

В. Н. Мовчан¹, П. С. Зубкова¹, В. М. Питулько²

ФОРМИРОВАНИЕ КРИТЕРИАЛЬНОЙ БАЗЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

¹ Санкт-Петербургский государственный университет,
Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

² Научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН,
Российская Федерация, 197110, Санкт-Петербург, ул. Корпусная, 18

На основе собственных и литературных данных рассмотрены санитарно-гигиенический, биоиндикационный и медико-демографический подходы к формированию критериев экологической оценки состояния территории. Показана малая эффективность применения санитарно-гигиенического направления экологического нормирования при оценке прошлых (прошлого экологического ущерба) и настоящих техногенных изменений в компонентах природной среды, а также при оценке влияния техногенных факторов на здоровье населения. Рассмотрены риск для здоровья и элементный статус населения как показатели влияния химического загрязнения на горожан. Проведена оценка риска для здоровья городского населения Санкт-Петербурга и Ростова-на-Дону, который связан с загрязнением атмосферного воздуха. Выполнен сравнительный анализ данных по структуре заболеваемости и по элементному статусу детского населения двух разных по степени техногенной нагрузки районов Санкт-Петербурга: Колпинского и Петродворцового. В результате сделан вывод о том, что при оценке экологического состояния урбанизированных территорий и выявлении причин нарушения общественного здоровья необходимо применять комплексный подход, включая в него ряд дополнительных критериев, таких как риск здоровью и элементный статус населения. Библиогр. 15 назв. Ил. 2. Табл. 3.

Ключевые слова: урбанизированные территории, экологическая оценка, элементный статус населения, риск здоровью.

V. N. Movchan¹, P. S. Zubkova¹, V. M. Pitulko²

FORMATION OF THE CRITERIAL BASE FOR ECOLOGICAL ASSESSMENT OF STATE OF URBANIZED TERRITORIES

¹ St. Petersburg State University, 7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

² Scientific-Research Centre for Ecological Safety RAS,
18, Korpusnaya ul., St. Petersburg, 197110, Russian Federation

On the basis of our own data and that of the literature, the sanitary-hygienic, bioindicative and medico-demographic approaches to the formation of criteria for the ecological assessment of the state of the territory were investigated. The low effectiveness of the application of the sanitary and hygienic direction of ecological rationing has been demonstrated shown both in the evaluation of past environmental damage and current man-made changes in the components of the environment, and in the assessment of the impact of man-made factors on public health. The health risks and the elemental status of the population were considered as indicators of chemical pollution's impact on citizens. The population health's risk of Saint Petersburg and Rostov-on-Don linked to air pollution was evaluated. The comparative analysis of data on the structure of morbidity and the elemental status of child were given for the two districts of St. Petersburg with different degrees of anthropogenic impact: Kolpin-sky and Petrodvortsovy. As a result, it is concluded that, during the assessment of ecological state of urbanized areas and identification the causes of violations of public health it is necessary to adopt an integrated approach, including a number of additional criteria: the health risk and the elemental status of the population. Refs 15. Figs 2. Tables 3.

Keywords: urban territories, environmental assessment, elemental status of population, health risk.

1. Введение и постановка проблемы

Как известно, в качестве одной из стратегических целей в Основах экологической политики Российской Федерации на период до 2030 г. указано создание научной основы охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности населения, направленной на корректировку существующих экологических норм и показателей допустимого техногенного воздействия на окружающую среду. В связи с этим приоритетной задачей современной экологии являются разработка и обоснование новых критериев экологической оценки состояния природно-территориальных комплексов, адекватно отражающих экологическую ситуацию на конкретной территории, а также роль техногенеза в формировании уровня здоровья проживающего там населения. Особенно актуальна эта задача применительно к урбанизированным территориям, население которых постоянно испытывает существенную техногенную нагрузку. Здесь следует отметить, что техногенная нагрузка вызвана и прошлой, и продолжающейся хозяйственной деятельностью. При этом считается (Питулько и Кулибаба, 2017), что среди всех видов антропогенных нарушений биосферы прошлый экологический ущерб (ПЭУ) имеет всеобщее распространение в виде хронического остаточного воздействия и причинения вреда здоровью человека и окружающей среде. Загрязненные в прошлом территории, кроме того, стали фактором сдерживания экономического роста, причиной снижения экологических рейтингов территорий и, как следствие, барьером для иностранных и отечественных инвестиций.

Цель представленных исследований — на основе собственных и литературных данных рассмотреть применимость существующих подходов к экологической оценке состояния урбанизированных территорий, направленной на выявление техногенных факторов, влияющих на здоровье населения. Традиционно под экологической оценкой мы понимаем определение состояния среды жизни или степени воздействия на нее определенных факторов.

2. Методика исследования и результаты

На первом этапе данных исследований на основе санитарно-гигиенического подхода нами проведена сравнительная оценка экологического состояния двух крупных городов — Санкт-Петербурга и Ростова-на-Дону, экологическая ситуация в которых определяется и общими, и специфическими причинами. К общим причинам относится доминирующий загрязнитель атмосферного воздуха — автотранспорт (92–94 % от общего объема выбросов), к специфическим — физико-географические особенности этих территорий, проявляющиеся в их климатических и геохимических характеристиках. Проведенный сравнительный анализ показал, что в Санкт-Петербурге объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в 4–5 раз больше, чем в Ростове-на-Дону, однако по некоторым показателям различия поступления загрязняющих веществ в окружающую среду исследованных городов не столь велики. В частности, в Санкт-Петербурге плотность выбросов на единицу площади несколько выше, чем в Ростове-на-Дону и составляла в 2013 г. 434,5 и 371,3 т/км² соответственно (Серебрицкий, 2014; О состоянии окружающей среды..., 2014). Более высокий уровень загрязнения атмосферного возду-

