

УДК 314.172 + 504.3.054: [613.63 + 614.878 + 343.92:343.61]:314.4 (470.22)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЗАГРЯЗНЕНИИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ

Д. С. Рыбаков

Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

Оценивается риск воздействия атмосферных загрязнений на ожидаемую продолжительность жизни при рождении и уровень смертности населения в Республике Карелия. Отдельное внимание уделено многолетней (1996–2016 гг.) динамике выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников и статистически связанному с ней изменению уровня смертности населения от внешних причин. Так, число самоубийств и убийств за изученный период сократилось одновременно с уменьшением выбросов твердых веществ ($r = 0,92$ и $0,89$ соответственно), CO ($0,92$ и $0,88$), SO₂ ($0,77$ и $0,72$) и т. д. Такие зависимости согласуются с имеющимися публикациями о влиянии химических загрязнений на суицидальное и агрессивное поведение человека, а также общим трендом влияния выбрасываемых твердых веществ на количество преступлений, сопряженных с насильственными действиями в отношении потерпевших в Северо-Западном федеральном округе. Показана опасность для здоровья населения пылевидных частиц, концентрация которых в городском воздухе увеличивается после схода снегового покрова, особенно в случае дефицита весенних атмосферных осадков. Пылевидные частицы имеют отчасти остроугольную форму и повышенное по сравнению с городскими почвами содержание тяжелых металлов (W, Cu, V, Co, Zn, Ni, Mn, Sb, Sn, Cr, Mo). Представленные в работе данные и их анализ важны для продолжения исследований, направленных на оценку экологических рисков и снижение негативного воздействия химических загрязнений на здоровье и поведение человека.

Ключевые слова: выбросы загрязняющих веществ; пылевидные частицы; тяжелые металлы; температура воздуха; количество осадков; ожидаемая продолжительность жизни при рождении; уровень смертности; внешние причины смерти.

D. S. Rybakov. CURRENT TRENDS IN AIR POLLUTION AND LIFE EXPECTANCY IN THE REPUBLIC OF KARELIA

The article assesses the risk of exposure to atmospheric pollution on the life expectancy at birth and mortality in the Republic of Karelia. Special focus is on the long-term (1996–2016) variation of pollutant emissions from fixed sources and the statistically related to it change in the rate of mortality from external causes. Thus, the number of suicides and murders in the period studied decreased simultaneously with a decrease in the emissions of solid particles ($r = 0.92$ and 0.89 , respectively), CO (0.92 and 0.88), SO₂ (0.77 and 0.72), etc. Such dependencies are consistent with available publications on the effect of chemical pollution on suicidal and aggressive human behavior, as well as the general trend of the effect of emitted solids on the number of crimes associated with violent

actions against victims in the Northwest Federal District. The health hazard of exposure to dust-like particles is shown. Their concentration in urban air increases after the snow cover had thawed, especially in the case of a deficit of spring precipitation. Dust particles have partially acute-angled shapes and an elevated content of heavy metals (W, Cu, V, Co, Zn, Ni, Mn, Sb, Sn, Cr, Mo) compared to urban soils. The data presented in this article and their analysis are important for the continuation of research aimed at assessing environmental risks and reducing the negative impact of chemical pollution on human health and behavior.

Key words: polluting emissions; dust particles; heavy metals; air temperature; spring precipitation; life expectancy at birth; mortality rate; external causes of death.

Введение

Через атмосферный воздух, в случае его загрязнения выбросами предприятий и автотранспорта, происходит наиболее быстрое вредное воздействие на живые организмы, находящиеся в зоне аэрогенного влияния. Эти обстоятельства в полной мере распространяются и на человека. Именно поэтому во многих странах мира в последние десятилетия проблема загрязнения атмосферного воздуха различными химическими веществами рассматривается в тесной связи с изменениями показателей здоровья и смертности населения. Публикации по данной тематике исчисляются тысячами и широко цитируются в обобщающей литературе, различных руководствах, рекомендациях, докладах международных экспертов [ATSDR, 1998; Гичев, 2002; Онищенко и др., 2002; Ревич и др., 2004; Air..., 2006; Sulfur..., 2010; Chambliss et al., 2013; Health..., 2013; Ghorani-Azam et al., 2016]. Имеются также оригинальные исследования с использованием возможностей математической статистики по отдельным городам [Боев, Быстрых, 1999; Синицын, 2011; Hoi et al., 2014; Рыбаков, 2014б и др.].

Свой ощутимый вклад в усиление загрязнения на конкретной территории вносят и неблагоприятные погодноклиматические условия [Bell et al., 2004; Ревич, 2011 и др.], а также трансграничные переносы загрязняющих веществ [CH2M HILL, 2002; Zhong et al., 2013]. Так, в 1985–1995 гг. Республика Карелия подвергалась значительному воздействию осадений *серы* из трансграничных атмосферных потоков со стороны 20 европейских регионов (59 % переносов), а также переносов со стороны других регионов Российской Федерации (41 %). «Экспорт» соединений *серы* был в 1,7 раза ниже «импорта» [Государственный..., 1998]. Вместе с тем уже с начала 1980-х гг. количество атмосферных загрязнений, производимых в европейских государствах, стало быстро снижаться [Mylona, 1996; Vestreng et al., 2007]. Например, в соседней Финляндии в 1970–1980 гг. выбросы SO₂ достигали 590 тыс. т в год [Му-

лона, 1996], в 2011 г. они были ниже в 8,6 раза (68,3 тыс. т), а в 2015 г. – в 14 раз (42 тыс. т) [Official..., 2015]. Также снижались выбросы основных загрязнителей в Мурманской области – медно-никелевых комбинатов «Североникель» (работает с 1935 г.) и «Печенганикель» (работает с 1940 г.). В частности, выбросы SO₂ комбинатом «Североникель» уменьшились с 280 (1970–1980 гг.) до 45 (2000 г.) и 31,3 (2011 г.) тыс. т [Оценка..., 2013; Kashulina et al., 2014]. Металлургический комбинат «Печенганикель» ответственен за выбросы 257,5 тыс. т SO₂ в 1990 г. с уменьшением до 150 (2000 г.) и 100,7 (2011 г.) тыс. т [Оценка..., 2013; Червякова, 2014].

Известно, что загрязнение среды обитания отрицательно влияет на состояние здоровья населения, увеличивает показатели смертности, сокращает продолжительность жизни человека.

Существует общепринятая формула, определяющая долевой вклад в нарушение здоровья таких обобщенных факторов риска, как генетические зависимости (около 20 %), состояние среды обитания (около 20 %), образ жизни (более 50 %) и система здравоохранения (менее 10 %). Для России, в связи с неблагоприятным состоянием среды обитания, долевой вклад экологической компоненты в ухудшение здоровья населения разными исследователями определялся на уровне 40–60 % и выше [Гичев, 2002]. В целом ориентировочная доля населения, подверженная неблагоприятным санитарно-гигиеническим факторам в Российской Федерации, составляет 63,5–63,4 % [О состоянии..., 2015, 2017], что соответствует уровню 1991–1994 гг. – 60–70 % [Гичев, 2002]. Из них, по данным за 2014 г. [О состоянии..., 2015], наибольшее количество – 97,1 % (примерно 87,7 млн человек) – подвергается комплексной химической нагрузке, 59,4 % (53,7 млн человек) – биологической и 52,0 % (47,0 млн человек) – физическим факторам воздействия.

По данным Всемирной организации здравоохранения, крупнейшим фактором экологи-

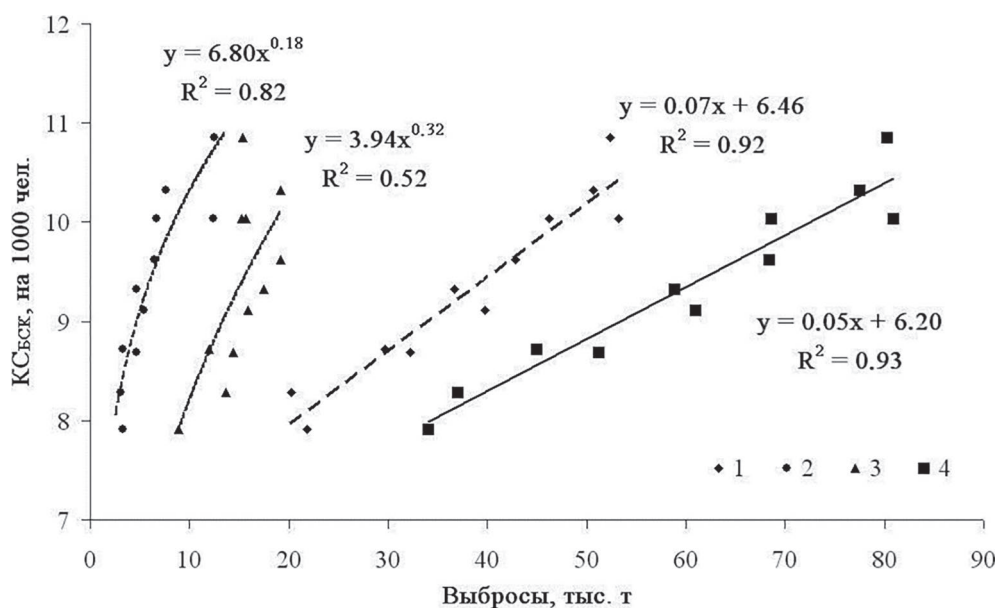


Рис. 1. Выбросы загрязняющих веществ и смертность населения от болезней системы кровообращения (КС_{БСК}) в 2002–2012 гг.:

1 – целлюлозно-бумажная промышленность и деревообработка; 2 – прочие обрабатывающие производства (кроме производства алюминия); 3 – электроэнергетика и жилищно-коммунальный комплекс; 4 – интегрирование по всем ВЭД (1 + 2+3) [по: Рыбаков, 2014а]

Fig. 1. Emissions of pollutants and mortality from diseases of the circulatory system in 2002–2012:

1 – pulp and paper industry and woodworking; 2 – other manufacturing industries (except aluminum production); 3 – electric power and housing and utility services; 4 – integration across all foreign economic activity (1 + 2+3) [after: Rybakov, 2014a]

ческого риска для здоровья и жизни человека является загрязнение воздуха. Согласно новой оценке [ВНО, 2016], 3 млн дополнительных случаев смерти в 2012 г. были связаны с воздействием загрязненного атмосферного воздуха. Для России оценка составляет 140,851 тыс. дополнительных случаев: 98 на 100 тыс. человек (общий показатель смертности) и 61 на 100 тыс. человек (показатель, стандартизованный по возрастным группам). В мире неизменным остается высокий уровень смертности от загрязнения воздуха в домашних хозяйствах (4,3 млн случаев смерти), однако в настоящем исследовании эта проблема применительно к территории изучаемого региона не рассматривается.

В Республике Карелия в последние годы наблюдается изменение структуры выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ, а также структуры смертности населения [Рыбаков, 2014а, 2017; Rybakov, 2016]. В том числе снизилось количество отходящих от стационарных источников твердых веществ, SO₂, CO, увеличилось – NO_x. Также возросли выбросы от передвижных источников (автотранспорт). Синхронно с выбросами от стационарных источников с 2003 по 2014 гг. уменьшились

показатели смертности населения: общей – на 26,5 %, от болезней системы кровообращения – на 27,8 % и от внешних причин – на 59 %. Смертность от новообразований, напротив, увеличилась на 18,3 %, с 2004 г. – на 23,5 %.

На основе данных государственной статистики установлена достоверная статистическая связь между суммой выбросов, отходящих от предприятий ряда основных для Республики Карелия видов экономической деятельности (ВЭД), и величиной коэффициента смертности от болезней системы кровообращения (рис. 1). Также показано [Рыбаков, 2017], что среди городов основной вклад в эту зависимость, по данным за 2002–2009 гг., внесли ($r_{\text{крит.}} = 0,707$ при $p = 0,05$ и $n = 8$) Петрозаводск ($r = 0,90$) и Кондопога ($r = 0,89$). При этом наиболее тесная корреляционная связь зафиксирована по преобладающему в выбросах диоксиду серы для трех городов: Петрозаводск ($r = 0,93$), Кондопога ($r = 0,89$), Сегежа ($r = 0,84$). Таким образом, сокращение загрязнения воздуха в указанных населенных пунктах могло обусловить снижение такого характерного параметра, как смертность от болезней системы кровообращения, и, как следствие, снижение общей смертности населения. Наличие

соответствующих данных позволило показать это отдельно и для г. Петрозаводска [Рыбаков, 2014б].

