

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Величковский Б.Т. Совершенствование социально-гигиенического мониторинга – необходимое условие сбережения российского народа. В кн.: Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей. Том 1. М.; 2012: 4950.
2. Киселев А.В., Панькин А.В., Сорокин Н.Д., Лайхтман В.И., Чигалейчик С.А. Расчетные методы в системе оценки риска здоровью населения, связанного с загрязнением атмосферного воздуха. Гигиенические и медико-профилактические технологии управления рисками здоровью населения. В кн.: Материалы 2-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: Сборник статей. Пермь; 2011: 147–51.
3. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Авалиани С.Л., Синицына О.О., Шашина Т.А. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования. *Анализ риска здоровью*. 2015; (2): 4–11.
4. Черненко С.М., Пинигин М.А. Гигиеническая характеристика, оценка и прогнозирование воздействия на человека приоритетных физических факторов окружающей среды в интересах устойчивого развития городов. *Международный журнал. Устойчивое развитие: наука и практика*. 2011; (1): 43–9.
5. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Землянова М.А. Совершенствование стратегических подходов к профилактике заболеваний, ассоциированных с воздействием факторов среды обитания. *Здоровье населения и среда обитания*. 2013; (11): 14–9.
6. Соколов С.М., Шевчук Л.М., Ганькин А.Н., Позняк И.С. К вопросу оценки риска здоровью населения загрязнения атмосферного воздуха. *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. 2015; 14(4): 92–7.
7. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И. Окружающая среда и здоровье: приоритеты профилактической медицины. *Гигиена и санитария*. 2014; 93(5): 5–10.
8. Р 2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.; 2004.
9. Ракитин И.А., Мельцер А.В., Киселев А.В., Ерастова Н.В., Владимиров Е.И. Практика применения оценки аэрогенного риска для здоровья населения для обоснования приоритетных мер управления качеством атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге. В кн.: Щербо А.П., ред. Материалы XXXIV научной конференции СПбМАПО «Хлопские чтения». СПб.: Издательство СПбМАПО; 2011.
10. Киселев А.В., Фридман К.Б. Оценка риска здоровью. Подходы к использованию в медико-экологических исследованиях и практике управления качеством окружающей среды. СПб.: Дейта; 1997.
11. Рахманин Ю.А., Онищенко Г.Г., ред. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: НИИ ЭЧ и ГОС; 2002.

References

1. Velichkovskiy B.T. Improving the socio-hygienic monitoring – a necessary condition for saving the Russian people. In.: *Materials of the XI All-Russian Congress of Hygienists and Sanitary Physicians. Volume 1 [Materialy XI Vserossiyskogo s'ezda gigienistov i sanitarnykh vrachey. Tom 1]*. Moscow; 2012: 4950. (in Russian)
2. Kiselev A.V., Pan'kin A.V., Sorokin N.D., Laykhtman V.I., Chigaleychik S.A. Payment methods in the system of public health risk assessment of air pollution. Hygiene and health preventive risk management technology to public health. In: *Materials of the 2-nd All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation: Collected papers [Materialy 2-y Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem: Sbornik statey]*. Perm'; 2011: 147–51. (in Russian)
3. Rakhmanin Yu.A., Novikov S.M., Avaliani S.L., Sinitsyna O.O., Shashina T.A. Modern problems of the risk assessment of the impact of environmental factors on human health and the ways of its improvement. *Analiz riska zdorov'yu*. 2015; (2): 4–11. (in Russian)
4. Chernenko S.M., Pinigin M.A. Hygienic characteristics, evaluation and prediction of human exposure to the priority of physical factors of the environment for sustainable development of cities. *Mezhdunarodnyy zhurnal. Ustoychivoe razvitie: nauka i praktika*. 2011; (1): 43–9. (in Russian)
5. Zaytseva N.V., Ustinova O.Yu., Zemlyanova M.A. Improving strategic approaches to the prevention of diseases associated with exposure to environmental factors. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2013; (11): 14–9. (in Russian)
6. Sokolov S.M., Shevchuk L.M., Gan'kin A.N., Poznyak I.S. On the question of risk assessment of the population's health of air pollution. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2015; 14(4): 92–7. (in Russian)
7. Rakhmanin Yu.A. Environment and Health: Priorities for Preventive Medicine. *Gigiena i sanitariya*. 2014; 93(5): 5–10. (in Russian)
8. R 2.1.10.1920–04. Guidelines for risk assessment to public health under the influence of chemicals that pollute the environment. Moscow; 2004. (in Russian)
9. Rakitin I.A., Mel'tser A.V., Kiselev A.V., Erastova N.V., Vladimirova E.I. The practice of aerogenic risk assessment to public health to justify the priority of air quality management measures in St. Petersburg. In: Shcherbo A.P., ed. *Materials of XXXIV Scientific Conference SPbMAPO «Khlopin Readings» [Materialy XXXIV nauchnoy konferentsii SPbMAPO «Khlopinskie chteniya»]*. St. Petersburg.: Izdatel'stvo SPbMAPO; 2011. (in Russian)
10. Kiselev A.V., Fridman K.B. *Assessment of the Health Risk. Approaches to Use in the Medical and Environmental Research, and Environmental Quality Management Practice Environment [Otsenka riska zdorov'yu. Podkhody k ispol'zovaniyu v mediko-ekologicheskikh issledovaniyakh i praktike upravleniya kachestvom okruzhayushchey sredy]*. St. Petersburg.: Deyta; 1997. (in Russian)
11. Rakhmanin Yu.A., Onishchenko G.G., eds. *Based on Risk Assessment to Human Health when Exposed to Chemicals that Pollute the Environment [Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystviy khimicheskikh veshchestv; zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredy]*. Moscow: NII ECh i GOS; 2002. (in Russian)

