

- J.M. Adjuvant effect of zymosan after pulmonary treatment in a mouse ovalbumin allergy model. *Exp. Lung Res.* 2013; 39 (1): 48–57.
4. Schram-Bijkerk D., Doekes G., Douwes J., Boeve M., Riedler J., Ublagger E. et al. Bacterial and fungal agents in house dust and wheeze in children: the PARSIFAL study. *Clin. Exp. Allergy.* 2005; 35: 1272–8.
 5. Eldridge M., Peden D. Allergen challenge enhance LPS-induced nasal inflammation. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2000; 105 (1-2): 81.
 6. Eisenbarth S.C., Piggott D.A., Huleatt J.W., Visintin I., Herrick C.A., Bottomly K. Lipopolysaccharide-enhanced, Toll-like receptor 4-dependent T helper cell type 2 responses to inhaled antigen. *J. Exper. Med.* 2002; 196 (12): 1645–51.
 7. Zekovic D.B., Kwiatkowski S., Vrvic M.M., Jakovljević D., Moran C.A. Natural modified (1→3)- β -glucans in health promotion and disease alleviation. *Crit. Rev. Biotechnol.* 2005; 25(4): 205–30.
 8. Besednova N.N., Ivanushko L.A., Zvyagintseva T.N., Elyakova L.A. Immunotropnie svoystva 1,3/1,6- β -D-glyukanov. *Antibiotiki i khimioterapiya.* 2000; (2): 37–44. (in Russian).
 9. Akhapkina I.G., Zheltikova-Vostoknutova T.M., Antropova A.B., Egorova O.V., Kalinkina M.A., Yashunskiy D.V. et al. Immunoenzyme test system for the quantitative determination of mycopolysaccharides and their derivatives in environmental dust. Patent RF № 2543323; 2015. (in Russian)
 10. Akhapkina I.G., Zheltikova T.M., Antropova A.B., Mikhaylova N.A., Yashunskiy D.V., Karelin A.A., et al. Razrabotka metodicheskikh podhodov k sozdaniyu reagentov dlja immunofermentnogo opredeleniya lineinykh β -(1→3)-gljukanov i ih proizvodnykh v okruzhajushhej srede. *Immunologiya.* 2015; 36 (5): 276–9. (in Russian)
 11. Brooks C.R., Siebers R., Crane J., Noss I., Wouters I.M., Sander I., et al. Measurement of β -(1,3)-glucan in household dust samples using Limulus amoebocyte assay and enzyme immunoassays: an inter-laboratory comparison. *Environ. Sci. Process Impacts.* 2013; 15 (2): 405–11.
 12. Akhapkina I.G., Antropova A.B., Akhmatov E.A., Zheltikova T.M. Induction of cytokine synthesis by a synthetic fragment of linear (1-3) β -glucan in in vitro experiments. In: *Materials of the III International Mycological Forum «The success of medical mycology». Volume 14 [Materialy III mezhdunarodnogo mikologicheskogo foruma «Uspekhi meditsinskoj mikologii». Tom 14].* Moscow: Natsional'naya akademiya mikologii; 2015: 381–3. (in Russian)
 13. Engstad C.S., Engstad R.E., Olsen J.O., Osterud B. The effect of soluble β -(1,3)-glucan and lipopolysaccharide on cytokine production and coagulation activation in whole blood. *Int. Immunopharmacol.* 2002; 2 (11): 1585–97.

Поступила 31.08.16
Принята к печати 16.01.17

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 614.7:551.577.53.08

Чиждова Ю.Н., Ерёмкина И.Д., Буданцева Н.А., Суркова Г.В., Васильчук Ю.К.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗОТОПНОГО МЕТОДА ПРИ ОЦЕНКЕ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ МОСКВЫ

МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, 119234, г. Москва, Россия

Атмосферные осадки – один из главных факторов, определяющих экологическую обстановку в мегаполисе, так как их выпадение – основной способ очищения атмосферы. Оценка выполнена на основе всех индивидуальных проб осадков за 2014 г. (101 проба), отобранных в Метеорологической обсерватории МГУ. Определены концентрации основных анионов и катионов, общая минерализация, значения $\delta^{18}O$. Зафиксировано 12 случаев относительно высокой минерализации проб, в которых из анионов преобладает хлор, из катионов кальций. Месячные средневзвешенные по осадкам значения минерализации варьировали от 12 до 67,7 мг/л, индивидуальные значения минерализации от 3,2 до 229 мг/л. Изучены взаимосвязи химического состава осадков с типами и траекториями движения воздушных масс до прихода влагонесущих масс в Москву. Содержание изотопа кислорода-18 в осадках связано с происхождением воздушных масс: атлантические траектории характеризуются значениями $\delta^{18}O$ –15‰ зимой и –7‰ летом, арктические траектории со значениями $\delta^{18}O$ в выпадающих осадках –18 – –19‰ характерны только для зимнего и весеннего сезонов, континентальные южные траектории отмечаются весной, летом и осенью с составом осадков от –4‰ до –7,6‰. Гидрохимический состав осадков связан с траекториями не обнаруживает. Также показано, что для случаев с экстремальной минерализацией осадков статистически значимая связь их гидрохимического состава и траекторий дальнего переноса воздушных масс не проявляется. Это свидетельствует о преимущественно городском происхождении загрязняющих веществ в осадках. В целом в 2014 г. осадки заметно более минерализованы по сравнению с предыдущими годами наблюдений, что связано с климатическими особенностями конкретного года – малое количество осадков и число дней с осадками. Это приводит к накоплению примесей в атмосфере и худшему по сравнению с предыдущими годами самоочищению атмосферы над городом.

Ключевые слова: атмосферные осадки; химический состав; стабильные изотопы (один изотоп).

Для цитирования: Чиждова Ю.Н., Ерёмкина И.Д., Буданцева Н.А., Суркова Г.В., Васильчук Ю.К. Использование изотопного метода при оценке атмосферных осадков Москвы. *Гигиена и санитария.* 2017; 96(8): 737-743. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-8-737-743>

Для корреспонденции: Чиждова Юлия Николаевна, ст. науч. сотр., географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 119234, г. Москва. E-mail: eacentr@yandex.ru

Chizhova Yu.N., Eremina I.D., Budantseva N.A., Surkova G.V., Vasilchuk Yu. K

THE USE OF THE ISOTOPIC METHOD IN THE ASSESSMENT OF THE URBANIZATION OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION IN MOSCOW

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, 119234, Russian Federation

The study was carried out on the basis of all the individual samples (101 cases) of precipitation for 2014, sampled at the Meteorological Observatory of Moscow State University. The concentrations of the main anions and cations, the total mineralization and $\delta^{18}O$ values were determined. 12 cases of relatively high mineralization of precipitation were recorded. Average weighted mineralization values ranged from 12.0 to 67.7 mg/L, specific values of mineralization varied from 3.2 to 229.0 mg/L. Chlorine prevails among anions, calcium prevails among cations. The used isotope data analysis and backward trajectories of air masses showed the hydro-chemical composition of precipitation in Moscow not to be linked to the origin of air masses. This indicates to the predominantly urban origin of pollutants in precipitation. In general, in 2014 precipitation were significantly more mineralized than in

previous years of observations, due to the climatic conditions of a particular year - small amount of precipitation and number of days with precipitation. This has led to the accumulation of pollutants in the atmosphere and the poor washout of pollutants.

