

Социально-гигиенический мониторинг

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 614.77(1-021)

Водянова М.А.¹, Крятов И.А.¹, Донерьян Л.Г.¹, Евсеева И.С.¹, Ушаков Д.И.¹, Сбитнев А.В.¹, Кирьякова Н.А.¹, Антропова Н.С.¹, Пыркин В.О.¹, Цапкова Н.Н.², Баширов Э.В.³

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ПОЧВ

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

² ФГБОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России, 119991, Москва;

³ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, Москва

Существующие в настоящее время методические указания по оценке качества почв населённых мест не включают экотоксикологические показатели, тем самым недоучитывают потенциальную опасность негативного воздействия городских почв на здоровье населения. Мониторинг качества почв проводится по установленным показателям. Санитарно-паразитологические и санитарно-бактериологические исследования, безусловно, играют первостепенную роль при установлении категории загрязнённости почв населённых мест, также, как и установление основных физико-химических параметров. В перечне контролируемых элементов присутствуют тяжёлые металлы, бенз(а)пирен, мышьяк и ряд других. Однако отсутствуют целые классы химических соединений, обладающих высокой степенью опасности для здоровья населения, таких как, например, полихлорированные бифенилы, несмотря на то, что изучение распределения данной группы веществ в профиле почв Москвы ведётся в современных научно-исследовательских работах уже давно. Таким образом, отсутствие данных по содержанию ряда ключевых химических токсикантов в почве может формировать искажённую конечную оценку качества исследуемых почв. В конечном счёте, это может повлечь за собой целый ряд ошибок в управленческих решениях при благоустройстве территорий Москвы и замене почв на искусственно созданные почвогрунты. Одним из решений данной проблемы может быть расширение перечня физико-химических показателей при проведении мониторинга, другим – включение экотоксикологических показателей для проведения комплексной диагностики «здоровья» почв. Такой подход позволит оценить почвы более корректно с учётом всех факторов почвообразования на территории Москвы, в том числе интенсивного многофакторного антропогенного воздействия на почвы, которое сложно оценить лишь с помощью физико-химических методов. В работе представлены результаты собственных исследований по оценке биологической активности почв Москвы различных функциональных зон.

Ключевые слова: мониторинг; почва; качество почвы; урбанизированные территории; биоиндикация; биотестирование; загрязнение почв; эколого-гигиеническая оценка.

Для цитирования: Водянова М.А., Крятов И.А., Донерьян Л.Г., Евсеева И.С., Ушаков Д.И., Сбитнев А.В., Кирьякова Н.А., Антропова Н.С., Пыркин В.О., Цапкова Н.Н., Баширов Э.В. Биологические показатели в системе мониторинга урбанизированных почв. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(11): 1091-1096. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11-1091-1096>

Для корреспонденции: Водянова Мария Александровна, канд. биол. наук, и. о. зав. лаб. гигиены почвы ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава России. E-mail: lab.pochva@sysin.ru

Vodyanova M.A.¹, Kriatov I.A.¹, Donerian L.G.¹, Evseeva I.S.¹, Ushakov D.I.¹, Sbitnev A.V.¹, Kiryakova N.A.¹, Antropova N.S.¹, Pyrkin V.O.¹, Tsapkova N.N.², Bashirov E.V.³

BIOLOGICAL INDICES IN THE MONITORING SYSTEM OF URBANIZED SOILS

¹ Center for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, Moscow, 119991, Russian Federation;

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, 119991, Russian Federation

³ Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, 117198, Russian Federation

Current methodological guidelines for assessing the quality of soils in populated areas do not include ecotoxicological indices, thereby underestimate the potential danger of the negative impact of urban soils on the health of the population. Monitoring of soil quality is carried out according to established indices. Sanitary-parasitological and sanitary-bacteriological studies, of course, play a primary role in the establishment both of the category of soil contamination in populated areas, and basic physico-chemical parameters. The list of controlled elements contains heavy metals, benz(a)pyrene, arsenic and several others, but there are no whole classes of chemical compounds with a high level of public health hazard, such as polychlorinated biphenyls, in spite of the fact that the study of the distribution of this group of substances in the soil profile of Moscow is being included in modern scientific research work for a long time. Thus, the lack of data on the content of a number of key chemical toxicants in the soil can form a distorted final assessment of the quality of the studied soils. Ultimately, this can lead to a number of mistakes in management decisions for the improvement of the territories of Moscow and the replacement of soils with artificially created soil. One of the solutions to this problem may be the expansion of the list of physico-chemical indices in monitoring. Another one is the inclusion of ecotoxicological indices for conducting a comprehensive diagnosis of "health" of soils. Such an approach will make it possible to assess the soils more correctly, taking into account all the factors of soil formation

in the territory of Moscow, including intensive multifactor anthropogenic impact on soils, which is difficult to estimate only with the help of physical and chemical methods. In the work results of own researches on an estimation of the biological activity of soils of Moscow of various functional zones are presented.

