

Ахапкина И.Г., Антропова А.Б., Желтикова Т.М.

ПИРОГЕННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ В ПЫЛИ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ МОСКВЫ

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова», 105064, г. Москва

Экспозиция пирогенных соединений является важной характеристикой помещений. Это важно для людей с сенсibilизацией, особенно к аэроаллергенам. Цель работы – изучение экспозиции липополисахаридов (ЛПС) и бета-глюканов в пыли жилых помещений Москвы. Концентрацию ЛПС определяли с помощью гель-тромб-теста. Для определения содержания бета-глюканов использовали тест-набор «GlucateLL» и новый ингибиторный иммуноферментный метод, позволяющий выявлять в основном линейные бета-глюканы и их фрагменты. Метод основан на использовании поликлональной кроличьей антисыворотки, полученной против конъюгата нона-β-(1→3)-D-глюкозида с бычьим сывороточным альбумином, а в качестве ингибиторного агента используется нона-β-(1→3)-D-глюкозид. Концентрация ЛПС варьировала от 0,6 до 6 мкг на 1г пыли (далее мкг/г), среднее значение концентрации равнялось $2,19 \pm 1,74$ мкг/г ($M = 1,2$ мкг/г). Концентрация бета-глюканов в GlucateLL-тесте варьировала от 8 до 116 мкг/г, среднее значение концентрации составляло $75,58 \pm 25,27$ мкг/г ($M = 77$ мкг/г), концентрация бета-глюканов при иммуноферментном определении варьировала от 10 до 109 мкг/г, среднее значение содержания составляло $28,45 \pm 14,12$ мкг/г ($M = 24$ мкг/г). Экспозиция ЛПС не превышала 1,2 мкг/г в 65% квартир. Такие концентрации ЛПС в окружающей среде сенсibilизированных людей могут стимулировать развитие аллергических реакций. Отмечена тенденция к определению более высокой экспозиции бета-глюканов при помощи тест-набора «GlucateLL», которая составляла от 40 до 100 мкг/г в 76% квартир, при использовании иммуноферментного метода в 84% квартир содержание бета-глюканов составляло от 11 до 40 мкг/г. Корреляция между данными, полученными разными методами, отсутствовала ($r = 0,2056$, $p < 0,05$).

Таким образом, разные методы позволяют определять пирогенные соединения разного строения. Следовательно, данные показатели являются самостоятельными характеристиками пирогенности среды, и определение концентрации каждого из них в одном помещении представляется целесообразным.

Ключевые слова: ЛПС; бета-глюканы; линейные бета-глюканы; домашняя пыль; иммуноферментный анализ.

Для цитирования: Ахапкина И.Г., Антропова А.Б., Желтикова Т.М. Пирогенные соединения в пыли жилых помещений г. Москвы. Гигиена и санитария. 2017; 96(8): 734-737. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-8-734-737>

Для корреспонденции: Ахапкина Ирина Гавриловна, вед. науч. сотр., канд. биол. наук, ФГБНУ Научно-исследовательский институт вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова, 105064, г. Москва. E-mail: isun17@yandex.ru

Akhapkina I.G., Antropova A.B., Zheltikova T.M.

PYROGENIC COMPOUNDS IN HOUSE DUST OF MOSCOW DWELLINGS

I.I. Mechnikov Research Institute of Vaccines and Sera, Moscow, 105064, Russian Federation

Exposure to pyrogenic compounds are essential characteristics of dwellings. This is important for people with sensitization, especially to airborne allergens. The aim of this work was to study the exposure of LPS and beta-glucans in house dust of Moscow dwellings. The determination of the LPS concentration was implemented with the use of LAL-test. The content of beta-glucans was determined with the use both of the “GlucateLL”-test and the new inhibitor immunoassay method, which allows identify generally linear beta-glucans and their fragments. The method is based on the use of polyclonal rabbit antiserum obtained against the conjugate nona-β-(1→3)-D-glucoside with bovine serum albumin, and the inhibitory agent is nona-β-(1→3)-D-glucoside. The LPS concentration varied from 0.6 to 6 μg/g dust, mean concentration was equal to 2.19 ± 1.74 μg/g dust ($M = 1.2$ μg/g dust). The concentration of beta-glucans in “GlucateLL”-test ranged from 8 to 116 μg/g dust, mean concentration was 75.58 ± 25.27 μg/g dust ($M = 77$ μg/g dust), the concentration of beta-glucans in ELISA ranged from 10 to 109 μg/g dust, mean content was of 28.45 ± 14.12 μg/g dust ($M = 24$ μg/g dust). LPS exposure did not exceed 1.2 μg/g of dust in 65% of the apartments. Such concentrations of LPS in the environment of sensitized people can stimulate the development of allergic reactions. There was a trend in the detection of higher exposure of beta-glucans by using “GlucateLL” test, which ranged from 40 to 100 μg/g of dust in 76% of the apartments when using the ELISA in 84% of the apartments in the content of beta-glucans ranged from 11 to 40 μg/g of dust. The correlation between data obtained by different methods was absent ($r = 0.2056$, $p < 0.05$). Thus, the different methods allow determine pyrogenic compounds of different structure. Therefore, these indices are independent of the characteristics of pyrogenic environment. The determination of the concentration of each of them in the same room seems to be reasonable.