Key words: *precipitation; chemical composition; stable isotopes*

For citation: Chizhova Yu.N., Eremina I.D., Budantseva N.A., Surkova G.V., Vasilchuk Yu. K. The use of the isotopic method in the assessment of the urbanization of atmospheric precipitation in Moscow. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(8): 737-743. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-8-737-743>

For correspondence: Chizhova Yu.N., MD, Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, 119234, Russian Federation. E-mail: eacentr@yandex.ru

Information about authors:

Chizhova Yu.N., orcid.org/0000-0003-0539-5796; Eremina I.D., orcid.org/0000-0001-5003-5509; Budantseva N.A., orcid.org/0000-0003-4292-5709; Surkova G.V., orcid.org/0000-0001-6096-0749; Vasilchuk Yu. K., orcid.org/0000-0001-5847-5568

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The work was funded by the Russian Science Foundation (grant No. 14-27-00083).

Received: 28.10.16

Accepted: 16.01.17

Введение

Атмосферные осадки, как твёрдые, так и жидкие, – чувствительный индикатор загрязнения атмосферы. Очевидно, что загрязнение окружающей среды химическими элементами из-за миграции загрязняющих веществ между природными средами носит комплексный характер. Опыт экологических исследований как в России, так и за рубежом показал, что антропогенному воздействию независимо от источников подвергаются все элементы природные среды. Атмосферные осадки – один из главных факторов, определяющих экологическую обстановку в мегаполисе, поскольку это основной способ очищения атмосферы; но, поглощая частицы загрязнителей при прохождении от подоблачного слоя до поверхности земли, они часто сами становятся опасными для окружающей среды.

Отбор проб атмосферных осадков на метеорологических станциях, расположенных как в сельской местности, так и в пределах города или промышленного района, предусмотрен РД 52.04.186–89 для контроля загрязнения атмосферы и оценки санитарно-гигиенического состояния окружающей среды. Результаты анализа химического состава осадков позволяют оценивать не только вклад локальных источников выбросов примесей, но и перенос этих примесей вместе с воздушными массами.

Концентрации веществ в воде отдельных дождей очень сильно изменяются в зависимости от происхождения облачной системы, дающей осадки (морское или континентальное), от стадии и продолжительности осадков.

Химический состав осадков вследствие внутриоблачного вымывания отражает химический состав облачной системы, из которой они выпадают, и вследствие подоблачного вымывания – свойства воздушной массы. Основные источники поступления примесей в осадки: 1) аэрозоли морского происхождения; 2) континентальные аэрозоли (частицы пыли, органические вещества, продукты жизнедеятельности и т. п.); 3) окисление растворенных газов.

Основные ионы, представленные в континентальных атмосферных осадках, – анионы SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^{2-} , катионы щелочных и щелочноземельных металлов Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} и аммония NH_4^+ . Большая часть осадков над европейской частью России выпадает в циклонических системах, формирующихся над Атлантическим океаном. С другой стороны, расстояние до океанов (Северного Ледовитого и Атлантического) составляет не менее тысячи километров. Поэтому химический состав осадков над европейской территорией России отражает континентальное и морское влияние.

Ионы морского происхождения могут попадать так далеко в глубь Евразийского континента благодаря интенсивному западному переносу. Морское влияние определяется вкладом морской соли в качестве ядер конденсации, большая часть которых

формируется из NaCl . С удалением от берега в глубь континента концентрация в осадках ионов морского происхождения резко уменьшается, зато возрастает вклад сульфатов и нитратов, имеющих как морское, так и континентальное, в том числе антропогенное происхождение.

Источник большей части ионов калия, магния и кальция в континентальных осадках – минеральные компоненты аэрозолей, поступающих из почвы. Нитраты и аммоний попадают в облачную воду как составляющие атмосферных аэрозолей или благодаря захвату газообразных молекул HNO_3 и NH_3 жидкими каплями.

Концентрация натрия и магния по большей части определяется морским происхождением. Катионов калия и кальция в морской воде меньше, чем в континентальной, в основном они имеют терригенное происхождение [7]. Концентрация катионов водорода часто имеет антропогенное происхождение, как продукт окисления оксидов серы и азота.

В сезонном ходе концентрации некоторых ионов (Москва) хорошо виден максимум минерализации поздней весной, когда на фоне усиления прогрева подстилающей поверхности развивается конвекция, а незакрепленные растительностью частицы грунта с лёгкостью поднимаются в воздух. Это объяснение подтверждается и понижением прозрачности атмосферы в конце весны. Зимой наблюдается повышение концентрации гидрокарбонат-ионов, летом – хлора [7].

Различные виды осадков различаются химическим составом, поскольку по-разному вымывают примеси из атмосферы. Так, способности к вымыванию у снега и росы другие, чем у дождя. Максимальной выводящей способностью обладает снег, поскольку площадь поверхности снежинок очень большая. Изотопный состав атмосферных осадков – важный параметр, знание которого необходимо при метеорологических, гидрогеологических и палеоклиматических исследованиях. Изучение изотопного состава осадков служит для установления происхождения воздушных масс, а также может быть использовано для изучения истощения (потери влаги при конденсации) при продвижении воздушных масс от побережья вглубь континента [1, 10].

Цель работы – установление особенностей химического состава атмосферных осадков Москвы, который, с одной стороны, определяется источником воздушных масс, с другой – загрязненностью атмосферы в районе выпадения. Оценка влияния дальнего переноса на состав проб была выполнена на основе анализа траекторий перемещения воздушных масс. Для этой цели был изучен изотопно-кислородный состав каждого события выпадения осадков и построены обратные траектории воздушных масс.

Материал и методы

Отбор проб осадков и определение их кислотности проводились в Метеорологической обсерватории МГУ (МО МГУ), которая находится на территории Воробьевых гор; район хорошо проветривается, здесь нет близко расположенных крупных промышленных объектов и транспортных магистралей.

