

УДК 579.63+550.42+631.461(470.53)

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЖИЛОЙ ЗОНЫ ГОРОДА ПЕРМИ

© 2016 М.В. Кузнецова, И.Л. Масленникова, А.К. Лаптева, Н.П. Шерстобитова,
М.А. Шишкин

Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, г. Пермь

Статья поступила в редакцию 10.11.2016

В статье представлены результаты экотоксикологического исследования почвенного покрова жилой зоны г. Перми (n=214), проведенного в мае-июне 2016 г. На основании данных расширенного микробиологического мониторинга и микробиотестирования городских почв проведена оценка уровня их биологической активности, степени эпидемиологической опасности и токсичности. Городские почвы характеризовались низким и средним содержанием органики (гумуса), нейтральной или средне-/слабокислой реакцией, низкой влажностью, и, как следствие, низкой степенью насыщенности микробиотой. Установлена связь между количеством микроорганизмов в городских почвах и типом почвы, ее влажностью, содержанием органического вещества. Количество гетеротрофных бактерий было достоверно меньше в урбаноземах и коррелировало с уровнем токсичности почвы. Антропогенная нагрузка на почву, согласно оценке ее санитарно-химических показателей, оказалась высокой, что свидетельствует о неблагоприятности и повышенном риске инфицирования в некоторых районах города.

Ключевые слова: *городские почвы, биотестирование, микробиологический мониторинг, токсичность, индекс санитарно-показательных микроорганизмов*

Почвы как важнейший компонент урбано-экосистемы являются хорошим поглотительным барьером и аккумулятором аэрогенных токсичных соединений, а также индикатором условий жизни и здоровья населения. Основные источники экологической опасности в крупных городах – это выбросы промышленных предприятий и теплоэлектростанций, расположенных в пределах городской черты или непосредственно к ней примыкающих, автотранспорта, частного сектора и других бытовых и производственных объектов. Для населения, проживающего вблизи источника выбросов, загрязнение окружающей среды имеет большое значение.

Прогрессирующее воздействие хозяйственной деятельности человека на природную среду достигло уровня, при котором происходят существенные изменения в морфологии, химическом

и биологическом составе естественного почвенного покрова [16]. Мониторинг состояния городской среды включает геохимическую и биологическую диагностику почв [18]. Согласно действующим нормативным документам при контроле загрязнения почвенного покрова в качестве основных критериев выступают: содержание / уровень химических веществ, в первую очередь тяжелых металлов, и показатели санитарного состояния почвы [21]. Микробиологическая оценка базируется на реакциях почвенного микробного сообщества, связанных с изменением его состава и численности при антропогенном влиянии.

Определение токсичности почв с помощью микробиOLUMИнесцентного анализа, стандартизованного и сертифицированного в России и странах Европы [14, 29] дает возможность учитывать влияние водорастворимых форм поллютантов, их биодоступность для почвенной биоты. В городах выделяют естественные ненарушенные почвы, естественно-антропогенные поверхностно преобразованные почвы, антропогенные глубоко преобразованные урбаноземы и техногенные поверхностные почвоподобные образования [1, 22]. Наиболее объективную картину изменений, происходящих в почве в результате антропогенного воздействия, можно получить на участках с сохраненными зональными свойствами.

Большинство исследований окружающей среды крупного промышленного г. Перми имеют в основном эколого-геохимическую направленность. Выявлены основные компоненты почвенного покрова территорий различного функционального назначения и оценены экологические

Кузнецова Марина Валентиновна, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной микробиологии и биотехнологии. E-mail: mar@iegm.ru

Масленникова Ирина Леонидовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунорегуляции. E-mail: I.Maslennikova@rambler.ru

Лаптева Анна Кирилловна, кандидат географических наук, старший инженер группы физико-химических исследований. E-mail: annlap@iegm.ru

Шерстобитова Наталья Петровна, старший инженер группы физико-химических исследований. E-mail: shnp@iegm.ru

Шишкин Михаил Андреевич, кандидат геолого-минералогических наук, руководитель группы физико-химических исследований. E-mail: sma@iegm.ru

свойства почв [6, 25, 26]. Изучается профильное и пространственное распределение, содержание и взаимосвязь тяжелых металлов и мышьяка в почвах г. Перми [3]. Однако расширенный микробиологический мониторинг почвенного покрова жилой зоны города с оценкой естественно-антропогенных поверхностно преобразованных почв по уровню биологической активности и степени эпидемиологической опасности ранее не проводился.

