В. Д. Суржиков. – Новокузнецк: НИИ КПГПЗ СО АМН СССР, 1989. – 18 с.