

22. Соломай Т.В., Каира А.Н. Эпидемиологические особенности водных вспышек инфекций с фекально-оральным механизмом передачи. Available at: <http://solomay.ru/wp-content/uploads/2014/12/PDF-448-Kb.pdf>
23. Морозов П.Н. *Подземный сток и методы его определения. Конспект лекций*. Ленинград; 1975.
24. Данилов-Данильян В.И., Зектер И.С. Ресурсы подземных вод и возможности их использования в Арктической зоне России. *Современные производительные силы. Спецвыпуск: Арктика, Стратегия и приоритеты развития*. 2015; (3): 103–12.
25. Соловьёв А.В., Степанова О.А., Соловьёва Е.А. Явление освоения in vitro вирусами прокариотов с суши эукариотов-гидробионтов. *Сборник Донецкого национального университета*. 2008; (2): 431–3.
26. Степанова О.А. Загрязнение морских рыб вирусами, занесенными с суши. *Рыбное хозяйство Украины*. 2004; (2): 33–4.
27. Букринская А.Г. *Вирусология*. М.: Медицина; 1986.
29. Шестаков С.В. Горизонтальный перенос генов у эукариот. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2009; 13 (20): 345–54.
11. Makunin D. Is smallpox return? *Tayny XXveka*. 2010; (4): 12–4. (in Russian)
12. Protod'yakonov A.P., Chernyavskiy V.F. The Republic of Sakha (Yakutia): On the question of the survival of the smallpox virus in the permafrost. *Bioterrorizm*. 2002; (3): 26–7. (in Russian)
13. Dzyuba A.V. Degradation of the permafrost zone and the possibility of global environmental stress. In: «Materials of the International Scientific and Practical Conference Drinking Groundwater: Study, Use and Information Technologies» [Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Pit'evye podzemnye vody. Izucheniye, ispol'zovanie i informatsionnye tekhnologii»]. Moscow; 2011: 154–72. (in Russian)
14. Wimmer E., Hellen C.U., Cao X. Genetics of poliovirus. *Annu. Rev. Genet.* 1993; 27: 353–436.
15. Zhdanov V.M. *The Evolution of Viruses [Evolutsiya virusov]*. Moscow: Meditsina; 1990. (in Russian)
16. Agol V.I. The root system of the tree of life. *Priroda*. 2009; (9): 3–11. (in Russian)
17. Kushner D., ed. *Microbial Life in Extreme Environments*. London: Academic Press; 1980.
18. Rakhmanin Yu.A. Actualization of human ecology problems and their solutions. In: *Materials of Plenum of the Scientific Council for Human Ecology and Environmental Health [Materialy Plenuma Nauchnogo soveta Rossiyskoy Federatsii po ekologii cheloveka i gigiene okruzhayushchey sredy]*. Moscow; 2011. (in Russian)
19. Elpiner L.I. Medical and ecological significance of the water factor. In: *Geology and Ecosystems*. New York: Springer USA; 2005: 219–28.
20. Protocol on Water and Health to the 1992 Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes. Available at: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0007/88603/E89602.pdf?ua=1
21. El'piner L.I. Medical and ecological aspects of modern hydrogeology. *Voda: khimiya i ekologiya*. 2016; (1): 30–5. (in Russian)
22. Solomay T.V., Kaira A.N. Epidemiological features of water outbreaks of infections with fecal-oral mechanism of transmission. Available at: <http://solomay.ru/wp-content/uploads/2014/12/PDF-448-Kb.pdf> (in Russian)
23. Morozov P.N. *Underground Drainage and Methods for Its Determination. Lecture Notes [Podzemnyy stok i metody ego opredeleniya. Konspekt lektsiy]*. Leningrad; 1975. (in Russian)
24. Danilov-Danil'yan V.I., Zektser I.S. Groundwater resources and their possible use in the Arctic zone of Russia. *Sovremennye proizvoditel'nye sily. Spetsvyпуск: Arktika, Strategiya i priorityety razvitiya*. 2015; (3): 103–12. (in Russian)
25. Solov'ev A.V., Stepanova O.A., Solov'eva E.A. The phenomenon of the development of in vitro viruses prokaryotes eukaryotes from the land-aquatic animals. *Sbornik Donetskogo natsional'nogo universiteta*. 2008; (2): 431–3. (in Russian)
26. Stepanova O.A. Pollution of marine fish viruses, included with sushi. *Rybnoe khozyaystvo Ukrainy*. 2004; (2): 33–4. (in Russian)
27. Bukrinskaya A.G. *Virology [Virusologiya]*. Moscow: Meditsina; 1986. (in Russian)
28. Ochman H., Lawrence J.G., Groisman E.A. Lateral gene transfer and the nature of bacterial innovation. *Nature*. 2000; 405: 299–304.
29. Shestakov S.V. Horizontal gene transfer in eukaryotes. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii*. 2009; 13 (20): 345–54. (in Russian)