Поступила 26.09.16
Принята к печати 16.01.17

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК: 614.7:628.5:658.567.1

Русаков Н.В.¹, Аликбаева Л.А.², Мокроусова О.Н.², Г.И. Чернова

ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

¹ ФГБУ «НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина» 119991, Москва;

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург

Цель исследования – провести комплексную эколого-гигиеническую оценку смеси отходов производства железомарганцевых конкреций Балтийского моря и золы от осадка сточных вод на соответствие использования в качестве дорожных материалов.

Материал и методы. Выполнены в соответствии с действующими методическими указаниями.

Результаты. Отход производства марганца пески железистые и зола от сжигания осадка сточных вод Санкт-Петербурга представляют сложные многокомпонентные смеси веществ с различным процентным содержанием фосфора и металлов (марганец, железо, кремний, алюминий, кадмий) и их соединений. Для окружающей природной среды они являются малоопасными отходами (4-й класс опасности).

Ключевые слова: отходы производства; зола осадка сточных вод; железомарганцевые конкреции; дорожное строительство.

Для цитирования: Русаков Н.В., Аликбаева Л.А., Мокроусова О.Н., Чернова Г.И. Эколого-гигиеническая оценка отходов производства для применения в дорожном строительстве. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(4): 309-313. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-4-309-313>

Rusakov N.V.¹, Alikbayeva L.A.², Mokrousova O.N.², Chernova G.I.

ECOLOGICAL-HYGIENIC ASSESSMENT OF PRODUCTION WASTE FOR THE USE IN ROAD CONSTRUCTION

¹A.N. Sysin Research Institute of Human Ecology and Environmental Health, Moscow, 119992, Russian Federation;

²I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint-Petersburg, 191015, Russian Federation

The purpose of the study is to make a comprehensive ecological and hygienic assessment of production waste – ferromanganese nodules of the Baltic sea and ash from sewage sludge for compliance with the use as road material. **Material and methods.** The study was executed in accordance with the applicable guidelines.

Results. Waste production of Manganese – Ferruginous Sands, and ash from the incineration of sewage sludge in the city of St. Petersburg represent complex multicomponent mixtures of substances with different percentage content of metals (manganese, iron, silicon, phosphorus, aluminum, cadmium) and their compounds which seem to be low-hazard wastes (IV class of danger) to the natural environment.

Keywords: waste; ash; waste water sludge; iron-manganese nodules; road construction.