Содержание основных ионов в атмосферных осадках Москвы, мг/л

Месяц	Количество проб	рН	Анионы			
			HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻
Январь	13	6,36/5,80–7,85	1,7/0,4–16,3	1,7/0,7–7	1,56/0,6–8,4	3,3/1,3–10,2
Февраль	8	6,42/6,1–6,95	2,8/1–5,6	4/0,6–28,9	2,55/0,3–13,1	9/0,7–63,0
Март	6	6,83/6,7–7,2	7,3/1–14,9	5,4/0,6–33,4	6,55/0,6–29,82	25,9/1,7–76,4
Апрель	4	4,64/4,35–6,70	2,2/0–11,8	3,7/1,2–37,3	3,55/3,1–9,61	17,2/6,7–68,1
Май	6	4,53/4,4–5	0	2,9/1,7–31,4	2,13/1,43–11,59	7,9/3,5–56,1
Июнь	14	4,69/4,20–7,2	0,4/0–11,35	1,3/0,6–18,05	1,25/0,62–9,86	5,9/2,7–74
Июль	4	4,62/4–6,8	1,7/0–6,5	2,7/1,7–3,9	4,21/2,42–6,2	14,7/10,1–20,7
Август	11	4,75/4,35–5,95	0,5/0–3,7	2,1/0,6–4,2	2,01/0,56–3,97	7,7/3,0–25,0
Сентябрь	6	4,7/4,35–6,75	1/0–7,7	2,5/1,5–6,5	1,75/1,05–3,8	5,8/1,6–16,2
Октябрь	9	5,82/5–7,2	2,6/0–10,7	3,6/1,1–12,1	2,24/0,87–8,06	7,5/4,0–29,2
Ноябрь	4	6,38/6,2–6,8	3,2/1,5–7,6	3/1,6–5,4	2,05/0,74–4,03	6,2/3,1–10,3
Декабрь	16	5,91/5,1–8,25	2,4/0–25	2/0,3–57,8	1,06/0,16–4,46	2,9/0,2–33,8

Месяц	Катионы					Минерализация
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	
Январь	2,0/0,9–12,5	0,06/0,02–0,5	0,77/0,22–5,3	0,09/0–0,4	0,77/0–1,5	12,5/3,5–50,8
Февраль	4,5/0,7–26	0,1/0,06–0,3	2,96/0,27–33,5	0,12/0,03–0,9	1,44/0,15–5,5	27,4/3,9–169,5
Март	15,3/1,6–55	0,3/0,07–1	2,98/0,58–9,2	0,44/0,06–1,1	3,82/0,33–8,7	67,7/8,6–229
Апрель	6,6/3,9–22,5	0,25/0,09–1,32	0,66/0,3–2,8	0,53/0,06–7,35	3,87/0,3–29,79	38,5/21,6–190,5
Май	2,8/1,4–30,2	0,14/0,06–3,18	0,31/0,2–5,10	0,39/0,12–4,86	2,14/1,08–6,9	18,7/10,3–146,0
Июнь	2,6/1,3–34,8	0,12/0,08–1,29	0,26/0,08–3,55	0,14/0,02–4,05	1,0/15–11,63	13,6/4–157,23
Июль	7,3/4,4–13,2	0,37/0,27–0,51	0,51/0,18–1,14	0,52/0,2–1,35	2,23/2–3,62	34,3/26,4–53,2
Август	4,0/1,5–15,3	0,14/0,09–0,49	0,20/0,1–0,35	0,16/0,06–0,62	1,17/0,53–3,15	18,1/7,6–53,8
Сентябрь	3,2/0,5–12	0,14/0,06–0,49	0,13/0,04–0,39	0,19/0,06–0,82	1,29/0,5–2,8	16,5/4–50,5
Октябрь	4,9/2,6–21	0,11/0,02–0,93	0,48/0,09–1,2	0,21/0,08–2,51	1,44/0,59–3,83	23,1/10,9–82,2
Ноябрь	4,7/2,1–7,7	0,14/0,05–0,27	0,50/0,28–0,9	0,31/0,08–0,67	1,0/0,54–1,66	21/10–34,2
Декабрь	2,1/0,5–39,8	0,1/0,01–1,87	0,74/0,12–10,21	0,16/0,04–2,15	0,6/1/0,11–4	12,2/3,2–178,7

Примечание. В числителе – месячные средневзвешенные концентрации, в знаменателе – диапазон от минимальных до максимальных индивидуальных значений.

Настоящее исследование проводилось на основе отбора единичных проб, т. е. каждого случая дождя, снегопада или смешанных осадков с начала выпадения до его окончания в текущие или смежные сутки. Осадки отбирались с помощью винипластовой воронки размером 80 × 80 см, на высоте 2 м от поверхности земли. Для сбора дождевой воды под воронкой устанавливали белое пластмассовое ведро. Зимой, после окончания снегопада, снег из воронки собирали пластмассовым совком в ведро для оттаивания при комнатной температуре. Наблюдения проводили круглосуточно. В течение 2014 г. были отобраны все случаи выпадения осадков (101 проба). Определяли такие показатели, как количество осадков, продолжительность выпадения осадков, температура приземного слоя воздуха, относительная влажность воздуха, рН, содержание макрокомпонентов. Для разделения осадков на морские и континентальные используются соотношения анионов [Cl⁻]/[SO₄²⁻]/[NO₃⁻] и катионов [Na⁺ + Mg²⁺]/[K⁺ + Ca²⁺]/[H⁺]. Во всех отобранных пробах были определены значения δ¹⁸O.

Содержание кислорода-18 (выраженное в значениях δ¹⁸O) определялось в лаборатории стабильных изотопов кафедры геохимии ландшафтов и географии почв МГУ на масс-спектрометре Delta-V, оснащённом автоматическим пробоотборником PAL и интерфейсом GasBench II (Thermo Scientific). Анализировали методом изотопного уравнивания с CO₂. Каждая проба характеризовалась десятью измерениями. При измерении и калибровке результатов использовали международные стандарты МАГАТЭ (V-SMOW, V-SLAP и V-GISP). Средняя точность измерений составила 0,1‰.

Для оценки действия адвективных факторов и анализа возможного влияния дальнего переноса на изотопный состав проб

использовался метод обратных (на 120 ч назад) траекторий, которые строились с применением полулагранжевой модели переноса HYSPLIT [11, 12] для каждого дня с пробами осадков с конечными точками на высоте 3000 м в 12 ч всемирного согласованного времени (BCV). Кроме того, для оценки синоптической ситуации и направления преобладающего переноса в атмосфере привлекались данные синоптических карт приземного слоя атмосферы и карт высоты изобарической поверхности 500 гПа.

Результаты

Общая минерализация индивидуальных осадков в Москве в 2014 г. варьировала от 3,2 до 229 мг/л, максимальные значения отмечались с марта по конец мая (табл. 1). Преобладающими макроэлементами в 2014 г. были хлор и кальций, в некоторых случаях выявлялись повышенные значения сульфат-иона. В годовом ходе основных катионов и анионов (рис. 1 на 3-й стр. обложки) хорошо выделяются 12 пиков высокой минерализации проб.

Месячные средневзвешенные значения общей минерализации и содержания отдельных ионов значительно превышают среднееголетние значения (рис. 2).

В течение 2014 г. значения δ¹⁸O атмосферных осадков изменяются в довольно широких пределах – в экстремумах от 0,09 до -26,29‰, для 80% проб значения δ¹⁸O находятся в диапазоне от -4,85 до -18,8‰, в годовом ходе δ¹⁸O для Москвы выражен довольно непростой характер изменений. В общем ходе значений δ¹⁸O выражено закономерное увеличение значений в летние месяцы (от -10 до 0‰) и уменьшение значений в холодные зимние месяцы (значения δ¹⁸O варьируют от -14 до -26,3). Такое изменение в целом соответствует годовому ходу температур.