References

1. Kotlyakov V., Khromova T. Maps of permafrost and ground ice. In: Stolbovoi V., McCallum I., eds. *Land Resources of Russia*. Laxenburg; 2002
2. Dzyuba A.V., Zektser I.S. Climate change and permafrost: forward and backward linkages. *Doklady Akademii nauk*. 2009; 429 (3): 402–5. (in Russian)
3. Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J. et al. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press; 2013: 1535.
4. James N., Sutherland M.L. Are there living bacteria in permanently frozen subsoil? *Can. J. For. Res.* 1942; 20 (6): 228–35.
5. Shatilovich A.V., Shmakova L.A., Gubin S.V., Gilichinskiy D.A. Viable protozoa in the Arctic permafrost. *Kriosfera Zemli*. 2010; 16 (2): 69–78. (in Russian)
6. Abyzov S.S., Bobin N.E., Kudryashov B.B. Microbiological studies of the glacier in Central Antarctica. *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Seriya: Biologiya*. 1979; (6): 828–36. (in Russian)
7. Gilichinsky D. Permafrost model of extraterrestrial habitat. In: Horneck G., Baumstark-Khan C., eds. *Astrobiology*. Berlin: Springer-Verlag; 2002: 271–95.
8. Vorobyova E., Soina V., Gorlenko M., Minkovskaya N., Zalinova N., Mamukelashvili A. et al. The deep cold biosphere: facts and hypothesis. *FEMS Microbiol. Rev.* 1997; 20: 277–90.
9. Faizurdinova R.N., Suzina N.E., Duda V.I., Petrovskaya L.E., Gilichinskiy D.A. Yeasts Isolated from Ancient Permafrost. In: Castello J.D., Rogers S.O. *Life in Ancient Ice*. Princeton: 2005; (8): 118–26.
10. Artemova T.Z., Nedachin A.E., Zholdakova Z.I., Sinitsyna O.O., Gipp E.K., Butorina N.N. et al. The problem of the reactivation of microorganisms in the evaluation of the effectiveness of water disinfection equipment. *Gigiena i sanitariya*. 2010; 89 (1): 15–8. (in Russian)

Поступила 20.09.16
Принята к печати 16.01.17

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 613.5:628.8

Аликбаева Л.А., Колодий С.П., Бек А.В.

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КЛАССА ОПАСНОСТИ ОТХОДОВ ДОРОЖНО-АВТОМОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, г. Санкт-Петербург

Цель исследования – гигиеническая оценка отходов дорожно-автомобильного комплекса (ДАК) для обоснования рекомендаций по обращению с ними на урбанизированных территориях.

Материал и методы. Объектом изучения явились отходы ДАК четырех городов России – Санкт-Петербурга, Челябинска, Перми и Уфы. Программа исследований включала анализ химического состава отходов ДАК; определение класса опасности отходов для здоровья человека по СП 2.1.7.1386–03 «Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления» (2003) и расчет класса опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду в соответствии с «Критериями отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» (2014).

Результаты. В исследуемых пробах отходов ДАК Санкт-Петербурга, Перми, Челябинска и Уфы основным компонентом является диоксид кремния (до 92%). Содержание в отходах ДАК семи химических веществ I-го и 2-го класса опасности превышало их предельно допустимые концентрации (ПДК) в почве: меди – в 10–35 раз,

никеля – в 2,6–61,7 раза, цинка – в 3–5,5 раза, мышьяка – в 2–4,4 раза, хрома – в 2,1–36,6 раза, кобальта – в 1,3–2,8 раза, бенз(а)пирена – в 1–4,4 раза. По классу опасности для здоровья человека отходы ДАК четырех городов относятся ко 2-му классу – высокоопасные отходы, а на основании показателей суммарного индекса опасности отходов для окружающей среды – к 4-му классу – малоопасные отходы. Рекомендован обязательный сбор и вывоз отходов ДАК с урбанизированных территорий. Необходимо провести дополнительные исследования для оценки миграционно-водного показателя вредности отходов ДАК с целью определения регламента их утилизации и складирования на неурбанизированных территориях.

Ключевые слова: урбанизированные территории; отходы дорожно-автомобильного комплекса; съём с дорог; класс опасности отходов для здоровья человека и окружающей среды.

Для цитирования: Аликбаева Л.А., Колодий С.П., Бек А.В. Гигиеническая оценка класса опасности отходов дорожно-автомобильного комплекса. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(8): 711-716. DOI: <http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-8-711-716>

Для корреспонденции: Аликбаева Лилия Абдулляимовна, д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой общей и военной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России. E-mail: alikbaeva@mail.ru.

Alikbayeva L.A., Kolodiy S.P., Bek A.V.

HYGIENIC EVALUATION OF THE CLASS HAZARD OF DISCHARGES FROM ROAD-VEHICLES COMPLEX

I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

The purpose of the study. Hygienic evaluation of discharges from the road-vehicle complex to justify recommendations for handling it in urbanized areas.

Material and methods. The object of the study was discharges from the road-vehicles complex (RVC) in four cities of Russia - Saint-Petersburg, Chelyabinsk, Perm and Ufa. The research program included the analysis of the chemical composition of RVC discharges; determination of hazard classes of waste for the health of the person at the SP 2.1.7.1386-03 "Sanitary rules on determining the hazard class of toxic production wastes and consumption" (2003) and the calculation of class of danger according to the degree of negative impact on the environment in accordance with the "Criteria for classification of wastes of hazard classes I–V according to the degree of negative impact on the environment" (2014).