Кроме того, для Республики Карелия с помощью метода скользящего среднего выявлена тесная статистическая связь между выбросами загрязняющих веществ от автотранспорта и значениями коэффициента смертности от новообразований [Рыбаков, 2017 и др.].

Вместе с тем тесной корреляционной зависимостью от общего количества выбросов от стационарных источников характеризуется и коэффициент смертности от внешних причин ($r_{\text{крит.}} = 0,707$ при $p = 0,05$ и $n = 8$): Петрозаводск – $r = 0,95$, Кондопога – $r = 0,91$ при $r = 0,87$ для Республики Карелия в целом; от выбросов *диоксида серы*: Петрозаводск – $r = 0,96$, Кондопога – $r = 0,93$, Сегежа – $r = 0,88$, Республика Карелия – $r = 0,94$ [Рыбаков, 2017]. Такое обстоятельство требует подтверждения имеющейся тенденции на достаточно длинном временном интервале и ее более подробного изучения. Это важно также в связи с наличием международных рекомендаций, предлагающих исключать случаи смерти от внешних причин из исходных показателей при оценке последствий загрязнения воздуха для здоровья [Health..., 2013]. Такое исключение не всегда оправданно, тем более что появляется все больше данных об определенной связи с загрязнением и этих причин [Kim et al., 2010; Vakian et al., 2015 и др.]. В частности, с загрязнением воздуха взвешенными частицами ($PM_{2,5}$) и озоном связывают риск болезни Альцгеймера с последующим риском суицида у детей и молодых людей [Calderón-Garcidueñas et al., 2018].

В связи с изложенным выше целью настоящей работы является вероятностный анализ влияния техногенного загрязнения на продолжительность жизни, причины и уровень смертности населения (на примере Республики Карелия и г. Петрозаводска).

Для достижения поставленной цели проведена оценка многолетней тенденции изменения уровня опасности для человека наиболее распространенных в атмосферных выбросах загрязняющих веществ. Проанализированы важные аспекты региональных изменений загрязнения атмосферы, ожидаемой продолжительности жизни при рождении (ОПЖ) и, как требующих наряду с другими учета при загрязнении атмосферного воздуха, показателей смертности населения от внешних причин. Проведена идентификация опасности загрязнения пылевидными частицами территории г. Петрозаводска, являющегося административным

и культурным центром, в котором, по нашим расчетам с использованием данных государственной статистики на 1 января 2017 г., проживает 44,4 % населения Республики Карелия. В частности, изучена возможность формирования дополнительного экологического риска в марте–апреле, связанного не только с размером и морфологией частиц, но и с содержанием в них тяжелых металлов. Также дана косвенная оценка влияния на общий показатель смертности фактора запыленности, предположительно зависящего от погодных-климатических условий (атмосферные осадки, температура воздуха).

Материалы и методы

Для выяснения уровня статистической связи между количеством выбрасываемых в атмосферный воздух загрязняющих веществ, ОПЖ и показателями смертности населения Республики Карелия использовались данные государственной статистики, опубликованные в [Государственный..., 1994–1997, 1999, 2000, 2005, 2007, 2008, 2012, 2013, 2018; Демографический..., 2002–2015, 2017], на сайте Карелиястата (<http://krl.gks.ru>) и в некоторых других дополнительно указанных ниже источниках. С применением этих данных для периода 1991–2016 гг. построена статистическая модель динамики ОПЖ, корреляционный анализ проведен за период 1993–2016 гг. В качестве примера для сравнения с экономическими изменениями использовали индекс физического объема валового регионального продукта (ИФО ВРП) [Государственный..., 2006, 2013, 2018].

Учитывая максимальное относительное изменение смертности от внешних причин, нами рассмотрена статистическая зависимость между количеством случаев смерти на 100 тыс. человек населения от основных видов этих причин (отравления, самоубийства, убийства) и количеством выбросов наиболее распространенных загрязнителей (твердые вещества, SO_2 , CO и т. д.). При этом изучаемый период, по сравнению с предыдущими исследованиями [Rybakov, 2016; Рыбаков, 2017], расширили до 23 лет (1995–2017 гг.).

Имеющиеся данные по морфологии пылевидных ($< 0,01$ мм) частиц из осадков, образующихся на автодорогах г. Петрозаводска, элементному составу городских осадков (фракции $< 0,1$ и $< 0,01$ мм) [Рыбаков, Слукровский, 2009], элементному составу асфальтового покрытия [Рыбаков, 2017] дополнили определениями химических элементов в пыли, оседающей на бортах автотранспортных средств. Анализ провели методом ICP-MS в Центре коллектив-

ного пользования научным оборудованием КарНЦ РАН. Стандартная методика анализа, включающая стадию химической подготовки проб, изложена в отдельной публикации [Светов и др., 2015]. Для контроля содержания Pb в бензине различных марок (четыре пробы отобраны и заактированы в 2006 г. на двух автозаправочных станциях в г. Петрозаводске, выбранных по случайному принципу) представлены результаты соответствующих испытаний нефтепродуктов, проведенных в специализированной лаборатории ЗАО «Карелиянефтепродукт».

Ежегодные данные государственной статистики о выбросах загрязняющих веществ, населении, базы данных метеорологических параметров (температура воздуха, количество осадков) за 2013–2017 гг. использованы в настоящей работе с целью идентификации опасности от загрязнения воздуха твердыми веществами (пылью). Для этого в органах государственной статистики получены помесечные данные об общей смертности населения г. Петрозаводска за 2013–2017 гг. Значения изученного параметра смертности (общий коэффициент смертности – ОКС) пересчитывали с учетом среднегодовой численности населения и коэффициента годового выражения. За коэффициент годового выражения принимали

отношение количества дней в году к количеству дней в исследуемом периоде (месяце). В результате пересчета получали значения ОКС_{гв} для отдельных месяцев. По значениям ОКС_{гв} рассчитывали вклад отдельных месяцев в ОКС.

Расчет критериев Фишера и Стьюдента при сравнении средних выборочных значений содержания элементов, а также расчет линейных коэффициентов корреляции проводили после проверки нормальности распределения используемых эмпирических данных. При необходимости рассчитывали логарифмы полученных значений.

Расчеты и графические построения проводили с использованием пакета «Анализ данных» программного продукта Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Выбросы наиболее распространенных загрязняющих веществ и ожидаемая продолжительность жизни при рождении

На рис. 2 показана динамическая статистическая модель для ОПЖ (важнейший интегральный показатель для обобщенной оценки состояния здоровья и уровня смертности) населения Республики Карелия.

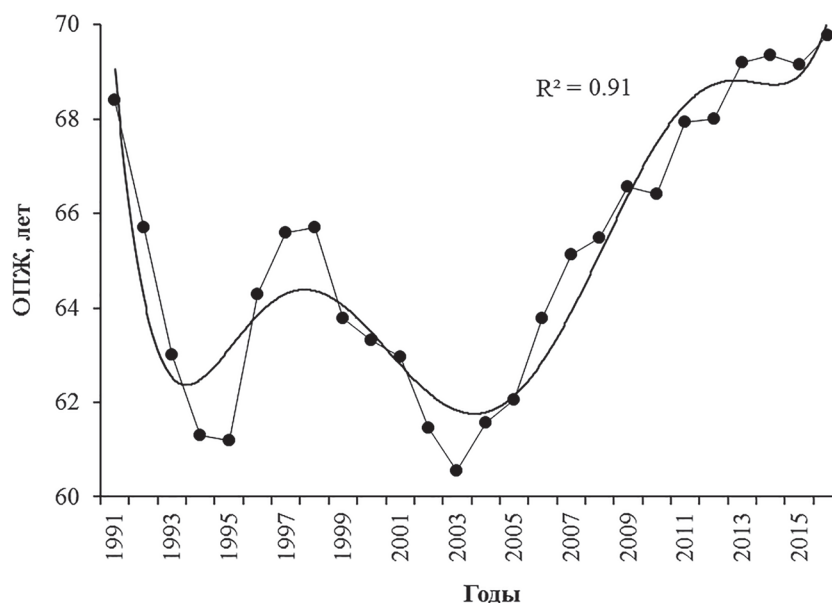


Рис. 2. Динамика ОПЖ в Республике Карелия в 1991–2016 гг.: R^2 – величина достоверности аппроксимации линии тренда (полином 6-й степени).

Здесь и на рис. 3: источники данных см. в разделе «Материалы и методы»

Fig. 2. The dynamics of LEB in the Republic of Karelia in 1991–2016: R^2 is the reliability value of the approximation of the trend line (polynomial of the 6th degree).

Here and in Fig. 3: for data sources see the section 'Materials and Methods'

Как видно из рис. 2, ОПЖ в Республике Карелия за период с 1990 г. была максимальной в 2016 г. (69,8 года), наименьшая зафиксирована в 2003 г. (60,6 года). Согласно данным государственной статистики, общее количество ежегодных выбросов загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, за период 1993–2016 гг. сократилось с 234,1 до 116 тыс. т (минимальное значение 94,9 тыс. т зафиксировано в 2014 г.). Максимально снизились выбросы *твердых веществ* – с 48,2 до 14,0 тыс. т (на 70,9 %). Выбросы SO_2 уменьшились со 137,5 до 74 тыс. т (46,2 %), CO – с 32,5 до 16,7 тыс. т (48,8 %), *оксидов азота* – с 10,7 до 9,3 тыс. т (13,1 %), *прочих газообразных и жидких веществ* – с 5,1 до 2,1 тыс. т (58,8 %) (рис. 3).

На рис. 4 показана статистическая связь между общим количеством выбросов загрязняющих веществ и ОПЖ в Республике Карелия. Хорошо видно изменение общей тенденции при снижении ОПЖ в период с 2000 по 2003 гг., с одной стороны, предположительно связываемое с расхождениями в подсчете численности населения, выявленными Всероссийской переписью населения 2002 г. [Государственный..., 2003, 2005]. С другой стороны, большее количество выбросов в период до 2002–2004 гг. также может объясняться существовавшими

и впоследствии ликвидированными небольшими источниками атмосферного загрязнения, имевшийся, вероятно, ущерб от которых здоровью не обнаруживался на фоне ущерба от ряда крупных предприятий. В частности, с 1994 по 2002 гг., согласно данным государственной статистики, число предприятий, отчитывавшихся по своим выбросам, сократилось на 68 единиц, или на 14,5 % от уровня 1994 г. [Рыбаков, 2014а]. Вместе с тем, исходя из рис. 2 и 4, следует признать сложный характер динамики ОПЖ в 1990-х и начале 2000-х гг. В это время на него могли оказывать равноценное влияние не только экологические, но и иные факторы. Причем относительно экономических факторов следует отметить, что после кризисного 1998-го вплоть до 2003 г. росту промышленного производства и региональной экономики в целом сопутствовало значительное снижение ОПЖ. В результате корреляционная связь ОПЖ с экономическими показателями, характеризующими ВРП, за период 1996–2016 гг. оказалась статистически незначимой ($r = 0,396$; $r_{\text{крит.}} = 0,433$ при $p = 0,05$ и $n = 21$), а для периода 2002–2016 гг. – слабой ($r = 0,557$; $r_{\text{крит.}} = 0,514$ при $p = 0,05$ и $n = 15$). Кроме того, на благоприятную тенденцию увеличения ОПЖ не повлиял кризис 2008–2009 гг., когда уровень ВРП в сопоставимых ценах за два года упал на 16,4 %.