Key words: *monitoring; soil; soil quality; urbanized areas; bioindication; biotesting; soil contamination; environmental and hygienic assessment.*

For citation: Vodyanova M.A., Kriatov I.A., Donerian L.G., Evseeva I.S., Ushakov D.I., Sbitnev A.V., Kiryakova N.A., Antropova N.S., Pyrkin V.O., Tsapkova N.N., Bashirov E.V. Biological indices in the monitoring system of urbanized soils. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(11): 1091-1096. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11-1091-1096>

For correspondence: Mariia A. Vodianova, MD, PhD, DSci., acting the head of laboratory of soil hygiene of the Center for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks. E-mail: lab.pochva@sysin.ru.

Information about authors:

Vodyanova M.A., <http://orcid.org/0000-0003-3350-5753>; Kriatov I.A., <http://orcid.org/0000-0002-1335-1606>; Donerian L.G., <http://orcid.org/0000-0002-9718-0663>; Evseeva I.S., <http://orcid.org/0000-0001-5765-0192>;

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

Acknowledgment: The study had no sponsorship.

Received: 21 March 2017

Accepted: 05 July 2017

Введение

Почва, являясь природным образованием, обладает важнейшим для человечества свойством – плодородием. Она является универсальным биологическим сорбентом, поставщиком и регулятором содержания таких газов, как CO₂, O₂, N₂ в воздухе. В результате активной хозяйственной деятельности и других техногенных и антропогенных нагрузок происходит стремительное истощение почвенных ресурсов. Почва служит основным местом поступления загрязняющих веществ, а преобразование и обезвреживание этих веществ зависит от различных физико-химических и микробиологических показателей данных почв; изучение основных почвенных характеристик является обязательным для экологических и гигиенических исследований. Химическое и биологическое загрязнения приводят к снижению биологической активности и процессов самоочищения почвы, что, с гигиенических позиций, является отрицательным фактором. Загрязнённая почва предоставляет благоприятную среду для жизнеспособного состояния патогенной микрофлоры, яиц гельминтов, которые могут приводить к возникновению или передаче заболеваний разной этиологии (кишечных инфекций, гельминтозов, ряда паразитарных заболеваний).

В связи с этим возникает необходимость рационального использования почв и их охраны. Важную роль в решении этих задач играют природоохранное законодательство и система нормативно-правовых актов в области охраны и оценки качества почв.

Анализ различных нормативно-правовых актов, затрагивающих вопросы «здоровья» почв населённых мест, действующих на территории Российской Федерации, показывает, что в настоящее время отсутствуют единые для всех правовых документов определения таких основных понятий, как почва, грунт, почвогрунт, земли, изменённая почва, искусственно созданные почвы, плодородный слой и некоторые другие. Кроме того, на основании Постановления Правительства Москвы «О повышении качества почвогрунтов в городе Москве» [1], оценка качества почвогрунтов происходит на основании параметров, отличных от параметров оценки почв. Почвогрунт после укладки становится частью естественных почв и экосистемы, а оценка его происходит по заниженным требованиям.

Отдельно следует выделить нормативно-правовые акты РФ в области эколого-гигиенической оценки качества почв, используемых под строительство различных объектов [2–5], так как выполнение требований по охране окружающей среды и её рациональному использованию обязательно на всех стадиях строительства. Однако на сегодняшний день исследования почвы часто проводятся только на некоторых этапах строительства.

В международной практике система оценки качества почв ориентирована на национальные стандарты – ИСО (ISO, Международная организация по стандартизации). Технический комитет ИСО/ТК 190 «Качество почвы» [6] включает несколько подкомитетов: «Критерии, терминология и обозначения» (Франция); «Отбор проб», «Химические методы и характеристики почвы» и «Радиологические методы» (Германия); «Биологические методы» (Великобритания); «Физические методы» (Нидерланды). Работы по установлению нормативов качества

почвы в мире возглавляют ФАО и ВОЗ. Также в области контроля качества почвы в странах Североамериканской зоны свободной торговли (США, Канаде, Мексике), в странах Центральной и Южной Америки, Юго-Восточной Азии и Ближнего Востока применяются американские стандарты ASTM и EPA. Кроме того, рядом стран используются стандарты, разработанные CEN и СЭВ, в том числе до сих пор используются советские стандарты в 15 независимых странах, большинство из которых подписали Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации [7]. Сравнение же международных методологических подходов по оценке качества почв [8, 9] показывает, что в практике чаще используется количественная оценка меры потенциальной опасности, оценка рисков, также учитываются экологические риски. Но в настоящее время не все стандарты и регламенты имеются в открытом доступе. В РФ только 10 стандартов переведены на русский язык и утверждены в статусе ГОСТ [10].

Указанные проблемы требуют доработки в нормативно-правовой области. Решение этих вопросов способствует более квалифицированной работе по оценке качества почв.