Key words: lipopolysaccharide; beta-glucans; linear beta-glucans; house dust; ELISA.

For citation: Akhapkina I.G., Antropova A.B., Zheltikova T.M. Pyrogenic compounds in house dust of Moscow dwellings. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(8): 734-737. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-8-734-737>

For correspondence: Irina G. Akhapkina, scientist researcher, MD, PhD., I.I. Mechnikov Research Institute of Vaccines and Sera, Moscow, 105064, Russian Federation. E-mail: isun17@yandex.ru

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

Acknowledgement. The work was supported by the Russian Foundation for basic research, project no. 15-04-03634.

Received: 31.08.16

Accepted: 16.01.17

Введение

При микробиологическом анализе воздуха или пыли любого помещения, за исключением стерильных, всегда выявляется некоторое количество микромицетов и бактерий. Другими методами возможно выявление в помещениях различных пылевых зёрен и их фрагментов, микроартропод, микроводорослей и др. Все названные объекты являются источниками различных биологически активных соединений, в частности, аллергенных и пирогенных. Среди последних особое внимание привлекают липополисахарды (ЛПС) и бета-(1-3)-глюканы. ЛПС выделяются в окружающую среду преимущественно грамм-отрицательными бактериями, бета-глюканы – микроскопическими грибами, членистоногими (клещи домашней пыли, тараканы и др.), микроводорослями, растениями, некоторыми бактериями [1]. Столь пристальное внимание к полисахаридам в окружающей среде обусловлено результатами исследований, выявивших их функциональную активность в отношении иммунной системы человека. Например, бета-глюканы оказывают модулирующее действие на гуморальный и клеточный иммунитет, демонстрируют антикоагулянтные, антицитотоксические, антимутагенные и противоопухолевые свойства, способствуют снижению уровня холестерина [2]. Известны данные о зависимости типа иммунного ответа от количества бета-глюканов в окружающей среде. При невысоких концентрациях 1-3/1-6-глюканы проявляют адьювантные свойства при формировании аллергического ответа [3]. В то же время высокие концентрации бета-(1-3)-глюканов в окружающей среде препятствуют развитию атопических заболеваний [4]. Давно установлено, что совместное действие аллергена и ЛПС может провоцировать усиление аллергического заболевания [5]. Однако эффект ЛПС является дозозависимым, т.е., как показали S. Eisenbarth и соавт. [6], ЛПС в количестве 100 мкг препятствует развитию аллергической реакции, в то время как присутствие 0,1 мкг ЛПС способствует развитию реакций гиперчувствительности немедленного типа. Воздействие бета-глюканов на иммунную систему человека зависит от структуры, конформации, молекулярной массы, растворимости в водной среде, их количества и пути проникновения в макроорганизм [7, 8]. В бытовых условиях наиболее вероятный путь попадания пирогенных соединений в макроорганизм – это ингаляционный. Возможно и частичное заглатывание взвеси домашней пыли, в которой скапливаются бета-глюканы, их фрагменты и ЛПС, образованные в результате деструкции грибов, бактерий, личинок шкурки клещей домашней пыли и др. Таким образом, люди постоянно подвергаются воздействию различных пирогенов, причем результат такого воздействия зависит от количества пирогенных соединений в окружающей среде. Особенно это важно для людей с атопией либо с генетической предрасположенностью к ней.