For citation: Rusakov N.V., Alikbayeva L.A., Mokrousova O.N., Chernova G.I. Ecological-hygienic assessment of production waste for the use in road construction. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(4): 309-313. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-4-309-313>

For correspondence: Liliya A. Alikbayeva, MD, PhD, DSci., professor, 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: alikkaeva@mail.ru

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 26.09.2016

Accepted: 16.01.2017

Введение

Актуальной гигиенической проблемой дорожного строительства в современных городах является внедрение новых технологий изготовления дорожных покрытий с использованием отходов производства. Исследования Н.В. Русакова, Е.Ю. Кручинной, Н.И. Латышевской и др. свидетельствуют о целесообразности использования неорганических отходов III–IV классов опасности для приготовления почво-грунтов и в дорожном строительстве [1–3]. Однако для решения вопроса возможности такого рода утилизации многотоннажных отходов производства требуется проведение дополнительных санитарно-химических исследований по обоснованию степени опасности отхода (класс опасности), определению критериальной значимости токсичных продуктов, мигрирующих в различные среды (атмосферный воздух, воду, почву), влиянию на самоочищающуюся способность почвы и др. Отсутствие этих данных не позволяет дать эколого-гигиеническое обоснование безопасности использования отхода производства по новой технологии производства дорожных покрытий на урбанизированной территории [4–7].

Цель исследования – комплексная эколого-гигиеническая оценка отходов производства железомарганцевых конкреций Балтийского моря и золы от осадка сточных вод на соответствие использования в качестве дорожных материалов.

Материал и методы

Эколого-гигиенической оценке были подвергнуты: пески железистые (ПЖ) – отход производства железомарганцевых конкреций Балтийского моря и зола от осадка сточных вод (зола) Центральной станции аэрации ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Для обоснования возможных путей утилизации и определения класса опасности отходов производства проводили санитарно-химические и эколого-токсикологические исследования в соответствии с «Санитарными правилами по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления» (СП 2.1.7.1386–03). Класс опасности для природной среды устанавливали на основании ФЗ-89 «Об отходах производства и потребления» и приказа Минприроды России от 15.06.01 № 511 «Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды».

Для корреспонденции: Аликбаева Лилия Абдуллаймовна, д-р мед. наук, проф., зав. каф. общей и военной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург. E-mail: alikkaeva@mail.ru

Экспериментальную оценку опасности отходов проводили поэтапно по сокращенной схеме, которая включала: анализ химического состава отхода, выбор приоритетных вредных веществ; оценку водно-миграционной опасности; оценку воздушно-миграционной опасности; оценку влияния отхода на биологическую активность почвы экспресс-методами (численность популяции азотобактера, окислительно-восстановительный потенциал почвы); оценку токсичности отхода методами биотестирования на гидробионтах и в вегетационном опыте.

На первом этапе определяли химический состав продуктов. Полученная на этом этапе информация о характере и уровнях содержания компонентов наряду с данными об объемах и физико-химических свойствах позволила ориентировочно прогнозировать их потенциальную опасность для здоровья работающих и объектов окружающей среды. Содержание химических веществ определяли в соответствии с ГОСТом 12.1.004–88, МУ 1617–77 и МУ 4436–88, ГОСТом 26483–85; ПНД Ф 16.1.2.21–98; НД 522.18.191–89; ПНД Ф 16.1.2.2.2.3.36–02; МУК 4.1.007–94; ПНД Ф 16.1.2.2.3.17–98.

Санитарно-химический блок исследований включал в себя моделирование процессов поступления токсичных веществ в окружающую среду. Водно-миграционный показатель характеризовал возможность загрязнения грунтовых и поверхностных вод в результате выщелачивания токсикантов, воздушно-миграционный позволил учесть процессы поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух с пылью за счет испарения или возгонки.

Наиболее полную информацию о составе и токсичности промышленного отхода дает его экстракция при использовании трех видов экстрагирующих растворов. Исследования проводили при объемном соотношении фаз отход/экстрагент 1:10. Для оценки водно-миграционной опасности ПЖ и золы использовали суммарный показатель загрязнения водной (СПЗ_в), кислотной (СПЗ_к) и ацетатно-аммонийной (СПЗ_а) вытяжек, которые характеризуют возможное опосредованное влияние ПЖ или золы на условия жизни и здоровье человека в результате миграции компонентов отходов в грунтовые и поверхностные воды.