При оценке санитарно-гигиенического состояния городских почв мониторинг является особенно важным аспектом, который позволяет объективно оценить состояние среды. Следует также учитывать, что на распространение и выживаемость санитарно-опасных сапротрофных микроорганизмов в городской среде оказывают влияние различные факторы, в том числе тип почвы и целый ряд ее физико-химических характеристик.

Мониторинг городских почв позволяет оценить степень негативного влияния различных токсикантов на биоценоз. При этом микробиологические свойства городских почв – урбано-зёмов остаются наименее изученными по сравнению, например, с водной и воздушной средами. Поскольку почва служит основным местом поступления загрязняющих веществ, а степень преобразования и обезвреживания поллютантов зависит от микробных сообществ данных почв, изучение биологических почвенных характеристик является необходимым условием при экологических и гигиенических исследованиях.

Специфика микробиологического мониторинга городских почв заключается, в основном, в выявлении микроорганизмов качественно и количественно не свойственных исходной природной зоне, а именно зональной почве. Таким образом, проведение данного мониторинга подразумевает получение характеристики состояния микробного комплекса и выявления факторов, его обуславливающих.

Быстрота гибели в почве разных микроорганизмов неодинакова. Почвы способны освобождаться от бактерий группы кишечных палочек (БГКП), и других представителей патогенной и условно-патогенной микрофлоры, однако тип почвы играет при этом существенную роль. Так, в подзолистых почвах (рН 5,1–5,6) отмечается достаточно быстрое отмирание внесённой кишечной палочки по сравнению, например, с чернозёмом (рН 7,5–7,8). То есть подщелачивание почвенного горизонта и обогащение его органическим веществом способствует более длительному выживанию различных представителей условно-патогенной микрофлоры.

Особенности микробных сообществ городских почв, возникшие под влиянием урбогенеза, могут служить целям индикации и оценки качества городской среды. К числу общих закономерностей процесса урбанизации относится подщелачивание почв в результате попадания в почву строительной пыли, захоронения строительного мусора и остатков противогололёдных реагентов (ППР) и, как следствие, увеличения числа щелочелюбивых микроорганизмов, таких как актиномицеты и представителя бактериального сообщества – азотобактера. Известно, что почвы города в силу специфических изменений условий почвообразования по ряду признаков приобретают сходство с почвами южных регионов. В частности, повышенное содержание актиномицетов, сопоставимое с их численностью в степной каштановой почве является характерным признаком урбанизированных почв. Количественное доминирование и высокое разнообразие актиномицетов может отмечаться на территориях детских площадок.

Интерес микробиологов и экологов вызван к азотобактеру не только потому, что этот микроорганизм является индикаторным показателем для городских почв, но интересен ещё и тем, что клетки азотобактера, сохраняя жизнеспособность, могут аккумулировать до 300 мг свинца в расчёте на 1 г сухой биомассы. Это особенно важно для почв придорожной полосы. Наряду с бактериями и актиномицетами видовой состав почвенных грибов микробиоты также отличается в городских почвах от природных участков.

Почвенные микроорганизмы (бактерии, актиномицеты, микромикробы) играют ведущую роль в процессах саморегуляции гомеостаза антропогенноизменённой городской экосистемы. В связи с этим для получения общей картины микробиоценоза в городских почвах различных функциональных территорий выделение основных групп почвенных микроорганизмов для количественного и качественного учёта является показательным.

В связи с этим, целью исследования является изучение качества почв Москвы методами биотестирования и почвенной биоиндикации.

Материал и методы

На основании договора о Научно-техническом сотрудничестве с ГПБУ «Мосэкомониторинг» проводился совместный отбор проб почв и их последующее комплексное изучение по санитарно-гигиеническому, микробиологическому, паразитологическому и экотоксикологическому показателям. Нашими исследованиями было охвачено 8 основных административных округов Москвы: ЦАО, САО, ВАО, ЮВАО, ЮАО, ЮЗАО, ЗАО и СЗАО. Пробы почвы были отобраны по функциональным зонам города с целью их санитарно-гигиенической оценки в период летнего сезона 2016 г. Их общее количество составило 112 проб, которые соответствуют почвам постоянных площадок наблюдения ГПБУ «Мосэкомониторинг» и функциональным зонам города: селитебная зона (жилые зоны, детские учреждения, газоны), рекреационная зона (аллеи, бульвары, парки, лесопарки), промзоны и дороги.

Отбор проб и пробоподготовка для проведения исследований проводились в соответствии с ГОСТом¹.

В эксперименте оценивались количественные изменения в основных группах почвенных микроорганизмов: сапротрофных бактерий, почвенных микроскопических грибах и актиномицетах. Исследования проводились в соответствии с методическими указаниями по установлению ПДК химических веществ в почве².

В качестве контроля использовались два вида почв: экологически чистая дерново-подзолистая почва, отобранная в районе пос. Красная Пахра Московской области, горизонт A_0 (0–25 см) (Контроль 1), а также наименее загрязнённая почва, отобранная с территории Москвы (проба № 87) с парковой территории (Контроль 2).