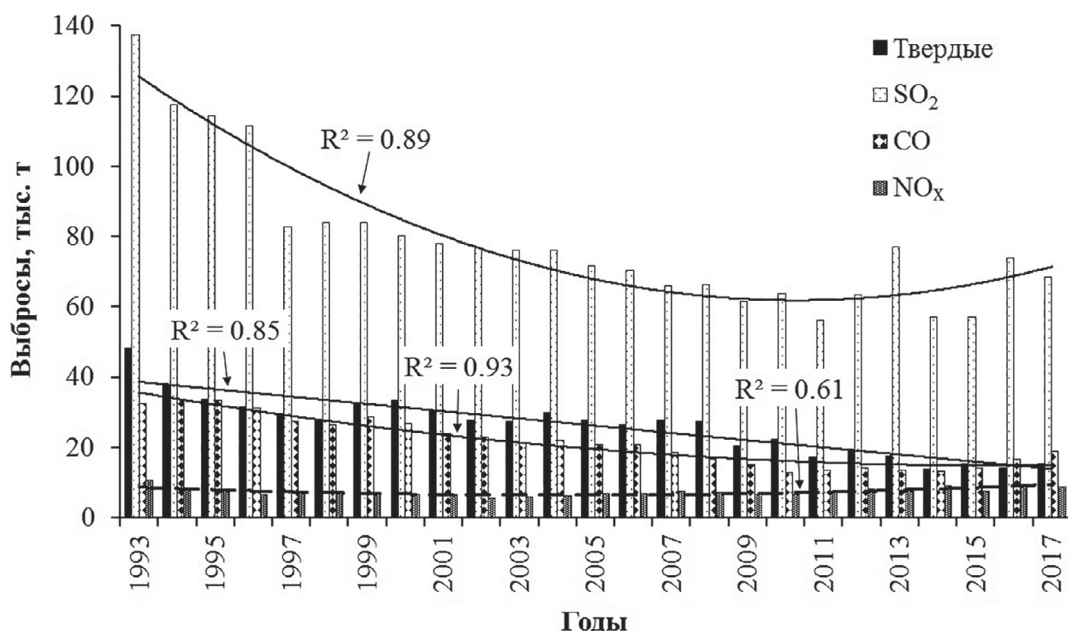


Рис. 3. Динамика выбросов наиболее распространенных загрязняющих веществ в Республике Карелия за 1993–2017 гг.:

линии трендов – полиномы 2-й степени; R^2 – коэффициент детерминации

Fig. 3. Dynamics of emissions of the most common pollutants in the Republic of Karelia for 1993–2017:

trend lines – polynomials of the 2nd degree; R^2 is the coefficient of determination

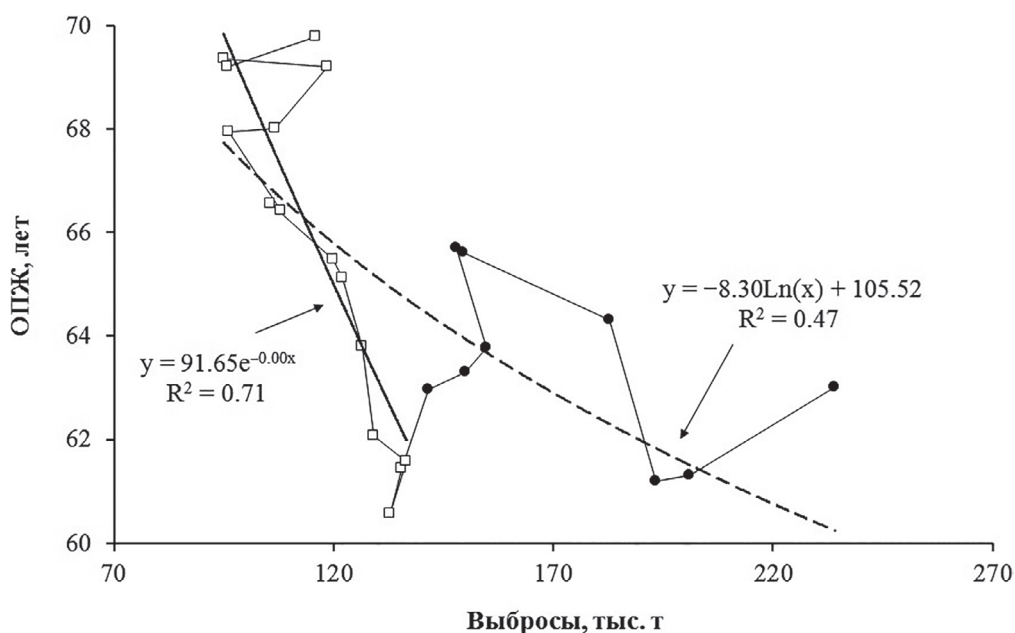


Рис. 4. Общее количество выбросов загрязняющих веществ и ОПЖ в Республике Карелия:

линии трендов: пунктирная – за период 1993–2016 гг., сплошная – за период 2002–2016 гг.

Fig. 4. The total amount of pollutant emissions and LEB in the Republic of Karelia:

trend lines: dotted – for the period of 1993–2016, solid – for the period of 2002–2016

В связи с наличием указанных сложных изменений линейный корреляционный анализ, характеризующий зависимость ОПЖ от выбросов наиболее распространенных загрязняющих веществ, проведен для трех периодов – 1993–2016, 1996–2016 и 2002–2016 гг. (табл. 1).

Наиболее тесная отрицательная корреляционная связь выявлена между региональными выбросами *твердых веществ* и ОПЖ, наименее тесная установлена для выбросов SO_2 . В последнем случае необходимо отметить всевозрастающую долю выбросов от объектов добычи и переработки железорудного сырья ОАО

Таблица 1. Парные коэффициенты корреляции между количеством выбросов загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, и ОПЖ населения Республики Карелия

Table 1. Paired correlation coefficients between the amount of emissions of pollutants emanating from stationary sources and the life expectancy at birth (LEB) of the population of the Republic of Karelia

ОПЖ, период LEB, period	Всего выбросов Amount of emissions	Твердые вещества Solid substances	SO_2	CO	NO_x	Прочие газообразные и жидкие Other gaseous and liquid	$r_{\text{крит.}} (p = 0,05)$
1993–2016 гг.	-0,63	-0,78	-0,57*	-0,70	0,48*	-0,65*	0,404
1996–2016 гг.	-0,61	-0,84	-0,50*	-0,63	0,82	-0,65	0,433
2002–2016 гг.	-0,84	-0,92	-0,57	-0,89	0,82	-0,72	0,514

Примечание. Звездочкой отмечены значения, расчет которых сделан исходя из выбора гипотезы о логнормальном распределении количеств выброшенных соответствующих загрязняющих веществ. Здесь и в табл. 2: источники данных для расчетов см. в разделе «Материалы и методы».

Note. The asterisk marks the values calculated on the basis of the hypothesis choice on the lognormal distribution of the quantities of corresponding pollutants emitted. Here and in Table. 2: for data sources for calculations see the section 'Materials and methods'.

Таблица 2. Парные коэффициенты корреляции между количеством выбросов загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, индексом физического объема ВРП и количеством случаев смерти от внешних причин на 100 тыс. чел. в Республике Карелия

Table 2. Paired correlation coefficients between the amount of pollutant emissions from stationary sources, the index of physical volume of GRP and the number of deaths from external causes per 100 thousand people in the Republic of Karelia

Внешние причины смерти External causes of mortality	Всего выбросов Overall amount of emissions	Твердые вещества Solid substances	SO ₂ *	CO	NO _x	Прочие газообразные и жидкие (lg) Other gaseous and liquid (lg)	ИФО ВРП Index of physical volume of GRP
Период 1996–2016 гг. ($r_{крит.} = 0,433$ при $p = 0,05$) Period of 1996–2016 ($r_{крит.} = 0,433$ at $p = 0,05$)							
Отравления Poisoning	0,69	0,86	0,56	0,71	-0,77	0,76	-0,50
Самоубийства Suicides	0,89	0,92	0,77	0,92	-0,69	0,73	-0,80
Убийства Murders	0,84	0,89	0,72	0,88	-0,72	0,70	-0,72
Все внешние причины All external causes	0,64	0,85	0,51	0,67	-0,82	0,71	-0,46
Период 2002–2016 гг. ($r_{крит.} = 0,514$ при $p = 0,05$) Period of 2002–2016 ($r_{крит.} = 0,514$ at $p = 0,05$)							
Отравления Poisoning	0,84	0,88	0,60	0,90	-0,79	0,76	-0,56
Самоубийства Suicides	0,81	0,89	0,55	0,87	-0,83	0,73	-0,57
Убийства Murders	0,77	0,85	0,52	0,86	-0,79	0,71	-0,58
Все внешние причины All external causes	0,82	0,90	0,55	0,88	-0,83	0,74	-0,57

Примечание. *Гипотеза о логнормальном распределении для SO₂ выбрана только в выборке за период 1996–2016 гг.
Note. * The lognormal distribution hypothesis for SO₂ was selected only in the sample for the period of 1996–2016.

«Карельский окатыш», увеличившего объемы производства за счет разработки Корпангского месторождения. По данным за 2002–2009 гг., исключением в районе г. Костомукши являются выбросы *твердых веществ*, которые за указанный период уменьшились с 6,446 до 5,027 тыс. т [Государственный..., 2003, 2010]. В 2015 г. выбросы твердых веществ в Костомукшском городском округе, по данным Росстата [База..., 2018], уменьшились до 4,031 тыс. т, тогда как общее количество отходящих загрязняющих веществ достигло 55,728 тыс. т. В 2017 г. эти количества составили 1,507 и 65,378 тыс. т соответственно (данные за 2016 г. в БД ПМО не приводятся).

Положительные коэффициенты корреляции с выбросами *оксидов азота* могут быть обусловлены прежде всего постепенной газификацией Петрозаводской ТЭЦ и других объектов г. Петрозаводска и позднее переводом на природный газ промышленной котельной ОАО «Кондопога».

Выбросы наиболее распространенных загрязняющих веществ и смертность от внешних причин

Возможное косвенное влияние экологически зависимых психоневрологических нарушений организма, считающихся одним из следствий химических воздействий [Гичев, 2002], на уровни смертности от внешних причин можно проследить на примере изучаемого региона. Результаты статистических расчетов сопоставлялись за периоды 1996–2016 и 2002–2016 гг. (табл. 2).

Согласно рис. 3, общее количество ежегодных выбросов загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, за период 1996–2016 гг. сократилось со 182,7 до 116 тыс. т (2002 г. – 135,4 тыс. т). Максимально снизились выбросы *твердых веществ* – с 31,4 до 14,0 тыс. т (на 55,3 %). Выбросы SO₂ уменьшились со 111,3 до 74,0 тыс. т (33,6 %), CO – с 31,3 до 16,7 тыс. т (46,8 %), *прочих газообраз-*

ных и жидких веществ – с 2,16 до 2,10 тыс. т (3,05 %). Увеличилось количество выбрасываемых оксидов азота (42,4 %), составившее в 2016 г. 9,3 тыс. т.

За это же время в регионе снизились показатели смертности от внешних причин – с 261,6 до 116,0 на 100 тыс. человек (55,7 %), в том числе: случайных отравлений алкоголем – с 52,9 до 4,8 (90,9 %), самоубийств – с 61,7 до 15,6 (74,7 %), убийств – с 31,6 до 7,0 (77,8 %) [Государственный..., 1997, 1999, 2000, 2005; Официальная..., 2018; Социально-экономическое..., 2018].

В 2016 г. ИФО ВРП к 1996 г. составил 135,8 %, к 2000 г. – 129,3 %.

Анализ табл. 2 показывает, что в целом для региона наблюдается тесная корреляционная связь между выбросами твердых веществ и других опасных ингредиентов, с одной стороны, и показателями смертности населения от различных внешних причин, с другой. Значения коэффициентов корреляции для экономического показателя по модулю ниже, чем для выбросов загрязняющих веществ, особенно в период 2002–2016 гг.

Отрицательные коэффициенты корреляции с выбросами оксидов азота, скорее всего, обусловлены проводимой газификацией. В отличие от остальных наиболее распространенных загрязняющих веществ, содержание которых на протяжении значительного времени сокращалось, количество выбросов оксидов азота в последние годы, напротив, увеличивалось. Других существенных факторов данного изменения, связанных со стационарными источниками загрязнения, не установлено.