Цель исследования: оценка микробиологического состояния почвы селитебной зоны г. Перми.

Материалы и методы исследования. Город Пермь с населением более млн. чел. (на 01.01.2015), третий по площади город России, занимает 799,68 км² и вытянут почти на 70 км вдоль реки Камы. Рельеф городской территории представлен высокой равниной, поймой р. Камы и ее аккумулятивно-эрозионными террасами. Высокая равнина изрезана долинами многочисленных притоков р. Камы. Около 40% общей площади города находится под жилой застройкой, расположенной на левом и правом берегу реки Орджоникидзевского, Мотовилихинского, Свердловского, Ленинского, Индустриального, Дзержинского и Кировского районов. Жилой массив чередуется с территориями предприятий, преимущественно машиностроительных (ПАО «Мотовилихинские заводы», ОАО «Пермский завод «Машиностроитель», ОАО «Пермский моторный завод»), нефтегазоперерабатывающих (ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез»), химических отраслей (ОАО «Минеральные удобрения», ОАО «ГалоПолимер Пермь», ОАО «Камтэкс-Химпром») и энергетики (Камская ГЭС и четыре ТЭЦ) [27], с парками и городскими лесами. Суммарная площадь городских зелёных насаждений достигает 400 км². По городской территории проходят напряженные автомагистрали федерального значения и железные дороги.

Почвенный покров г. Перми сформирован на элювиально-делювиальных тяжелых суглинках, породах пермской системы, древнем аллювии и представлен дерново-среднеподзолистыми тяжелосуглинистыми почвами, в долинах рек – дерновыми, дерново-глебоватыми, аллювиальными и торфяно-болотными почвами [6, 10]. Почвенная съемка выполнена по случайно-упорядоченной сети из расчета одна пробная площадка на км² (число площадок в городе – 214, контрольных площадок – 2 в 25-40 км западнее и юго-западнее города) в мае-июне 2016 г. в период устойчивой сухой и жаркой погоды. Отбор проб проведен с глубины до 5 см на участках, где почвы в значительной мере сохранили свой генетический профиль (МУ 2.1.7.730-99). В отобранных образцах по общепринятым методикам определяли ионно-солевой состав водной вытяжки,

актуальную кислотность и содержание органического углерода по И.В. Тюрину в модификации В.Н. Симакова (ГОСТ 26213-91).

Общее количество гетеротрофных и грамотрицательных бактерий (в т.ч. представителей семейств Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae), число ацетонитрилутилизующих микроорганизмов определяли методом прямого высева последовательных десятичных разведений бактериальных суспензий на селективные агаризованные питательные среды [15]. Навеску почвы 1 г помещали в коническую колбу, приливали 50 мл фосфатно-буферной среды (рН 7,0-7,2), взбалтывали в течение 1 ч и 3-хкратно обрабатывали ультразвуком в течение 1 мин при 37 кГц, поместив колбы в ультразвуковую ванну Elma Ultrasonic 30S (Elma, Германия). Для подсчета гетеротрофов использовали среду Лурия-Бертани (LBA), грамположительных бактерий – LBA с полимиксином (10 мг/мл), грамотрицательных – LBA с метиленовым красным (150 мкг/мл), энтеробактерий и псевдомонад – среда Мак-Конки и цетримидный/ацетамидный агары соответственно. Нитрилутилизующие бактерии учитывали на фосфатно-буферной среде N с добавлением 10 мМ ацетонитрила. Для исключения грибковой микрофлоры в среды добавляли актидион (100 мкг/мл). Численность микроорганизмов определяли как количество колониеобразующих единиц (КОЕ) в пересчете на 1 г сухой почвы. Сравнение проводили по степени обогащенности почв микроорганизмами по критерию, предложенному Звягинцевым Д.Г. [7], и по степени эпидемиологической опасности почвы согласно индексу санитарно-показательных микроорганизмов БГКБ (бактерии группы кишечной палочки) [21].