Для учёта почвенных грибов использовали разведения почвенной суспензии 1:100. Для учёта грибов использовали среду

¹ ГОСТ 17.4.4.02–84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.

² Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве. Утв. Минздравом СССР 05.08.1982 № 2609–82.

Чапека. Посев производили поверхностным способом, нанося на агаризованную среду 0,1 мл почвенной суспензии. При посеве грибов добавляли в среду антибиотик стрептомицин для исключения роста сапротрофных бактерий. Засеянные чашки помещали в термостат при температуре 26 °С. Каждый образец исследовался в трехкратной повторности. Количество грибов подсчитывали на 7 день инкубации.

При учёте сапротрофных бактерий использовали разведение почвенной суспензии 1:1000. Посев производили поверхностным способом, нанося на агаризованные среды 0,1 мл почвенной суспензии. Для учёта сапротрофных бактерий использовали среду мясопептонный агар (МПА). При посеве сапротрофных бактерий в среду МПА добавляли нистатин, чтобы предотвратить рост почвенных микромикробов. Засеянные чашки помещали в термостат при температуре 26 °С. Каждый образец исследовался в трехкратной повторности. Количество сапротрофных бактерий подсчитывали на третий день инкубации.

Для учёта актиномицетов использовали разведение почвенной суспензии 1:1000. Посев производили поверхностным способом, нанося на агаризованные среды 0,1 мл почвенной суспензии. Засеянные чашки помещали в термостат при температуре 26 °С. Каждый образец исследовался в трехкратной повторности. Количество актиномицетов подсчитывали на десятый день инкубации.

Проводили оценку качества отобранных почв методами биотестирования на ветвистоусых рачках *Daphnia magna Straus*, являющихся обязательным тест-объектом, общепринятым для всех методических схем, вследствие его универсальности и чувствительности. Тестирование проводилось в соответствии с действующей методикой³.

В 50 мл образцов исследуемых разведений помещали по 10 особей молоди дафний. Критерием острой токсичности служит гибель 50% и более дафний за 48 часов в исследуемой пробе при условии, что в контрольном эксперименте все рачки сохраняют свою жизнеспособность. Контролем и разбавителем служила культуральная вода.

Параллельно проводили тестирование с помощью инфузорий на представителе *Tetrahymena Pyriformis*. Данный тест-организм является также, как и дафнии общепринятым тест-объектом. Кроме того, тестирование с помощью инфузорий позволяет оценить воздействие токсиканта как на клеточном, так и на организменном уровне. В исследованиях была использована генеративная (ростовая) тест-функция, которая позволяет оценивать воздействие различного характера исследуемого образца на инфузории.

Исследования проводились в соответствии с методическими рекомендациями⁴.

Генеративная (ростовая) функция инфузорий является важным показателем их жизнеспособности и заключается в наблюдении за размножением тетрахимен в исследуемых разведениях и контроле. В пробы объёмом 5 мл помещали по 0,05 мл культуры тетрахимен с исходной концентрацией 100–200 кл/мл. Повторность опыта – трехкратная; время экспозиции – 6 и 48 часов. В течение первых шести часов наблюдают за выживаемостью инфузорий (острый опыт), в течение остального времени – за приростом количества инфузорий. Критерием токсического влияния является отставание прироста клеток (Кт) в пробах по сравнению с контролем.

С помощью ионометрического метода в соответствии с ГОСТом⁵ проводилось измерение водородного показателя (рН) в водных вытяжках из отобранных проб почв.

Перед проведением измерения рН каждый свежееотобранный образец почвы доводили до воздушно-сухого состояния путём

³ ПНД Ф Т 14.1:2.3:4.12–06, Т 16.1:2.2:3.3.9–06 Токсикологические методы контроля. Методика измерений количества *Daphnia magna Straus* для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счёта.

⁴ МР № ЦОС ПВ Р005–95 Методические рекомендации по применению методов биотестирования для оценки качества воды в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения. Утверждён: Госстандарт России, 12.10.1995.

⁵ ГОСТ 26483–85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. Утв. Государственным Комитетом СССР по стандартам от 26.03.1985 г. № 820, 821.

Численность бактерий в почвах различных функциональных зон по административным округам Москвы

Административный округ	Функциональная зона	№ пробы	рН	Эффект воздействия на бактерии по отношению к контролю, %	
				Контроль 2	Контроль 1
ВАО	парки	ГЗ-112	6,1385	83,3	95,7
ЮВАО	газоны	ГЗ-080	7,335	82,1	95,4
ЮВАО	газоны	ГЗ-103	6,8185	79,8	94,8
ВАО	жилые зоны	ГЗ-109	6,0745	77,0	94,1
ЮЗАО	газоны	ГЗ-023	6,351	70,2	92,4
ВАО	промзоны	ГЗ-083	8,058	67,9	91,8
ЮАО	жилые зоны	ГЗ-022	6,544	66,7	91,5
ЮВАО	газоны	ГЗ-106	7,9865	63,5	90,7
ЮВАО	дороги	ГЗ-053	7,732	59,5	89,6
ЦАО	жилые зоны	ГЗ-025	7,2325	57,1	89,0
ЮВАО	" "	ГЗ-077	7,966	57,1	89,0
ЮАО	детские учреждения	ГЗ-041	6,4575	56,0	88,7
ЦАО	газоны	ГЗ-026	7,082	54,8	88,4
ВАО	жилые зоны	ГЗ-096	5,5305	53,6	88,1