Results. In the analyzed samples silicon dioxide (up to 92%) appeared to be the main component of RVC discharges in cities of Petersburg, Perm, Chelyabinsk and Ufa. In RVC discharges the content of seven chemical substances hazard class 1 and 2 exceeded their MPC in soil: copper – by 10 to 35 times, Nickel – from 2.6 to 61.7 times, zinc – from 3 to 5.5 times, arsenic – from 2 to 4.4 times, chromium – 2.1 to 36.6 times, cobalt – from 1.3 to 2.8 times, benzo(a)pyrene from 1 to 4.4 times. According to class of danger to human health RVC discharges waste in four cities refer to hazard class 2 – highly hazardous waste, and on the basis of indices, the total index of hazard waste for the environment to hazard class 4 – low hazard waste. Mandatory collection and removal from RVC from urban areas is recommended. It is necessary to perform additional studies to assess of migration-water hazard index RVC discharges with the aim of the determination of regulations for its disposal and storage outside the city.

Key words: urbanized areas; waste of the road-automobile complex; sweep of roads; hazard class of waste for human health and the environment.

For citation: Alikbayeva L.A., Kolodiy S.P., Bek A.V. Hygienic evaluation of the class hazard of discharges from road-vehicles complex. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(8): 711-716. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-8-711-716>

For correspondence: Lilya A. Alikbayeva, MD, PD, DSci., head of the Department of general and military hygiene of the I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation, E-mail: alikbaeva@mail.ru

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 27.05.17

Accepted: 05.07.17

Введение

Отходы дорожно-автомобильного комплекса (ДАК) формируются за счёт эмиссии загрязняющих веществ, образующихся при сжигании топлива автомобилями, стирании дорожного полотна, тормозной системы и шин, поэтому представляют собой сложную смесь токсичных компонентов [1–3]. Значимая роль в образовании отходов ДАК в настоящее время принадлежит продуктам эксплуатационного износа автомобилей и дорожного полотна. Исследования ряда авторов указывают на то, что в спектр загрязнителей, поступающих в окружающую среду за счёт эксплуатационного износа ДАК, входят вещества 1-го и 2-го класса опасности [1–6].

Особая гигиеническая значимость отходов ДАК на урбанизированных территориях определилась в последнее десятилетие в связи со стремительным ростом автомобилизации. В Российской Федерации с 1970 г. автопарк увеличился в 47 раз, в Москве и Санкт-Петербурге – в 20 и 25 раз соответственно. По данным статистического анализа, в окружающую среду на территории Санкт-Петербурга в 2015 г. поступило 114,7 тыс. т отходов ДАК: 91,6 тыс. т твердых пылевых частиц за счёт истирания дорожного полотна, 2,2 тыс. т за счёт истирания тормозной системы, 20,9 тыс. т за счёт истирания шин [1–6].

Ключевым вопросом в решении эколого-гигиенических проблем утилизации или захоронения отходов является определение класса их токсичности и опасности. В настоящее время Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» регламентирует обращение с отходами как на урбанизированных, так и на неурбанизированных территориях в соответствии с оценкой класса опасности отхода по «Критериям отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды».

Высокие концентрации загрязняющих веществ, образующиеся при эксплуатации ДАК, формируются преимущественно в приземном слое атмосферы, поступают непосредственно в зону дыхания человека, создают высокую степень риска для здоровья населения. Рассчитанный [1–4] показатель канцерогенного риска в районах города с интенсивностью движения автотранспортных потоков 2500 авт/ч и более находится на уровне 10^{-2} , характеризующемся как риск значительно выше приемлемого. Уровень неканцерогенного риска здоровью населения оценен как «чрезвычайно высокий» (показатель N_i – от 15,4 до 22,2). Основные системы органов человека, определяющие риск, – система органов дыхания и иммунная система [1, 2, 4, 6].

Установлены причинно-следственные связи между уровнем загрязнения атмосферного воздуха в зоне влияния ДАК и показателями заболеваемости детского населения Санкт-Петербурга. Особенности заболеваемости детского населения, подверженного воздействию загрязнителей атмосферного воздуха в районах с интенсивной эксплуатацией ДАК, являются болезни дыхательной системы, кожи и подкожной клетчатки, мочевыводящей и эндокринной систем (в основном патология щитовидной железы), патологии сердечно-сосудистой системы (за счёт болезней, связанных с повышенным артериальным давлением), новообразования, заболевания, сопровождающиеся аллергическим компонентом [1, 6].

В связи с этим актуальным в решении вопросов соответствующего санитарно-эпидемиологического содержания урбанизированных территорий является сравнительная оценка класса опасности отходов ДАК для окружающей среды и здоровья человека.

Цель исследования – гигиеническая оценка отходов ДАК для обоснования рекомендаций по обращению с ними на урбанизированных территориях.

Материал и методы

Объектом изучения был смёт с дорог, представляющий собой отходы ДАК четырех городов России – Санкт-Петербурга, Перми, Челябинска и Уфы. Пробы отходов ДАК отобраны сотрудниками ФГБУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений» (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.511721 от 10 октября 2011 г.) в апреле 2014 и 2016 гг. с автомагистралей Челябинска (2014) – 3 точки отбора, Уфы (2014) – 15 точек, Перми (2014) – 4 точки и Санкт-Петербурга (2016) – 6 точек отбора проб.

Программа исследований включала следующие основные направления гигиенической оценки отходов ДАК Санкт-Петербурга, Перми, Уфы и Челябинска: анализ химического состава отходов; определение класса опасности расчётным методом для здоровья человека; расчёт класса опасности по степени негативного воздействия отходов на окружающую среду.