Исследование воздушно-миграционной опасности отхода проводили путем расчета максимально возможной концентрации летучих компонентов ПЖ (марганец, фосфор и диоксид кремния) или золы (ртуть), которые сравнивали с ПДК_{с.с.} (среднесуточными) этих веществ в атмосферном воздухе.

Блок эколого-токсикологических исследований состоял из следующих этапов: микробиологического анализа, фитотестирования, вегетационного опыта.

При использовании ПЖ или золы в качестве компонента почво-грунтов как одного из вариантов утилизации возможно

опосредованное воздействие отхода на организм человека по пищевым цепям [7, 8]. Оценку влияния ПЖ и золы на биологическую активность почвы проводили методом биотестирования на *Azotobacter chroococcum* (модификация метода Н.А. Красильникова, 1966); окислительно-восстановительный потенциал почвы определяли модифицированным методом по Е.В. Аринушкиной.

Фитотестирование – один из биологических методов оценки опасности отходов. Субстратом для проращивания семян служил водный экстракт ПЖ и золы, моделирующий поступление водорастворимых форм химических веществ, входящих в состав, в окружающую среду и биологические объекты. Соотношение фаз отхода/экстрагент составляло 1:10. Эксперимент ставился в агрированных условиях прямого контакта семян с водным экстрактом и его разведениями (R) в диапазоне от 1 (нативный экстракт) до 100 000 раз.

Изучение длительного воздействия ПЖ или золы на рост и развитие тест-растения проводили в вегетационном опыте при его проращивании. Овес выращивали на дерново-подзолистой почве с внесением ПЖ в дозе 200, 400 и 600 г/кг и золы в дозе 120, 240 и 480 г/кг почвы. По окончании эксперимента определяли показатели угнетения биомассы надземной и корневой части в процентах по отношению к контрольным растениям. Параллельно с оценкой влияния золы на проращивание овса учитывали транслокацию Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, Cr, As, Ni в растения.

Биотестирование ПЖ и золы осуществляли на ветвистоусых рачках *Daphnia magna Straus* в соответствии с РД 64-085–89. Тестированию подвергались водный экстракт отхода и разведения в 10, 100 раз и более.

Результаты и обсуждение

Анализ химического состава изучаемых отходов производства позволил установить, что они представляют сложные многокомпонентные вещества с различным процентным содержанием металлов и их соединений.

Пески железистые (ТУ 2169-003-23364779–2003) являются отходом производства марганца химическим способом и представляют собой мелкодисперсный порошок темно-коричневого цвета, без запаха. В их состав входят (в масс. %): марганец – 1,4, железо – 17,0, фосфор – 0,8, кремния диоксид – 40,0, вода – 40,0.

Зола, конечный продукт процесса сжигания осадка сточных вод, – смесь аэрозолей, задержанных на электро- и рукавных фильтрах, представляет собой летучий мелкодисперсный порошок серо-коричневого цвета без запаха, состоящий в основном из стабильных оксидов кремния, алюминия, железа, кальция и магния. Зола содержит также серу (SO₃) и фосфор (P₂O₅). Содержание тяжелых металлов в золе Центральной станции аэрации (ЦСА) Санкт-Петербурга значительно выше, чем в золе европейских городов, что объясняется различными системами водоотведения. На ЦСА объем образующейся золы составляет 50–70 м³/сут.

В соответствии с предложенной схемой эколого-гигиенической оценки отходов для утилизации их в дорожном строительстве и приготвлении почво-грунтов проведены исследования миграции компонентов отхода в объекты окружающей среды.

Установлено, что приоритетным загрязняющим веществом для ПЖ является марганец (коэффициент опасности > 1). Пески железистые имеют среднюю буферную способность, что обеспечивает стабильность основно-кислотной реакции фильтра или смыва в течение длительного времени. Буферная емкость ПЖ находится как в кислотной, так и в щелочной области, что свидетельствует о способности его противостоять как кислотному, так и щелочному воздействию. В ПЖ марганец и железо находятся в связанном с фосфатами и силикатами состоянии, в частности, в виде неорганических полимеров. Поэтому в водной среде и почвенном растворе (рН 4,0–8,0) указанные соединения высокостабильны и не переходят в раствор в виде ионов Fe²⁺–³⁺, Mn²⁺–³⁺, SiO₃²⁻, HSiO₃⁻, H₂PO₄²⁻, HPO₄²⁻, PO₄³⁻. Следовательно, эти ионы не будут подвергаться транслокации по механизму замещения между твердой фазой почвы и почвенных дисперсионных систем.