Общую токсичность почвы оценивали с использованием биOLUMИнесцентного сенсора «Эколюм-8» на основе рекомбинантного люминесцентного штамма *E.coli* K12 TG1 с полным lux-опероном *Photorhabdus luminescence* согласно [14]. Индекс токсичности (Т) рассчитывали по формуле: $T = 100 \times (I_k - I_0) / I_k$, где I_k и I_0 интенсивность свечения сенсора «Эколюм-8» контроля и опыта соответственно через 30 мин контакта. В случаях, когда уровень биOLUMИнесценции в анализируемой пробе был больше, чем в контроле, независимо от величины отрицательного значения Т делался вывод об отсутствии токсичности образца.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием компьютерных программ Microsoft Excel 2003 и STATISTICA 6.0. Показатели представлены в виде среднего арифметического и его ошибки ($M \pm m$), кроме этого рассчитывали медиану (Me), квартили (Q1; Q3) и межквартильный размах. Достоверность отличий в группах определяли по *t*-критерию

Стьюдента или Н-критерию Крускала-Уоллиса. Различия между группами данных считали достоверными при $p < 0,05$. Для выявления связи между признаками вычисляли коэффициент корреляции Пирсона (r), достоверными считали связи при $p < 0,05$.

Результаты. Количество гетеротрофных бактерий в городских почвах колебалось в пределах от $1,51E+03$ до $1,42E+08$ клеток/г сух. почвы. Наибольшая численность микроорганизмов обнаружена в центральном Ленинском районе ($1,25E+07 \pm 8,28E+06$ клеток/г сух. почвы), наименьшая – в Индустриальном районе города

($5,39E+05 \pm 1,26E+05$ клеток/г сух. почвы) (рис. 1). Для последнего отмечен и наименьший размах вариации. Места с минимальным содержанием микроорганизмов согласно общему микробному числу ($< 1,0E+05$) регистрировали во всех районах, за исключением Ленинского. Также показана статистическая разница по количеству микроорганизмов в почвах разных районов города ($H(6, 214) = 37,67, p = 0,0001$). Выявлено, что в почвах Мотовилихинского, Ленинского и Кировского районов число гетеротрофов было выше, чем в Дзержинском, Свердловском и Индустриальном (H -test: $p < 0,05$).

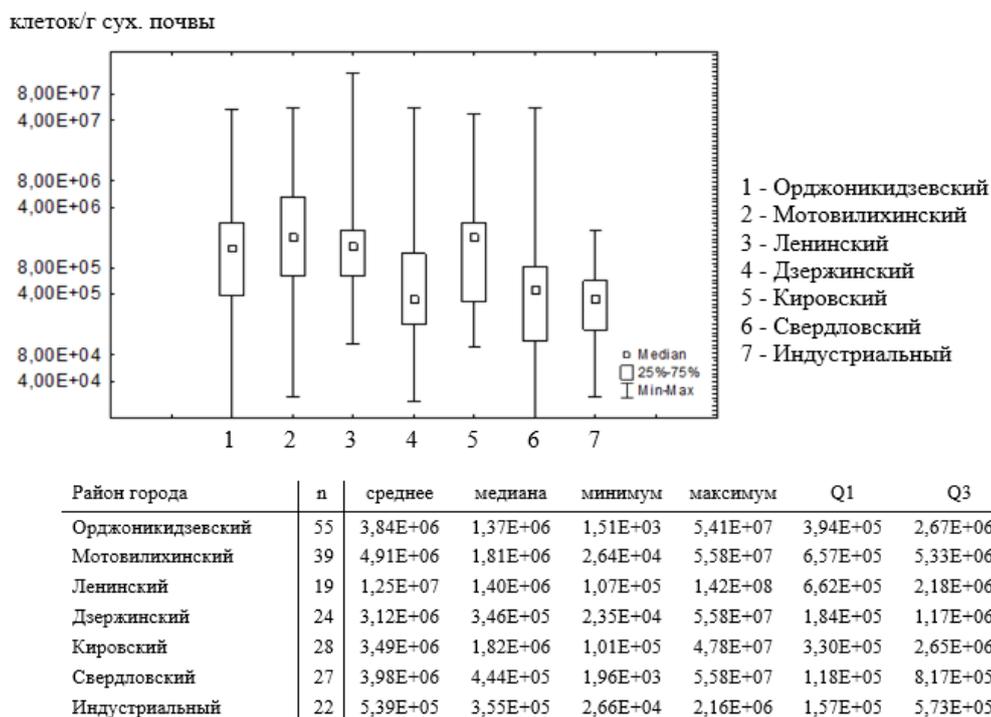
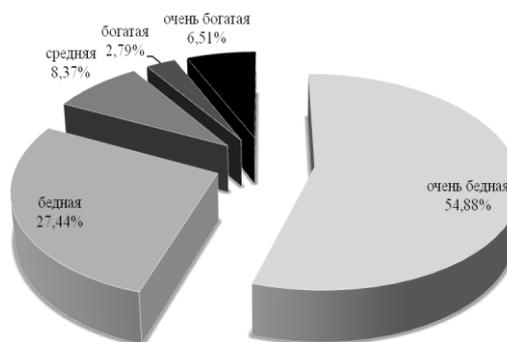