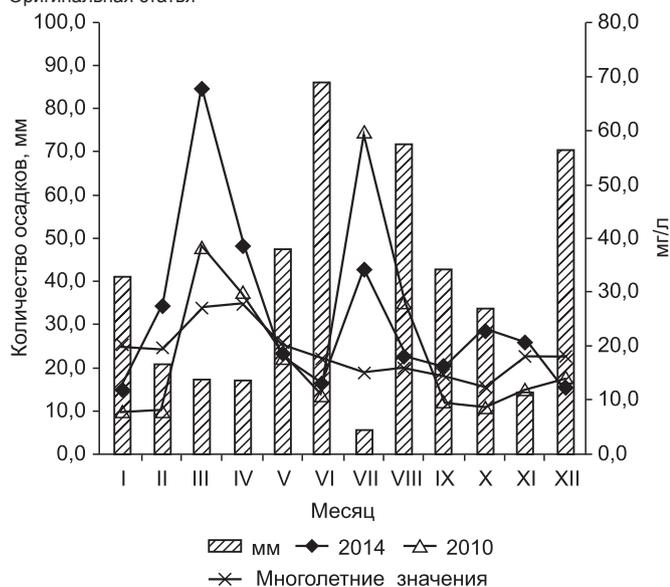


Рис. 2. Годовой ход месячной средневзвешенной по осадкам минерализации проб в 2014 г. по сравнению со средне многолетними значениями за 1982-2013 гг. и средневзвешенным в осадках 2010 г.

Изотопно-кислородный состав осадков был сопоставлен с обратными траекториями, построенными по модели HYSPLIT, все траектории были поделены по секторам источников воздушных масс (С, З, В, Ю и их сочетания) и по типам – морские, континентальные и смешанные (М + К) – по расположению источника, пути и скорости движения воздушных масс (табл. 2).

Статистический анализ значений концентрации ионов в зависимости от происхождения воздушных масс не показал зависимости химического состава осадков от источников происхождения и движения воздушных масс (рис. 3, а на 3-й стр. обложки). Во всех выделенных румбах преобладает хлор-ион и кальций-ион, при этом СЗ-траектории являются морскими, а ЮВ, ЮЮВ и ЮЮЗ – исключительно континентальными. Исключение – поведение HCO_3^- -иона, его явное преобладание в осадках, характерных для ЮЗ-траекторий.

Тем не менее, можно отметить, что суммарная концентрация ионов в случаях траекторий южных румбов в целом больше, чем северных. Полученный результат свидетельствует о том, что влияние на состав осадков загрязняющих веществ городского происхождения в таком мегаполисе, как Москва, является определяющим. Выявление эффекта влияния дальнего переноса воздушных масс для городских проб требует исследований на более длинных временных рядах [8].

Отдельно были рассмотрены случаи с максимальной концентрацией (пики с 1 по 12 на рис. 1). Разложение по румбам траекторий движения воздушных масс также не показало зависимости концентрации ионов ни от сектора траектории, ни от типа (табл. 3, рис. 3, б на 3-й стр. обложки).

Это позволяет полагать, что повышенная минерализация проб связана не столько с происхождением воздушной массы, сколько с активным накоплением загрязнителей в городской атмосфере и может зависеть как от увеличения выбросов, так и от погодных условий, благоприятствующих возрастанию концентрации примесей в дни, предшествующие выпадению осадков.

Обсуждение

Концентрации практически всех ионов в осадках (за исключением рН и HCO_3^- , связанных между собой), а также их суммы – минерализации – имеют максимальные значения в весенние месяцы, что характерно для многолетней динамики [3]. Высокие значения минерализации осадков в марте–апреле связаны с увеличением в атмосфере аэрозоля естественного происхождения: после схода снежного покрова с повышением температуры воздуха начинается конвекция и незакрепленные

Таблица 2

Вероятные траектории воздушных масс над Москвой и характерные для них значения $\delta^{18}\text{O}$

Траектории	Количество	$\delta^{18}\text{O}$ среднее	Румб сектора	Тип
<i>Зима</i>				
Арктические	4	-18,21	С, СВ	М + К
Гренландские	2	-18,41	ССЗ	М + К
Атлантические (между 45° и 60° с.ш.)	15	-15,03	З	М, М + К
Северо-Атлантические длинные (севернее 60° с. ш.)	7	-15,03	СЗ	М
Атлантические, континентальные короткие	3	-22,41	З	К, М + К
Атлантические, южнее 45° с. ш.	6	-15,67	ЮЗ, ЮЮЗ	М + К
<i>Весна</i>				
Арктические	2	-19,36	С, СЗ	М + К
Атлантические	2	-10,02	З	М + К
Северо-Атлантические	4	-11,61	СЗ, ССЗ	М
Северные и Северо-Восточные	1	-12,17	СВ	М + К
Южные континентальные	7	-4,6	Ю, ЮВ, ЮЮЗ, ЮЮВ	К
<i>Лето</i>				
Гренландские	4	-9,21	СЗ	М + К
Северные и Северо-Восточные	9	-9,10	С, СВ	М + К
Внутриконтинентальные южные	4	-7,60	Ю, ЮВ, ЮЗ	К
Атлантические	12	-7,42	З, СЗЗ, ЮЗЗ	М + К
<i>Осень</i>				
Северные и северо-восточные	1	-12,14	СВ	М + К
Атлантические	6	-10,33	З	М + К
Северо-Атлантические	2	-10,39	СЗ	М, М + К
Центральные континентальные	2	-9,25	ССВ	К
Южные, атлантические и европейские, Сев. Африка	8	-6,84	ЮЗ, ЮЮЗ	М + К, К

растительным покровом частицы почвы в большом количестве поступают в атмосферу.

Для изучения связи содержания кислорода-18 с химическим составом осадков были рассчитаны коэффициенты корреляции со всеми ионами, их суммой (минерализацией осадков, мин.), рН и количеством осадков, соответствующим каждой пробе (табл. 4).

Почти все коэффициенты корреляции статистически значимы (при длине ряда 101 и $p = 95\%$), но невелики (от 0,31 до 0,44), за исключением катиона натрия (-0,04), аниона гидрокарбоната (-0,07) и количества осадков (-0,10). Наибольшая связь $\delta^{18}\text{O}$ просматривается с показателем кислотности проб атмосферных осадков рН (-0,45), т. е. для кислотных осадков, значения которых рН < 5, выпадающих преимущественно в теплый период, величины $\delta^{18}\text{O}$ высоки. И наоборот, зимой, когда значения рН осадков находятся в основном в диапазоне 6–7 рН, значения $\delta^{18}\text{O}$ минимальны (рис. 4). Эта связь объясняется исключительно сезонностью поведения рН и $\delta^{18}\text{O}$ в осадках Москвы.