Изучая опасность водно-миграционных процессов, установлено, что, помимо выщелачивания токсичных веществ атмосферными осадками в зонах с непромывным и полупромывным типами водного режима, не менее актуальным является их выщелачивание грунтовыми и дренажными водами, подтопляю-

Расчетные концентрации миграции в атмосферный воздух химических веществ, входящий в состав отходов, в сопоставлении с гигиеническими нормативами

Элемент/отходы	Расчетная концентрация, мг/м ³	ОБУВ а.в.	ПДК с.с.
Ртуть (зола)	0,00000001205		0,0003
Марганец (пески железистые)	0,00017		0,001
Фосфор (пески железистые)	0,0004	0,005	
Диоксид кремния (пески железистые)	0,08		0,1
Железо (пески железистые)	0,09	0,1	

щими дорожное основание. Контактное взаимодействие композиционного материала с почвенным раствором может быть сопряжено с протеканием реакций комплексообразования химических веществ. Данный факт указывает на необходимость обязательных лабораторных испытаний выщелачивания токсикантов имитатором почвенного раствора из дорожных строительных материалов, в состав которых входят промышленные отходы, особенно если их предполагается использовать для устройства нижних слоев дорожной одежды в зонах с непромывным типом водного режима почв [4].

Исследования водно-миграционных процессов с ПЖ свидетельствуют, что марганец является слабовыраженным кислым мигрантом, а железо – слабовыраженным щелочным. Ориентировочный водно-миграционный показатель ПЖ в водных, кислотных и ацетат-аммонийных вытяжках менее 1. В результате исследований выявлено, что из всех химических веществ, входящих в состав ПЖ, только марганец является активным кислым мигрантом. Марганец, железо, фосфор, кремния диоксид, содержащиеся в композиции ПЖ, имеют низкую водно-миграционную способность.

В золе от осадка сточных вод вся совокупность тяжелых металлов находится в форме слабо растворимых оксидов. Экспериментальная оценка опасности золы позволила установить, что степень экстрагирования тяжелых металлов из золы в воду для таких элементов, как Pb, Zn, Cd, Hg, Cr, As, Ni, Co, Mn, очень низкая (от 0,0005 до 0,44 мг/л), не превышает 5 ПДК этих веществ в воде водоемов. Однако концентрация меди в водной вытяжке в 9,6 раза превышает ее ПДК. Сравнивая количество элементов, поступивших из золы в водную и буферную вытяжки, можно сделать вывод, что для таких элементов, как медь, свинец, цинк, марганец комплексообразование играет существенную роль в увеличении подвижности, в то время как на миграцию хрома, кадмия, никеля, кобальта это влияние незначительно. Превышение ПДК подвижных форм отмечено только для меди (в 9 раз). Это означает, что при взаимодействии золы с кислотным дождем в окружающую среду поступит в 9 раз больше меди, чем допустимо по гигиеническим нормам.

Таким образом, ориентировочные водно-миграционные показатели по результатам химического анализа водного, кислотного и буферного экстракта ПЖ и золы соответствуют IV классу опасности (малоопасные отходы).

Оценка воздушно-миграционной опасности золы предусматривала определение лимитирующего пути поступления токсикантов в воздух и их концентрации. Этот показатель позволяет учесть поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух за счет испарения или возгонки. Учитывая наличие в составе золы ртути, являющейся летучим компонентом, проводили расчет ее концентрации как приоритетного вещества в воздухе с учетом давления насыщенных паров при температуре 20 °С (0,0011 мм рт. ст.).

Полученная расчетная величина значительно меньше ПДК_{с.с.} ртути в атмосферном воздухе (0,0003 мг/м³). Поэтому расширенные исследования по оценке воздушно-миграционной опасности золы не проводили. По миграционно-воздушному показателю вредности зола относится к 4-му классу опасности (табл. 1).