Рис. 1. Содержание гетеротрофных бактерий в образцах почвы районов города

При оценке степени насыщенности почвы микробиотой согласно Звягинцеву Д.Г. [7] выявлено, что 54,9% образцов относятся к очень бедным, 35,8% – к бедным или средней обогащенности и 9,3% – к богатым (рис. 2, А). В первую очередь степень обогащенности почвы микробиотой зависит от почвенных типов и генетических горизонтов [7]. Наибольшая общая численность бактерий отмечена в суглинистых и песчаных почвах ($4,00E+06 \pm 1,01E+07$ и $4,64E+06 \pm 1,96E+07$ клеток/г сух. почвы соответственно). Количество микроорганизмов, населяющих торфяные почвы составляло $1,04E+06 \pm 9,38E+05$ клеток/г сух. почвы. Как и следовало ожидать, наименьшее содержание микроорганизмов обнаружено в урбаногемах ($3,42E+05 \pm 3,04E+05$ клеток/г сух. почвы) и статистически значимо отличалось по сравнению с другими почвами ($H(1, 137) = 10,65, p = 0,001$). Таким образом, тип почвы оказывал влияние на содержание гетеротрофов ($H(3, 214)$

$= 10,35; p = 0,016$). Достаточно низкая численность микроорганизмов в почвах города закономерна, так как известно, что данный показатель прямо коррелирует с содержанием органического вещества в почве.



А

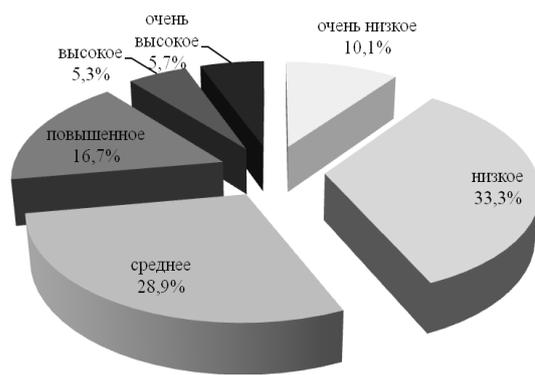


Рис. 2. Распределение почв по степени насыщенности микроорганизмами (А) и содержанию органического вещества (гумусности) (Б)

Городские почвы характеризовались в основном низким и средним уровнем содержания органики (гумуса) (рис. 2Б). Так, например, в Орджоникидзевском районе почвы распределились следующим образом: 32,1% почв имели очень низкое (<2), 55,4% – низкое (2,1-4,0), 10,7% – среднее (4,1-6,0) и 1,8% – повышенное (6,1-8,0) содержание органического вещества. Коэффициент корреляции между показателями, характеризующими почвы по степени гумусности и обогащенности микробиотой, составил $r=0,86$. Наши данные согласуются с исследованиями Прокофьевой Т.В. и соавт. [19], которые при изучении некоторых свойств диагностических горизонтов природно-антропогенных почв привели низкие показатели углерода гумуса для большинства профилей. Кроме этого, показана существенная связь между содержанием органического вещества в почве и рядом биохимических показателей: активностью каталазы, уреазы, интенсивностью дыхания почв, которые, как известно, служат индикатором благополучного экологического состояния [9].

Численность и состав почвенной микробиоты зависит от окружающих условий, и одним из важных факторов является влага [2, 8, 24]. Необходимо отметить, что около 7% образцов почв имели показатель влажности, не превышающий 1%, 40,6% образцов – от 1 до 5%, 43,6% образцов – от 5 до 10%, у 8,6% почв этот показатель был выше 10%. Количество гетеротрофных микроорганизмов нарастало в ряду групп, дискриминируемых по влажности почвы: $1,16E+06 \pm 1,33E+06$; $2,33E+06 \pm 4,14E+06$; $4,82E+06 \pm 1,30E+07$ и $1,36E+07 \pm 3,55E+07$. При этом статистически значимые отличия выявлены только между группами, имеющими показатель влажности до 1% и от 5 до 10%.

