

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СРЕДЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ (на примере Санкт-Петербурга и Ростова-на-Дону)

П.С. Зубкова

Институт наук о Земле
Санкт-Петербургский государственный университет
д. 33-35, 10 линия В.О., Санкт-Петербург, Россия, 199178

Рассмотрено экологическое состояние атмосферного воздуха двух крупных городов, являющихся важными экономическими центрами и транспортными узлами (Санкт-Петербурга и Ростова-на-Дону), и факторы, влияющие на него. Проведена оценка риска развития неканцерогенных эффектов для здоровья населения городов, связанного с загрязнением атмосферного воздуха. Проанализированы данные об элементном составе населения городов. В результате выявлена связь между загрязнением атмосферного воздуха и накоплением токсичных элементов в организме человека.

Ключевые слова: микроэлементный состав, риск для здоровья, загрязнение атмосферного воздуха, элементный дисбаланс, заболеваемость населения

Химические особенности городской среды во многом определяются антропогенным загрязнением атмосферного воздуха — важнейшего жизнеобеспечивающего компонента среды обитания горожан. Уровень загрязнения атмосферного воздуха и химический состав загрязняющих его веществ влияют на качество жизни, здоровье и демографические показатели населения. Однако, как показывают многочисленные литературные данные (см., например, Мовчан В.Н., Прохоров Б.Б. [8; 11]), состояние здоровья населения (оцениваемое через заболеваемость) не является надежным критерием оценки антропогенных изменений в окружающей человека среде. Прежде всего это связано с тем, что факторы риска здоровью включают не только показатели загрязнения окружающей среды, но и природные, а также социально-экономические факторы. В связи с этим важным направлением работ в области экологии городского населения является поиск и применение более надежных, чем заболеваемость, критериев оценки влияния на человека загрязняющих веществ. Это позволит решить ряд актуальных экологических проблем городов, среди которых установление и предотвращение вредного химического антропогенного воздействия на население.

В качестве критериев оценки влияния на население химических особенностей среды нами выбраны показатели риска развития, главным образом неканцерогенных эффектов для здоровья человека от загрязнения атмосферного воздуха, а также особенности микроэлементного статуса горожан. Объектами исследований выбраны два крупных города — Санкт-Петербург и Ростов-на-Дону, экологическая ситуация в которых определяется как общими причинами, так и их специфическими особенностями. К общим причинам относится доминирующий загрязнитель атмосферного воздуха (автотранспорт), к специфическим — физико-географические особенности городских территорий, влияющие на величину атмосферной нагрузки.

Проведенный сравнительный анализ показал, что в обоих городах в суммарном выбросе загрязняющих веществ преобладает автомобильный транспорт [4; 5]. В Санкт-Петербурге его доля составляет 92%, а в Ростове-на-Дону — 94%. При этом объем выбросов в атмосферный воздух в Санкт-Петербурге значительно больше, чем в Ростове-на-Дону. Так, в 2009 г. в Санкт-Петербурге он составил 625,3 тыс. т, что в 5 раз больше, чем в Ростове-на-Дону (121,3 тыс. т). В Санкт-Петербурге выше и плотность выбросов на единицу площади, однако различия значений этого показателя не столь велики: в Санкт-Петербурге он равен 434,5 т/км², а в Ростове-на-Дону — 371,3 т/км², что объясняется большей площадью Санкт-Петербурга.

Следует отметить, что мониторинг атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге проводится сетью наблюдения Росгидромета и автоматическими станциями мониторинга (АСМ) по заказу Администрации г. Санкт-Петербурга. В Ростове-на-Дону — только сетью постов Росгидромета. Данные, полученные станциями наблюдения ГУ «Санкт-Петербургский ЦГМС-Р» и автоматическими станциями мониторинга (АСМ) отличаются (табл. 1 [3; 4]). Уровень загрязнения воздуха по данным Росгидромета выше, чем по данным АСМ (табл. 1).