ха в Ростове-на-Дону при меньших, чем в Санкт-Петербурге, объемах выбросов загрязняющих веществ можно объяснить антициклоническим типом погоды, частыми температурными инверсиями и пыльными бурями в этом городе. На больший, чем в Санкт-Петербурге, уровень загрязнения воздуха в Ростове-на-Дону указывают и значения индекса загрязнения атмосферы (ИЗА). Так, например, по официальным данным в 2013 г. в Санкт-Петербурге $ИЗА3 = 2,2$ (низкий уровень загрязнения атмосферного воздуха), а в Ростове-на-Дону $ИЗА5 = 9,76$ (высокий уровень загрязнения; Серебрицкий, 2014; О состоянии окружающей среды..., 2014). Как известно, этот показатель используется в санитарно-гигиеническом направлении нормирования техногенного воздействия на окружающую среду для оценки качества атмосферного воздуха и его влияния на здоровья населения.

Исходя из представленных выше данных можно ожидать, что в Санкт-Петербурге показатели первичной заболеваемости населения будут ниже, чем в Ростове-на-Дону. Однако на основе проведенного нами анализа данных медицинской статистики (Государственный доклад..., 2015; О состоянии окружающей среды..., 2014) получены противоположные ожидаемым результаты. Установлено, что по показателям первичной заболеваемости детского (от 0 до 10 лет) и взрослого населения Санкт-Петербург стоит на первом месте (в 2013 г. в Санкт-Петербурге зарегистрировано 2412 случаев заболеваний детей и 649 заболеваний взрослых на 1000 жителей, а в Ростове-на-Дону — 1836 и 610 случаев соответственно). В обоих городах на первом месте стоят болезни органов дыхания, причем Санкт-Петербург лидирует и по этому показателю (на 1000 детей приходится 1470 случаев заболеваний в Санкт-Петербурге и 1182 — в Ростове-на-Дону). Более высокие показатели заболеваемости населения Санкт-Петербурга при меньшем, чем в Ростове-на-Дону, уровне загрязнения атмосферного воздуха можно объяснить малым влиянием загрязнения воздуха на показатели заболеваемости населения. Подтверждением этого являются результаты исследования доли вкладов атмосферного загрязнения в уровни заболеваемости населения крупных индустриальных городов (Куркатов, 2004). В частности, установлено, что доля его вклада в первичную заболеваемость взрослого населения составляет всего 14%, а для детского населения этот показатель равен 23%. Возможно, более высокий, чем в Ростове-на-Дону, уровень заболеваемости населения Санкт-Петербурга вызван рядом неучтенных при оценке качества атмосферного воздуха городов лимитирующих факторов, среди которых — поступление в организм тяжелых металлов. В связи с чем отметим, что жители Санкт-Петербурга отличаются от жителей Ростова-на-Дону достоверно большей концентрацией Mn и Cu в зольном остатке организма (Дериглазова и Барановская, 2014). Известно (Р 2.1.10.1920–04..., 2004), что, накапливаясь в организме человека, эти вещества усиливают негативное воздействие на респираторную систему, увеличивая риск заболеваемости населения болезнями органов дыхания.

Использование показателей качества окружающей человека среды, основанных на системе гигиенических нормативов (ПДК, ОБУВ и т. д.), в России соответствует концепции нормирования в области охраны окружающей среды. Она изложена в ст. 19 Федерального закона № 7 «Об охране окружающей среды». Проблемы нормирования в этой области неоднократно обсуждались нами ранее (Мовчан, 2013; 2016). В частности, на основе анализа существующей в России концепции нормирования был сделан вывод о том, что и с точки зрения охраны природной среды,

и с точки зрения обеспечения экологической безопасности населения применение положений санитарно-гигиенического направления нормирования техногенного воздействия на окружающую среду малоэффективно. Этот вывод подтверждают представленные выше результаты сравнительного анализа качества атмосферного воздуха и заболеваемости населения двух крупных городов. Такой подход, не учитывающий физико-географические особенности территории, не дает возможность оценить истинную техногенную токсикологическую нагрузку на окружающую среду, а следовательно, и на здоровье населения.

Здесь следует обратить внимание и на то, что еще менее эффективен санитарно-гигиенический подход к экологической оценке состояния территорий в связи с «проблемами прошлого экологического ущерба». Появление объектов ПЭУ на урбанизированных землях представляет собой новое явление антропогенного воздействия, обуславливает необходимость его научного осознания и обоснования практических мер борьбы с этой формой вторичного загрязнения (Питулько и др., 2016). Представляется, что схему исследований в этой области можно свести к такой последовательности:

- 1) инвентаризация объектов ПЭУ;
- 2) геохимическое и агрохимическое опробование почвогрунтов в центре и по периферии объектов ПЭУ;
- 3) использование современных версий имитационных моделей, основанных на фундаментальных исследованиях физических, физико-химических и биохимических процессов в системе почва — ТМ — окружающая среда;
- 4) разработка рекомендаций по обращению с объектами ПЭУ, включая выбор мероприятий по санации, рекультивации, ликвидации и экологической реабилитации нарушенных угодий в зависимости от масштаба угроз экологической безопасности.