высушивания в течение нескольких суток в условиях комнатной температуры в хорошо вентилируемом помещении. Далее высушенная почва освобождалась от посторонних включений (корни растений, камни и др.) и просеивалась через сито с диаметром отверстий 2 мм.

Результаты

Значения рН у большей части проб близки к 7,0 (нейтральные). Среднее значение рН по всем пробам составило 6,8, что позволило большую часть проб отнести к категории почв со слабокислой и нейтральной реакцией среды. Существенного подщелачивания почв не наблюдалось, почвы с характерной щелочностью практически отсутствовали, встречалось небольшое количество проб со слабощелочной реакцией среды (рН от 8,0 до 8,2).

Установлено, что относительно Контроля 1 практически все изученные образцы почв отличались угнетением количественного состава бактерий. Напротив, при сравнении с Контролем 2 отмечалось резкое сокращение количества проб с угнетением роста бактерий. Поскольку Контроль 2, то есть почва, отобранная в парковой зоне города, представляется более подходящей для сравнения с остальными образцами городских почв, дальнейший анализ полученных данных проводился по табл. 1, в которой представлены данные только по тем образцам, в которых наблюдалось угнетение роста бактерий. Величины рН, приведённые в таблице, находятся в пределах благоприятных для роста почвенных микроорганизмов и являются характерными для городских почв (6,5–8,0). Наибольший эффект угнетения роста бактерий наблюдался в пробе № 112 (эффект воздействия 83,3%). Превышение нормативных величин наблюдалось по 8 физико-химическим показателям, в особенности по тяжёлым металлам. В образце № 80 эффект воздействия составлял 82,1% с превышениями нормативных величин у другого состава загрязнителей.

В целом разброс величин эффекта воздействия внешних факторов на угнетение роста бактерий сопровождался различным набором физико-химических показателей с превышением нормативных величин.

Из 112 отобранных проб почв уменьшение численности выросших колоний актиномицетов по отношению к контролю отмечено для 27 (Контроль 1) и 17 (Контроль 2) образцов.

Наибольший эффект угнетения количественного состава актиномицетов наблюдался в образце № 8 (97,8%). Превышение нормативных уровней для этого образца отмечалось по 6

Численность актиномицетов в почвах различных функциональных зон по административным округам

Административный округ	Функциональная зона	№ пробы	рН	Эффект воздействия на актиномицеты по отношению к контролю, %	
				Контроль 2	Контроль 1
САО	аллеи	ГЗ-091	6,9545	63,0	77,4
ЦАО	газоны	ГЗ-026	7,082	65,2	78,8
ЮВАО	" "	ГЗ-040	6,961	43,5	65,5
ЮВАО	" "	ГЗ-080	7,335	73,9	84,1
ЮАО	детские учреждения	ГЗ-041	6,4575	87,0	92,0
ЗАО	дороги	ГЗ-062	8,8845	58,7	74,8
ЮЗАО	жилые зоны	ГЗ-014	6,439	45,7	66,8
ЮЗАО	" "	ГЗ-018	6,4655	69,6	81,4
ЮАО	" "	ГЗ-022	6,544	95,7	97,3
ЦАО	" "	ГЗ-025	7,2325	56,5	73,5
ЦАО	" "	ГЗ-029	6,789	45,7	66,8
ЮАО	" "	ГЗ-043	6,439	65,2	78,8
ЮЗАО	" "	ГЗ-046	6,136	23,9	53,5
ЮВАО	" "	ГЗ-055	6,857	54,3	72,1
ЮАО	" "	ГЗ-061	6,7605	65,2	78,8
ЮВАО	" "	ГЗ-077	7,966	80,4	88,1
ВАО	" "	ГЗ-081	5,242	60,9	76,1
ВАО	" "	ГЗ-084	7,249	37,0	61,5
САО	" "	ГЗ-092	6,575	30,4	57,5
ВАО	" "	ГЗ-096	5,5305	56,5	73,5
ЮВАО	парки	ГЗ-008	6,295	97,8	98,7
ЮЗАО	" "	ГЗ-033	4,962	34,8	60,2
ВАО	" "	ГЗ-112	6,1385	54,3	72,1
ЮЗАО	промзоны	ГЗ-048	6,398	23,9	53,5
ЗАО	" "	ГЗ-063	6,8915	93,5	96,0
ЮАО	скверы	ГЗ-012	6,877	43,5	65,5
ЮЗАО	" "	ГЗ-015	6,235	32,6	58,8

физико-химическим показателям. Приоритетным токсикантом в данной пробе являлся бенз(а)пирен, концентрация которого превышает ПДК в 17,5 раз (0,35 мг/кг). Также значительное уменьшение числа колоний актиномицетов наблюдалось в образце № 63, отобранном в промышленной зоне (93,5%). Превышение концентрации мышьяка по отношению к его ПДК составило 5 раз.