Интегральным показателем загрязнённости атмосферных осадков служит сумма концентраций всех ионов или суммарная минерализация осадков. Средние годовые значения данной величины за период наблюдений с 1982 по 2013 г. изменялись в пределах от 11,8 (2001) до 27,0 мг/л (1991). Диапазон минера-

Изотопно-геохимические характеристики 12 случаев выпадения осадков с наибольшей концентрацией ионов и общей минерализацией в 2014 г.

№ пика на рис. 1	Дата	Характеристики																
		Содержание ионов, мг/л										$\delta^{18}\text{O}$, ‰	Мин.	pH	Осадки, мм	Na + Mg/Ca + K	Cl/SO ₄ + NO ₃	Траектория
		HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Ca	Mg	Na	K	NH ₄ ⁺								
1	09 фев	5,6	28,9	63	10,23	26	0,34	33,47	0,87	1,12	-12,32	169,5	6,65	1,2	1,3	1,610182	ЮЮЗ	
2	14 фев	7,7	13,8	23,9	13,1	14,5	0,32	5,66	0,25	5,53	-9,21	84,7	6,95	0,3	0,4	0,888476	ЮЗ	
3	09 мар	14,9	33,4	76,4	29,82	55	1,02	8,76	1,11	8,68	-4,69	229,0	7,2	0,7	0,2	1,208561	СЗ	
4	31 мар	9,2	11,3	71,3	13,52	40,2	0,72	9,15	0,93	6,81	-13,9	163,2	6,7	3,7	0,2	2,870931	ССЗ	
5	14–15 апреля	0,0	3,1	30,4	3,41	8,8	0,39	0,97	0,51	6,39	-11,91	54,0	4,40	5,0	0,1	4,652473		
6	22 апр	11,8	37,3	68,1	9,61	22,5	1,32	2,8	7,35	29,79	-0,35	190,5	5,45	0,6	0,1	1,449589	ЮЮВ	
7	13 мая	0	13,2	52,8	9,49	27,7	1,51	1,73	4,86	5,03	-0,62	116,3	4,9	0,6	0,1	2,32833	Ю	
8	17 мая	0	31,4	56,1	11,59	30,2	3,18	5,1	1,56	6,9	-0,09	146,0	4,55	0,4	0,3	1,304024	ЮВ	
9	09 июня	0	18	74	9,86	34,8	1,29	3,55	4,05	11,63	-4,55	157,2	4,6	0,4	0,1	2,651759	З	
10	13 июня	0	8	27,5	8	14	0,37	0,72	0,89	5,09	-6,58	64,6	4,35	0,9	0,1	1,720036	СВ	
11	05 окт	10,74	12,1	29,2	4	20,98	0,93	0,83	2,51	0,92	-12,14	82,2	7	0,7	0,1	1,813665	СВ	
12	01 дек	25,01	57,84	33,82	4,03	39,78	1,87	10,21	2,15	4	-12,36	178,7	8,25	0,8	0,3	0,546619	С	

лизации проб от 15 до 30 мг/л характерен для урбанизированных осадков [6]. До конца 90-х годов средняя минерализация составляла около 20 мг/л, а в последние годы – около 15 мг/л. Уменьшение загрязненности проб происходило в основном за счёт уменьшения в осадках сульфат-ионов, хлоридов, кальция, натрия. В период отсутствия кислотных осадков (1999–2004) увеличивалось содержание гидрокарбонат-ионов, а с 2005 г. немного возросло содержание хлоридов в осадках, и в 2011 г. – сульфатов. Дождь в году выпадает больше, обильные пробы больше разбавлены, поэтому, как правило, минерализация проб осадков в теплый период несколько ниже, чем проб снега. Исключение составляют значения минерализации в теплый и холодный периоды 2010–2011 гг., из-за жарких летних месяцев и меньшего количества осадков в теплый период по сравнению с нормой [3].

В 2014 г. ионный состав осадков соответствовал типичному для последних лет хлоридно-кальциевому типу, соотношение анионов в подавляющем большинстве случаев было следующим: Cl⁻ > SO₄²⁻ > NO₃⁻ > HCO₃⁻. Из катионов доминирует Ca²⁺, соотношение катионов в большинстве случаев было следующим: Ca²⁺ > Na⁺ > NH₄⁺ > K⁺ > Mg²⁺. Преобладание кальция характерно для всех регионов ЕТР: содержание кальция в осадках превосходит содержание натрия более чем в 4 раза по Центру ЕТР и почти в 3 раза по Поволжью [2, 6]. Кислотные осадки типичны для летнего сезона, для зимнего периода – нейтральные осадки.

В более ранних исследованиях установлено, что в годы с большим количеством кислотных осадков средние концентрации хлоридов в пробах также повышены и часто преобладают среди анионов. Возможно, что именно повышенные концен-

трации хлоридов (а не сульфатов, как принято считать) связаны с выпадением кислотных осадков. Причём, связи между pH отдельных проб и содержанием в них ионов Cl⁻, как правило, очень слабые, но между средними годовыми значениями содержания хлоридов и количеством кислотных осадков коэффициент корреляции за все годы наблюдений составил 0,76 [3].

В сезонном ходе концентрации аммония заметно выделяется период с марта по июль, когда его концентрации достигают своих максимальных значений. Хорошо также выражена сезонность хлоридов и сульфатов, максимальные концентрации которых характерны с февраля по июнь (см. табл. 1).

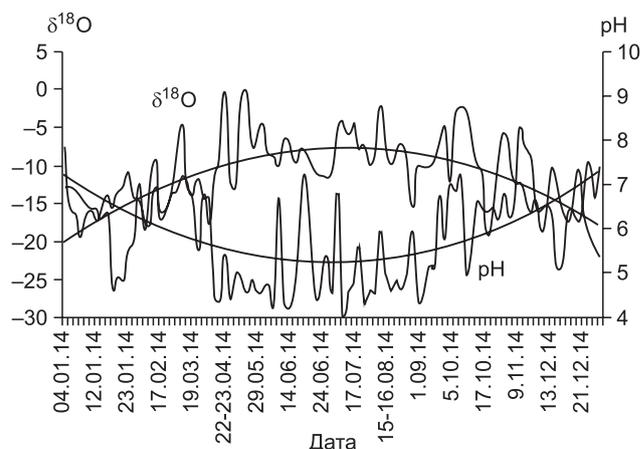
Для 12 случаев максимальной минерализации осадков (см. табл. 3) в 9 случаях количество осадков не превышало 1 мм. Выброс минерализации (179 мг/л) 1.12.2014 объясняется тем, что осадков не было 3 недели, химические загрязнения не выводились из атмосферы, а количество выпавшего снега составило всего 0,8 мм.