Возмещение накопленного экологического ущерба и изживание «грязных» технологий в перспективе направлено на формирование в РФ «зеленой» экономики. Отметим, что в настоящее время широко обсуждается проблема экологической ответственности бизнеса и роль государственно-частного партнерства в становлении таких технологий в целом. Это звучит во многих программных документах, обсуждается на заседаниях Государственного совета. Одними из направлений оздоровления окружающей среды являются анализ экологических рисков и создание системы управления ими. При этом существует опасность, что при анализе экологических рисков будут использоваться критерии экологической оценки состояния территорий, не позволяющие в полной мере выявить роль техногенных факторов в ухудшении здоровья населения, поскольку далеко не всякий бизнес обращает внимание на вред, который приносят дешевые, но «грязные» технологии, а надзорные природоохранные органы не всегда настаивают на соответствии проектов уровню наилучших достигнутых мировых решений.

Мы оценили неканцерогенный риск для здоровья населения Ростова-на-Дону и Санкт-Петербурга при ингаляционном поступлении в организм приоритетных загрязняющих веществ (Р 2.1.10.1920–04..., 2004). Метод оценки риска позволяет определить экологическое состояние урбанизированных территорий, а также получить количественные характеристики потенциального и реального ущерба здоровью населения от загрязнения окружающей среды. Одна из его отличительных

особенностей — сравнение содержания загрязняющих веществ с референтными (безопасными) концентрациями (дозами). Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов для отдельных веществ проводится на основе расчета коэффициента опасности по формуле

$$HQ = AD/RfD \quad \text{или} \quad HQ = AC/RfC, \quad (1)$$

где HQ — коэффициент опасности; AD — средняя доза, мг/кг; AC — средняя концентрация, мг/м³; RfD — референтная (безопасная) доза, мг/кг; RfC — референтная (безопасная) концентрация, мг/м³.

Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов при комбинированном и комплексном воздействии химических соединений проводится на основе расчета индекса опасности (ИИ). Для условий одновременного поступления нескольких веществ одним и тем же путем (например, ингаляционным или пероральным) мы рассчитывали этот индекс по формуле

$$ИИ = \text{сумма } HQ_i, \quad (2)$$

где HQ — коэффициенты опасности для отдельных компонентов смеси i воздействующих веществ.

Нами установлено, что общий риск для здоровья населения в Ростове-на-Дону в 3 раза выше, чем в Санкт-Петербурге, и составляет 9,49. При этом индекс опасности значительно выше допустимого (равного 1,0) для органов дыхания (8,99) и иммунной системы (3,0), а также по показателю смертности (2,42). В Санкт-Петербурге индекс опасности для органов дыхания и по показателю смертности значительно меньше, чем в Ростове-на-Дону, даже в центре города (3,59 и 1,67 соответственно). На основании сравнительного анализа рисков можно сделать вывод о том, что в обоих городах приоритетная проблема в области экологии и здравоохранения — болезни органов дыхания. В Ростове-на-Дону, кроме того, серьезной проблемой являются и болезни иммунной системы.

На следующем этапе данной работы на основе медико-демографического и биоиндикационного подходов мы оценивали влияние техногенеза на здоровье населения, проживающего на близких по физико-географическим характеристикам, но разных по техногенной нагрузке городских территориях. С этой целью проведен сравнительный анализ структуры заболеваемости и элементного статуса (состава) детского населения двух южных районов Санкт-Петербурга: Колпинского и Петродворцового. По официальным данным (Серебрицкий, 2015), объем выбросов загрязняющих веществ стационарными источниками в индустриальном Колпинском районе составляет 7 т/год, а в богатом зелеными насаждениями Петродворцовом — всего 1 т/год.

Проведенный нами на основе медико-демографического подхода анализ структуры заболеваемости населения (использованы данные статистической отчетности — форма № 12) показал, что в 2010 и 2014 гг. основной вклад в уровень заболеваемости детей обоих районов вносят болезни органов дыхания (их удельный вес в зависимости от года составляет в Колпинском районе 51–57%, а в Петродворцовом — 60–61%). На втором месте — болезни нервной системы и органов чувств (9–17,8%), а на третьем — болезни органов пищеварения (4,5–6,2%). При этом уровень заболеваемости в целом в Колпинском районе незначительно (в 2010 г. — в 1,03 раза, а в 2014 г. — в 1,01 раза) выше, чем в Петродворцовом районе.

Анализ нозологических групп (табл. 1) показывает, что в 2010 г. в Колпинском районе число случаев новообразований и болезней костно-мышечной системы было почти в 2 раза больше, чем в Петродворцовом; заметно больше (в 1,5 раза) зарегистрировано число случаев болезней нервной системы и органов чувств, отмечаются превышения (в 1,3 раза) по болезням крови и кроветворных органов. По данным за 2014 г., в Колпинском районе сохраняется заметно большее по сравнению с Петродворцовым число случаев новообразований (в 1,69 раза), болезней органов пищеварения (в 1,3 раза), крови и кроветворных органов (в 1,25 раза). Кроме того, в 2014 г. у детского населения Колпинского района заметно увеличилось число случаев болезней системы кровообращения и мочеполовой системы (превышение над показателями Петродворцового района — в 1,48 и 1,42 раза соответственно).