Негативное воздействие алкоголя могло быть усилено воздействием загрязненного воздуха. Так, среди пожилых людей загрязнение воздуха твердыми частицами, диоксидом азота, озоном, окисью углерода и диоксидом серы ведет к увеличению в крови уровней концентрации ферментов печени (в частности, аспартатаминотрансферазы – АСТ, аланинаминотрансферазы – АЛТ и γ -глутамилтранспептидазы – γ -ГТФ) в большей степени у лиц, не занимающихся физическими упражнениями и употребляющими алкоголь [Kim et al., 2015]. Также показано [Абдукаримов, Искандаров, 2010], что этиловый спирт в малых количествах в крови благотворно влияет на исход при отравлении угарным газом, однако в больших концентрациях усиливает токсическое действие карбоксигемоглобина, повышая риск смерти. В этой связи в дальнейших исследованиях, особенно в случае ухудшения социально-экологической ситуации, необходимо обратить внимание на категорию населения, занятую

на производстве, то есть наиболее приближенную к источникам загрязнения и в то же время злоупотребляющую спиртными напитками.

Важно отметить, что в Северо-Западном федеральном округе (СЗФО) больше всего преступлений, сопряженных с насильственными действиями в отношении потерпевших, приходится на регионы с наибольшим количеством выбросов твердых веществ (Республика Коми > Вологодская > Архангельская > Мурманская обл.) [Рыбаков, 2017]. В целом по данным за 2013 г. для 11 регионов СЗФО (с учетом логнормального распределения числа преступлений данного вида) между этими показателями наблюдалась тесная корреляционная связь ($r = 0,87$; $r_{\text{крит.}} = 0,602$ при $p = 0,05$ и $n = 11$). При снижении выбросов в большинстве регионов и федеральном округе в целом эта связь (с учетом нормального распределения значений обоих показателей) несколько ослабевает (по данным за 2015 г., $r = 0,83$).

Имеются работы, связывающие суицидальное и агрессивное поведение с воздействием социально-экономических факторов [Молчанова, 2014]. Так, установлено, что в Республике Карелия попытки суицидов совершались по причине аффективного симптомокомплекса, а именно тревоги либо депрессии, либо чаще – сочетания тревоги и депрессии [Молчанова, Базарова, 2011]. В этих исследованиях использовались данные о личностных особенностях, здоровье, материальном и семейном положении и т. п. у 54 выживших после попыток суицида пациентов психоневрологического диспансера за период 2005–2009 гг. В свою очередь, исследования, осуществляемые нами, учитывают значительные изменения экологических параметров и показателей смертности от разных причин смерти за большие временные интервалы. Кроме того, только за период 2005–2009 гг. ежегодно фиксировалось, например, не менее 200 завершенных суицидов (максимум составил 284 случая в 2005 г.), что может быть важным для изучения спектра причин суицидального поведения.

Таким образом, учет экологических данных при исследовании случаев завершенных и незавершенных суицидов, агрессивных действий, случайных отравлений и т. д. позволяет расширить комплекс учитываемых факторов, влияющих на негативные процессы, связанные со здоровьем населения конкретной территории или региона в целом.

Уличная пыль и здоровье человека

В городах, где в качестве противогололедных средств используется песок (нередко

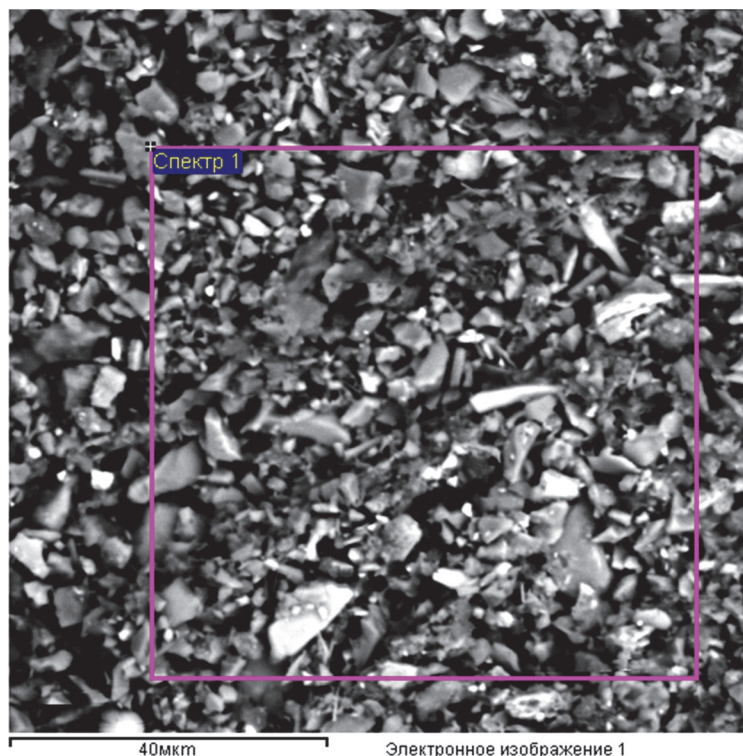


Рис. 5. Электронное изображение частиц фракции < 0,01 мм [по: Рыбаков, Слуковский, 2009]

Fig. 5. The electronic image of the particles fraction < 0.01 mm [after: Rybakov, Slukovsky, 2009]

вместе с солью) и непромытая каменная крошка, дополнительным источником загрязнения воздуха являются мелкодисперсные частицы, содержащиеся в соответствующей по размеру литотехнической фракции и поднимаемые в воздух ветром и проходящим автотранспортом в сухую погоду в бесснежный период. Суспендированные пылевидные частицы, распространяющиеся в том числе за пределы автомобильных дорог, представляют потенциальную угрозу здоровью людей.

При перемешивании мелкодисперсных частиц с песком и частично с почвой на дорогах в основном по краям проезжей части образуется разный по мощности слой осадков, называемый в системе жилищно-коммунального хозяйства сметом. В ходе дорожного движения в материал осадков попадают также частицы асфальта, дорожной разметки, истирающихся шин, тормозных колодок, легированных поверхностей транспортных средств. Эти компоненты являются дополнительными факторами загрязнения городских территорий. Так, для г. Петрозаводска установлен следующий ряд элементов по отношению их содержания в специально выделенной фракции < 1 мм материала старого дорожного покрытия к медианному содержанию в почвах города (раз): Zn (64,4),

Mo (10,1), Cu (4,4), Co (4,3), Ni (4,2), V (3,5), Mn (3,2), W (2,8), Sn (2,2), Cr (1,9), As (~0,79), Sb (0,73), Pb (0,38), Cd (0,31) [Рыбаков, 2017]. Лом асфальтовых и асфальтобетонных покрытий отнесен к отходам четвертого класса опасности [ФККО, 2017]. Полученные результаты предполагают дальнейшее изучение состава тяжелых металлов дорожных покрытий как возможного дополнительного фактора экологического риска.

Проведение микрозондового анализа позволило получить элементные составы частиц фракции < 0,01 мм дорожных осадков в г. Петрозаводске (отбор проб осенью 2006 г.) (рис. 5). Особенностью состава отдельных частиц является нередко повышенное (до 30 % и более по весу) содержание углерода на их поверхности. По всей видимости, оно связано с наличием пленок нефтепродуктов, обволакивающих эти частицы. При этом количество углерода, содержащегося на исследуемых поверхностях за счет углеродного напыления, не превышает 7 %. В составе некоторых частиц с размерами < 0,01 мм фиксируются такие опасные элементы, как Pb, Cu, Zn, содержится от 15 до 85 % Fe. Количественный спектральный анализ 20 проб дорожной пыли выявил в ней повышенные концентрации (мг/кг): Mn

(до 2000), V (до 230), Cu (до 96). Содержание Pb не превышало 23 мг/кг, Ni – 30, Co – 17. В количествах выше кларка (2,5 мг/кг) обнаружено Sn – 3,7–10 мг/кг (n = 13). Zn спектральным методом не определялся.

С извлечением из проб пыли более грубых частиц содержание Cr значительно возрастает: во фракции < 0,01 мм оно колеблется от 41 до 93 мг/кг (среднее арифметическое 75,7; n = 10), во фракции < 0,1 мм – от 28 до 41 мг/кг (среднее арифметическое 33,5; n = 10). Кроме Cr (p = 0,000) во фракции < 0,01 мм по критерию Стьюдента отмечено достоверно более высокое по сравнению с фракцией < 0,1 мм накопление Ni (p = 0,000) и Pb (p = 0,039). Содержание Co, напротив, достоверно выше во фракции, содержащей более крупные частицы (p = 0,001). Статистические различия средних значений незначимы для IgMn (p = 0,768), V (p = 0,705), IgSn (p = 0,554) и IgCu (p = 0,190).

Относительно небольшая концентрация Pb в дорожной пыли может объясняться вступлением в силу с 1 июля 2003 г. Федерального закона «О запрете производства и оборота этилированного бензина в Российской Федерации». Анализ проб бензина, отобранных случайным образом, проведенный в 2006 г., выявил содержание в них Pb ниже установленных нормативов (табл. 3). Случаи использования в г. Петрозаводске этилированного бензина не отмечены.

Анализ методом ICP-MS показал, что содержание тяжелых металлов (за исключением Pb и Cd) в уличной пыли, отобранной с борта автомобиля, выше их установленного [Рыбаков и др., 2013; Рыбаков, 2017] медианного содержания в почвах города (раз): W (22,3), Cu (5,6),

Co (5,0), V (4,5), Zn (3,1), Mn (2,8), Ni (2,7), Sb (2,5), Sn (2,4), Cr (1,8), Mo (1,6), Pb (0,82), Cd (0,27).

Таким образом, потенциальный экологический риск могут представлять как сами пылевидные частицы (из-за присутствия осколочных, нередко остроугольных форм), так и токсиканты, находящиеся в их составе. Например, поступление в организм повышенных концентраций Mn приводит к увеличению частоты респираторных заболеваний, в том числе пневмоний, V – к смертности от легочных заболеваний (бронхиты, пневмонии), Cr (в виде аэрозоля Cr₂O₃) – к воздействию на верхние дыхательные пути с развитием ринита и возможным поражением придаточных полостей носа [Бандман и др., 1989]. Поступление Cu в городских условиях через легкие считается незначительным, составляя при ежедневной ингаляции 23 м³ воздуха не более 0,02 мг в сутки [Бандман и др., 1988]. Вместе с тем повышенная смертность от рака органов дыхания и других локализаций характерна для производств рафинирования этого металла как результат совместного действия комплекса факторов [Адриановский, и др., 2008]. Высокое содержание Cu, превышающее кларк в земной коре по А. П. Виноградову 47 мг/кг [Войткевич и др., 1990] в 3,3–4,7 раза и медианное содержание в почвах города 36,6 мг/кг [Рыбаков и др., 2013] в 4,2–6,1 раза, выявленное в уличной пыли, предполагает дальнейшее изучение проблемы загрязнения городской среды этим и другими потенциально опасными элементами.

Существующими нормативами установлены (табл. 4) рекомендуемые референтные уровни ингаляционных воздействий как взвешен-

Таблица 3. Результаты испытаний нефтепродуктов на содержание свинца

Table 3. Test results of petroleum products for lead content

№№ п/п No.	Марка автомобильного бензина Gasoline brand	Нормы по ГОСТ, ТУ, г/дм ³ Standards according to GOST, tech. regulations, g/dm ³	Фактическое содержание Pb, г/дм ³ Actual content of Pb, g/dm ³	Номер и дата отчета об испытаниях нефтепродукта Oil product test report number and date
1	«А-76» А-76	0,013	0,010	925, 07.11.2006
2	«Нормаль-80» Normal 80	0,010	0,002	928, 07.11.2006
3	«Регулятор-92» Regulator-92	0,010	0,002	927, 07.11.2006
4	«Аи-92» Аи-92	0,005	0,002	926, 07.11.2006

Примечание. Данные получены КРОО «Ассоциация зеленых Карелии» (российско-шведский проект «Зеленый транспорт» в генеральном плане развития Петрозаводска). Анализы выполнены в Испытательной лаборатории нефтепродуктов ЗАО «Карелиянефтепродукт».

Note. The data was obtained by the KRPO 'Association of the Environmental Groups (the Green) of Karelia' (Russian-Swedish project 'Green Transport' in the urban development master plan of Petrozavodsk). The analyzes were performed in the Test Laboratory of Petroleum Products of ZAO Karelianefteproduct.