Оценку воздушно-миграционной опасности пыления ПЖ проводили с использованием экспертного расчетного метода прогнозирования поступления токсичных веществ в атмосфер-

Таблица 2

Транслокация тяжелых металлов в растения

Металл	Контроль, мг/кг	Зола, 480 г/кг	МДУ, мг/кг
Свинец	0,167 ± 0,02	0,183 ± 0,02	0,5
Ртуть	0,023 ± 0,003	0,076 ± 0,004	0,03
Мышьяк	0,104 ± 0,02	0,16 ± 0,02	0,2
Кадмий	0,03 ± 0,001	0,148 ± 0,02	0,1
Цинк	33,6 ± 1,02	33,3 ± 0,94	50
Медь	30,0 ± 0,90	41,3 ± 1,02	30
Хром	0,46 ± 0,02	1,19 ± 0,53	0,5
Никель	2,4 ± 0,08	3,4 ± 0,09	3,0

ный воздух из дорожного покрытия на основании учета валового состава ПЖ (марганец, фосфор, диоксид кремния, железо). Необходимость оценки пыления как фактора риска для окружающей среды обусловлена наличием диоксида кремния в ПЖ, обладающего фиброгенным действием.

Сопоставление рассчитанной концентрации в пыли диоксида кремния проводили с ПДК_п пыли неорганической, содержащей диоксид кремния 20–70%^{а,в} (ПДК_{с.с.} = 0,1 мг/м³).

Анализ расчетных данных показал, что пыление мелкодисперсных материалов из отхода производства марганцевого концентрата не способствуют превышению ПДК химических компонентов в атмосферном воздухе населенных мест. Воздушно-миграционный показатель опасности соответствует 4-му классу (малоопасные отходы).

Использование санитарно-химических показателей при эколого-гигиенической оценке отходов не позволяет учесть комплексное действие токсичных соединений на окружающую среду. Поэтому были проведены эколого-токсикологические исследования.

Оценка влияния ПЖ на почвенный микробиоценоз, процессы минерализации и биологическую активность почвы позволила установить, что ПЖ с 1-х по 7-е сутки опыта тормозят рост аммонификаторов. На протяжении 30 сут наблюдалась стимуляция роста почвенных грибов. При внесении в почву ПЖ в дозах 200, 400 и 600 г/кг не выявлено бактерицидного и фунгицидного действия. ПЖ в дозе 200 г/кг не препятствуют естественным процессам самоочищения почвы от представителей аллохтонной микрофлоры. Внесение ПЖ в дозе 600 г/кг практически не действовало на процессы аммонификации. Отсутствие влияния больших количеств ПЖ (600 г/кг) на процессы аммонификации на протяжении 30-суточного эксперимента связано с образованием ПЖ-конгломератов, в которых создаются условия, замедляющие процессы минерализации. Нагрузка почвы ПЖ подавляла процессы нитрификации. Результаты оценки динамики активности ферментов в почве при внесении ПЖ свидетельствовали, что в дозах 200, 400 г/кг почвы они угнетали дегидрогеназу на 33–38% по сравнению с контролем, соответственно. На гидролизный фермент влияния во всех дозах не наблюдалось. Доза ПЖ 600 г/кг почвы подавляла окислительно-восстановительный и гидролизный процессы на 38–46% по сравнению с контролем.

В микробиологическом эксперименте зола обладала наибольшей токсичностью на 1-е, 3-и сутки, угнетая рост *Azotobacter chroococcum*. Однако угнетение роста не превышало 50% по сравнению с контролем. Внесение золы в дозе 200 г/кг не влияло на окислительно-восстановительный потенциал почвы.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствовали о доминирующем действии отходов на аммонифицирующую и нитрифицирующую активность почвы. Пески железистые и зола по влиянию на почвенный микробиоценоз, процессы минерализации и биологическую активность почвы относятся к 3-му классу опасности (умеренно опасные отходы).