Более ранними исследованиями на МО МГУ было установлено, что максимальный вариационный размах минерализации осадков в 2013 г. был обусловлен единичным максимумом в 149,8 мг/л (16.06.2013), зафиксированным при небольшом количестве осадков [4]. В целом для осадков 2014 г. коэффициент корреляции между минерализацией и количеством выпавших осадков составил -0,36. Было замечено, что в годы с большим количеством осадков, например в 2013 г. (2015 мм) средняя ми-

Таблица 4

Коэффициенты корреляции значений $\delta^{18}\text{O}$ с содержанием ионов в пробах осадков 2014 г.

Ион	Коэф. корр. с $\delta^{18}\text{O}$	Ион	Коэф. корр. с $\delta^{18}\text{O}$
Ca ²⁺	0,35	HCO ₃ ⁻	-0,07
Mg ²⁺	0,44	SO ₄ ²⁻	0,31
Na ⁺	-0,04	Cl ⁻	0,41
K ⁺	0,40	NO ₃ ⁻	0,33
NH ₄ ⁺	0,41	Минерализация	0,35
pH	-0,48	Осадки, мм	-0,10

Рис. 4. Годовой ход pH и $\delta^{18}\text{O}$ осадков в 2014 г.

нерализация ниже, чем в годы с меньшим количеством осадков. Влажное вымывание загрязнителей осадками – это способ очищения атмосферы, чем больше за год выпадает осадков и чем чаще они выпадают, тем лучше очищается атмосфера, и наоборот, как например в 2014 г. сумма осадков за год была заметно меньше (477 мм) средних значений за 30 лет наблюдений (700 мм в год), в течение года 101 день с осадками – это также меньше, чем среднее многолетнее.

В весенне-летний сезон минерализация осадков 2014 г. заметно выше средних многолетних значений, ещё один год с высокими концентрациями – это 2010 г., когда атмосфера над городом была очень загрязнена.

В зимний сезон химический состав свежеснежавшего снега является интегральным индикатором загрязнения атмосферного воздуха, даже сформированный снежный покров хорошо сопоставим с осадками, отбирающимися на метеостанции, поскольку сама снежная пачка уже отражает средневзвешенную величину по осадкам. Анализ пространственных особенностей загрязнения снежного покрова, выполненный в предыдущие годы, выявил ряд закономерностей, которые свидетельствуют о важной роли антропогенного загрязнения [4].

Исследования химического загрязнения снежного покрова Подмосквы показали, что средние концентрации гидрокарбонат-иона в снеговой воде в 2009 и 2013 гг. составляли от 12,2 до 51,9 мг/л, концентрации хлора варьировали от 0,7 до 9,5 мг/л [5].

В 2011 г. исследования химического состава снежного покрова Подмосквы по 4 направлениям показали, что самое «грязное» направление – южное. На всех точках от 5 до 40 км южного Подмосквы наблюдаются максимальные значения минерализации проб и максимальные значения для всех отдельных ионов сульфаты (5,2 мг/л) на отметке 5 км, гидрокарбонаты (7,9 мг/л) – на 15 км, хлориды (13,3 мг/л) – на 25 км. Для северного направления минерализация проб невелика даже близ Москвы (7,8 мг/л) и отмечены минимальные концентрации отдельных ионов: хлоридов, магния, натрия (0,5, 0,05 и 0,17 мг/л) на отметке 15 км от Москвы, нитратов (1,6 мг/л) – на 25 км. Восточное и западное направления – тоже довольно чистые, на отметке 25 км на запад от Москвы собрана проба с минимальным содержанием сульфатов (0,8 мг/л). Для востока и запада только на отметке 5 км минерализация близка к средней минерализации проб холодного периода, а при удалении от Москвы пробы снега загрязнены ещё меньше [3].

Значительно большие концентрации, полученные в настоящей работе, как нам кажется, отражают антропогенное влияние, более того, локальное.

Одним из источников хлора и кальция в осадках может быть участие частиц противогололёдных средств как ядер конденсации. В Москве набор средств борьбы с гололёдом представлен преимущественно хлоридной группой – реагентами на основе хлоридов кальция, магния, натрия, калия, а также их смесями в различных сочетаниях. При зимней уборке дорог Москвы обычно проводится система превентивных мер: в зависимости от метеопрогноза, ещё до выпадения снега дороги обрабатывают жидкими реагентами – 28% раствором CaCl_2 и NaCl . Всего в зимнее время дорожные службы Москвы используют в среднем около 270 тыс. т солевых реагентов [9]. За последние 15 лет на территории Москвы произошло засоление верхнего горизонта почв.

Выводы

1. Получен полный годовой ряд индивидуальных значений гидрохимического состава и значений $\delta^{18}\text{O}$ всех выпадавших осадков в 2014 г. Месячные средневзвешенные по осадкам значения минерализации варьировали от 12 до 67,7 мг/л, индивидуальные значения минерализации от 3,2 до 229 мг/л. В 2014 г. ионный состав осадков соответствовал типичному для последних лет хлоридно-кальциевому типу, соотношение анионов в подавляющем большинстве случаев было следующим: $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{HCO}_3^-$, а катионов: $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$. Кислотные осадки типичны для теплого сезона, в зимний период осадки были нейтральными. Зимние осадки характеризуются значениями $\delta^{18}\text{O}$ от -14 до $-25,2\%$, летние от 0 до -10% . Общий годовой диапазон вариаций значений $\delta^{18}\text{P}$ составил 26% .

2. Выполнено изучение взаимосвязи химического состава осадков с типами и траекториями движения воздушных масс до прихода влагонесущих масс в Москву. Изотопно-кислородный состав осадков связан с происхождением воздушных масс: атлантические траектории характеризуются значениями -15% зимой и -7% летом, арктические траектории со значениями -18% – -19% в выпадающих осадках характерны только для зимнего и весеннего сезонов, континентальные южные траектории отмечаются весной, летом и осенью с составом осадков от -4% до $-7,6\%$. Гидрохимический состав осадков связи с траекториями не обнаруживает.

3. Наибольшие концентрации ионов и общей минерализации в осадках связаны с вымыванием примесей из атмосферы города, отмечаются в марте–апреле и связаны с увеличением в атмосфере аэрозоля естественного происхождения: после схода снежного покрова.

4. В целом в 2014 г. осадки заметно более минерализованы по сравнению с предыдущими годами наблюдений, что связано с климатическими особенностями конкретного года – малое количество осадков и число дней с осадками. Это привело к накоплению примесей в атмосфере и худшему по сравнению с предыдущими годами самоочищению атмосферы над городом, следовательно, санитарно-гигиенические условия в 2014 г. ухудшились по сравнению с предыдущими годами.