Таблица 4. Референтные концентрации для острых и хронических ингаляционных воздействий [извлечение из: Руководство..., 2004]

Table 4. Reference concentrations for acute and chronic inhalation exposures [extract from: Manual..., 2004]

Вещество Substance	Референтная концентрация, мг/м ³ Reference concentrations, mg/m ³	Критические органы / системы Critical organs / systems
Острые ингаляционные воздействия Acute inhalation exposures		
Взвешенные вещества Suspended substances	0,3	органы дыхания, системные эффекты respiratory organs, system effects
Взвешенные частицы с размером < 10 мкм Suspended particles < 10 µm	0,15	органы дыхания, системные эффекты respiratory organs, system effects
Взвешенные частицы с размером < 2,5 мкм Suspended particles < 2,5 µm	0,065	органы дыхания, системные эффекты respiratory organs, system effects
Медь Copper	0,1	органы дыхания respiratory organs
Ванадий Vanadium	0,0002	органы дыхания respiratory organs
Никель Nickel	0,003	иммунная система, органы дыхания immune system, respiratory organs
Сурьма Antimony	0,0004	кровь blood
Хронические ингаляционные воздействия Chronic inhalation exposures		
Взвешенные вещества Suspended substances	0,075	органы дыхания, смертность respiratory organs, mortality
Взвешенные частицы с размером < 10 мкм Suspended particles < 10 µm	0,05	органы дыхания, смертность, сердечно-сосудистая система, развитие respiratory organs, mortality, cardiovascular system, development
Взвешенные частицы с размером < 2,5 мкм Suspended particles < 2,5 µm	0,015	органы дыхания, смертность respiratory organs, mortality
Вольфрам Tungsten	0,1	органы дыхания respiratory organs
Медь Copper	2·10 ⁻⁵	органы дыхания, системные эффекты respiratory organs, system effects
Ванадий Vanadium	7·10 ⁻⁵	органы дыхания respiratory organs
Кобальт Cobalt	2·10 ⁻⁵	органы дыхания respiratory organs
Цинк Zinc	0,009	органы дыхания, иммунная система (сенсibilизация), кровь respiratory organs, immune system (sensitization), blood
Никель Nickel	5·10 ⁻⁵	органы дыхания, кровь, иммунная система, рак, центральная нервная система (ЦНС) respiratory organs, blood, immune system, cancer, central nervous system (CNS)
Марганец Manganese	5·10 ⁻⁵	ЦНС, нервная система, органы дыхания CNS, nervous system, respiratory organs
Сурьма Antimony	0,0004	органы дыхания respiratory organs
Олово Tin	0,0002	
Олово (II) оксид Tin oxide	0,02	
Хром Chromium	0,0001	органы дыхания, печень, почки, иммунная система, желудочно-кишечный тракт respiratory organs, liver, kidneys, immune system, gastrointestinal tract
Молибден Molybdenum	0,012	

ных веществ (TSP), взвешенных частиц с размером < 10 мкм (PM_{10}) и $< 2,5$ мкм ($PM_{2,5}$), так и многих других веществ, включая тяжелые металлы и их соединения. В табл. 4 включены те тяжелые металлы, которые чаще всего обнаруживаются в городской уличной пыли в повышенных количествах и могут представлять дополнительный риск для критических органов или систем человека при вдыхании взвешенных веществ.

Вероятное воздействие комплекса метеорологических и экологических факторов на уровень смертности населения

Погодно-климатические, в том числе метеорологические факторы – температура воздуха, влажность, ветровой режим – в совокупности в той или иной степени оказывают положительное или отрицательное воздействие на здоровье как при отсутствии загрязнения воздуха, так и при его наличии [Климатические..., 2003]. В последнем случае текущие метеорологические условия влияют на распределение поступивших в атмосферу загрязнителей, сокращая или увеличивая степень воздействия. Ниже приводятся примеры таких взаимодействий.

На рис. 6 показана динамика месячной смертности населения Республики Карелия за 2013–2017 гг., рассчитанной с учетом ко-

эффициента годового выражения. Как видно из данного рисунка, наибольшей смертностью отличается январь. Избыточная смертность в европейских странах, а также в России в Ивановской, Саратовской и Архангельской областях в зимний период (обычно в него включают декабрь–март) связывается с меняющейся в течение года температурой воздуха [Концевая и др., 2014]. Однако следует иметь в виду, что одним из следствий понижения температуры в зимний период является увеличение сжигания топлива, что, в свою очередь, ведет к росту количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Так, в г. Петрозаводске в январе 2016 г. максимальный режим работы ТЭЦ в условиях аномально холодной погоды и застойных явлений в атмосфере обусловил рост содержания учитываемых региональным Центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС) загрязняющих веществ: CO – до 2,2 ПДК и бенз(а)пирена – до 6,1 ПДК, выявленный в разовых пробах наружного воздуха [Государственный..., 2017]. Такое сочетание факторов, в свою очередь, могло привести к наибольшему за весь период 2013–2017 гг. уровню смертности населения в этом месяце ($OKC_{ГВ} = 13,51\%$, что на 5,6 % выше среднеянварского уровня за пять лет и на 17,9 % выше OKC за 2016 г.). Этот уровень в указанный пятилетний период

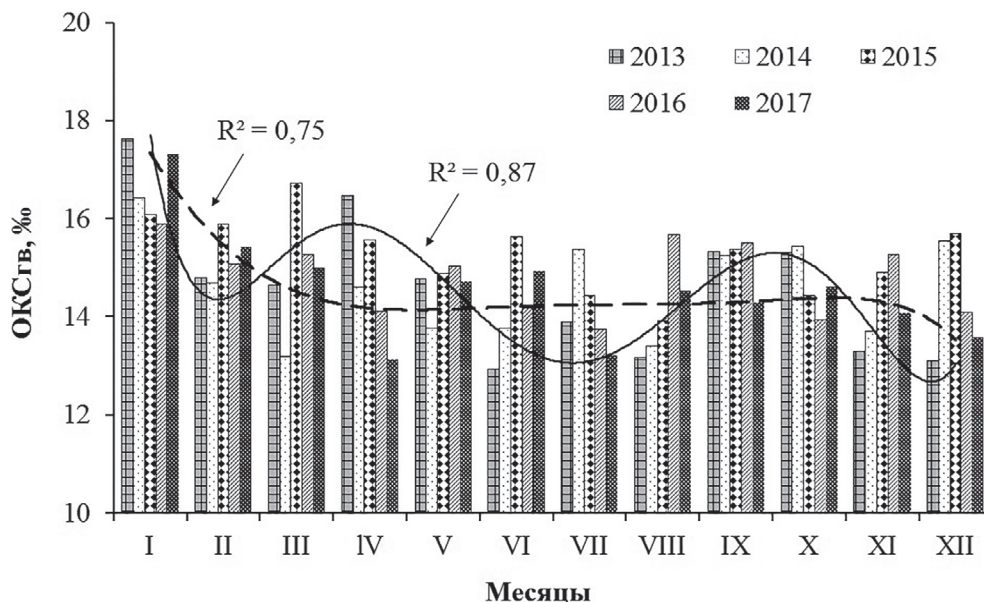


Рис. 6. Уровни общей смертности населения за 2013–2017 гг.:

полиномиальные кривые 6-го порядка: сплошная – за 2013 г., пунктирная – за 2017 г.
 Источник данных для расчетов и построений: <http://www.gks.ru/region/doc1186/Main.htm>

Fig. 6. The levels of total mortality in 2013–2017:

6th order polynomial curves: solid – for 2013, dashed – for 2017.
 Data source for calculations and plotting: <http://www.gks.ru/region/doc1186/Main.htm>

Таблица 5. Уровень смертности населения, температура воздуха, количество и интенсивность атмосферных осадков в г. Петрозаводске в марте–апреле 2013–2017 гг.

Table 5. The mortality rate, air temperature, amount and rate of precipitation in the city of Petrozavodsk in March–April 2013–2017

	2013		2014		2015		2016		2017	
	III	IV	III	IV	III	IV	III	IV	III	IV
Уровень смертности, % Mortality rate, %	8,51	8,44	7,74	8,35	8,98	8,21	8,00	8,08	9,12	7,98
Средняя за месяц температура воздуха, °С Average monthly air temperature, °С	-10,2	+2,8	-0,3	+3,5	+0,7	+2,2	-1,3	+3,5	-1,0	+0,2
Количество осадков, мм Precipitation, mm	16,6	22,1	31,4	13,2	17,0	36,4	11,2	49,6	21,7	58,2
Количество дней с осадками Number of precipitation days	10	11	11	8	12	15	9	13	16	20
Средняя интенсивность осадков в дни с осадками, мм/сут Average precipitation rate during precipitation days, mm/day	1,66	2,01	2,85	1,65	1,42	2,43	1,24	3,82	1,36	2,91

Примечание. Первичные данные по общей смертности получены в Карелиястате. Метеоданные получены по станции «Петрозаводск»: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR>.

Note. Primary data on total mortality were obtained in the Karelian Office of the Federal State Statistic Service. Meteorological data were obtained at the Petrozavodsk station: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR>.

обусловил наличие следующих корреляционных связей между среднемесячной температурой и уровнем смертности в холодный сезон: январь–март, декабрь – $r = -0,383$, $p = 0,095$; январь–февраль – $r = -0,650$, $p = 0,042$. При исключении из выборки данных, соответствующих самому холодному месяцу (январь 2016 г.), корреляционная связь резко ослабевает: январь–март, декабрь – $r = -0,227$, $p = 0,351$; январь–февраль – $r = -0,482$, $p = 0,188$, а самому теплomu (март 2015 г.) – заметно усиливается: январь–март, декабрь – $r = -0,527$, $p = 0,021$.

Аналогичные корреляционные связи между среднемесячной температурой и вкладом в годовую смертность (ОКС) учитываемых месяцев оказались теснее: январь–март, декабрь – $r = -0,491$, $p = 0,028$; январь–февраль – $r = -0,734$, $p = 0,016$.

Другим важным обстоятельством для г. Петрозаводска является рост из-за запыленности содержания в его атмосфере взвешенных веществ в марте и особенно в апреле [Государственный..., 2014, 2015, 2017, 2018 и др.]. Так, по имеющимся данным, в 2013 и 2014 гг. их концентрация в разовых пробах городского воздуха превышала ПДК в 1,1–3,4 раза в 0,3 и 3,0 % случаев (апрель и март–апрель соответственно), в 2016 и 2017 гг. – в 1,1–2,0 раза в 0,7 % случаев (март–апрель). В остальные месяцы превышений ПДК не наблюдалось. Следует отметить ориентировочный харак-

тер приведенных данных в связи с наличием в г. Петрозаводске только одного стационарного поста наблюдений Карельского ЦГМС.

Повышенную запыленность города в весенний период вызывают ранний сход снега, дефицит и относительно слабая интенсивность осадков (табл. 5). Из таблицы видно, что уровень смертности населения г. Петрозаводска в апреле оказывается наименьшим при значительном увеличении количества осадков (2016 и 2017 гг.). Более высокий уровень отмечен при относительно высокой среднемесячной температуре воздуха и небольшом количестве осадков. Линейный коэффициент корреляции для апреля между уровнем смертности и количеством осадков составил $-0,941$ ($p = 0,017$), а со средней интенсивностью осадков (отношение их количества к количеству дней с осадками) – оказался равным $-0,779$ ($p = 0,120$). При этом корреляционная связь между среднемесячной температурой и уровнем смертности не является статистически значимой при $p \gg 0,1$: $r = 0,582$ ($p = 0,303$).

Для марта соответственно вычислены следующие коэффициенты корреляции: $-0,260$, $-0,593$ и $0,011$. Максимальным количеством осадков и наибольшей их интенсивностью характеризовался март 2014 г. (см. табл. 5), что, вероятно, обеспечило частичный смыв за счет талых и дождевых вод накопленных в зимний период опасных пылевидных отложений и, как

следствие, некоторое снижение уровня смертности как в марте, так и в апреле по сравнению с соответствующими месяцами 2013 г.