Средняя численность колоний актиномицетов в пробах, отобранных в рекреационной зоне, выше, чем в пробах, отобранных в других зонах на 20–25 тыс. КОЕ/г. Результаты представлены в табл. 2. Максимальная численность актиномицетов была обнаружена в образце № 72, отобранном на аллее (рекреационная зона) в Западном административном округе – 350 тыс. КОЕ/г.

Уменьшение численности колоний микроскопических почвенных грибов по отношению к контролю составило 83 пробы почв из 112 отобранных образцов (табл. 3). Наибольший эффект угнетения количественного состава почвенных грибов 90–100% наблюдался у 16 образцов, 11 из которых отобраны на селитебной зоне в основном на территории Южного и Юго-Западного административных округов.

В образце № 20 процент угнетения численности колоний составил 97%. Превышение нормативных показателей в данной пробе наблюдалось по 11 физико-химическим показателям (в 3–4 раза). В образце № 23 эффект угнетения составил также 97%, но состав химических веществ, превышающих установ-

Численность колоний почвенных грибов в почвах различных функциональных зон по административным округам

Административный округ	Функциональная зона	№ пробы	рН	Эффект воздействия на почвенные грибы по отношению к контролю, %		Административный округ	Функциональная зона	№ пробы	рН	Эффект воздействия на почвенные грибы по отношению к контролю, %	
				Контроль 2	Контроль 1					Контроль 2	Контроль 1
ЮАО	дороги	ГЗ-044	6,179	94,0	93,8	СЗАО	" "	ГЗ-088	6,618	88,1	87,6
ЮВАО	" "	ГЗ-053	7,732	73,1	72,0	ВАО	" "	ГЗ-094	6,7	74,6	73,6
ЗАО	" "	ГЗ-062	8,885	88,1	87,6	ЮВАО	" "	ГЗ-106	7,987	84,6	83,9
ЗАО	" "	ГЗ-065	7,761	92,5	92,2	ЮВАО	детские учреждения	ГЗ-007	6,217	88,1	87,6
ВАО	" "	ГЗ-082	7,341	73,9	72,8	ЦАО	" "	ГЗ-038	6,622	52,2	50,3
ЮАО	промзоны	ГЗ-005	6,731	70,1	68,9	ЮАО	" "	ГЗ-041	6,458	94,8	94,6
ЗАО	" "	ГЗ-027	6,659	85,1	84,5	ЮВАО	" "	ГЗ-054	7,116	64,9	63,5
ЮЗАО	" "	ГЗ-047	5,957	74,6	73,6	ЮВАО	" "	ГЗ-057	6,614	64,9	63,5
ЮЗАО	" "	ГЗ-048	6,398	70,1	68,9	ЗАО	" "	ГЗ-067	7,839	78,4	77,5
ЗАО	" "	ГЗ-063	6,892	89,6	89,1	ЮАО	жилые зоны	ГЗ-010	6,145	62,7	61,1
ВАО	" "	ГЗ-083	8,058	74,6	73,6	ЮЗАО	" "	ГЗ-014	6,439	94,0	93,8
ЮВАО	аллеи	ГЗ-004	6,663	82,1	81,3	ЮЗАО	" "	ГЗ-017	6,523	79,9	79,0
ЮЗАО	" "	ГЗ-050	5,879	72,4	71,2	ЮЗАО	" "	ГЗ-018	6,466	93,3	93,0
ЗАО	" "	ГЗ-072	7	53,7	51,8	ЮАО	" "	ГЗ-020	5,864	97,0	96,9
ЮВАО	" "	ГЗ-073	5,718	63,4	61,9	ЮАО	" "	ГЗ-021	6,15	95,5	95,3
СЗАО	" "	ГЗ-085	6,147	53,0	51,0	ЮАО	" "	ГЗ-022	6,544	100,0	100,0
САО	" "	ГЗ-091	6,955	80,6	79,8	САО	" "	ГЗ-024	6,51	80,6	79,8
ВАО	" "	ГЗ-111	8,105	90,0	89,6	ЦАО	" "	ГЗ-025	7,233	66,4	65,0
ЮВАО	парки	ГЗ-008	6,295	55,2	53,4	ЦАО	" "	ГЗ-028	7,137	50,0	47,9
ЮЗАО	" "	ГЗ-019	6,103	94,0	93,8	ЦАО	" "	ГЗ-029	6,789	68,7	67,4
ЮЗАО	" "	ГЗ-033	4,962	88,1	87,6	ЮЗАО	" "	ГЗ-032	5,553	88,8	88,3
ЮЗАО	" "	ГЗ-035	5,411	70,1	68,9	ЮВАО	" "	ГЗ-039	6,877	86,6	86,0
ЮЗАО	" "	ГЗ-045	6,525	81,3	80,6	ЮАО	" "	ГЗ-042	6,277	79,9	79,0
ЮВАО	" "	ГЗ-056	8,215	95,5	95,3	ЮАО	" "	ГЗ-043	6,439	92,5	92,2
ЗАО	" "	ГЗ-070	7,148	88,1	87,6	ЮЗАО	" "	ГЗ-046	6,136	90,3	89,9
ЮВАО	" "	ГЗ-078	7,272	67,9	66,6	ЮЗАО	" "	ГЗ-051	6,414	84,3	83,7
ВАО	" "	ГЗ-095	7,066	65,7	64,2	ЮВАО	" "	ГЗ-055	6,857	86,6	86,0
ВАО	" "	ГЗ-112	6,139	86,1	85,5	ЮАО	" "	ГЗ-058	6,097	68,7	67,4
ЮАО	скверы	ГЗ-003	7,218	83,1	82,4	ЮАО	" "	ГЗ-061	6,761	88,1	87,6
ЮАО	" "	ГЗ-009	6,555	59,0	57,3	ЗАО	" "	ГЗ-064	7,723	86,6	86,0
ЮАО	" "	ГЗ-012	6,877	87,3	86,8	ЗАО	" "	ГЗ-068	8,245	68,7	67,4
ЮЗАО	" "	ГЗ-015	6,235	91,0	90,7	ЮЗАО	" "	ГЗ-069	7,735	89,6	89,1
ЮАО	" "	ГЗ-016	6,486	77,6	76,7	ВАО	" "	ГЗ-081	5,242	66,4	65,0
ЮАО	" "	ГЗ-059	6,598	71,6	70,5	СЗАО	" "	ГЗ-089	6,751	67,2	65,8
ЗАО	" "	ГЗ-066	7,085	70,1	68,9	САО	" "	ГЗ-090	7,778	97,0	96,9
ЮВАО	" "	ГЗ-076	8,134	78,4	77,5	САО	" "	ГЗ-092	6,575	87,1	86,5
ЮВАО	" "	ГЗ-079	7,683	76,9	75,9	ВАО	" "	ГЗ-096	5,531	88,6	88,1
ЮВАО	" "	ГЗ-107	6,882	79,6	78,8	ЮВАО	" "	ГЗ-105	7,045	74,1	73,1
ЮЗАО	газоны	ГЗ-023	6,351	97,0	96,9	ЮВАО	" "	ГЗ-108	6,773	86,1	85,5
ЦАО	" "	ГЗ-026	7,082	88,8	88,3	ВАО	" "	ГЗ-109	6,075	82,1	81,3
ЮВАО	" "	ГЗ-040	6,961	88,1	87,6	ВАО	" "	ГЗ-110	7,14	89,1	88,6
ЮЗАО	" "	ГЗ-052	6,344	88,1	87,6						