Финансирование. Работа выполнена при финансировании Российской Научным Фондом (грант № 14-27-00083).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература (п.п. 11–12 см. References)

1. Васильчук Ю.К., Буданцева Н.А., Васильчук А.К., Чижова Ю.Н. *Изотопные методы в географии. Часть 3: Геохимия стабильных изотопов атмосферы и гидросферы*. М.: МГУ; 2013.
2. *Ежегодник. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России в 2014 г.* СПб.; 2015.
3. Ерёмкина И.Д. Мониторинг химического состава атмосферных осадков по наблюдениям метеорологической обсерватории МГУ. *Альтернативная энергетика и экология*. 2013; (6-2): 80–7.
4. Ерёмкина И.Д., Чубарова Н.Е., Алексеева Л.И., Суркова Г.В. Кислотность и химический состав осадков на территории Московского региона в теплый период года. *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2014; (5): 3–11.
5. Ермаков А.А., Карпова Е.А., Малышева А.Г., Михайлова Р.И., Рыжова И.Н. Мониторинг химического состава загрязнений снежного покрова на территории Московской области. *Гигиена и санитария*. 2014; 93 (5): 88–94.
6. Свистов П.Ф., Талаш А.С. *Очерки по кислотности и химическому составу атмосферных осадков (на территории Российской Федерации)*. СПб.; 2015.
7. Васильчук Ю.К., ред. *Химия атмосферы: Учебное пособие*. М.; 2002.
8. Суркова Г.В., Ерёмкина И.Д., Мордкович П.А. О влиянии крупномасштабного атмосферного переноса на химический состав и количество атмосферных осадков в центре Европейской территории России. *Метеорология и гидрология*. 2010; (4): 36–44.
9. Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е., Власов Д.В. Мониторинг засоления снега и почв Восточного округа Москвы противогололедными смесями. *Фундаментальные исследования*. 2014; (11): 340–7.
10. Чижова Ю.Н., Ерёмкина И.Д., Буданцева Н.А., Суркова Г.В., Васильчук Ю.К. Содержание ^{18}O в атмосферных осадках г. Москвы. *Метеорология и гидрология*. 2017; (1): 78–90.

References

1. Vasil'chuk Yu.K., Budantseva N.A., Vasil'chuk A.K., Chizhova Yu.N. *Isotope Methods in Geography. Part 3: Geochemistry of Stable Isotopes of the Atmosphere and Hydrosphere [Isotopnye metody v geografii. Chast' 3: Geokhimiya stabil'nykh izotopov atmosfery i gidrosfery]*. Moscow: MGU; 2013. (in Russian)
2. *Yearbook. The State of Atmospheric Pollution in Cities in Russia in 2014*. St. Petersburg; 2015. (in Russian)
3. Eremina I.D. Monitoring the chemical composition of atmospheric precipitation from the observations of the meteorological observatory of Moscow State University. *Alternativnaya energetika i ekologiya*. 2013; (6-2): 80–7. (in Russian)
4. Eremina I.D., Chubarova N.E., Alekseeva L.I., Surkova G.V. Acidity and chemical composition of precipitation in the territory of the Moscow region in the warm period of the year. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*. 2014; (5): 3–11. (in Russian)
5. Ermakov A.A., Karpova E.A., Malysheva A.G., Mikhaylova R.I.,

- Ryzhova I.N. Monitoring of the chemical composition of snow cover contamination on the territory of the Moscow Region. *Gigiena i sanitariya*. 2014; 93 (5): 88–94. (in Russian)
6. Svistov P.F., Talash A.S. *Essays on the Acidity and Chemical Composition of Atmospheric Precipitation (on the Territory of the Russian Federation)* [Ocherki po kislotnosti i khimicheskomu sostavu atmosferykh osadkov (na territorii Rossiyskoy Federatsii)]. St. Petersburg; 2015. (in Russian)
 7. Vasil'chuk Yu.K., ed. *Chemistry of the Atmosphere: Textbook. [Khimiya atmosfery: Uchebnoe posobie]*. Moscow; 2002. (in Russian)
 8. Surkova G.V., Eremina I.D., Mordkovich P.A. On the effect of large-scale atmospheric transport on the chemical composition and amount of atmospheric precipitation in the center of European Russia. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2010; (4): 36–44. (in Russian)
 9. Nikiforova E.M., Kosheleva N.E., Vlasov D.V. Monitoring of salinization of snow and soils in the Eastern District of Moscow with anti-icing mixtures. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014; (11): 340–7. (in Russian)
 10. Chizhova Yu.N., Eremina I.D., Budantseva N.A., Surkova G.V., Vasil'chuk Yu.K. Concentration of ^{18}O in precipitation over Moscow in 2014. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2017; (1): 78–90. (in Russian)
 11. Draxler R.R., Rolph G.D. HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory). Available at: <http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>
 12. Rolph G.D. Real-time Environmental Applications and Display system (READY). Available at: <http://ready.arl.noaa.gov>

Получена 28.10.16

Принята к печати 16.01.17

© АБДУЛМУТАЛИМОВА Т.О., РЕВИЧ Б.А., 2017

УДК 614.777(470.67)

Абдулмуталимова Т.О.¹, Ревич Б.А.²

ОЦЕНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННОГО ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ МЫШЬЯКА В ПИТЬЕВОЙ АРТЕЗИАНСКОЙ ВОДЕ СЕВЕРНОГО ДАГЕСТАНА

¹ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава России, 119991, г. Москва;

²ФГБУН «Институт народнохозяйственного прогнозирования» РАН, г. Москва

Для северной части Республики Дагестан характерно повышенное содержание мышьяка в питьевых артезианских водах, что связано с особенностями химического состава водоносных пластов. Содержание мышьяка в воде таких водоисточников колеблется от 0,01 до 0,5 мг/л. При нормативе 0,01 мг/л превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) мышьяка в воде в 20 и более раз выявлено в 12 населенных пунктах с общей численностью населения 15 827 человек. Оценка канцерогенной опасности использования воды с повышенным содержанием мышьяка проводилась согласно Руководству Р 2.1.10.1920–04. Показано, что индивидуальный канцерогенный риск составил при минимальной концентрации (0,01 мг/л) $4,3\text{E}-4$, при максимальной концентрации (0,5 мг/л) – $2,1\text{E}-2$ соответственно, при среднем значении 0,14 мг/л – $6,0\text{E}-3$. Выявленные уровни пожизненных индивидуальных канцерогенных рисков (в течение 70 лет) превышают допустимый (целевой) уровень (10^{-6}) и оцениваются как неприемлемые для сохранения здоровья населения. Для экспонированного населения исследованных районов Северного Дагестана (309,7 тыс. человек) величины популяционных годовых канцерогенных рисков, отражающих дополнительное (к фоновому) число случаев злокачественных новообразований, способных возникнуть в течение года, колебались от 1 до 94,8. Результаты данного исследования позволили выявить территории с высоким уровнем содержания мышьяка в питьевой воде и определить экспонируемую часть населения для осуществления мер по снижению риска.

Ключевые слова: подземные воды; мышьяк; питьевая вода; канцерогенные риски.