В связи с вышесказанным целью работы было изучение экспозиции ЛПС и бета-глюканов в пыли жилых помещений Москвы разными способами – при помощи Lal-реактанта, позволяющего выявлять бета-глюканы и ЛПС, способные подвергаться полимеризации в присутствии каскада ферментов лизата амёб-цитов мечехвостов *Limulus polyphemus*, и иммуноферментным, позволяющим выявлять в основном линейные бета-глюканы (ЛБГ) и их фрагменты.

Материал и методы

Были обследованы 80 квартир в Москве. Образцы пыли собирали с поверхности не менее 0,5 м² на стерильный тканевой фильтр, зажатый между трубками пылесоса. Определение количества бета-глюканов проводили при помощи тест-набора «GlucateLL» («CAPE COD», USA) и ЛБГ – при помощи ИФА-тест-набора лабораторного приготовления [9, 10]. Содержание ЛПС определяли при помощи гель-тромб-теста по прилагаемой инструкции производителя «Lal-тест» (Associates of Cape Cod Inc.) и ОФС 42-0002-00. Чувствительность Lal-реактива составляла 0,03 ЕЭ/мл. Содержание ЛПС определяли в пределах 0,06–0,6 мкг на 1 г пыли (далее мкг/г), 0,6–1,2 мкг/г, 1,2–3,0 мкг/г, 3–6 мкг/г. Для статистической обработки данных использовали верхние предельные значения содержания ЛПС. 10 мг пыли помещали в микропробирку, прибавляли 1 мл 0,1М фосфат-

Содержание пирогенных соединений в пыли квартир Москвы (n = 80)

Содержание полисахаридов, мкг/г	Количество квартир, абс. (%), в которых выявлены пирогенные соединения		
	ЛБГ	ЛПС	Бета-глюканы
0,6		3 (4)	
1,2		52 (65)	
3		13 (16)	
6		12 (15)	
0–10	5 (6)		1 (1)
11–20	17 (21)		0
21–30	36 (45)		2 (3)
31–40	14 (18)		4 (5)
41–50	6 (8)		15 (19)
51–60	1 (1)		8 (10)
61–70	0		4 (5)
71–80	0		9 (11)
81–90	0		5 (6)
91–100	0		20 (25)
101–110	1 (1)		8 (10)
111–120			4 (5)

но-солевого буфера pH 7,2–7,4 в присутствии 0,05% Tween-20, нагревали 1 ч при $t = 90^\circ\text{C}$ в плоскостельном термостате. Центрифугировали 10 мин (2000 об./мин). Надосадочную жидкость использовали в качестве испытуемого образца для проведения ИФА. 50 мг пыли помещали в 1 мл апиrogenной воды, экстрагировали в течение 60 мин при $t = 95^\circ\text{C}$ в плоскостельном термостате. Центрифугировали 10 мин (2000 об./мин). Надосадочную жидкость использовали в качестве испытуемого образца для определения содержания ЛПС при помощи гель-тромб-теста и для определения содержания бета-глюканов при помощи тест-набора «GlucateLL». Статистический анализ проводили при помощи программы Statistica 6.0 и Microsoft Office Excel 2003.

Результаты

В домашней пыли всех обследованных жилых помещений присутствовали водорастворимые (1-3)-бета-глюканы и ЛПС. Концентрация различных пирогенных соединений варьировала от 0,6 до 116 мкг/г. В таблице представлено содержание пирогенных соединений в разных квартирах.

Концентрация ЛБГ варьировала в пределах 10–109 мкг/г. Среднее значение содержания растворимых линейных бета-глюканов составляло $28,45 \pm 14,12$ мкг/г ($Me = 24$ мкг/г). Концентрация ЛПС варьировала от 0,6 до 6 мкг/г. Среднее значение содержания ЛПС равнялось $2,19 \pm 1,74$ мкг/г ($Me = 1,2$ мкг/г). Концентрация бета-глюканов, определённых при помощи Lal-реактива варьировала от 8 до 116 мкг/г. В этом случае среднее значение концентрации бета-глюканов составляло $75,58 \pm 25,27$ мкг/г ($Me = 77$ мкг/г) (рис. 1, 2).