Таблица 1. Структура заболеваемости детского населения (0–14 лет) Колпинского и Петродворцового районов Санкт-Петербурга в 2010 и 2014 гг. (число случаев на 1000 чел. по данным медицинской статистики — форма № 12)

Нозологическая группа	Петродворцовый р-н		Колпинский р-н	
	2010	2014	2010	2014
Болезни органов дыхания	1661,00	1443,4	1432,87	1392,8
Болезни органов пищеварения	169,00	108,4	138,34	145,1
Болезни нервной системы и органов чувств	254,00	417,61	373,50	432,95
Болезни кожи и подкожной клетчатки	136,00	113,1	109,50	127,7
Болезни мочеполовой системы	55,40	44,7	65,60	63,4
Болезни костно-мышечной системы	46,50	97,9	91,60	81,4
Болезни эндокринной системы, нарушения обмена веществ	25,47	43,1	30,90	32,0
Болезни крови и кроветворных органов	9,93	10,8	13,00	13,5
Новообразования	10,25	10,8	20,27	18,3
Болезни системы кровообращения	7,45	5,4	8,88	8,0
Инфекционные и паразитарные болезни	112,03	109,9	99,40	121,3
Всего	2747,32	2405,0	2826,28	2436,5

В 2010–2014 гг. уменьшилась заболеваемость детей в обоих районах в целом, а также по следующим нозологическим группам: болезни органов дыхания, мочеполовой системы, системы кровообращения.

В структуре основных нозологических групп у детей обоих районов среди болезней органов дыхания преобладают острые респираторные инфекции верхних и нижних дыхательных путей, бронхиальная астма (табл. 2). Число случаев этих заболеваний в обоих районах по всем группам (в том числе и количество больных экологически обусловленным заболеванием бронхиальной астмой) уменьшилось к 2014 г. В группе заболеваний нервной системы и органов чувств первое место занимают болезни глаза и его придаточного аппарата, причем число детей с болезнями глаз значительно возросло к 2014 г. (в Петродворцовом районе — в 2,37 раза, в Колпинском — в 1,17 раза). Число случаев болезней уха и сосцевидного отростка в Петродворцовом районе также выросло к 2014 г. и составило 82,1 случая на 1000 детей. В Колпинском районе, наоборот, число случаев болезней уха и сосцевидного отростка уменьшилось и составило 51,71 случая на 1000 детей. В 2014 г.

Таблица 2. Структура основных нозологических групп детского населения (0–14 лет) Колпинского и Петродворцового районов Санкт-Петербурга в 2010 и 2014 гг. (число случаев на 1000 чел. по данным медицинской статистики — форма № 12)

Нозологическая группа	Петродворцовый р-н		Колпинский р-н	
	2010 г.	2014 г.	2010 г.	2014 г.
<i>Болезни органов дыхания:</i>	1661,00	1443,40	1432,87	1393,00
Острые респираторные инфекции верхних дыхательных путей	1592,55	1348,00	1300,22	1290,00
Острые респираторные инфекции нижних дыхательных путей	25,35	33,90	57,09	39,10
Астма, астматический статус	19,43	17,70	25,07	17,30
<i>Болезни нервной системы и органов чувств:</i>	254,00	417,61	373,50	432,95
Болезни нервной системы	98,41	70,70	125,65	164,50
Болезни глаза и его придаточного аппарата	123,95	295,24	159,78	186,30
Болезни уха и сосцевидного отростка	32,4	82,10	88,07	51,71
Расстройства вегетативной нервной системы	15,00	15,60	22,30	25,30
<i>Болезни органов пищеварения:</i>	169,00	108,40	138,34	145,10
Гастриты и дуодениты	30,83	16,70	37,26	26,70
Грыжи	13,38	7,40	42,87	36,50
Болезни желчного пузыря и желчевыводящих путей	43,25	22,20	10,58	10,00

в Колпинском районе по сравнению с Петродворцовым у детей зарегистрировано в 2,32 раза больше случаев заболеваний нервной системы, причем к этому году их число выросло, в то время как в Петродворцовом районе — уменьшилось. В группе болезней органов пищеварения выделяются гастриты и дуодениты, грыжи, болезни желчного пузыря и желчевыводящих путей. К 2014 г. число случаев по всем группам болезней пищеварительной системы сократилось в обоих районах.

По имеющимся данным о структуре первичной заболеваемости во всех группах населения (Государственный доклад..., 2015) в рассматриваемых районах приоритетными, так же как и у детей, являются болезни органов дыхания. Второе и третье места по распространенности занимают болезни органов пищеварения и мочеполовой системы. Уровень первичной заболеваемости всего населения в Колпинского районе выше, чем в Петродворцовом, по следующим нозологическим группам:

- болезни органов пищеварения (в 3,64 раза);
- болезни мочеполовой системы (в 1,67 раза);
- болезни системы кровообращения (в 1,54 раза);
- онкологические заболевания (в 1,38 раза).

Существенно (в 1,65 раза) выше первичная заболеваемость населения Колпинского района и по болезням органов дыхания. Здесь следует отметить, что первичная заболеваемость органов дыхания и органов пищеварения у детей всего Санкт-Петербурга соответственно в 5,74 и 8,16 раза больше, чем у взрослых. Соответствующие показатели по болезням мочеполовой системы, системы кровообращения и онкологическим заболеваниям в 1,47–2,85 раза выше у взрослого населения Санкт-Петербурга.

На основании сравнительного анализа первичной заболеваемости населения районов Санкт-Петербурга можно сделать вывод о том, что наихудшая ситуация со здоровьем взрослого и детского населения отмечается в Колпинском районе (Государственный доклад..., 2015), в котором приоритетная проблема в области здравоохранения — это болезни органов дыхания, онкологические заболевания, болезни органов пищеварения и мочеполовой системы. Наиболее остро она проявляется у детского населения Колпинского района.

В настоящее время отсутствуют данные, позволяющие определить причины, повлиявшие на здоровье населения исследованных районов. Известны лишь некоторые сведения для всего Санкт-Петербурга. В частности, по результатам исследований, проведенных сотрудниками Центра гигиены и эпидемиологии в Санкт-Петербурге (Государственный доклад..., 2015), наибольший вклад в уровни суммарного многосредового неканцерогенного риска (ТНІ¹) для детей и взрослых вносят марганец и его соединения, оксид меди, оксид кадмия и взвешенные вещества, поступающие ингаляционным путем. При этом критическими системами, наиболее подверженными влиянию загрязняющих веществ при хроническом ингаляционном воздействии на население Санкт-Петербурга, должны быть органы дыхания (31%), системное действие (12,21%), также по числу заболеваний выделяется рак (8,7%; Государственный доклад..., 2015).