Кроме влажности, бактериальное разнообразие почв определяется кислотностью среды и

концентрацией солей. От сочетания этих факторов, обуславливающих тип почвообразования, зависит соотношение представителей различных таксонов в бактериальных комплексах почв [5]. Результаты исследований показали, что в г. Перми преобладают почвы близкие к нейтральным/нейтральные (рН 6,6-7,5) и средне- / слабокислые (рН 5,6-6,5) с небольшим преимуществом последних. Показатель кислотности образцов почвы варьировал в пределах от 5,80 до 7,43, при этом $M \pm m$ и $Me (Q1; Q3)$ составили $6,5 \pm 0,25$ и 6,47 (6,24; 6,77) соответственно. По этим данным исследуемые почвы соответствуют урбаноземам [19]. Известно, что одним из диагностических признаков городских почв является сдвиг реакции среды в сторону щелочных значений. Этот процесс является широко распространенной тенденцией и носит долговременный характер, что подтверждается многолетними исследованиями в рамках мониторинга почв г. Москвы [18]. По данным Никитенко М.А. [16] в нарушенных почвах городов Среднего Предуралья показатель обменной кислотности так же увеличивается: в естественных городских почвах средний показатель рН составил 6,2, в урбанопочвах – рН 6,5, а в урбаноземах и урбанотехноземах – рН 7,2. Подщелачивание городских почв связывают с осаждением на их поверхность пыли, содержащей карбонаты кальция и магния, выпадением осадков с повышенным содержанием углекислоты и с попаданием в почву хлоридов натрия, кальция и др. В почвах г. Перми содержание солей кальция и магния составило 9,48 и 1,80 мг/100 г, а нитратов, хлоридов и сульфатов – $13,53 \pm 15,20$, $2,89 \pm 2,85$ и $5,23 \pm 1,78$ мг/100 г соответственно.

Качественный состав микробиоты является более надежным индикатором изменения состояния почвенной среды [13, 17]. Доля грамотрицательных бактерий, энтеробактерий (в т.ч. *Escherichia coli*) и псевдомонад составила $8,91 \pm 3,11$; $1,19 \pm 0,59$ ($0,006 \pm 0,002$) и $1,72 \pm 0,80\%$ соответственно, что закономерно при сильном уплотнении и сухости исследуемых образцов почвы. Грамотрицательные микроорганизмы не детектировались в 8,4% случаев, а $Me (Q1; Q3)$ составили 6,3 (2,2; 15,2)% соответственно. Таким образом, показано, что большая часть выявленных микроорганизмов относится к группе грамположительных бактерий и варьирует в разных точках отбора, составляя от 41,5 до 100%. Это вполне закономерно, так как грамположительные прокариоты, в отличие от грамотрицательных, благодаря мощному муреиновому слою клеточной стенки способны выдерживать длительное воздействие неблагоприятных факторов. Кроме этого, данная группа микроорганизмов более устойчива к засухе и хорошо переносит неблагоприятные условия за счет образования спор, способных долго сохраняться в почве. Так,

Добровольской Т.Г. и соавт. [5], было выявлено, что в одном и том же типе почв в зависимости от степени насыщенности их влагой таксономический состав бактериальных комплексов был разным: в те сезоны, когда происходило иссушение почв, доминантами становились грамположительные бациллы и бактерии актиномицетной линии. Также показано, что увеличение их количества в почвах с антропогенной нагрузкой является следствием того, что под действием различных поллютантов в почве преобладают бактерии, обладающие различными системами деградации синтетических загрязнителей, в основном это бактерии фил *Proteobacteria* и *Actinobacteria* [4, 28].