Таким образом, влияние на здоровье человека загрязнения, связанного с выбросами промышленных и энергетических объектов, может быть дополнено сезонными воздействиями, связанными с изменениями количества атмосферных осадков в сочетании с запыленностью и в целом загрязнением городской среды.

Выводы

Из представленных выше материалов и их анализа следует ряд выводов:

- атмосферный воздух – это среда, посредством которой происходит наиболее быстрое проникновение загрязняющих веществ в живые организмы, находящиеся в зоне аэрогенного воздействия. В том числе это касается и человека, вдыхающего загрязненный воздух и накапливающего вредные вещества, включая высокотоксичные, в разных органах;
- перестройка структуры загрязнения урбогеосистем Республики Карелия техногенными выбросами сопровождается увеличением ОПЖ, что в большей степени выражено для периода с 2002 по 2016 гг. Одной из составляющих этого роста является уменьшение смертности населения от внешних причин (наряду со снижением смертности от болезней системы кровообращения), в частности самоубийств и убийств. Важное место в этих изменениях отводится сокращению выбросов твердых и ряда других наиболее распространенных вредных веществ, что согласуется с имеющимися публикациями о влиянии химических загрязнений на суицидальное и агрессивное поведение человека;
- важнейшими в экологическом отношении и очень опасными для здоровья человека являются попавшие в нижние слои атмосферы взвешенные частицы. Их концентрация и влияние зависят от количества выбросов предприятий, использования определенных видов противогололедных материалов, качества зимней и весенней уборки территорий в населенных пунктах, количества и интенсивности движения в них автотранспорта, погодных-климатических факторов (температура воздуха, количество атмосферных осадков, ветровой режим);
- усиливающим опасность фактором является содержание в пыли токсикантов, в том числе, как это показано для г. Петрозавод-

- ска, тяжелых металлов (W, Cu, V, Co, Zn, Ni, Mn, Sb, Sn, Cr, Mo). Для вредных веществ существуют референтные концентрации для острых (TSP, PM₁₀, PM_{2,5}, Cu, V, Ni, Sb) и хронических (TSP, PM₁₀, PM_{2,5}, все перечисленные элементы) ингаляционных воздействий;
- рост промышленного производства, урбанизация, отсутствие необходимых экологически обоснованных управленческих решений ведут к обострению указанных выше проблем и требуют скорейшего поиска их эффективного решения.

Автор признателен чл.-корр. РАН, проф. А. Ф. Титову за внимание к настоящей работе и ценные советы.

Литература

Абдукаримов Б. А., Искандаров А. И. Особенности судебно-медицинской токсикометрии острых отравлений угарным газом, сочетанных с алкогольной интоксикацией // Судебно-медицинская экспертиза. 2010. № 1. С. 30–33.

Адриановский В. И., Липатов Г. Я., Константинов В. Г., Шарипова Н. П., Безрукова Т. С., Чичерин Д. В. Результаты изучения смертности от злокачественных опухолей рабочих, занятых в основных производствах рафинирования меди // Электронный научно-образовательный вестник «Здоровье и образование в XXI веке». 2008. № 2. С. 63–64. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/rezultaty-izucheniya-smertnosti-ot-zlokachestvennyh-opuholey-rabochih-zanyatyh-v-osnovnyh-proizvodstvah-rafinirovaniya-medi> (дата обращения: 24.05.2018).

База данных показателей муниципальных образований (БД ПМО) / Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm (дата обращения: 22.05.2018).

Бандман А. Л., Гудзовский Г. А., Дубейковская Л. С. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I–IV групп: Справочное издание / Под ред. В. А. Филова. Л.: Химия, 1988. 512 с.

Бандман А. Л., Волкова Н. В., Грехова Т. Д. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов V–VIII групп: Справочное издание / Под ред. В. А. Филова. Л.: Химия, 1989. 592 с.

Боев Б. М., Быстрых В. В. Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха и здоровье населения // Комплексная оценка качества атмосферы промышленных городов Оренбургской области. Оренбург: Изд-во ОГУ, 1999. С. 129–146.

Войткевич Г. В., Кокин А. В., Мирошников А. Е., Прохоров В. Г. Справочник по геохимии. М.: Недра, 1990. 480 с.

Гичев Ю. П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека. (Печальный опыт России). Новосибирск: СО РАМН, 2002. 230 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 1993–году / Министерство экологии и природных ресурсов Республики Карелия. Петрозаводск, 1994 – 111 с., 1995 – 126 с., 1996 – 140 с., 1997 – 176 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 1997–году / Государственный комитет охраны окружающей среды по Республике Карелия. Петрозаводск, 1998 – 220 с., 1999 – 264 с., 2000–214 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 2002 году / Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Республике Карелия. Петрозаводск, 2003. 256 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 2004 году / Министерство сельского, рыбного хозяйства и продовольствия Республики Карелия; Сост. А. Д. Волков. Петрозаводск: Скандинавия, 2005. 335 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2005 году / Министерство сельского, рыбного хозяйства и экологии Республики Карелия. Петрозаводск: ПетроПресс, 2006. 344 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2006 году / Министерство сельского, рыбного хозяйства и экологии Республики Карелия; Сост. А. Н. Громцев, О. Л. Кузнецов. Петрозаводск: Карелия, 2007. 308 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2007 году / Министерство сельского, рыбного хозяйства и экологии Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия, 2008. 304 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2009 году / Министерство сельского, рыбного хозяйства и экологии Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия, 2010. 296 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2010 году / Министерство по природопользованию и экологии Республики Карелия. Петрозаводск, 2011 – 292 с., 2012 – 294 с.; 2013 – 328 с.; 2014 – 300 с., 2015 – 272 с., 2017 – 260 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2017 году / Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия. Петрозаводск, 2018. 292 с.

Демографический ежегодник России. М.: Росстат, 2002–2015, 2017. [Электронные документы]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1137674209312 (дата обращения: 08.04.2019).

Климатические изменения: взгляд из России / Под ред. В. И. Данилова-Данильяна. М.: ТЕИС, 2003. 416 с.

Концевая А. В., Лукьянов М. М., Худяков М. Б., Кляшторный В. Г., Баланова Ю. А., Калинина А. М., Бойцов С. А. Сезонные и помесечные изменения смертности в регионах Российской Федерации

с различными климато-географическими характеристиками // Российский кардиологический журнал. 2014. № 11(115). С. 25–30. doi: 10.15829/1560-4071-2014-11-25-30

Молчанова Е. В. Здоровье населения как базовое условие социально-экономического развития общества: автореф. дис. ... докт. экон. наук. М., 2014. 52 с.

Молчанова Е. В., Базарова Е. Н. Влияние социально-экономических факторов на суицидальное поведение // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2011. № 4(16). С. 86–96.

Онищенко Г. Г., Новиков С. М., Рахманин Ю. А., Авалиани С. Л., Буштуева К. А. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Под ред. Ю. А. Рахманина, Г. Г. Онищенко. М.: ГУ НИИ ЭЧиГОС им. А. Н. Сысина РАМН, 2002. 408 с.

О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2014 году. Государственный доклад / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. М., 2015. 206 с.

О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году. Государственный доклад / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. М., 2017. 220 с.

Официальная статистика. Население / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Карелия. URL: http://krl.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/krl/ru/statistics/population/ (дата обращения: 22.05.2018).

Оценка доклада по «горячим точкам» Баренцева региона. Описание состояния 42 исходных экологических «горячих точек». Отчет Акваплан-нива. НЕФКО/БФГТ, 2013. 133 с.

Ревич Б. А. Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения Европейской части России летом 2010 года: результаты предварительной оценки // Экология человека. 2011. № 7. С. 3–9.

Ревич Б. А., Авалиани С. Л., Тихонова Г. И. Экологическая эпидемиология. М.: Академия, 2004. 384 с.

Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду Р 2.1.10.1920-04. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

Рыбаков Д. С. Выбросы загрязняющих веществ как региональный фактор изменения показателей смертности // Уч. записки ПетрГУ. Серия «Естественные и технические науки». 2014а. № 2(139). С. 65–69.

Рыбаков Д. С. Статистическая оценка связи между показателями смертности и выбросами загрязняющих веществ в условиях урбанизации // Принципы экологии. 2014б. № 1(9). С. 59–73. doi: 10.15393/j1.art.2014.3361

Рыбаков Д. С. Геоэкология Карелии: геохимический подход к проблемам оценки риска. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2017. 313 с.

Рыбаков Д. С., Крутских Н. В., Шелехова Т. С., Лаврова Н. Б., Слукковский З. И., Кричевцова М. В., Лазарева О. В. Климатические и геохимические ас-

пекты формирования экологических рисков в Республике Карелия / Отв. ред. А. В. Яблоков. СПб.: ЭлекСис, 2013. 130 с.

Рыбаков Д. С., Слукровский З. И. Техногенные мелкодисперсные осадки городской среды как потенциальный фактор, формирующий риск здоровью населения // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 12. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. С. 173–174.

Светов С. А., Степанова А. В., Чаженгина С. Ю., Светова Е. Н., Рыбникова З. П., Михайлова А. И., Парамонов А. С., Утицына В. Л., Эхова М. В., Колодей В. С. Прецизионный (ICP-MS, LA-ICP-MS) анализ состава горных пород и минералов: методика и оценка точности результатов на примере раннедокембрийских мафитовых комплексов // Труды КарНЦ РАН. 2015. № 7. С. 54–73. doi: 10.17076/geo140

Синицын И. С. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха города Ярославля на заболеваемость органов дыхания // Ярославский педагогический вестник. Т. III (Естественные науки). Ярославль, 2011. № 1. С. 190–194.

Социально-экономическое положение Республики Карелия – 2018 г. / Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru/region/doc1186/Main.htm> (дата обращения: 22.05.2018).

ФККО – Федеральный классификационный каталог отходов (2017). Утв. Приказом Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242. URL: <http://classinform.ru/fkko-2017/83020001714.html> (дата обращения: 03.05.2018).

Червякова Ю. И. Комплексный анализ загрязнения атмосферного воздуха Мурманской области предприятиями металлургической и горно-химической промышленности за период с 2000 по 2012 годы // VI Международная студенческая электронная научная конференция. Студенческий научный форум 2014. URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/pdf/5321.pdf> (дата обращения: 24.05.2018).

Air Quality Guidelines. Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2006. 496 p.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1998. Toxicological Profile for Sulfur Dioxide. December 1998. U. S. Public Health Service. URL: www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp116.pdf (дата обращения: 30.04.2018).

Bakian A. V., Huber R. S., Coon H., Gray D., Wilson P., McMahon W. M., Renshaw P. F. Acute air pollution exposure and risk of suicide completion // Am. J. Epidemiol. 2015. Vol. 181, no. 5. P. 295–303. doi: 10.1093/aje/kwu341

Bell M. L., Davis D. L., Fletcher T. A Retrospective assessment of mortality from the London smog episode of 1952: The Role of influenza and pollution // Env. Health Persp. 2004. Vol. 112, no. 1. P. 6–8.

Calderón-Garcidueñas L., González-Maciel A., Reynoso-Robles R., Delgado-Chávez R., Mukherjee P. S., Kulesza R. J., Torres-Jardón R., Ávila-Ramírez J., Villarreal-Ríos R. Hallmarks of Alzheimer disease are evolving relentlessly in Metropolitan Mexico City infants, children and young adults. APOE4 carriers have higher suicide risk and higher odds of reaching NFT stage V at ≤ 40

years of age // Environ. Res. 2018. Vol. 164. P. 475–487. doi: 10.1016/j.envres.2018.03.023

Chambliss S., Miller J., Façanha C., Minjares R., Blumberg K. The Impact of stringent fuel and vehicle standards on premature mortality and emissions. Washington, DC: The International Council on Clean Transportation. 2013. 96 p.

Ghorani-Azam A., Riahi-Zanjani B., Balali-Mood M. Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran // J. Res. Med. Sci. 2016. Vol. 21: 65. doi: 10.4103/1735-1995.189646

CH2M HILL (China) Ltd. Study of air quality in the Pearl River Delta Region Agreement No. CE 106/98, Prepared for the Environmental Protection Department of the HK-SAR. 2002. URL: http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/study_rpts/study_pearl.html (дата обращения: 27.03.2018).

Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. WHO Regional Office for Europe, 2013. 54 p.

Hoi K.-I., Zhang D.-B., Mok K.-M., Yuen K.-V. Association of human mortality with air pollution of Hong Kong // Toxics. 2014. Vol. 2, iss. 2. P. 158–164. doi: 10.3390/toxics2020158

Kashulina G., de Caritat P., Reimann C. Snow and rain chemistry around the “Severonikel” industrial complex, NW Russia: Current status and retrospective analysis // Atm. Env. 2014. Vol. 89. P. 672–682. doi: 10.1016/j.atmosenv.2014.03.008

Kim C., Jung S. H., Kang D. R., Kim H. C., Moon K. T., Hur N. W., Shin D. C., Suh I. Ambient particulate matter as a risk factor for suicide // Am. J. Psychiatry. 2010. Vol. 167(9). P. 1100–1107. doi: 10.1176/appi.ajp.2010.09050706

Kim K. N., Lee H., Kim J. H., Jung K., Lim Y. H., Hong Y. C. Physical activity- and Alcohol-dependent association between air pollution exposure and elevated liver enzyme levels: An Elderly panel study // J. Prev. Med. Public Health. 2015. Vol. 48, no. 3. P. 151–169. doi: 10.3961/jpmph.15.014

Mylonas S. Sulphur dioxide emissions in Europe 1880–1991 and their effect on sulphur concentrations and depositions // Tellus. 1996. Ser. B. 48. P. 662–689. doi: 10.1034/j.1600-0889.1996.t01-2-00005.x

Official Statistics of Finland (OSF): Emissions into air by industry [e-publication]. ISSN=2323–7600. 2015. Helsinki: Statistics Finland. URL: http://www.stat.fi/til/tilma/2015/tilma_2015_2017-10-05_tie_001_en.html (дата обращения: 16.05.2018).

Rybakov D. S. Assessment of possible ecologo-demographic effects of air emissions by the example of Karelia // In: Biogenic-abiogenic interactions in natural and anthropogenic systems / Eds. O. V. Frank-Kamenetskaya, E. G. Panova, D. Yu. Vlasov. Springer. 2016. P. 189–201. doi: 10.1007/978-3-319-24987-2_16

Sulfur dioxide AEGl Technical Support Document // Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Vol. 8. Washington, DC: The National Academies Press, 2010. 79 p.

Vestreng V., Myhre G., Fagerli H., Reis S., Tarrason L. Twenty-five years of continuous sulphur dioxide

emission reduction in Europe // *Atmospheric Chemical and Physics*. 2007. Vol. 7. P. 3663–3681.

WHO (World Health Organization). Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. 2016. 121 p.

Zhong L., Louie P. K. K., Zheng J., Wai K. M., Ho J. W. K., Yuan Z., Lau A. K. H., Yue D., Zhou Y. The

Pearl River Delta Regional Air Quality Monitoring Network – Regional Collaborative Efforts on Joint Air Quality Management // *Aerosol and Air Quality Research*. 2013. Vol. 13, no. 5. P. 1582–1597. doi: 10.4209/aaqr.2012.10.0276

Поступила в редакцию 25.05.2018

References

Abdulkarimov B. A., Iskandarov A. I. Osobennosti sudebno-meditsinskoi toksikometrii ostrykh otravlenii ugarnym gazom, sochetannykh s alkohol'noi intoksikatsiei [Forensic medical toxicometry of acute carbon monoxide poisoning during alcoholic intoxication]. *Sudebno-meditsinskaya ekspertiza* [Forensic Medical Expertise]. 2010. No. 1. P. 30–33.

Adrianovskii V. I., Lipatov G. Ya., Konstantinov V. G., Sharipova N. P., Bezrukova T. S., Chicherin D. V. Rezul'taty izucheniya smertnosti ot zlokachestvennykh opukholei rabochikh, zanyatykh v osnovnykh proizvodstvakh rafinirovaniya medi [Results of the study of mortality from malignant tumors of workers employed in the main copper refining industries]. *Elektronnyi nauchno-obrazovatel'nyi vestnik "Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke"* [Electronic sci. and educ. bull. *Health and education in the XXI century*]. 2008. No. 2. P. 63–64. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/rezultaty-izucheniya-smertnosti-ot-zlokachestvennykh-opukholey-rabochih-zanyatykh-v-osnovnykh-proizvodstvakh-rafinirovaniya-medi> (accessed: 24.05.2018).

Bandman A. L., Gudzovskii G. A., Dubeikovskaya L. S. Vrednye khimicheskie veshchestva. Neorganicheskie soedineniya elementov I–IV grupp: Spravochnoe izdanie [Harmful chemicals. Inorganic compounds of elements of I–IV groups: Reference edition]. Ed. V. A. Filov. Leningrad: Khimiya, 1988. 512 p.

Bandman A. L., Volkova N. V., Grekhova T. D. Vrednye khimicheskie veshchestva. Neorganicheskie soedineniya elementov V–VIII grupp: Spravochnoe izdanie [Harmful chemicals. Inorganic compounds of elements of V–VIII groups: Reference edition]. Ed. V. A. Filov. Leningrad: Khimiya, 1989. 592 p.

Baza dannykh pokazatelei munitsipal'nykh obrazovaniy (BD PMO) [Database of Indicators of Municipal Entities (DB of IMF)]. Federal'naya sluzhba gos. statistiki [Federal State Statistics Service]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm (accessed: 22.05.2018).

Boev B. M., Bystrykh V. V. Antropogennoe zagryaznenie atmosfernogo vozdukh i zdorov'e naseleniya [Man-induced air pollution and human health]. *Kompleksnaya otsenka kachestva atmosfery promyshlennykh gorodov Orenburgskoi oblasti* [Comprehensive assessment of air quality in the industrial cities of the Orenburg Region]. Orenburg: OGU, 1999. P. 129–146.

Chervyakova Yu. I. Kompleksnyi analiz zagryazneniya atmosfernogo vozdukh Murmanskoi oblasti predpriyatiyami metallurgicheskoi i gorno-khimicheskoi promyshlennosti za period s 2000 po 2012 gody [Comprehensive analysis of air pollution caused by the enterprises of metallurgical and mining-chemical industry from 2000 to 2012 in the Murmansk Re-

gion]. *VI Mezhd. studencheskaya elektronnyaya nauch. konf. Studencheskii nauch. forum* [VI Int. student electronic sci. conf. Student Sci. Forum 2014]. URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/pdf/5321.pdf> (accessed: 24.05.2018).

FKKO – Federal'nyi klassifikatsionnyi katalog otkhodov (2017) [FCCW – The Federal Classification Catalogue of Waste (2017)]. Utv. Prikazom Rosprirodnadzora ot 22.05.2017 N 242 [Approved by the Order of Rosprirodnadzor, May 22, 2017]. URL: <http://classinform.ru/fkko-2017/83020001714.html> (accessed: 03.05.2018).

Gichev Yu. P. Zagryaznenie okruzhayushchei sredy i zdorov'e cheloveka (Pechal'nyi opyt Rossii) [Pollution of the environment and human health (The sad experience of Russia)]. Novosibirsk: Sibir. Branch of the RAMS, 2002. 230 p.

Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii okruzhayushchei prirodnoi sredy Respubliki Kareliya v 1993–godu [State Report on the Status of the Environment in the Republic of Karelia in 1993]. Ministerstvo ekologii i prirodnykh resursov Respubliki Kareliya [The Ministry of Environmental Protection of the Republic of Karelia]. Petrozavodsk, 1994 – 111 p., 1995 – 126 p., 1996 – 140 p., 1997 – 176 p.

Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii okruzhayushchei prirodnoi sredy Respubliki Kareliya v 1997–godu [State Report on the Status of the Environment in the Republic of Karelia in 1997]. Gosudarstvennyi komitet okhrany okruzhayushchei sredy po Respublike Kareliya [State Committee for Environmental Protection of the Republic of Karelia]. Petrozavodsk, 1998 – 220 p., 1999 – 264 p., 2000 – 214 p.

Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii okruzhayushchei prirodnoi sredy Respubliki Kareliya v 2002 godu [State Report on the Status of the Environment in the Republic of Karelia in 2002]. Upravlenie prirodnykh resursov i okhrany okruzhayushchei sredy MPR Rossii po Respublike Kareliya [Department of Natural Resources and Environmental Protection of the MNR of Russia in the Republic of Karelia]. Petrozavodsk, 2003. 256 p.

Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii okruzhayushchei prirodnoi sredy Respubliki Kareliya v 2004 godu [State Report on the Status of the Environment in the Republic of Karelia in 2004]. Ministerstvo sel'skogo, rybnogo khozyaistva i prodovol'stviya Respubliki Kareliya [The Ministry of Agriculture, Fisheries and Food of the Republic of Karelia]. Ed. A. D. Volkov. Petrozavodsk: Skandinaviya, 2005. 335 p.

Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii okruzhayushchei prirodnoi sredy Respubliki Kareliya v 2004 godu [State Report on the Status of the Environment in the Republic of Karelia in 2004]. Ministerstvo sel'skogo, rybnogo khozyaistva i prodovol'stviya Respubliki

Kareliya [The Ministry of Agriculture, Fisheries and Food of the Republic of Karelia]. Ed. A. D. Volkov. Petrozavodsk: PetroPress, 2006. 344 p.

Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii okruzhayushchei sredy Respubliki Kareliya v 2006 godu [State Report on the Status of the Environment in the Republic of Karelia in 2006]. Ministerstvo sel'skogo, rybnogo khozyaistva i ekologii Respubliki Kareliya [The Ministry of Agriculture, Fisheries and the Environment of the Republic of Karelia]. Eds A. N. Gromtsev, O. L. Kuznetsov. Petrozavodsk: Karelia, 2007. 308 p.

Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii okruzhayushchei sredy Respubliki Kareliya v 2007 godu [State Report on the Status of the Environment in the Republic of Karelia in 2007]. Ministerstvo sel'skogo, rybnogo khozyaistva i ekologii Respubliki Kareliya [The Ministry of Agriculture, Fisheries and the Environment of the Republic of Karelia]. Petrozavodsk: Kareliya, 2008. 304 p.

Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii okruzhayushchei sredy Respubliki Kareliya v 2009 godu [State Report on the Status of the Environment in the Republic of Karelia in 2009]. Ministerstvo sel'skogo, rybnogo khozyaistva i ekologii Respubliki Kareliya [The Ministry of Agriculture, Fisheries and the Environment of the Republic of Karelia]. Petrozavodsk: Kareliya, 2010. 296 p.

Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii okruzhayushchei sredy Respubliki Kareliya v 2010 godu [State Report on the Status of the Environment in the Republic of Karelia in 2010]. Ministerstvo po prirodopol'zovaniyu i ekologii Respubliki Kareliya [The Ministry for the Nature Management and Ecology of the Republic of Karelia]. Petrozavodsk, 2011 – 292 p., 2012 – 294 p.; 2013 – 328 p.; 2014 – 300 p., 2015 – 272 p., 2017 – 260 p.

Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii okruzhayushchei sredy Respubliki Kareliya v 2017 godu [State Report on the Status of the Environment in the Republic of Karelia in 2017]. Ministerstvo prirodnykh resursov i ekologii Respubliki Kareliya [The Ministry for the Natural Resources and Ecology of the Republic of Karelia]. Petrozavodsk, 2018. 292 p.

Demograficheskiy ezhegodnik Rossii [The Demographic Yearbook of Russia]. Moscow: Rosstat, 2002–2015, 2017. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1137674209312 (accessed: 08.04.2019).

Klimaticheskie izmeneniya: vzglyad iz Rossii [Climate change: a view from Russia]. Ed. V. I. Danilov-Danilyan. Moscow: TEIS, 2003. 416 p.