Говоря об использовании показателей здоровья населения для экологической оценки состояния городских территорий, следует указать на следующее: по материалам ВОЗ, они в первую очередь зависят не от загрязнения окружающей среды, а от образа жизни населения и социально-экономических условий в регионе. В совокупном влиянии на здоровье населения ВОЗ отводит загрязнению окружающей среды не более 20%. Поэтому на основе исключительно медико-демографического подхода, использованного при анализе экологической ситуации в Колпинском и Петродворцовом районах, сложно определить влияние техногенного фактора.

С целью выявить возможное влияние химического загрязнения на здоровье населения исследуемых районов Санкт-Петербурга мы провели исследования на основе метода биоиндикации. Этот методический подход давно используется для оценки последствий антропогенного загрязнения природных территориальных комплексов, что не означает возможности его прямого переноса в область изучения экологического состояния городской среды. Как было показано нами ранее (Мовчан, 2005), далеко не всегда совпадают результаты оценки экологического состояния городских территорий, сделанные на основании биоиндикационных и физико-химических методов. Кроме того, существуют нерешенные вопросы и в отношении степени соответствия биоиндикационных и медико-демографических оценок качества городской среды. Нами выбран метод оценки элементного статуса: он позволяет учесть не только поступление в организм токсичных веществ, но и определить последствия элементного дисбаланса, повышающего вероятность проявления тех или иных заболеваний.

Для Колпинского района мы исследовали элементный статус детей ($n = 64$), проживающих в п. Металлострой, на территории которого расположена большая часть промышленных предприятий района. Для Петродворцового района анализ

¹ Total Hazard Index.

элементного статуса детей ($n = 55$) проведен среди учащихся г. Ломоносова, расположенного на максимальном удалении от стационарных источников загрязнения других районов города. Элементный статус детей определялся на основе элементного анализа волос учащихся школ в возрасте 6–10 лет.

Пробы волос отбирали родители детей по предварительно выданной инструкции. Все отобранные ими образцы подвергались предварительной пробоподготовке согласно требованиям МАГАТЭ, сборника методических указаний МУК 4.1.763—4.1.779—99, одобренного Минздравом РФ в 2000 г., а также методических указаний МУК 4.1.1482—03 и МУК 4.1.1483—03. В полученных образцах волос проводился анализ 13 химических элементов (Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Mg, Na, Ni, Pb, Zn) на базе ресурсного образовательного центра по направлению «химия» (РОЦ «Химия») Санкт-Петербургского государственного университета при помощи атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой ICPE-9000 (Shimadzu, Япония).

В силу того, что для исследуемых элементных показателей выборочные распределения не подчиняются нормальному закону, статистическая оценка полученных результатов проведена с использованием медианы и межквартильного интервала (в виде 25-й и 75-й перцентилей). Оценка индивидуальных данных детей произведена в сравнении с референтными значениями концентрации химических элементов в волосах (Скальный, 2003).

Установлено, что в биопробах детей Колпинского района содержание меди, железа, калия, магния, марганца, натрия и цинка выше, чем в биопробах детей Петродворцового района (табл. 3). В г. Ломоносове у детей наблюдается превышение по сравнению с детьми п. Металлострой средних содержаний кальция, кадмия, кобальта, никеля и свинца в волосах.

Проведенная оценка элементного статуса детского населения Колпинского и Петродворцового районов в сравнении с референтными значениями показала,

Таблица 3. Уровень обеспеченности элементами детей г. Ломоносова и п. Металлострой по данным элементного спектра волос (2014–2015 гг.)

Элемент	Металлострой, $n = 64$		Ломоносов, $n = 55$	
	Медиана, мг/кг	Межквартильный интервал, мг/кг	Медиана, мг/кг	Межквартильный интервал, мг/кг
Ca	1226,1	787,3–1702,0	1299,1	809,0–2179,2
Cd	0	0–0	1,0	0,4–2,0
Co	0	0–1,3	0,1	0–0,6
Cr	0	0–0	0	0–0
Cu	13,3	7,4–90,4	9,6	7,4–15,2
Fe	70,5	36,6–156,4	55,6	26,9–75,8
K	83,9	42,4–162,7	29,3	17,7–53,1
Mg	196,9	123,2–227,3	191,6	115,4–286,3
Mn	1,4	1,0–2,2	0,8	0,3–1,6
Na	188,8	111,6–335,1	51,3	20,6–89,4
Ni	0	0–0,7	0,9	0,7–6,9
Pb	0	0–0	0,6	0–1,8
Zn	108,9	77,1–253,8	91,1	72,0–117,2