На первом этапе исследования проведен химический анализ и оценка состава отходов ДАК четырех городов. В аккредитованной испытательной лаборатории аналитической экотоксикологии ФГБУН «Институт токсикологии ФМБА России» (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.514726) проведены измерения в соответствии с природоохранным нормативным документом федерального уровня (ПНД Ф) 16.1:2.21–98 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости Флюорат-02»; ПНД Ф 16.1:2.23–00 «Определение содержания ртути в почве, донных отложениях и горных породах»; ПНД Ф 16.1:2.3:3.44–05 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли летучих фенолов в пробах почв, осадках сточных вод и отходов фотометрическим методом после отгонки с водяным паром»; М-МВИ-80–2008 «Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектрометрии»; ГОСТ 23740–79 «Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ»; ПНД Ф 16.1:2.2:3.39–03 «Методика выполнения измерений массовой доли бенз(а)пирена в пробах почв, грунтов, твердых отходов и донных отложений методом ВЭЖХ с использованием анализатора жидкости ФЛЮОРАТ®-02 в качестве флуориметрического детектора»; ПНД Ф 16.2:2.3:3.28–02 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания хлоридов в твердых и жидких отходах производства и потребления, осадках, шламах, активном иле, донных отложениях меркурометрическим методом»; ПНД Ф 16.1:2.2:3.66–10 «Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовой доли анионных поверхностно-активных веществ в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, отходов производства и потребления экстракционно-фотометрическим методом».

Следующим этапом исследований явилась оценка класса опасности отходов ДАК для здоровья человека, которая прово-

Показатели опасности, учтённые для расчёта суммарного индекса опасности (К) компонента отходов ДАК

| СП 2.1.7.1386–03 «Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления» | «Критерии отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» |
|--|---|
| ПДК _{почва} ² , мг/кг | ПДК _{почва} ² , мг/кг |
| ПДК _{вода} ² , мг/л | ПДК _{вода} ² , мг/л |
| ПДК _{р.з.} ² , мг/м ³ | – |
| ПДК _{сс(м.р.)} атмосферного воздуха, мг/м ³ | ПДК _{сс(м.р.)} атмосферного воздуха, мг/м ³ |
| Класс опасности в воде | Класс опасности в воде |
| Класс опасности в рабочей зоне | – |
| Класс опасности в атмосферном воздухе | Класс опасности в атмосферном воздухе |
| Класс опасности в почве | Класс опасности в почве |
| DL ₅₀ (мг/кг) перорально (средняя смертельная доза) | DL ₅₀ (мг/кг) перорально (средняя смертельная доза) |
| CL ₅₀ (мг/м ³) ингаляционно (средняя смертельная концентрация) | CL ₅₀ (мг/м ³) (средняя смертельная концентрация) |
| Канцерогенность | – |
| Lg (S, мг/л/ПДК _в) | Lg (S, мг/л/ПДК _в) |
| Lg (C _{нас} ² , мг/м ³ /ПДК _{сс(м.р.)}) | Lg (C _{нас} ² , мг/м ³ /ПДК _{сс(м.р.)}) |
| ПДК _{вр} ² , мг/л в воде водоёма, используемого для рыбохозяйственных целей | ПДК _{р.з.} ² , мг/л в водных объектах рыбохозяйственного значения |
| DL ₅₀ ^{skin} , мг/кг | – |
| CL ₅₀ ^w (мг/л/96 ч) | CL ₅₀ ^{водн} (мг/л/96 ч) |
| Lg (C _{нас} ² , мг/м ³ /ПДК _{р.з.}) | Lg (C _{нас} ² , мг/м ³ /ПДК _{р.з.}) |
| КВМО (коэффициент возможного ингаляционного отравления) | – |
| Log Kow (октанол/вода) | Log Kow (октанол/вода) |
| Персистентность (трансформация в окружающей среде) | Персистентность (трансформация в окружающей среде) |
| Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке) | Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке) |
| Мутагенность | – |
| ПДК в продуктах питания | ПДК в продуктах питания |
| – | Класс опасности в воде водных объектов рыбохозяйственного значения |
| – | БД = БПК ₅ /ХПК 100% |

дилась в соответствии с СП 2.1.7.1386–03 «Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления» (2003), на основании величины суммарного индекса опасности (К), рассчитанного по сумме показателей опасности для каждого вещества, составляющего отходы ДАК (табл. 1).

В методологии СП 2.1.7.1386–03 заложена количественная оценка степени токсичности и опасности промышленных отходов на основе анализа качественного и количественного состава компонентов.

При обосновании критериев опасности для здоровья человека по 4-балльной системе их ранжирования использовали данные о распределении химических компонентов отходов ДАК по классам опасности в атмосферном воздухе, воздухе рабочей