Таблица 1

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (мг/м³, бенз(а)пирен мг/м³·10⁻⁶) и ИЗА₅ в Санкт-Петербурге и Ростове-на-Дону

Загрязнитель	Ростов-на-Дону 2010 г.	Санкт-Петербург, 2010 г.		Ростов-на-Дону, 2013 г.	Санкт-Петербург, АСМ, 2013 г.	
		Росгидромет	АСМ		центр	периферия
Пыль	0,186	0,1	—	0,177	—	—
PM ₁₀	—	—	0,024	—	0,02	0,016
PM _{2,5}	—	—	—	—	0,0175	0,0125
Диоксид серы	0,004	0,002	0,001	0,003	0,005	0,005
Оксид углерода	2	0,7	0,6	2	0,3	0,3
Диоксид азота	0,054	0,06	0,04	0,043	0,04	0,016
Оксид азота	0,039	0,03	0,03	0,03	0,024	0,006
Фенол	0,004	0,001	0,003	0,002	—	—
Аммиак	0,018	0,09	0,004	0,037	—	—
Формальдегид	0,014	0,003	0,005	0,009	—	—
Озон	—	—	0,03	—	0,02	0,04
Сажа	0,06	—	—	0,06	—	—
Бенз(а)пирен	2	2,9	0,3	1,5	0,2	—
ИЗА ₅	14,3	10,2	5,5	9,76	2,2	

Сравнение данных за 2010 и 2013 гг. показывает, что со временем происходит некоторое улучшение качества атмосферного воздуха в обоих городах. В Докладе об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2013 г. приводятся данные, полученные только сетью АСМ [3]. В 2013 году уровень загрязнения атмосферного воздуха низкий по показателю индекса загрязнения атмосферы ИЗА₅, равному 2,2 (диоксид азота, озон, оксид азота, диоксид серы и оксид углерода). Превышение ПДК наблюдается по диоксиду азота в центре города, по озону — в периферийных частях города. По максимальным наблюдаемым разовым концентрациям (по показателю «стандартный индекс») загрязнение атмосферного воздуха в центральной части города оксидами азота, оксидом углерода характеризуется как «повышенное».

В Ростове-на-Дону в 2013 г. уровень загрязнения атмосферного воздуха высокий по показателю ИЗА₅ = 9,76 (формальдегид, бенз(а)пирен, сажа, диоксид азота и взвешенные вещества (пыль). Превышение ПДК среднесуточного (ПДКсс) наблюдается по пыли, диоксиду азота, формальдегиду, саже и бенз(а)пирену [5; 12].

Для получения количественных характеристик ущерба здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха был выбран метод оценки риска. В ходе исследования была проведена оценка риска развития неканцерогенных эффектов для здоровья городского населения, связанного с загрязнением атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге диоксидом серы, оксидом углерода, оксидами азота, озоном, в Ростове-на-Дону — пылью, диоксидом серы, оксидами азота, формальдегидом и сажей.

При проведении исследований использована методика, представленная в Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [9]. Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов при комбинированном и комплексном воздействии химических соединений проводится на основе расчета индекса опасности (ИИ), который рассчитывается путем суммирования коэффициента опасности для отдельных веществ (НQ). Коэффициент НQ является частным от средней концентрации вещества в воздухе (мг/м³) и референтной (безопасной) концентрации (мг/м³).

Общий риск развития неканцерогенных эффектов в результате поступления загрязняющих атмосферу веществ ингаляционным путем в организм человека в г. Ростове-на-Дону составляет 9,49 и выше допустимого (табл. 2). Индекс опасности выше допустимого (больше единицы) для органов дыхания (8,99), смертности (2,42), сердечнососудистой системы, центральной нервной системы, иммунной системы, крови, глаз и зубов. Кроме неканцерогенного риска, в Ростове-на-Дону наблюдается канцерогенный риск здоровью вследствие поступления в атмосферный воздух бенз(а)пирена в объеме, превышающем референтные значения в 1,5 раза. Поступление в организм человека бенз(а)пирена может привести к риску развития онкологических заболеваний и заболеваний иммунной системы. Данные, полученные нами расчетным путем, находят подтверждение в исследованиях Поповой Т.В. в Ростове-на-Дону, которая отмечает тенденцию роста общей заболеваемости детского населения и выявляет причинно-следственную связь

между химическим загрязнением атмосферного воздуха и заболеваемостью детей. Фенол, формальдегид влияют на развитие болезней крови, диоксид серы, формальдегид — на заболевания органов дыхания [10].

Таблица 2

Оценка неканцерогенного риска в Ростове-на-Дону, 2013 г.