Одно из главных мест в ряду биологических методов изучения опасности отходов является оценка по фитотоксическому действию. С целью оценки фитотоксичности при длительном воздействии ПЖ исследование их влияния на высшие

растения проводили экспресс-методом и в вегетационном опыте. При анализе влияния ПЖ на высшие растения экспресс-методом установлено, что статистически достоверных отличий визуального учета прорастания семян к 3-им суткам не наблюдалось, однако к 7-м суткам эксперимента ПЖ тормозили рост и развитие овса в диапазоне разведений 1–10 на 5–10%, остальные разведения оказывали стимулирующее действие на рост и развитие корневой системы семян. Рост корневых растений тормозился в диапазоне разведений 1–1000 на 10–15% ($ER_{50} < 0,1$). По фитотоксическому эффекту ПЖ относятся к малоопасным отходам. Результаты вегетационного опыта при внесении ПЖ в дозах 200, 400, 600 г/кг свидетельствовали о незначительном торможении прироста листьев и длины стеблей растений в дозе 600 г/кг в период 10–60-х суток эксперимента. В то же время ПЖ в дозах 200 и 400 г/кг стимулировали рост и развитие растений на 10, 15 и 25-е сутки. Максимальная недействующая доза внесения ПЖ в почву установлена на уровне 600 г/кг почвы.

Учитывая, что зола от осадка сточных вод Санкт-Петербурга содержит тяжелые металлы, были проведены дополнительные исследования по оценке уровня их транслокации из золы в сельскохозяйственные растения (вегетационный опыт).

В процессе прорастания семян овса под воздействием вытяжки золы и ее разведений в качестве общей тенденции отмечено повышение токсичности золы по мере уменьшения разбавления, которое проявлялось в угнетении интенсивности роста корней и стеблей проростков. Рассматривая динамику процесса прорастания семян, следует отметить, что в разведениях 500–1000 зола оказывала стимулирующее действие на рост и развитие проростков на 30 и 33% соответственно. Наиболее высокую степень фитотоксической активности проявляла нативная вытяжка золы. При этом 10 000–100-кратные разведения характеризовались отсутствием токсического действия на семена овса. Результаты исследования фитотоксического действия золы в эксперименте на культурных растениях позволяют заключить, что фитотоксичность золы подчиняется линейной зависимости доза–эффект.

Дальнейшие вегетационные опыты проводили с целью оценки транслокации подвижных форм металлов из золы через корневую систему в растения. Наблюдение за развитием растений в течение всего эксперимента показало, что семена прорастали неравномерно. Более быстрый рост растений отмечен в дозах внесения золы 120 и 240 г/кг. Очевидно, это связано со стимулирующим действием минерального комплекса золы. Статистически значимое торможение корневой системы растений при дозе внесения 480 г/кг почвы не выявлено. На основании полученной дозозависимости (с учетом 10% колебания в контроле) максимальной недействующей дозой внесения золы в почву является 480 г/кг.

Помимо показателей, свидетельствующих об угнетении вегетационных частей растений, оценивали ситуацию, которая может складываться в первом звене пищевой цепи в результате процессов транслокации (табл. 2).

Заключение

Анализ полученных данных свидетельствовал, что в корнях и зеленой части растений, выращенных как на контрольных, так и опытных почвах, содержание приоритетных токсикантов свинца, ртути, мышьяка, цинка, хрома не превышает МДУ в пищевых продуктах. Содержание кадмия и меди оказалось выше допустимого норматива в 0,7 раза. В связи с этим были проведены дополнительные исследования по оценке содержания этих металлов в овсе, выращенном на почвах с содержанием золы 240 г/кг. Превышения МДУ кадмия и меди в надземной и корневой части растений при внесении в почву золы в дозе 240 г/кг не установлено. Результаты содержания токсичных веществ в корнях и зеленой части растений позволяют сделать вывод о достаточной барьерной функции корня, препятствующей проникновению токсикантов в наземную вегетационную часть. По транслокационному показателю максимальной недействующей дозой внесения золы в почву является доза 240 г/кг.