Обсуждение

Как видно из полученных данных, в пыли жилых помещений Москвы присутствуют одновременно пирогенные соединения разного химического строения и происхождения – ЛПС и бета-глюканы. Интересно, что предельные значения концентраций бета-глюканов, измеренные разными методами, практически совпадают. При этом совершенно очевидна тенденция к определению более высокой экспозиции бета-глюканов при помощи тест-набора «GlucateLL» (рис. 1, 2). В 76% квартир было выявлено содержание бета-глюканов от 40 до 100 мкг/г при использовании тест-набора «GlucateLL». В то же время в 84% квартир содержание ЛБГ, выявленных иммунофермент-

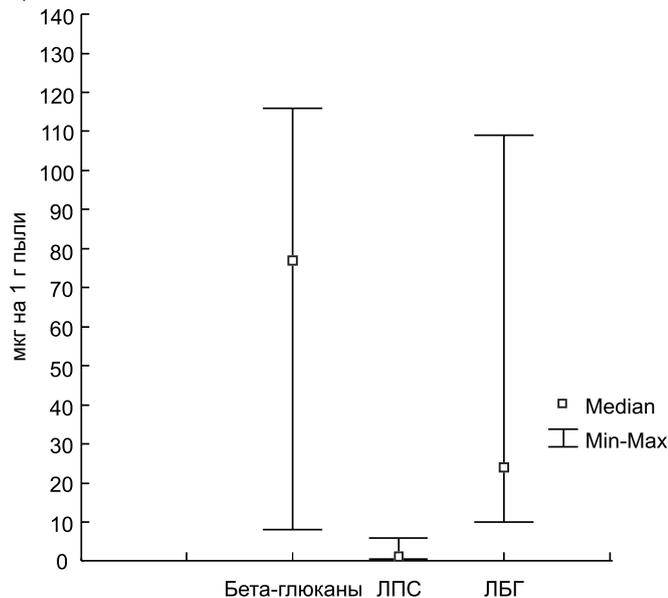


Рис. 1. Медиана и разброс концентраций (min-max) различных полисахаридов в пыли обследованных квартир.

ным методом, составляло от 11 до 40 мкг/г. При этом корреляция между концентрациями бета-глюканов, измеренных иммуноферментным методом, и бета-глюканов, измеренных при помощи тест-набора «GlucateLL», отсутствует ($r = 0,2056$, $p < 0,05$). Следует заметить, что сравнительный анализ экспозиции бета-глюканов в одних и тех же пробах домашней пыли, проведенный в разных лабораториях при помощи Lal-теста и ИФА продемонстрировал схожесть результатов в первом случае и значительные отличия во втором [11]. Ранее нами было показано, что нона- β -(1 \rightarrow 3)-D-глюкозид, используемый в качестве ингибирующего антигена в иммуноферментном тест-наборе, индуцирует выработку спектра цитокинов, аналогичного таковому при действии бета-глюкана, используемого для построения концентрационной кривой в тест-наборе «GlucateLL» [12]. В нашем исследовании, мы полагаем, разница в экспозиции показывает, что разные методы позволяют определять бета-глюканы разной структуры. Таким образом, данные показатели являются самостоятельными характеристиками пирогенности окружающей среды.

Содержание ЛПС в пыли обследованных квартир не превышало 6 мкг/г, причем в 65% квартир экспозиция ЛПС не превышала 1,2 мкг/г. Такие концентрации ЛПС, как было отмечено выше, способны усиливать аллергические реакции макроорганизма. Отметим также, что нет корреляции между содержанием ЛПС и концентрацией в домашней пыли ЛБГ ($r = 0,2013$, $p < 0,05$) и концентрацией бета-глюканов, определенной при помощи Lal-реактива ($r = 0,1502$, $p < 0,05$). С. Engstad и соавт. [13] показали, что бета-глюканы могут усиливать индукцию цитокинов, вызванную присутствием ЛПС. Таким образом, несмотря на разную концентрацию ЛПС и бета-глюканов в окружающей среде, конечный эффект воздействия на иммунную систему человека будет являться не только суммарным результатом действия каждого соединения, но и, возможно, адьювантным и синергическим.