Вещество	Эффекты		HQ
Пыль	Органы дыхания, смертность		2,36
Диоксид серы	Органы дыхания, смертность		0,06
Оксид углерода	Кровь, сердечнососудистая система, развитие, ЦНС		0,67
Диоксид азота	Органы дыхания, кровь		1,1
Оксид азота	Органы дыхания, кровь		0,5
Фенол	Сердечнососудистая система, почки, ЦНС, печень, органы дыхания		0,33
Аммиак	Органы дыхания		0,37
Формальдегид	Органы дыхания, глаза, иммунитет		3
Сажа	Органы дыхания, зубы		1,1
Суммарный риск			
HI общий	9,49	HI сердечнососудистая система, ЦНС	1
HI органы дыхания	8,99	HI глаза, иммунитет	3
HI смертность	2,42	HI зубы	1,1
HI кровь	1,6	HI развитие	0,67

Общий риск развития неканцерогенных эффектов в результате поступления загрязняющих атмосферу веществ ингаляционным путем в организм человека в Санкт-Петербурге выше допустимого (табл. 3) и значительно ниже, чем в Ростове-на-Дону. В центре города он составляет (3,69). Индекс опасности выше допустимого (больше единицы) в центре Санкт-Петербурга для органов дыхания (3,59), смертности (1,67), крови (1,4). Общий индекс опасности для периферийных частей города 3,15. Индекс опасности выше допустимого (больше единицы) для органов дыхания (3,05), смертности (1,03). В периферийных частях Санкт-Петербурга риск развития неканцерогенных эффектов ниже, чем в центральных.

Таблица 3

Оценка неканцерогенного риска в Санкт-Петербурге, 2013 г.

Вещество	Эффекты			HQ центр	HQ периферия
	Центр	Периферия	Суммарный риск	Центр	Периферия
Диоксид серы	Органы дыхания, смертность			0,1	0,1
Оксид углерода	Кровь, сердечнососудистая система, развитие, ЦНС			0,1	0,1
Диоксид азота	Органы дыхания, кровь			1	0,4
Оксид азота	Органы дыхания, кровь			0,4	0,1
PM ₁₀	Органы дыхания, смертность, сердечнососудистая система, развитие			0,4	0,1
PM _{2,5}	Органы дыхания, смертность			1,17	0,83
Озон	Органы дыхания			0,7	1,3
Суммарный риск	Центр	Периферия	Суммарный риск	Центр	Периферия
HI общий	3,69	3,15	HI кровь	1,4	0,5
HI органы дыхания	3,59	3,05	HI развитие	0,5	0,2
HI смертность	1,67	1,03	HI ЦНС	0,1	0,1
HI сердечно-сосудистая система	0,5	0,2			

Данные по оценке риска здоровью дополняются данными по элементному составу организма человека, что позволяет учесть не только поступление в организм токсичных веществ, увеличивающих вероятность проявления тех или иных заболеваний, но и определить последствия элементного дисбаланса для здоровья, характеризуя функциональные сдвиги.

Анализ литературных данных, характеризующих микроэлементный статус населения Ростова-на-Дону, показывает избыточное содержание следующих элементов: Li, Al, Si, K, Mn, Zn, Ga, Sr, La, Ce, Sm, Eu, Hf, Ta, Pb, Th, U [6]. Преобладающая редкоземельная специализация зольного остатка организма человека жителей Ростова-на-Дону объясняется спецификой Северо-Кавказской геохимической провинции, обусловленной титан-циркониевыми россыпными месторождениями, а также работой предприятий, на которых использовались редкие земли и другие элементы.

В Санкт-Петербурге, по литературным данным, отмечен микроэлементный дисбаланс у населения, выраженный в дефиците эссенциальных и накоплении токсичных микроэлементов. Набор токсичных микроэлементов в волосах детей соответствует приоритетным загрязнителям атмосферного воздуха [7]. Избыточное накопление свинца, кадмия, мышьяка и никеля в волосах приводит к возникновению болезней эндокринной системы, нервной системы и органов дыхания [1]. При проживании в Санкт-Петербурге дети испытывают максимальные отрицательные эффекты от дефицитов магния, марганца, натрия, селена и кремния. Дефицит марганца у детей отрицательно влияет на формирование опорно-двигательного аппарата, развитие психических функций, при дефиците этого микроэлемента у детей может повышаться судорожная активность головного мозга. Низкий уровень меди в волосах ассоциируется с повышенной заболеваемостью анемией. Нехватка селена повышает риск заболеваний иммунной системы, кожи, отражает снижение антиоксидантного статуса организма [2].