На основании комплексных эколого-гигиенических исследований установлено, что отход производства марганца ПЖ и зола от сжигания осадка сточных вод Санкт-Петербурга для окружа-

ющей природной среды являются малоопасными отходами (4-й класс опасности).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Русаков Н.В., Крятов И.А., Короткова Г.И., Гумарова Ж.Ж., Стародубов А.Г., Гончарук О.А. Актуальные проблемы обращения с отходами производства и потребления. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2006; (5): 25–7.
2. Кручинина Е.Ю. *Эколого-гигиеническая оценка материалов для дорожного строительства с использованием промышленных отходов*: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.; 1998.
3. Латышевская Н.И., Скаковская М.А., Юдина Е.В. Проблема утилизации нефтешламовых отходов в дорожном строительстве. В кн.: *Промышленные и бытовые отходы: проблемы хранения, захоронения, утилизации, контроля: Сборник докладов X международной научно-практической конференции*. Пенза; 2000; 49–51.
4. Русаков Н.В., Рахманин Ю.А. *Отходы, окружающая среда, человек*. М.; 2004.
5. Рахманин Ю.А., Демин В.Ф., Иванов С.И. Общий подход к оценке, сравнению и нормированию риска для здоровья человека в зависимости от различных факторов среды обитания. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2006; (4): 5–9.
6. Аликбаева Л.А., Ким А.В., Мокроусова О.Н., Сидорин Г.И. Параметры острой токсичности отходов нефтедобывающей промышленности. В кн.: *Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей: сборник статей*. М.; 2012: 496–8.
7. Водянова М.А., Крятов И.А., Эколого-гигиеническая оценка нефтезагрязненных почв селитебных территорий и способов их рекультивации. В кн.: *Сборник научных трудов выпуск «Актуальные проблемы экологии и природопользования»*. Том 15. М.; 2006: 408–11.
8. Крятов И.А., Русаков Н.В., Тонкопий Н.И. Эколого-гигиеническая проблема загрязнения почв. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2006; (5): 18–20.

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 614.2:613.11.9

Зелионко А.В., Лучкевич В.С., Филатов В.Н., Мишкич И.А.

ФОРМИРОВАНИЕ ГРУПП РИСКА НАСЕЛЕНИЯ ПО УРОВНЮ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ИНФОРМИРОВАННОСТИ И МОТИВИРОВАННОСТИ К ЗДОРОВЬЕСБЕРЕГАЮЩЕМУ ПОВЕДЕНИЮ

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

Введение. В современных условиях развития здравоохранения необходимо внедрять организационные мероприятия по совершенствованию системы формирования гигиенической информированности населения на всех этапах жизнедеятельности. Цель: выявление особенностей формирования медицинских знаний и навыков здоровьесбережения в основные периоды жизнедеятельности и обоснование организационно-профилактических мероприятий по совершенствованию системы информирования и мотивирования к здоровьесберегающему поведению и улучшению качества жизни населения.

Материал и методы. При помощи программы комплексного исследования среди городских и сельских жителей ($n = 1710$ человек) изучены особенности формирования здоровьесберегающего поведения и проведено обоснование организационно-профилактических мероприятий по улучшению качества жизни населения.

Результаты. По результатам кластерного анализа обследуемые были разделены на группы риска по уровню мотивированности к здоровьесберегающему поведению (благополучия, относительного и абсолютного риска). Разработаны периоды формирования медицинской информированности с учетом ведущих детерминант риска этапов жизнедеятельности. Высокий уровень гигиенической информированности обеспечивает более благоприятные показатели здоровья и качества жизни городских и сельских жителей. При проведении дискриминантного анализа определены наиболее значимые показатели здоровьесберегающего поведения при влиянии на показатели качества жизни.

Заключение. Исследование свидетельствует о недостаточной эффективности существующей системы формирования здоровьесберегающего поведения. При этом здоровьесберегающее поведение следует рассматривать как динамический процесс, развивающийся на этапах жизнедеятельности и на уровнях жизнеобеспечения человека, с приоритетной ролью медицинских работников в формировании гигиенической информированности. Предложены региональная модель организационно-управленческой деятельности, методы формирования системы гигиенической информированности и здоровьесберегающего поведения, которые рекомендуются включать как составную часть в программы профилактики заболеваний.

Ключевые слова: медицинская информированность; здоровьесберегающее поведение; качество жизни; этапы жизнедеятельности; факторы риска.

Для цитирования: Зелионко А.В., Лучкевич В.С., Филатов В.Н., Мишкич И.А. Формирование групп риска населения по уровню гигиенической информированности и мотивированности к здоровьесберегающему поведению. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(4): 313-319. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-4-313-319>

Поступила 26.09.16
Принята к печати 16.01.17