Kontsevaya A. V., Luk'yanov M. M., Khudyakov M. B., Klyashtornyi V. G., Balanova Yu. A., Kalinina A. M., Boitsov S. A. Sezonnnye i pomesyachnye izmeneniya smertnosti v regionakh Rossiiskoi Federatsii s razlichnymi klimato-geograficheskimi kharakteristikami [Seasonal and monthly changes in mortality in the regions of the Russian Federation with different climatic and geographical characteristics]. *Rossiiskii kardiologicheskii zhurn.* [Russ. J. Cardiology]. 2014. No. 11(115). P. 25–30. doi: 10.15829/1560-4071-2014-11-25-30

Molchanova E. V. Zdorov'e naseleniya kak bazovoe uslovie sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya obshchestva [Health of the population as a basic condition

for the socio-economic development of society]: Summary of DSc (Dr. of Econ.) thesis. Moscow, 2014. 52 p.

Molchanova E. V., Bazarova E. N. Vliyanie sotsial'no-ekonomicheskikh faktorov na suitsidal'noe povedenie [Influence of socio-economic factors on suicide behavior]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* [Economical and social changes: facts, trends, forecast]. 2011. No. 4(16). P. 86–96.

Ofitsial'naya statistika. Naselenie [Official statistics. Population]. Kareliastat. URL: http://krl.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/krl/ru/statistics/population/ (accessed: 22.05.2018).

Onishchenko G. G., Novikov S. M., Rakhmanin Yu. A., Avaliani S. L., Bushtueva K. A. Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu [Fundamentals of assessment of public health risk from exposure to chemical pollution]. Eds. Yu. A. Rakhmanina, G. G. Onishchenko. Moscow: A. N. Sysin Res. Inst. of Human Ecology and Env. Health, RAMS, 2002. 408 p.

O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiiskoi Federatsii v 2014 godu. Gosudarstvennyi doklad [On the Status of Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population in the Russian Federation in 2014. A State Report]. Rospotrebnadzor. Moscow, 2015. 206 p.

O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiiskoi Federatsii v 2016 godu. Gosudarstvennyi doklad [On the Status of Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population in the Russian Federation in 2016. A State Report]. Rospotrebnadzor. Moscow, 2017. 220 p.

Otsenka doklada po "goryachim tochkam" Barentseva regiona. Opisaniye sostoyaniya 42 iskhodnykh ekologicheskikh "goryachikh tochek". Otchet Akvaplan-niva [Assessment of the Barents Hot Spot Report describing the state of 42 original Barents environmental 'hot spots'. An Akvaplan-niva Report]. NEFKO/BFGT, 2013. 133 p.

Revich B. A. Volny zhary, kachestvo atmosfernogo vozdukha i smertnost' naseleniya Evropeiskoi chasti Rossii letom 2010 goda: rezul'taty predvaritel'noi otsenki [Heat wave, air quality and mortality in European Russia in summer 2010: preliminary assessment]. *Ekol. cheloveka* [Human Ecol.]. 2011. No. 7. P. 3–9.

Revich B. A., Avaliani S. L., Tikhonova G. I. Ekologicheskaya epidemiologiya [Environmental epidemiology]. Moscow: Akademiya, 2004. 384 p.

Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu P 2.1.10.1920–04 [Guidelines for assessing the health risks of the population when exposed to environmental pollutants P 2.1.10.1920–04]. Moscow: Federal'nyi tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii [The Federal Center for Sanitary and Epidemiological Supervision of the Russian Ministry of Health]. 2004. 143 p.

Rybakov D. S. Geoekologiya Karelii: geokhimicheskii podkhod k problemam otsenki riska [Geoecology of Karelia: a geochemical approach to the problems of risk assessment]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2017. 313 p.

- Rybakov D. S. Statisticheskaya otsenka svyazi mezhdu pokazatelyami smertnosti i vybrosami zagryaznyayushchikh veshchestv v usloviyakh urbanizatsii [Statistical estimation of the relationship between mortality rates and pollutant emissions in the conditions of urbanization]. *Principals of the Ecol.* 2014b. Vol. 3, no. 1. P. 59–73. doi: 10.15393/j1.art.2014.3361
- Rybakov D. S. Vybrosy zagryaznyayushchikh veshchestv kak regional'nyi faktor izmeneniya pokazatelei smertnosti [Pollutant emissions as a regional factor of mortality rate change]. *Uchen. zapiski Petrozavodskogo gos. univ. "Estestv. i tekhn. nauki"* [Proceed. Petrozavodsk St. Univ. Nat. and Engineering Sci.]. 2014a. No. 2(139). P. 65–69.
- Rybakov D. S., Krutskikh N. V., Shelekhova T. S., Lavrova N. B., Slukovskii Z. I., Krichevtsova M. V., Lazareva O. V. Klimaticheskie i geokhimicheskie aspekty formirovaniya ekologicheskikh riskov v Respublike Kareliya [Climatic and geochemical aspects of environmental risks formation in the Republic of Karelia]. Ed. A. V. Yablokov. St. Petersburg: ElekSis, 2013. 130 p.
- Rybakov D. S., Slukovskii Z. I. Tekhnogennye melkodispersnye osadki gorodskoi sredy kak potentsial'nyi faktor, formiruyushchii risk zdorov'yu naseleniya [Technogenic fine precipitations of the urban environment as a potential factor that forms a risk to the health of the population]. *Geol. i poleznye iskopaemye Karelii* [Geol. and Useful Minerals of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2009. No. 12. P. 173–174.
- Sinityn I. S. Otsenka vliyaniya zagryazneniya atmosfernogo vozdukhа goroda Yaroslavl'ya na zabolevayemost' organov dykhaniya [Estimation of atmospheric air pollution impact on respiratory organs' diseases in Yaroslavl]. *Yaroslavskii ped. vestnik. Vol. III (Estestv. nauki)* [Yaroslavl Pedagogical Bull. Vol. III (Nat. Sci.)]. Yaroslavl', 2011. No. 1. P. 190–194.
- Sotsial'no-ekonomicheskoe polozhenie Respubliki Kareliya – 2018 g. [Social and economic situation of the Republic of Karelia – 2018]. Federal'naya sluzhba gos. statistiki [Federal State Statistics Service]. URL: <http://www.gks.ru/region/doc1186/Main.htm> (accessed: 22.05.2018).
- Svetov S. A., Stepanova A. V., Chazhengina S. Yu., Svetova E. N., Rybnikova Z. P., Mikhailova A. I., Paramonov A. S., Utitsyna V. L., Ekhovala M. V., Kolodei V. S. Pritsizionnyi (ICP-MS, LA-ICP-MS) analiz sostava gornyx porod i mineralov: metodika i otsenka tochnosti rezul'tatov na primere rannedokembriiskikh mafitovykh kompleksov [Precise (ICP-MS, LA-ICP-MS) analysis of the composition of rocks and minerals: method and evaluation of accuracy of the results by example of Early Precambrian mafic complexes]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2015. No. 7. P. 54–73. doi: 10.17076/geo140
- Voitkevich G. V., Kokin A. V., Miroshnikov A. E., Prokhorov V. G. Spravochnik po geokhimii [Handbook of geochemistry]. Moscow: Nedra, 1990. 480 p.
- Air Quality Guidelines*. Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2006. 496 p.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1998. Toxicological Profile for Sulfur Dioxide. December 1998. U. S. Public Health Service. URL: www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp116.pdf (accessed: 30.04.2018).
- Bakian A. V., Huber R. S., Coon H., Gray D., Wilson P., McMahon W. M., Renshaw P. F. Acute air pollution exposure and risk of suicide completion. *Am. J. Epidemiol.* 2015. Vol. 181, no. 5. P. 295–303. doi: 10.1093/aje/kwu341
- Bell M. L., Davis D. L., Fletcher T. A. Retrospective assessment of mortality from the London smog episode of 1952: The Role of Influenza and Pollution. *Env. Health Persp.* 2004. Vol. 112, no. 1. P. 6–8.
- Calderón-Garcidueñas L., González-Maciel A., Reynoso-Robles R., Delgado-Chávez R., Mukherjee P. S., Kulesza R. J., Torres-Jardón R., Ávila-Ramírez J., Villarreal-Ríos R. Hallmarks of Alzheimer disease are evolving relentlessly in Metropolitan Mexico City infants, children and young adults. APOE4 carriers have higher suicide risk and higher odds of reaching NFT stage V at ≤40 years of age. *Environ. Res.* 2018. Vol. 164. P. 475–487. doi: 10.1016/j.envres.2018.03.023
- Chambliss S., Miller J., Façanha C., Minjares R., Blumberg K. The Impact of stringent fuel and vehicle standards on premature mortality and emissions. Washington, DC: The International Council on Clean Transportation, 2013. 96 p.
- Ghorani-Azam A., Riahi-Zanjani B., Balali-Mood M. Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. *J. Res. Med. Sci.* 2016. Vol. 21: 65. doi: 10.4103/1735-1995.189646
- CH2M HILL (China) Ltd. (2002). Study of air quality in the Pearl River Delta Region Agreement No. CE 106/98, Prepared for the Environmental Protection Department of the HKSAR. URL: http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/study/rpts/study_pearl.html (accessed: 27.03.2018).
- Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project*. Recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. WHO Regional Office for Europe, 2013. 54 p.
- Hoi K.-I., Zhang D.-B., Mok K.-M., Yuen K.-V. Association of human mortality with air pollution of Hong Kong. *Toxics.* 2014. Vol. 2, iss. 2. P. 158–164. doi: 10.3390/toxics2020158
- Kashulina G., de Caritat P., Reimann C. Snow and rain chemistry around the "Severonikel" industrial complex, NW Russia: Current status and retrospective analysis. *Atm. Env.* 2014. Vol. 89. P. 672–682. doi: 10.1016/j.atmosenv.2014.03.008
- Kim C., Jung S. H., Kang D. R., Kim H. C., Moon K. T., Hur N. W., Shin D. C., Suh I. Ambient particulate matter as a risk factor for suicide. *Am. J. Psychiatry.* 2010. Vol. 167(9). P. 1100–1107. doi: 10.1176/appi.ajp.2010.09050706
- Kim K. N., Lee H., Kim J. H., Jung K., Lim Y. H., Hong Y. C. Physical activity- and Alcohol-dependent association between air pollution exposure and elevated liver enzyme levels: An Elderly Panel Study. *J. Prev. Med. Public Health.* 2015. Vol. 48, no. 3. P. 151–169. doi: 10.3961/jpmph.15.014
- Mylona S. Sulphur dioxide emissions in Europe 1880–1991 and their effect on sulphur concentrations

and depositions. *Tellus*. 1996. B. 48. P. 662–689. doi: 10.1034/j.1600-0889.1996.t01-2-00005.x

Official Statistics of Finland (OSF): Emissions into air by industry [e-publication]. ISSN=2323–7600. 2015. Helsinki: Statistics Finland. URL: http://www.stat.fi/til/tilma/2015/tilma_2015_2017-10-05_tie_001_en.html (accessed: 16.05.2018)

Rybakov D. S. Assessment of possible ecologo-demographic effects of air emissions by the example of Karelia. *Biogenic-abiogenic interactions in natural and anthropogenic systems*. Eds. O. V. Frank-Kamenetskaya, E. G. Panova, D. Yu. Vlasov. Springer, 2016. P. 189–201. doi: 10.1007/978-3-319-24987-2_16

Sulfur dioxide AEGL Technical Support Document. Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Vol. 8. Washington, DC: The National Academies Press, 2010. 79 p.

Vestreng V., Myhre G., Fagerli H., Reis S., Tarrason L. Twenty-five years of continuous sulphur dioxide emission reduction in Europe. *Atmospheric Chemical and Physics*. 2007. Vol. 7. P. 3663–3681.

WHO (World Health Organization). Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. 2016. 121 p.

Zhong L., Louie P. K. K., Zheng J., Wai K. M., Ho J. W. K., Yuan Z., Lau A. K. H., Yue D., Zhou Y. The Pearl River Delta Regional Air Quality Monitoring Network – Regional Collaborative Efforts on Joint Air Quality Management. *Aerosol and Air Quality Research*. 2013. Vol. 13, no. 5. P. 1582–1597. doi: 10.4209/aaqr.2012.10.0276

Received May 25, 2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Рыбаков Дмитрий Сергеевич

старший научный сотрудник лаб. геохимии, четвертичной геологии и геоэкологии, к. г.-м. н.
Институт геологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: greens@karelia.ru

CONTRIBUTOR:

Rybakov, Dmitry

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: greens@karelia.ru