Таким образом, уровень загрязнения атмосферного воздуха в Ростове-на-Дону существенно выше, чем в Санкт-Петербурге (высокий и низкий соответственно), несмотря на то, что доля выбросов загрязняющих веществ в Санкт-Петербурге выше. Это объясняется природными факторами: Ростов-на-Дону находится в зоне повышенного потенциала загрязнения атмосферы (антициклонический тип погоды, частые температурные инверсии), для города характерно явление пыльных бурь.

Загрязнение атмосферного воздуха в обоих городах может привести к заболеваниям органов дыхания, крови, увеличению смертности. Среднегодовые концентрации оксида углерода, диоксида азота, оксида азота, бенз(а)пирена выше в г. Ростов-на-Дону, что приводит к более высокому риску для здоровья населения: заболеваниям сердечно-сосудистой системы, центральной нервной системы, иммунной системы, глаз и зубов, онкологическим заболеваниям. Оценка риска здоровья населения Ростова-на-Дону и Санкт-Петербурга отражается в статистических данных о заболеваемости детей (рост болезней крови, органов дыхания, иммунной системы, нервной системы). Загрязнение атмосферного воздуха в обоих городах способствует накоплению токсичных микроэлементов (свинца, кадмия, мышьяка, алюминия и т.д.) в организме человека. Накопление эссенциаль-

ных и токсичных микроэлементов в органах и тканях человека в Ростове-на-Дону связано также с геохимическими особенностями территории (состав воды, ее жесткость, тип почв и т.д.). Состав атмосферного воздуха не является причиной дефицита эссенциальных элементов у детей Санкт-Петербурга, который вызван комплексом геохимических особенностей территории и требует дальнейшего изучения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Демидов В.А., Лакарова Е.В., Скальная М.Г., Скальный А.В. Элементный состав волос и заболеваемость взрослого населения // Вестник ОГУ. 2011. № 15 (134). С. 45—47.
- [2] Детков В.Ю., Скальный А.В., Ломакин Ю.В. Содержание эссенциальных микроэлементов в волосах детей, проживающих в Санкт-Петербурге // Микроэлементы в медицине. 2012. № 13 (3). С. 41—44.
- [3] Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2010, 2013 г. СПб., 2011, 2014 гг.
- [4] Ежегодник состояния загрязнения атмосферного воздуха городов на территории деятельности ГУ «Северо-Западного ЦГМС-Р» за 2010 г. СПб., 2011.
- [5] Ежегодник состояния загрязнения атмосферного воздуха городов на территории деятельности ГУ «Северо-Кавказского ЦГМС-Р» за 2010 г. Рн/Д., 2011.
- [6] Игнатова Т.Н., Барановская Н.В., Рихванов Л.П., Судыко А.Ф. Региональные биогеохимические особенности накопления химических элементов в зольном остатке организма человека // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 317. № 1. С. 178—183.
- [7] Маймулов В.Г., Якубова И.Ш., Чернякина Т.С., Ловцевич С.М., Кузмичев Ю.Г., Поляшова А.С., Скальный А.В. Возрастно-половые различия микроэлементного дисбаланса у детей Санкт-Петербурга // Микроэлементы в медицине. Материалы I Съезда РОСМЭМ. 2005. № 1. С. 36—38.
- [8] Мовчан В.Н. Экология человека. СПб.: Изд-во СПб ун-та, 2014.
- [9] Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. М., 2004.
- [10] Попова Т.В. Особенности формирования состояния здоровья детского населения при сочетанном воздействии химических и физических факторов. М., 2009.
- [11] Прохоров Б.Б. Экология человека. М.: Академия, 2011.
- [12] Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2013 г.». Рн/Д., 2014.