Результаты химического анализа отходов ДАК ($M \pm m$)

| Компонент, мг/кг | Санкт-Петербург | Пермь | Челябинск | Уфа | ПДК _н , класс опасности |
|-------------------------|-----------------|----------------------|---------------------|------------------|---------------------------------------|
| Натрий | 713 ± 214 | 404 ± 121,5 | 1357 ± 407 | 254 ± 76 | – |
| Калий | 1521 ± 456 | 609,5 ± 182,75 | 659,3 ± 197,6 | 369,33 ± 111 | – |
| Кальций | 13 510 ± 4053 | 45 580,75 ± 13 674,5 | 25 623,67 ± 7687,33 | 76 204 ± 12 861 | – |
| Медь | 71,8 ± 21,5 | 38,775 ± 11,625 | 105,23 ± 31,73 | 30,03 ± 9,03 | 3,0; 2 |
| Магний | 5181 ± 1554 | 30 249,75 ± 9074,75 | 26 549,33 ± 7964,67 | 24 146,67 ± 7244 | – |
| Свинец | 9,5 ± 2,9 | 16,625 ± 4,95 | 19,97 ± 6,00 | 22,9 ± 6,87 | 32,0; 1 |
| Молибден | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | – |
| Никель | 10,6 ± 3,2 | 247 ± 74,25 | 53,67 ± 16 | 63,33 ± 19 | 4,0; 2 |
| Свинец | 89,4 ± 26,8 | 68,15 ± 20,45 | 125,73 ± 31,10 | 88,93 ± 26,63 | 23,0; 1 |
| Мышьяк | 4,1 ± 1,2 | 8,725 ± 2,625 | 3,7 ± 1,1 | 6,13 ± 1,83 | 2,0; 1 |
| Хром | 12,6 ± 3,8 | 57,5 ± 49,75 | 219,67 ± 66 | 82,67 ± 24,67 | 6,0; 2 |
| Кадмий | < 0,05 | 0,28 ± 0,0825 | 0,37 ± 0,11 | 0,49 ± 0,15 | – |
| Кобальт | 9,1 ± 2,7 | 13,65 ± 6,53 | 13,9 ± 4,7 | 6,4 ± 1,9 | 5,0; 2 |
| Нефтепродукты | 10 500 ± 2620 | 4394 ± 1102 | 6957,67 ± 1575,33 | 2563,33 ± 640,67 | – |
| Органический углерод, % | 4,6 ± 0,7 | 2,925 ± 0,475 | 3,07 ± 0,53 | 2,97 ± 0,53 | – |
| Хлориды | 314 ± 47 | 178 ± 27 | 202,67 ± 30,33 | 78,67 ± 11,33 | – |
| Фенолы | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | – |
| ПАВ | 31,6 ± 5,1 | 29,5 ± 4,775 | 50,4 ± 8,07 | 31,4 ± 5 | – |
| Бенз(а)пирен | 0,088 ± 0,025 | 0,02875 ± 0,0105 | 0,06 ± 0,02 | 0,02 ± 0,0073 | 0,02; 1 |
| Диоксид кремния | 922 022,21 | 859 748,2725 | 885 948,77 | 840 010,77 | – |

Примечание. ПАВ – поверхностно-активные вещества.

зоны, воде водоёмов хозяйственно-питьевого водоснабжения, почве и пищевых продуктах. Существующие принципы оценки класса опасности веществ в разделах гигиены воды, атмосферного воздуха и рабочей зоны различаются. Однако существующие системы оценки опасности в той или иной степени отражают реальную опасность химических веществ для здоровья человека. Также учитывали мутагенность, канцерогенность, персистентность компонентов отходов, биоаккумуляцию (см. табл. 1).

В соответствии с СП 2.1.7.1386–03 «Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления» (2003) наиболее полно проводится оценка опасности химических веществ на основе следующих параметров: среднесмертельных доз компонентов отходов, среднесмертельных концентраций компонентов отходов, коэффициента возможности ингаляционного отравления (КВИО). Первые два показателя, широко применяемые в различных классификаторах, дают характеристику уровня токсичности вещества. КВИО – наиболее адекватный показатель опасности, являющийся строго индивидуальной величиной для каждого вещества, расчёт которого подчиняется фундаментальным законам термодинамики.

На заключительном этапе исследований осуществляли расчёт класса опасности для окружающей природной среды по степени возможного вредного воздействия на основании степени опасности компонентов отходов (К), руководствуясь «Критериями отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» (2014).

Расчёт класса опасности отходов для окружающей природной среды проводили по степени возможного вредного воздействия на основании показателя степени опасности К. Дополнительно к санитарно-гигиеническим показателям учитывали ПДК и класс опасности в воде водных объектов рыбохозяйственного значения. Биологическое действие на организм (на население) К и их гигиенические нормативы в воздухе рабочей зоны были исключены из расчётов, так как данный показатель не учитывается в соответствии с «Критериями отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» (см. табл. 1).

Результаты и обсуждение

Санкт-Петербург, Пермь, Челябинск и Уфа являются высокоурбанизированными территориями с различающимися градообразующей промышленностью и климатическими условиями.

Столичный мегаполис Санкт-Петербург отличается высокой автомобилизацией населения (316 автомобилей на 1000 человек в 2016 г.) и интенсивностью движения транспортного потока – 500–3000 автомобилей в час. Население Санкт-Петербурга на 2017 г. составляет 5 281 579 человек. Основу промышленности города составляет машиностроение, в городе расположено свыше 700 крупных и средних предприятий. Климат города умеренный, переходный от умеренно континентального к умеренно морскому.

Отличительной особенностью Перми является развитое промышленное производство. Ведущее место в промышленности города занимают машиностроение, химическая и нефтехимическая, топливная и деревообрабатывающая отрасли. Уровень автомобилизации города на 2016 г. составил 231 автомобиль на 1000 человек. Численность населения Перми – 1 041 876 человек (2017). Климат умеренно континентальный.