ленные нормативы, другой. Основным загрязнителем в пробе являлся мышьяк, который превысил уровень ПДК в 5 раз.

В 29 образцах угнетения численности колоний почвенных грибов не обнаружено. Условно «чистые» пробы распределены по всем функциональным зонам, кроме группы детские дошкольные и школьные учреждения, игровые площадки.

Средняя численность колоний грибов в пробах почв, отобранных в селитебной зоне, является наиболее низкой среди

остальных функциональных групп. Наибольшее количество колоний грибов обнаружено в образце № 104, отобранном в парке в Юго-Восточном административном округе.

В пробе № 1 наблюдалась отсутствие токсического воздействия на все виды микроорганизмов. При этом были обнаружены превышения по мышьяку (в 5 раз), по свинцу (в 9 раз), по фосфору (в 3 раза), по бенз(а)пирену (в 10 раз) и некоторым другим металлам. Отсутствие токсического воз-

действия на микробиоценоз пробы, вероятно, может быть связано с благоприятными условиями среды: отсутствием запечатанности и захламлённости, высокой степени озеленения и, как следствие, наличием достаточного количества органического вещества.

В пробе № 25 выявлено токсическое воздействие на все изученные группы микроорганизмов при незначительном превышении показателей тяжёлых металлов и бенз(а)пирена. В месте отбора пробы обнаружены высокий процесс запечатывания и низкий уровень озеленения.

Следует отметить, что в почвенных образцах, оказавших токсическое воздействие на гидробионты, установлено превышение ПДК по содержанию мышьяка практически во всех пробах почв. Содержание бенз(а)пирена было превышено в 11 образцах из 17 (65%). По содержанию металлов в исследуемых образцах выявлено преобладание валовых форм по сравнению с подвижными.