THE INFLUENCE OF CHEMICAL ENVIRONMENTAL FEATURES ON HEALTH AND ELEMENTAL IMBALANCE OF THE POPULATION OF SAINT-PETERSBURG AND ROSTOV-ON-DON

P.S. Zubkova

Institute of Earth Sciences
Saint Petersburg State University
33-35, 10 liniya V.O., Saint-Petersburg, Russia, 199178

The state of the air of two major cities, which are the important economic centers and transport junctions (St. Petersburg and Rostov-on-Don), and the factors influencing it were considered. The assessment of the risk of non-carcinogenic effects on health of urban population, associated with air

pollution was reviewed. The data about the elemental composition of the urban population were analyzed. As a result an association between air pollution and accumulation of toxic elements in the human body was discovered.

Key words: microelement composition, the health risks, air pollution, elemental imbalance, disease of the population

REFERENCES

- [1] Demidov V.A., Lakarova E.V., Skal'naja M.G., Skal'nyj A.V. Jelementnyj sostav volos i zaboлеваemost' vzroslogo naselenija [The elemental composition of hair, and the incidence of the adult population]. *Vestnik OGU*. 2011. № 15 (134). S. 45—47.
- [2] Detkov V.Ju., Skal'nyj A.V., Lomakin Ju.V. Soderzhanie jessencial'nyh mikrojelementov v volosah detej, prozhivajushhijh v Sankt-Peterburge Essential trace elements in the hair of children from Saint Petersburg [Essential trace elements in the hair of children from Saint Petersburg]. *Microelementi v medicine* [Trace elements in medicine]. 2012. № 13 (3). S. 41—44.
- [3] Doklad ob jekologicheskoj situacii v Sankt-Peterburge v 2010, 2013 g. [The report on the environmental situation in St. Petersburg in 2010, 2013]. SPb., 2011, 2014 gg.
- [4] Ezhegodnik sostojanija zagrjaznenija atmosfernogo vozduha gorodov na territorii dejatel'nosti GU «Severo-Zapadnogo CGMS-R» za 2010 g. [Yearbook of the state of air pollution in cities in territory of activity of state institution “North-West Central hydrometeorological service of Russia” in 2010]. SPb., 2011.
- [5] Ezhegodnik sostojanija zagrjaznenija atmosfernogo vozduha gorodov na territorii dejatel'nosti GU «Severo-Kavkazskogo CGMS-R» za 2010 g. [Yearbook of the state of air pollution in cities in territory of activity of state institution “North-Caucasian Central hydrometeorological service of Russia” in 2010]. Rn/D., 2011.
- [6] Ignatova T.N., Baranovskaya N.V., Rihvanov L.P., Sudiko A.F. Regional'niye biogeoхимicheskiye osobennosti nakopleniya химических элементов v zol'nom ostatke organizma cheloveka [Regional biogeochemical features of accumulation of chemical elements in the ash residue of human organism]. *Izvestiya Tomskogo Politehnicheskogo Universiteta* [News of Tomsk Polytechnic University]. 2010. T. 317. № 1 S. 178—183.
- [7] Majmulov V.G., Jakubova I.Sh., Chernjakina T.S., Lovceвич S.M., Kuzmichev Ju.G., Poljashova A.S., Skal'nyj A.V. Vozrastno-polovye razlichija mikrojelementnogo disbalansa u detej Sankt-Peterburga [Age-sex related differences of microelement disbalance of Saint-Petersburg children]. *Microelementi v medicine. Materialy I Syezda ROSMEM*. [Trace elements in medicine. The materials of the first Congress ROSMJeM]. 2005. № 1. S. 36—38.
- [8] Movchan V.N. *Jekologija cheloveka*. SPb.: izd. SPb un-ta, 2014.
- [9] Rukovodstvo po ocenke riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdejstvii химических veshhestv, zagrjaznjajushhijh okruzhajushhuju sredu. P 2.1.10.1920-04 [Guidance on risk assessment for health when exposed to chemicals, polluting the environment. P 2.1.10.1920-04]. M., 2004.
- [10] Popova T.V. Osobennosti formirovaniya sostoyaniya zdorov'ya detskogo naseleniya pri sochetannom vozdejstvii химических i fizических factorov [Features of formation of health of children population under the combined influence of chemical and physical factors]. M., 2009.
- [11] Prohorov B.B. *Jekologija cheloveka* [Human ecology]. M.: Akademiya, 2011.
- [12] *Jekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okruzhajushhej sredy i prirodnyh resursov Rostovskoj oblasti v 2013 g.* [Ecological Bulletin of the don “On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2013”]. Rn/D., 2014.