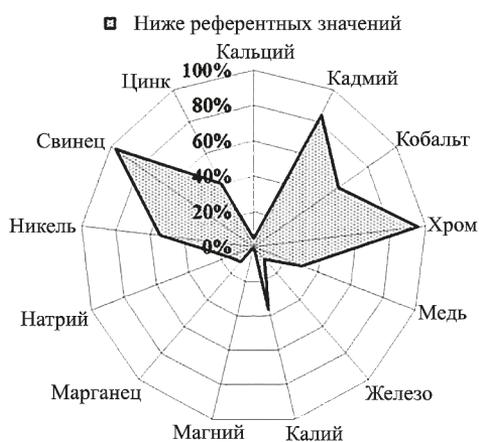
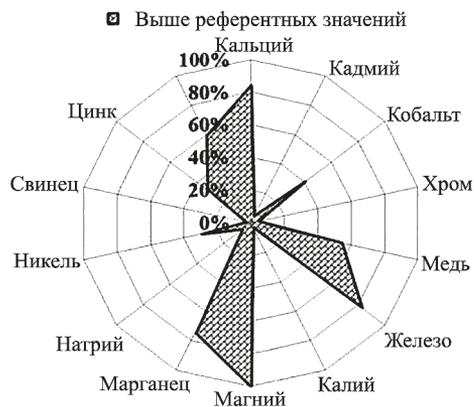


Рис. 1. Распространенность избытка и дефицита содержания элементов в волосах детей п. Металлострой

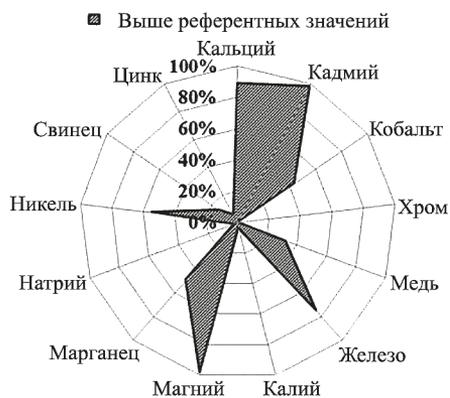


Рис. 2. Распространенность избытка и дефицита содержания элементов в волосах детей г. Ломоносова

что у детей Колпинского района (рис. 1) наблюдается избыток железа, марганца, меди, кальция, магния и дефицит хрома, кобальта, цинка, натрия, калия. В биопробах детей Петродворцового района (рис. 2) отмечается дефицит натрия, калия, хрома, цинка, кобальта и избыток кальция, магния, железа, марганца, никеля, кадмия. Следует отметить, что избыточное накопление меди, хрома, железа, свинца, никеля и кадмия в волосах детей Санкт-Петербурга было отмечено и другими исследователями (Детков и др., 2012).

С целью оценить нагрузку, оказываемую на организм детей токсичными элементами, было проведено сравнение содержания этих веществ в организме человека с имеющимися оценочными величинами («условным биологически допустимым уровнем», «уровнем обеспокоенности», «критическим уровнем»).

Установлено, что большинство детей (95–97 %) п. Металлострой не испытывают отрицательную нагрузку такими токсичными элементами, как свинец, никель, кадмий (их содержание находится на условно биологически допустимом уровне).

Противоположная ситуация отмечена в г. Ломоносове — в волосах детей на допустимом уровне находится только содержание свинца (87 % случаев). Вызывает обеспокоенность концентрация токсичных элементов в волосах в 7 % проб по свинцу, 16 % — по никелю, 24 % — по кадмию. Критический уровень содержания элементов в волосах детей превышен в 6 % проб по свинцу, в 27 % — по никелю, 66 % — по кадмию. Таким образом, в организмах детей г. Ломоносова накапливаются токсичные элементы — кадмий и никель.

Считается, что повышенное содержание свинца, никеля, кадмия в организме приводит к возникновению болезней органов дыхания, эндокринной и нервной систем (Маймулов и др., 2005). Отметим, что число случаев болезней органов дыхания среди детей выше в Петродворцовом районе, чем в Колпинском, одной из причин может быть накопление кадмия и никеля у детей. Болезни органов дыхания зависят от поступления в организм тяжелых металлов ингаляционным путем. По данным Центра гигиены и эпидемиологии, в 2013 и 2014 гг. наибольший уровень загрязнения почвы тяжелыми металлами был отмечен не в Колпинском, а в Петродворцовом районе, хотя он и соответствовал допустимым (менее 16) значениям (Государственный доклад..., 2015).

3. Заключение

Результаты проведенных исследований показали малую эффективность применения системы гигиенических нормативов для оценки влияния техногенного фактора на здоровье городского населения. Отмечены некоторые проблемы оценки качества окружающей человека среды на основе биоиндикационных и медико-демографических показателей. Большими возможностями обладает метод оценки риска здоровью при ингаляционном поступлении в организм приоритетных загрязняющих веществ. Он позволяет определить вероятность развития угрозы жизни или здоровью населения под воздействием химических факторов среды обитания. При оценке техногенного неканцерогенного риска для здоровья населения Ростова-на-Дону и Санкт-Петербурга нами установлено, что в обоих городах максимален риск развития болезней органов дыхания, при этом общий риск для здоровья населения в Ростове-на-Дону в 3 раза выше, чем в Санкт-Петербурге. Эти прогнозные данные не соответствуют сведениям о современном состоянии здоровья населения рассмотренных городов. Показатели первичной заболеваемости детского и взрослого населения Санкт-Петербурга выше этих показателей для Ростова-на-Дону.

На основе анализа собственных и литературных данных мы приходим к выводу о том, что при оценке экологического состояния урбанизированных территорий и выявлении причин нарушения здоровья населения необходимо применять комплексный подход, включающий в себя ряд дополнительных критериев. Предлагаем оценивать биогеохимические последствия техногенеза по двум критериям:

- 1) показателю риска для здоровья населения при воздействии загрязняющих окружающую среду веществ,
- 2) элементному статусу населения.

Первый из них отражает ожидаемый прирост частоты нарушений здоровья при воздействии загрязняющих веществ (исключая влияние образа жизни, социально-экономических условий, генетической предрасположенности).