Количество представителей семейств *Enterobactriacea* и *Pseudomonadaceae* было на уровне $E+04$ – $E+05$ и не различалось по районам. Число бактерий *E. coli* составило в среднем $7,71E+03 \pm 3,22E+04$ и существенно варьировало. Высокое содержание кишечной палочки выявлено в почвах Мотовилихинского ($2,01E+04 \pm 7,96E+03$), Ленинского ($7,12E+03 \pm 4,86E+03$) и Кировского ($2,00E+04 \pm 1,16E+04$) районов города. Только для этих трех районов верхний квартиль имел положительное значение и составил $3,58E+03$; $1,48E+02$ и $3,56E+02$ соответственно. Корреляции между общим числом бактерий и содержанием *E. coli* не обнаружено. О возможности загрязнения почвы патогенными энтеробактериями свидетельствует индекс санитарно-показательных микроорганизмов. Согласно индексу БГКП, 71,96% образцов отнесены к «чистым» почвам, 11,21% – к «умеренно-опасным» и «опасным» и 16,82% – к «чрезвычайно-опасным».

Число ацетонитрилутилизующих бактерий, характеризующих присутствие нитрильных соединений в объектах окружающей среды, оказалось выше в почвах Кировского района, где располагается предприятие по производству акриламида, а их доля в среднем составила $6,40 \pm 3,32\%$, что соответствует антропогенно-загрязненным почвам [12].

В настоящий момент экотоксикологическая оценка сложных почвенных сред проводится на основании суммарного коэффициента техногенного загрязнения или биотестирования. Анализ микробного сообщества позволяет оценить воздействие нерастворимых загрязнителей, то время как биотесты на основе бактериальной биолюминесценции дают количественную оценку токсичности подвижных водорастворимых форм поллютантов в почве [11, 23]. Согласно результатам биотеста «Эколюм» только 3,0% исследуемых почв были токсичными и 3,0% почв имели допустимую степень токсичности (рис. 3А). В остальных случаях образцы почв (94,0%) были не токсичны. Уровень токсичности почв не различался в разных районах города, тем не менее,

высокотоксичные образцы ($T > 20\%$) получены только с территории Орджоникидзевогo, Свердловского и Кировского районов. В первом случае это связано с присутствием в районе предприятий химической отрасли, во-втором – с присутствием в центре района промышленных предприятий, ТЭЦ и интенсивно загруженных автомагистралей, в-третьем – с интенсивной работой оборонных и химических предприятий, наличием базы по утилизации твердотопливных ракет.

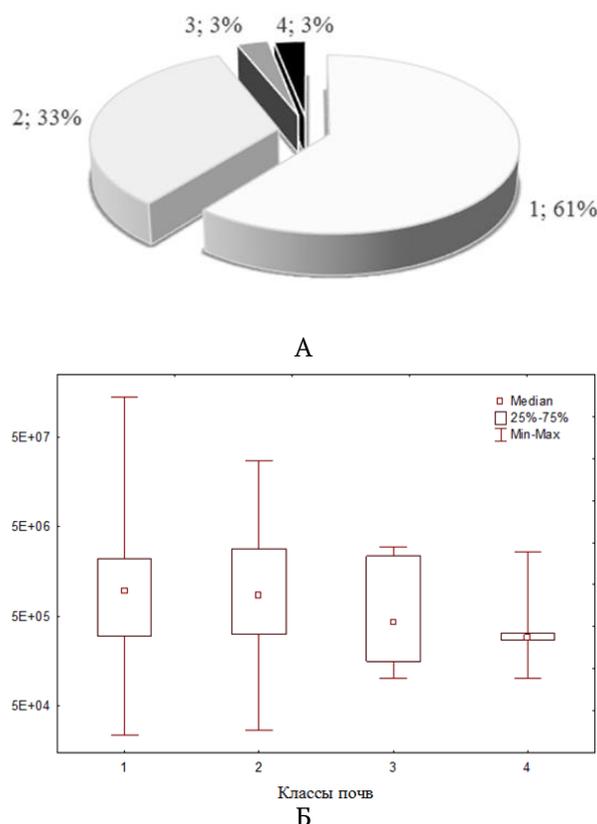


Рис. 3. Распределение исследуемых почв по уровню токсичности (в %) по результатам биотестирования (А) и содержание гетеротрофов в почвах разного класса, разделенных по уровню токсичности (Б):

1 – образец не токсичен ($T < 10$), 2 – образец не токсичен ($-10 < T < 5$); 3 – допустимая степень токсичности; 4 – образец токсичен ($T > 20$)