Приоритетным градообразующим фактором Челябинска являются предприятия чёрной и цветной металлургии, энергетики, машиностроения, стройиндустрии и автотранспорта. Население на 2017 г. составило 1 198 858 человек. Уровень автомобилизации – 291 автомобиль на 1000 человек (2016). Климат Челябинска умеренно континентальный.

Уфа – город с развитой нефтеперерабатывающей, химической промышленностью и машиностроением. Численность населения на 2017 г. – 1 130 000 человек. Уровень автомобилизации – 258 автомобилей на 1000 человек (2016). Климатические условия – умеренно континентальные.

Анализ химического состава отходов ДАК Санкт-Петербурга, Перми, Челябинска и Уфы позволил установить, что основным и определяющим вредным компонентом в отходах всех четырёх городов России является диоксид кремния, на долю которого приходится от 84 до 92% (табл. 2). Данный

Таблица 3

Компоненты в отходах ДАК и показатели их опасности для здоровья человека

| Компонент отходов ДАК | Усредненный параметр опасности (Xi) | Степень опасности отходов (Wi), мг/кг |
|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Диоксид кремния | 3,3 | 587,5 |
| Натрий | 4 | 3981 |
| Калий | 4 | 3981 |
| Кальций | 4 | 3981 |
| Медь | 3,1 | 16 |
| Магний | 2,6 | 88 |
| Свинец | 1,78 | 4 |
| Молибден | 2,43 | 50,1 |
| Никель | 1 | 1 |
| Цинк | 2,5 | 63 |
| Мышьяк | – | 1 |
| Хром | 2,5 | 63 |
| Кадмий | – | 1 |
| Кобальт | 1,7 | 7 |
| Нефтепродукты | 2,8 | 158,49 |
| Органический углерод | 4 | 3981 |
| Хлориды | 2,8 | 158,5 |
| Фенолы | 2,25 | 31,62 |
| ПАВ | 2,5 | 63 |
| Бенз(а)пирен | 1 | 1 |

факт необходимо учитывать при выборе химических веществ, используемых для обслуживания дорог, – противогололёдных материалов, средств моющих технических и других. Использование фрикционных материалов с диоксидом кремния (пескополимерная смесь) приводит к значительному увеличению объёмов отходов ДАК, что обуславливает необходимость в кратчайшие сроки (1–3 дня) при переходе температуры через ноль (наступление плюсовой температуры) производить очистку от придорожного смёта, в том числе промывку дорог средствами моющими техническими.

При оценке результатов химического анализа отходов ДАК установлено, что из 18 веществ, входящих в состав отходов, 8 веществ относятся к 1-му и 2-му классу опасности для почвы: медь, свинец, никель, цинк, мышьяк, хром, кобальт, бенз(а)пирен.

В отходах ДАК всех исследуемых проб четырёх городов России обнаружено превышение ПДК в почве семи химических веществ: меди – от 10 (Уфа) до 35 (Челябинск) раз, никеля – от 2,6 (Санкт-Петербург) до 61,7 раза (Пермь), цинка – от 3 (Пермь) до 5,5 раза (Челябинск), мышьяка – от 2 (Челябинск, Санкт-Петербург) до 4,4 раза (Пермь), хрома – от 2,1 (Санкт-Петербург) до 36,6 раза (Челябинск), кобальта – от 1,3 (Уфа) до 2,8 раза (Пермь, Челябинск), бенз(а)пирена – от 1 (Уфа) до 4,4 раза (Санкт-Петербург) (см. табл. 2).

В составе исследуемых проб отходов ДАК обнаружены высоколетучие соединения фенолы, нефтепродукты, хлориды, ПАВ.

Результаты гигиенической оценки химического состава проб отходов ДАК, отобранных с придорожной территории городов, показали значительное превышение ПДК в почве веществ 1-го и 2-го класса опасности в 1–62 раза. Многоотнажность образования данных видов отходов на урбанизированных территориях позволяет прогнозировать значительное загрязнение почв веществами 1-го и 2-го класса опасности.

Оценка класса опасности и токсичности отходов ДАК для здоровья человека и окружающей среды проводилась по результатам химического анализа состава средних проб отходов ДАК городов.

Компоненты отходов ДАК и показатели их опасности для окружающей среды

| Компонент отходов ДАК | Относительный параметр опасности компонента отходов для окружающей среды (Xi) | Унифицированный относительный параметр опасности компонента отходов для окружающей среды (Zi) | lgWi | Коэффициент степени опасности компонента отходов для окружающей среды, мг/кг |
|-----------------------|---|---|------|--|
| Диоксид кремния | 3,5 | 4,33 | 4,4 | 25 119 |
| Натрий | – | – | – | 10 ⁶ |
| Калий | – | – | – | 10 ⁶ |
| Кальций | – | – | – | 10 ⁶ |
| Медь | 2,84 | 3,45 | 3,45 | 2840,1 |
| Магний | – | – | – | 10 ⁶ |
| Свинец | 2,36 | 2,81 | 2,81 | 650,63 |
| Молибден | 2,4 | 2,87 | 2,87 | 724,43 |
| Никель | 2,64 | 3,19 | 3,19 | 1536,97 |
| Цинк | 2,8 | 3,4 | 3,4 | 2511,89 |
| Мышьяк | 2,27 | 2,69 | 2,69 | 493,55 |
| Хром | 2,92 | 3,56 | 3,56 | 3630,78 |
| Кадмий | 2,12 | 2,49 | 2,49 | 309,03 |
| Кобальт | 1,67 | 1,88 | 1,89 | 75,86 |
| Нефтепродукты | 2,67 | 3,22 | 3,22 | 1659,58 |
| Органический углерод | 4 | – | – | 10 ⁶ |
| Хлориды | 2,83 | 3,44 | 3,44 | 2754,2 |
| Фенол | 2,0 | 2,33 | 2,33 | 508,94 |
| ПАВ | 2,6 | 3,13 | 3,13 | 1358,3 |
| Бенз(а)пирен | 1,6 | 1,778 | 1,8 | 59,97 |