Для цитирования: Абдулмуталимова Т.О., Ревич Б.А. Оценка канцерогенного риска здоровью населения, обусловленного высоким содержанием мышьяка в питьевой артезианской воде Северного Дагестана. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(8): 743–746. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-8-743-746>

Для корреспонденции: Абдулмуталимова Тамила Омариевна, аспирант ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава России, 119991, г. Москва. E-mail: tamila4@mail.ru

Abdulmutalimova T.O.¹, Revich B.A.²

ASSESSMENT OF CARCINOGENIC RISK TO POPULATION HEALTH DUE TO HIGH ARSENIC CONTENT IN DRINKING ARTESIAN WATER OF THE NORTH DAGESTAN

¹Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, 119991, Russian Federation;

²Institute for Forecasting of the Russian Academy of Science, Moscow, 117418, Russian Federation

The northern part of the Republic of Dagestan is characterized by high levels of arsenic in artesian drinking water due to peculiarities of the chemical composition of the water-bearing plateaus. The concentrations of arsenic in water samples ranged from 0.01 mg/l to 0.5 mg/l. According to current guidelines for arsenic of 0.01 mg/l, the excess in the level of arsenic in water was detected to 20-fold or more in 12 villages with the total population of 15 827 people. To evaluate the cancer health risks from exposure to arsenic we used epy risk assessment method. Lifetime individual cancer risks were shown to be at the minimum concentration (0.01 mg/l) – $4.3\text{E}-4$; at maximum concentration (0.5 mg/l) – $2.1\text{E}-2$, respectively, with a mean of 0.14 mg/l – $6.0\text{E}-3$. The cancer health risks results were found to be higher than permissible value of $1 \cdot 10^{-6}$. For the exposed population (309,700 people) annual population cancer health risks ranged from 1 to 94.8 additional cases of possible occurrence of cancer. The results of this study revealed areas with

Уважаемые авторы и читатели!

Наш журнал успешно прошел экспертизу Scopus и теперь индексируется этой базой данных напрямую, а не через MedLine, как раньше. Это означает, что больше не будут теряться связи между статьями и их авторами, между авторами и организациями, и по журналу будет проводиться всевозможная аналитическая работа.

Ждем от вас интересные статьи и не забывайте подписываться на журнал!

Редакция

Список журналов Издательства «Медицина», вошедших в Russian Science Citation Index (RSCI) на базе Web of Science:

1. АНЕСТЕЗИОЛОГИЯ И РЕАНИМАТОЛОГИЯ
2. АННАЛЫ ХИРУРГИИ
3. ВОПРОСЫ ВИРУСОЛОГИИ
4. ГЕМАТОЛОГИЯ И ТРАНСФУЗИОЛОГИЯ
5. ГИГИЕНА И САНИТАРИЯ
6. ДЕТСКАЯ ХИРУРГИЯ
7. ЗДРАВООХРАНЕНИЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
8. ИММУНОЛОГИЯ
9. КЛИНИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ ДИАГНОСТИКА
10. КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА
11. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА, МИКРОБИОЛОГИЯ И ВИРУСОЛОГИЯ
12. НЕВРОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
13. ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ, ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И ИСТОРИИ МЕДИЦИНЫ
14. РОССИЙСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ
15. РОССИЙСКИЙ ОНКОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
16. РОССИЙСКИЙ ПЕДИАТРИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
17. ЭПИДЕМИОЛОГИЯ И ИНФЕКЦИОННЫЕ БОЛЕЗНИ

К ст. Ю. Н. Чижовой и соавт.

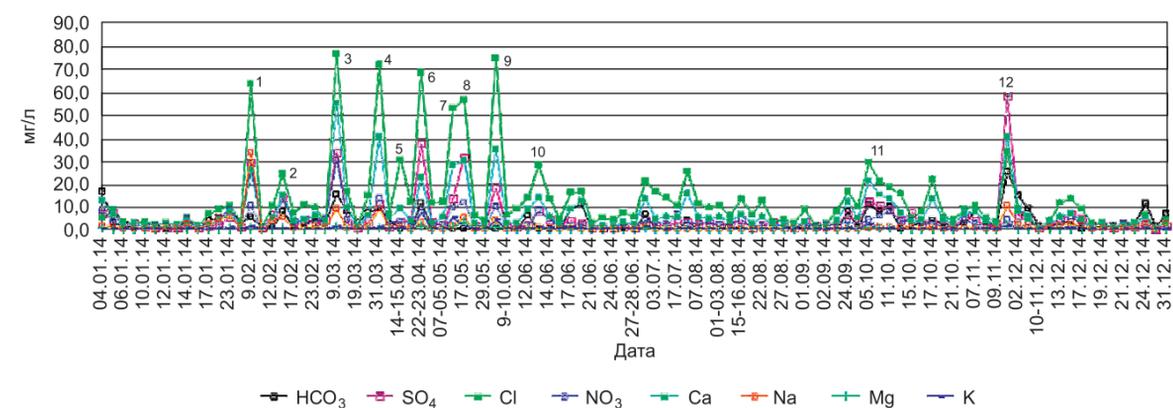


Рис. 1. Годовой ход концентрации ионов в атмосферных осадках Москвы всех индивидуальных событий в 2014 г.

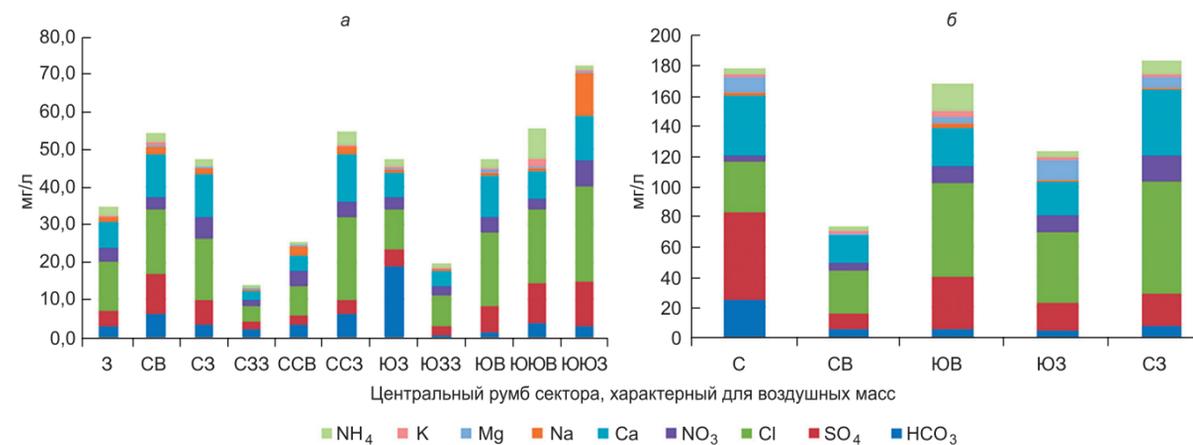


Рис. 3. Соотношение содержания основных ионов по центральным румбам (главным – Метеословарь) секторов, в которые попадает большая часть траекторий воздушных масс во всех индивидуальных осадках 2014 г. (а) и для дней с наибольшей минерализацией проб (б).