Заключение

Экспозиция пирогенных соединений является важной характеристикой помещений. Это крайне важно для людей с сенсibilизацией, особенно к аэроаллергенам. Исследования в этой области, изучение молекулярных механизмов стимулирования иммунной системы человека различными пирогенными соединениями демонстрируют зависимость между тяжестью аллергических реакций и структурой и концентрацией пирогенов. Для изучения данной задачи разрабатывают и модифицируют разные способы и тест-наборы. Иммуноферментное определе-

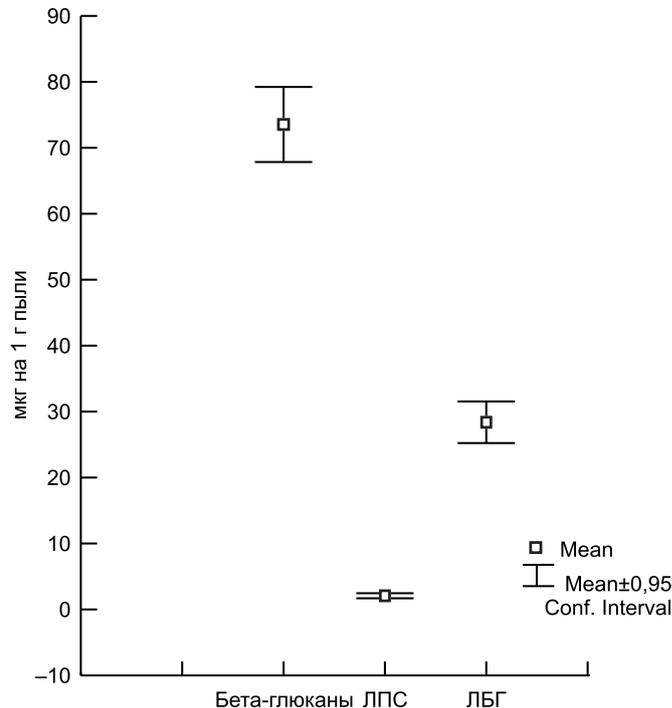


Рис. 2. Средняя концентрация ($M \pm m$) различных полисахаридов в пыли обследованных квартир ($n = 80$).

ние значительно ускоряет и упрощает проведение мониторинга содержания каких-либо соединений в окружающей среде. Поскольку разные методы позволяют определять пирогенные соединения разного строения, а результат их совместного действия на иммунную систему человека является не просто суммарным, но и адьювантным и синергическим, то и определение концентрации каждого из них в одном помещении представляется целесообразным.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ №15-04-03634.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

(п.п. 1–7, 11, 13 см. References)

- Беседнова Н.Н., Иванушко Л.А., Звягинцева Т.Н., Елякова Л.А. Иммунотропные свойства 1,3/1,6- β -D-глюканов. *Антибиотики и химиотерапия*. 2000; (2): 37–44.
- Ахапкина И.Г., Желтикова-Вострокнутова Т.М., Антропова А.Б., Егорова О.В., Калинкина М.А., Яшунский Д.В. и др. Иммуноферментная тест-система для количественного определения микополисахаридов и их производных в пыли окружающей среды. Патент РФ № 2543323; 2015.
- Ахапкина И.Г., Желтикова Т.М., Антропова А.Б., Михайлова Н.А., Яшунский Д.В., Карелин А.А. и др. Разработка методических подходов к созданию реагентов для иммуноферментного определения линейных β -(1 \rightarrow 3)-глюканов и их производных в окружающей среде. *Иммунология*. 2015; 36 (5): 276–9.
- Ахапкина И.Г., Антропова А.Б., Ахматов Э.А., Желтикова Т.М. Индукция синтеза цитокинов синтетическим фрагментом линейного (1-3)-бета-глюкана в опытах in vitro. В кн.: *Материалы III международного микологического форума «Успехи медицинской микологии»*. Том 14. М.: Национальная академия микологии; 2015: 381–3.

References

- Netea M.G., Brown G.D., Kullberg B.J., Gow N.A. An integrate model of the recognition of *Candida albicans* by the innate immune system. *Nat. Rev. Microbiol.* 2008; (6): 67–78.
- Mantovani M.S., Bellini M.F., Angeli J.P.F., Oliveira R.J., Silva A.F., Ribeiro L.R. et al. β -Glucans in promoting health: Prevention against mutation and cancer. *Mutat. Res.* 2008; 658 (3): 154–61.
- Young Shih-Houng, Wolfarth M.G., Roberts J.R., Kashon M.L., Antonini

- 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)-b-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) beta-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 beta-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 δ¹⁸O. 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 δ¹⁸O –15‰ зимой и –7‰ летом, арктические траектории со значениями δ¹⁸O 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 δ¹⁸O 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