Для расчёта индекса опасности 18 компонентов отходов ДАК использована справочная литература [3, 9, 10–12], нормативные документы [7, 8], а также справочное издание «Гигиенические нормативы вредных веществ в окружающей среде» (2012).

При наличии в источниках информации нескольких значений показателей выбиралась величина, соответствующая максимальной опасности компонента отходов. При отсутствии ПДК веществ в объектах окружающей среды использовались ориентировочно безопасные уровни воздействия, ориентировочно допустимые концентрации и другие расчётные нормативы.

Ввиду отсутствия данных о ПДК и классе опасности для диоксида кремния в воде объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и наличии информации о ПДК и классе опасности для кремния (ПДК_в – 10 мг/дм³, класс опасности – 2) использовали эти данные.

Материалы протоколов результатов химического анализа отходов ДАК городов указывают на наличие в их составе ПАВ без их идентификации, при оценке опасности компонентов отходов были использованы данные для катионоактивных ПАВ, поскольку они обладают большей токсичностью, чем анионоактивные и неионогенные [12].

При распределении критериев обнаружено, что в перечень компонентов отходов входят натрий, калий, кальций, относящиеся к неопасным веществам [9, 10]. Отходы ДАК содержат вещества с доказанной канцерогенностью для человека (никель, мышьяк, кадмий, бенз(а)пирен), поэтому данным компонентам отходов присваивали максимальное значение коэффициента степени опасности для здоровья человека, равное 1.

Результаты расчёта показателей опасности по компонентам отходов для здоровья человека и окружающей среды представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 5

Оценка класса опасности отходов ДАК Санкт-Петербурга, Перми, Челябинска, Уфы для здоровья человека и окружающей среды

| Город | Суммарный индекс опасности (К) СП 2.1.7.1386-03 | Класс опасности для здоровья человека СП 2.1.7.1386-03 | Степень опасности отходов для окружающей среды (К) | Класс опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду |
|-----------------|---|--|--|--|
| Санкт-Петербург | 1782,1 | 2 – высокоопасные | 45,1 | 4 – малоопасные |
| Челябинск | 2074,3 | 2 – высокоопасные | 41,2 | 4 – малоопасные |
| Уфа | 1944,9 | 2 – высокоопасные | 35,9 | 4 – малоопасные |
| Пермь | 2318,1 | 2 – высокоопасные | 38,4 | 4 – малоопасные |

Расчёты показали, что самой высокой степенью опасности для здоровья человека обладают свинец, медь, никель, мышьяк, кадмий, кобальт и бенз(а)пирен.

На основании показателей опасности компонентов рассчитан суммарный индекс опасности отходов и степень опасности отходов для окружающей среды Санкт-Петербурга, Перми, Челябинска и Уфы, а также установлен класс опасности для здоровья человека и окружающей среды (табл. 5).

Результаты гигиенической оценки отходов ДАК указывают на то, что по показателям суммарного индекса опасности для здоровья человека (К) отходы ДАК Санкт-Петербурга, Перми, Челябинска, Уфы, относятся ко 2-му классу опасности – высокоопасным отходам, а на основании показателей суммарного индекса опасности отходов для окружающей среды (К) – к 4-му классу опасности – малоопасных отходов.

Выводы

1. В результате эксплуатации ДАК урбанизированных территорий образуются крупнотоннажные отходы, основным компонентом которых является диоксид кремния (до 92%).

2. Отходы ДАК содержат химические вещества 1-го и 2-го класса опасности в концентрациях, превышающих ПДК в почве: медь – в 10–35 раз, никель – в 2,6–61,7 раза, цинк – в 3–,5 раза, мышьяк – в 2–4,4 раза, хром – в 2,1–36,6 раза, кобальт – в 1,3–2,8 раза, бенз(а)пирен – в 1–4,4 раза.

3. Отходы ДАК в соответствии с СП 2.1.7.1386-03 «Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления» относятся ко 2-му классу опасности для здоровья человека – высокоопасных отходов, что позволяет регламентировать обязательный сбор и вывоз отходов ДАК с урбанизированных территорий.

4. Расчёт класса опасности отходов ДАК для окружающей природной среды по «Критериям отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» показал, что отходы ДАК относятся к 4-му классу опасности – малоопасных отходов. Необходимо провести дополнительные исследования для оценки миграционно-водного показателя вредности отходов ДАК с целью определения регламента их утилизации и складирования на неурбанизированных территориях.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга территорий крупных городов. *Гигиена и санитария*. 2017; 96 (4): 298–301.
2. Леванчук А.В. Загрязнение окружающей среды продуктами эксплуатационного износа автомобильно-дорожного комплекса. *Гигиена и санитария*. 2014; 93 (6): 4–5.
3. Рахманин Ю.А., Семёнова В.В., Москвина А.В., ред. *Гигиенические нормативы. Химические факторы окружающей среды*. СПб.: Профессинал; 2010.
4. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Мингулова И.Р. Гигиеническая характеристика загрязнения окружающей среды в процессе эксплуатации транспортно-дорожного комплекса. *Профилактическая и клиническая медицина*. 2012; (3): 87–92.