В большинстве случаев токсическое воздействие почвенных вытяжек из исследуемых образцов наблюдалось на ростовой функции инфузорий, оцениваемой по коэффициенту токсичности (Кт). Токсическое воздействие на выживаемость дафний наблюдалось лишь в трёх случаях (пробы ГЗ-4, ГЗ-5, ГЗ-96).

Образец № 4, отобранный на аллее в ЮВАО, обладает наибольшей токсичностью по отношению к выбранным тест-организмам. При этом превышение нормативных уровней наблюдалось по 8 физико-химическим показателям. Образец ГЗ-5, отобранный на территории промзоны в ЮАО, проявил такую же выраженную отрицательную тест-реакцию. При этом превышение его физико-химических свойств касалось только содержания мышьяка (в 2,5 раза от ПДК). Из чего следует предположение, что мышьяк может являться приоритетным токсикантом в особенности для инфузорий, поскольку для образца ГЗ-96 выявлено отрицательное воздействие на выживаемость дафний (100%) и отсутствие токсического воздействия на инфузории при содержании мышьяка в пределах ПДК. Приоритетность мышьяка как загрязнителя подтверждается также для образца ГЗ-34, в котором превышение этого элемента над уровнем ПДК составляет 4 раза.

Коэффициент токсичности для инфузорий в этом случае составлял максимальную величину отрицательного эффекта (Кт = 0).

Для остальных образцов была отмечена токсичность разного уровня для ростовой функции инфузорий. Диапазон величин Кт составлял 20,59–49,58%. При этом количественный состав загрязнителей с концентрацией, превышающей ПДК для каждого образца, был различным. Из 17 образцов, оказавших токсическое воздействие на гидробионты, 6 были отобраны в Юго-Восточном административном округе в рекреационной функциональной зоне; 4 – в Восточном административном округе; остальные – единично по другим округам города.

Заключение

Существующие в настоящее время методические указания по мониторингу и оценке качества почв населённых мест не включают экотоксикологические показатели, тем самым недоучитывают потенциальную опасность негативного воздействия городских почв на здоровье населения.

Изменение численности почвенных микроорганизмов характеризует функциональные возможности почв. Выявление зависимостей в поведении естественных представителей по-

чвенного микробиоценоза в условиях загрязнения химическими агентами позволит усовершенствовать систему диагностики почвы, в том числе при отсутствии конкретизации данных по поллютантам.

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

Литература (п.п. 6, 9 см. References)

1. Постановление Правительства Москвы № 514-ПП «О повышении качества почвогрунтов в городе Москве». М.; 2004.
2. Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». М.; 2009.
3. Постановление Правительства РФ №20 «Об инженерных изысканиях для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства». М.; 2006.
4. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М.; 2012.
5. Игнатъева И.А. Технические регламенты с требованиями в области охраны окружающей среды: возможности, проблемы, перспективы. *Бизнес, менеджмент и право*. 2014; (1).
7. Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации. 15-е Заседание МГС: Проблемы есть, нет разногласий. *Стандарты и качество*. 1999; (7): 3–6.
8. Промежуточный технический отчет. Блок деятельности 10 – Нормативы качества окружающей среды. СПб.; 2008.
10. ГОСТ Р ИСО 23909–2013. Качество почвы. Подготовка лабораторных проб из больших проб. М.; 2013.

References

1. Resolution of the Government of Moscow № 514-PP «On improving the quality of soil in the city of Moscow». Moscow; 2004. (in Russian)
2. Federal Law № 384-FZ «Technical Regulations on the Safety of Buildings and Structures». Moscow; 2009. (in Russian)
3. Resolution of the Government of the Russian Federation № 20 «On engineering surveys for the preparation of project documentation, construction, reconstruction of capital construction projects». Moscow; 2006. (in Russian)
4. SP 47.13330.2012. Engineering surveys for construction. Basic provisions. Moscow; 2012. (in Russian)
5. Ignat'eva I.A. Technical regulations with requirements in the field of environmental protection: opportunities, problems, prospects. *Business, menedzhment i pravo*. 2014; (1). (in Russian)
6. Meinardi C.R. Soil quality. Fertile ground for standardization. *ASTM Standardization News*. 1996; (2): 8–12.
7. Agreement on the conduct of a coordinated policy in the field of standardization. 15th IGU meeting: There are problems, there are no disagreements. *Standarty i kachestvo*. 1999; (7): 3–6. (in Russian)
8. Interim technical report. Activity block 10 – Environmental quality standards. St. Petersburg; 2008. (in Russian)
9. Carlon C., ed. *Canadian Guiding Principles (CCME, 1999). Derivation methods of soil screening values in Europe. A review and evaluation of national procedures for harmonization*. Ispra: European Commission, Joint Research Center; 2007.
10. GOST R ISO 23909–2013. Soil quality. Preparation of laboratory samples from large samples. Moscow; 2013. (in Russian)

Поступила 21.03.17
Принята к печати 05.07.17