Второй показатель отражает техногенный дисбаланс химических элементов в организме людей, проживающих на урбанизированных территориях. Он позволяет нацелить исследования на химические особенности условий обитания, вызванные влиянием на окружающую среду и существующих техногенных факторов, и объектов прошлого экологического ущерба.

Исследования элементного статуса детей двух районов Санкт-Петербурга показали, что на территории с высоким уровнем техногенной нагрузки (Колпинский район) в волосах детей среднее содержание меди, железа, калия, магния, марганца, натрия и цинка наибольшее. Кроме того, в биопробах детей отмечен избыток (превышение референтных значений) железа, марганца и меди. В биопробах детей благополучного с экологической точки зрения Петродворцового района обнаружено повышенное содержание никеля и кадмия. Отмечена связь между более высоким (по сравнению с показателями Колпинского района) уровнем болезней органов дыхания детей в Петродворцовом районе и накоплением токсичных элементов в организмах детей.

Благодарности. Благодарим РОЦ «Химия» Научного парка СПбГУ за предоставление оборудования, с использованием которого проведены исследования.

Литература

- Дериглазова, М. А., Барановская, Н. В., 2014. Биогеохимические особенности накопления химических элементов в зольном остатке организма человека, в: Успехи современного естествознания 6, 29–31.
- Детков, В. Ю., Скальный, А. В., Ломакин, Ю. В., 2012. Содержание эссенциальных микроэлементов в волосах детей, проживающих в Санкт-Петербурге, в: Микроэлементы в медицине 13 (3), 41–44.
- Куркатов, С. В., 2004. Гигиенические и медико-социальные проблемы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Красноярского края, в: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Кемерово, 22.
- Маймулов, В. Г., Якубова, И. Ш., Чернякина, Т. С., Ловцевич, С. М., Кузмичев, Ю. Г., Поляшова, А. С., Скальный, А. В., 2005. Возрастно-половые различия микроэлементного дисбаланса у детей Санкт-Петербурга, в: Материалы I Съезда РОСМЭМ «Микроэлементы в медицине» 1, 36–38.
- Мовчан, В. Н., 2005. Проблема оценки качества окружающей человека среды и пути ее решения, в: Материалы науч. конф. «Экология Санкт-Петербурга и его окрестностей». Санкт-Петербург, 216–219.
- Мовчан, В. Н., 2013. О проблемах нормирования в области охраны окружающей среды, в: Вестн. С.-Петерб. ун-та. Серия 7, 3, 81–87.
- Мовчан, В. Н., 2016. Об экологическом нормировании аэротехногенной нагрузки на лесную растительность, в: Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. «Приоритетные направления развития науки, техники и технологии» 2. Кемерово, 141–144.
- О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2013 году, 2014, в: Экологический вестник Дона, Ростов-на-Дону, 32–193.
- Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2014 году», 2015. Санкт-Петербург, 64–108. URL: http://78.rospotrebnadzor.ru/c/document_library/get_file?uuid=1a0fa00d-ba44-4f03-b8dd-b77871ca5b31&groupId=10156 (дата обращения 05.05.2015).
- Питулько, В. М., Кулибаба, В. В., Дрегуло, А. М., 2016. Экологические риски Северо-Западного региона в связи с объектами прошлого экологического ущерба, в: Региональная экология 1 (43), 28–37.
- Питулько, В. М., Кулибаба, В. В., 2017. Реновация природных систем и ликвидация объектов прошлого экологического ущерба. ИНФРА-М, Москва, 497. http://dx.doi.org/10.12737/monography_592d719605d0e6.49777507.

- P 2.1.10.1920–04. *Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду*, 2004. Москва. URL: <http://www.gosthelp.ru/text/r2110192004rukovodstvo00.html> (дата обращения 03.03.2017)
- Серебрицкий, И. А., 2014. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2013 году. Изд. ООО «Единый строительный портал», Санкт-Петербург, 173.
- Серебрицкий, И. А., 2015. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2014 году. Изд. ООО «Дитон», Санкт-Петербург, 180.
- Скальный, А. В., 2003. Референтные значения концентраций химических элементов в волосах, полученных методом ИСП-АЭС (АНО Центр Биотической Медицины), в: *Микроэлементы в медицине* 4 (1), 55–56.

Для цитирования: Мовчан В.Н, Зубкова П.С., Питулько В.М. Формирование критериальной базы экологической оценки состояния урбанизированных территорий // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2017. Т. 62. Вып. 3. С. 266–279. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2017.304>