5. Аликбаева, Л.А. Колодий С.П., Золотарёва А.А., Зубов К.К., Бек А.В. Оценка класса опасности отходов дорожно-автомобильного комплекса для здоровья человека и окружающей среды. В кн.: *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Профилактическая медицина – 2016». Часть 1*. СПб.; 2016: 23–8.
6. Аликбаева, Л.А., Колодий С.П., Сидорин Г.И., Садченко В.Ю., Бек А.В., Жавад Б. Исследования дисперсности и массового распределения в воздухе отходов дорожно-автомобильного комплекса. В кн.: *Материалы Международного Форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды, посвященного 85-летию ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина». Часть 1*. М.; 2016: 46–8.
7. СП 2.1.7.1386-03. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления. М.; 2003.
8. Критерии отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду. М.; 2014.
9. Филлов В.А., ред. *Вредные вещества в окружающей среде. Элементы I–IV групп периодической системы и их неорганические соединения*. СПб.: Профессинал; 2005.
10. Никольский Б.П., ред. *Справочник химика*. Ленинград: Химия; 1971.
11. Кафаров В.В., ред. *Справочник по растворимости*. Ленинград: АН СССР; 1961.
12. Филлов В.А., ред. *Вредные вещества в окружающей среде. Элементы органические соединения серы и веществ VII–VIII групп Периодической системы*. СПб.: Профессинал; 2011.

References

1. Rakhmanin Yu.A., Levanchuk A.V., Kopytenkova O.I. Perfection of the system of social and hygienic monitoring of the territories of large cities. *Gigiena i sanitariya*. 2017; 96 (4): 298–301. (in Russian)
2. Levanchuk A.V. Pollution of the environment by products of operational wear of the road and road complex. *Gigiena i sanitariya*. 2014; 93 (6): 4–5. (in Russian)
3. Rakhmanin Yu.A., Semenova V.V., Moskvina A.V., eds. *Hygienic Standards. Chemical Factors of the Environment [Gigienicheskie normativy. Khimicheskie faktory okruzhayushchey sredy]*. St. Petersburg: Professional; 2010. (in Russian)
4. Kopytenkova O.I., Levanchuk A.V., Mingulova I.R. Hygienic characteristics of environmental pollution in the process of operation of the transport and road complex. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*. 2012; (3): 87–92. (in Russian)
5. Alikbaeva L.A., Kolodiy S.P., Zolotareva A.A., Zubov K.K., Bek A.V. Assessment of the hazard class of road and motor vehicle waste for human health and the environment. In: *Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation «Preventive Medicine – 2016». Part 1 [Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Profilakticheskaya meditsina – 2016». Chast' 1]*. St. Petersburg; 2016: 23–8. (in Russian)
6. Alikbaeva L.A., Kolodiy S.P., Sidorin G.I., Sadchenko V.Yu., Bek A.V., Zhavad B. Investigations of dispersity and mass distribution in the air of waste from the road-vehicle complex. In: *Materials of the International Forum of the Scientific Council of the Russian Federation on Human Ecology and Environmental Hygiene, Dedicated to the 85th Anniversary of the FGBU «SRI ECH and GOS.A.N. Sysina». Part 1 [Materialy Mezhdunarodnogo Forumy Nauchnogo soveta Rossiyskoy Federatsii po ekologii cheloveka i gigiene okruzhayushchey sredy, posvyashchennogo 85-letiyu FGBU «NIi ECh i GOS im. A.N. Sysina». Chast' 1]*. Moscow; 2016: 46–8. (in Russian)
7. SP 2.1.7.1386-03. Sanitary rules for determining the hazard class of toxic production and consumption wastes. Moscow; 2003. (in Russian)
8. Criteria for assigning waste to I–V hazard classes according to the degree of negative impact on the environment. Moscow; 2014. (in Russian)
9. Filov V.A., ed. *Harmful Substances in the Environment. Elements of Groups I–IV of the Periodic Table and their Inorganic Compounds [Vrednye veshchestva v okruzhayushchey srede. Elementy I–IV grupp periodicheskoy sistemy i ikh neorganicheskie soedineniya]*. St. Petersburg: Professional; 2005. (in Russian)
10. Nikol'skiy B.P., ed. *Reference Book of the Chemist [Spravochnik khimika]*. Leningrad: Khimiya; 1971. (in Russian)
11. Kafarov V.V., ed. *Handbook of Solubility [Spravochnik po rastvorimosti]*. Leningrad: AN SSSR; 1961. (in Russian)
12. Filov V.A., ed. *Harmful Substances in the Environment. Organometallic Compounds of Sulfur and Substances of VII–VIII Groups of the Periodic System [Vrednye veshchestva v okruzhayushchey srede. Elementy organicheskie soedineniya sery i veshchestv VII–VIII grupp Pereodicheskoy sistemy]*. St. Petersburg: Professional; 2011. (in Russian)