References

- Deriglazova, M. A., Baranovskaia, N. V., 2014. Biogekhimicheskie osobennosti nakopleniia khimicheskikh elementov v zol'nom ostatke organizma cheloveka [Biogeochemical features of the accumulation of chemical elements in the ash residue of the human body], in: *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia* [The successes of modern natural sci.] 6, 29–31. (in Russian)
- Detkov, V. Iu., Skal'nyi, A. V., Lomakin, Iu. V., 2012. Soderzhanie essentsial'nykh mikroelementov v volosakh detei, prozhivaiushchikh v Sankt-Peterburge [Essential trace elements in the hair of children from Saint-Petersburg], in: *Mikroelementy v meditsine* [Microelements in medicine] 13 (3), 41–44. (in Russian)
- Kurkatov, S. V., 2004. *Gigienicheskie i mediko-sotsial'nye problemy obespecheniia sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiiia naseleniia Krasnoiar'skogo kraia: avtoref. dis. ... d-ra med. nauk* [Hygienic and medico-social problems of ensuring the sanitary-epidemiological welfare of the population of the Krasnoyarsk Territory: Thesis of Doct. Diss.]. Kemerovo, 22. (in Russian)
- Maimulov, V. G., Iakubova, I. Sh., Cherniakina, T. S., Lovtsevich, S. M., Kuzmichev, Iu. G., Poliashova, A. S., Skal'nyi, A. V., 2005. Vozrastno-polovye razlichii mikroelementnogo disbalansa u detei Sankt-Peterburga [Age-sex related differences of microelement disbalance in Saint-Petersburg children], in: *Materialy I S'ezda ROSMEM "Mikroelementy v meditsine"* [Materials of the I Congress of the ROSMEM "Microelements in medicine"] 1, 36–38. (in Russian)
- Movchan, V. N., 2005. Problema otsenki kachestva okruzhaiushchei cheloveka srede i puti ee resheniia [The problem of assessing the quality of the human environment and ways to solve it]. *Materialy nauch. konf. "Ekologiya Sankt-Peterburga i ego okrestnostei"* [Materials of the Scientific Conf. "Ecology of St. Petersburg and its Environs"], in: Saint-Petersburg, 216–219. (in Russian)
- Movchan, V. N., 2013. O problemakh normirovaniia v oblasti okhrany okruzhaiushchei srede [Standardization in environmental protection], in: *Vestnik of SPbSU*, series 7, 3, 81–87. (in Russian)
- Movchan, V. N., 2016. Ob ekologicheskom normirovanii aerotekhnogennoi nagruzki na lesnuiu rastitel'nost'. [About the ecological regulation of aerotechnogenic loading on forest vegetation. Priority directions for the development of science, technique and technology], in: *Sb. materialov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Prioritetnye napravleniia razvitiia nauki, tekhniki i tekhnologii"* [Collection of Materials of Intern. Scientific-practical Conf. "Priority Directions of the Development of Sci., Engineering, and Tech."]. Kemerovo, 141–144. (in Russian)
- O sostoianii okruzhaiushchei srede i prirodnykh resursov Rostovskoi oblasti v 2013 godu [About the state of the environment and natural resources of the Rostov Region in 2013], 2014, in: *Ekologicheskii vestnik Dona* [Ecological Bull. of the Don], Rostov-on-Don, 32–193. (in Russian)
- Gosudarstvennyi doklad "O sostoianii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiiia naseleniia v Sankt-Peterburge v 2014 godu" [State report "About the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in St. Petersburg in 2014"], 2015. St. Petersburg, 64–108. Available at: http://78.rospotrebнадзор.ru/c/document_library/get_file?uuid=1a0fa00d-ba44-4f03-b8dd-b77871ca5b31&groupId=10156 (accessed 05.05.2015). (in Russian)
- Pitul'ko, V. M., Kulibaba, V. V., 2017. Renovatsiia prirodnykh sistem i likvidatsiia ob'ektov proshlogo ekologicheskogo ushcherba [Renovation of natural systems and elimination of objects of past environmental damage]. INFRA-M, Moscow, 497. Available at: www.dx.doi.org/10.12737/monography_592d719605d0e6.49777507. (in Russian)

- Pitulko, V. M., Kulibaba, V. V., Dregulo, A. M., 2016. Ekologicheskie riski Severo-Zapadnogo regiona v svyazi s ob'ektami proshlogo ekologicheskogo ushcherba [Environmental risks in the North-West region resulting from the accumulated past ecological damage objects], in: *Regional'naiia ekologiia* [Regional ecology]. 1 (43), 28–37. (in Russian)
- R 2.1.10.1920—04. *Rukovodstvo po otsenke riska dlia zdorov'ia naseleniia pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagriazniaiushchikh okruzhaiushchuiu sredu* [G 2.1.10.1920–04. The guidelines of human health risk assessment from environmental chemicals], 2004. Moscow. Available at: <http://www.gosthelp.ru/text/r2110192004rukovodstvopoo.html> (accessed 03.03.2017) (in Russian)
- Serebriiskii, I. A., 2014. *Doklad ob ekologicheskoi situatsii v Sankt-Peterburge v 2013 godu* [Report about the environmental situation in St. Petersburg in 2013]. Saint-Petersburg, 173. (in Russian)
- Serebriiskii, I. A., 2015. *Doklad ob ekologicheskoi situatsii v Sankt-Peterburge v 2014 godu* [Report about the environmental situation in St. Petersburg in 2014]. Saint-Petersburg, 180. (in Russian)
- Skal'nyi, A. V., 2003. Referentnye znacheniiia kontsentratsii khimicheskikh elementov v volosakh, poluchennykh metodom ISP-AES (ANO Tsentr Bioticheskoi Meditsiny) [Reference values of chemical elements concentration in hair, obtained by means by means of ICP-AES method in ANO Centre for biotic medicine], in: *Mikroelementy v meditsine* [Microelements in medicine] 4 (1), 55–56. (in Russian)

For citation: Movchan V.N., Zubkova P.S., Pitulko V.M. Formation of the criterial base for ecological assessment of state of urbanized territories. *Vestnik SPbSU. Earth Sciences*, 2017, vol.62, issue 3, pp. 266–279. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2017.304>

Статья поступила в редакцию 19 июля 2017 г.
Статья рекомендована в печать 6 октября 2017 г.

Контактная информация

Мовчан В. Н. — доктор биологических наук, профессор; v.movchan@spbu.ru

Зубкова П. С. — p.zubkova@spbu.ru

Питулько В. М. — доктор геолого-минералогических наук, профессор; pitulko@rambler.ru

Movchan V. N. — Doctor of Biological Sciences, Professor; v.movchan@spbu.ru

Zubkova P. S. — p.zubkova@spbu.ru

Pitulko V. M. — Doctor of Geological Sciences, Professor; pitulko@rambler.ru