Размах вариации показателя «число гетеротрофов» был наибольший в нетоксичных ($4,10E+06 \pm 1,34E+07$ клеток/г сух. почвы) и наименьший – в токсичных ($7,27E+05 \pm 1,08E+06$ клеток/г сух. почвы) образцах почвы (рис. 3Б). В почвах разного уровня токсичности количество гетеротрофов достоверно не отличалось ($H(3, 194) = 3,03$; $p = 0,39$), хотя в почвах, стимулирующих свечение бактериального биосенсора, выявлено высокое содержанием гетеротрофов в единичных образцах. Несмотря на существенные различия почв по количеству углеродсодержащей

органики, значимой связи с токсичностью не обнаружено. При этом статистически достоверно показано более высокое содержание углерода в образцах токсичных почв. Наши данные согласуются с мнением авторов, которые считают, что в городских условиях содержание органического вещества, превышающее 5-6% можно считать индикатором сильного антропогенного загрязнения [20].

Выводы: при воздействии факторов антропогенного происхождения на природные экосистемы, микроорганизмы, существование которых во многом зависит от влияния различных условий среды обитания, зачастую являются наиболее быстрореагирующим компонентом. Как показало эколого-геохимическое исследование почвенного покрова жилой зоны г. Перми в весенне-летний период, городские почвы характеризовались низкой и средней гумусностью, нейтральной или слабокислой реакцией, низкой влажностью и, как следствие, низкой степенью насыщенности микробиотой, что отражает сильное загрязнение городской среды. Установлена положительная связь между количеством микроорганизмов в образцах и типом почвы, ее влажностью, содержанием органического вещества. Токсикологическими исследованиями с использованием микробиологического анализа показано, что только 3% образцов почв были высокотоксичны. Количество гетеротрофных бактерий было достоверно меньше в урбанизированных и коррелировало с уровнем токсичности почвы. Антропогенная нагрузка на почву, согласно оценке ее санитарного состояния, оказалась высокой, что наряду с санитарно-химическими показателями свидетельствует о неблагополучии и повышенном риске инфицирования в некоторых районах города.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ урал №16-45-590497

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Азаркова, М.Г. Морфолого-генетические особенности городских почв и их систематика / М.Г. Азаркова, Л.К. Целищева, М.Н. Строганова // Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 1991. № 2. С. 11-16.
2. Бабьева, И.П. Биология почв / И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. – М.: Наука, 1989. 289 с.
3. Васильев, А.А. Эколого-геохимическая оценка почвенного покрова г. Перми: тяжелые металлы и мышьяк / А.А. Васильев, Е.С. Лобанова // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. 2015. №9. С. 34-49.
4. Панов, А.В. Влияние загрязнения почвы на состав микробного сообщества / А.В. Панов, Т.З. Есикова, С.Л. Соколов и др. // Микробиология. 2013. Т. 82, № 2. С. 239-246.
5. Добровольская, Т.Г. Почвы и микробное разнообразие / Т.Г. Добровольская, Л.В. Лысак, Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. 1996. №6. С. 699-704.
6. Еремченко, О.З. Эколого-биологические свойства урбанизированных почв г. Перми / О.З. Еремченко, И.Е. Шестаков, В.И. Каменщикова // Вестник Удмуртского ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2010. Вып. 4. С. 56-63.
7. Звягинцев, Д.Г. Биологическая активность почв и шкала для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. № 6. С. 48-54.
8. Иванова, Т.И. Структура и динамика активности микробных сообществ мерзлотных почв центральной и южной Якутии: дис. ... к.б.н. – М, 2006. 158 с.
9. Каменщикова, В.И. Биохимическая активность почв г. Перми / В.И. Каменщикова, О.З. Еремченко, И.Е. Шестаков // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2011. Вып. 2. С. 38-40.
10. Коротаев, Н.Я. Почвы Пермской области. – Пермь: Кн. изд-во, 1962. 278 с.
11. Кудряшева, Н.С. Физико-химические основы билюминесцентного анализа: учеб. пособие / Н.С. Кудряшева, В.А. Кратасюк, Е.Н. Есимбекова. – Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 2002. 154 с.
12. Максимова, А.В. Влияние синтетических нитрилов на почвенные микроорганизмы: дис. ... к.б.н. – Пермь, 2016. 146 с.
13. Медведева, М.В. Микробиально-биохимическая индикация состояния антропогенно нарушенных почв восточной фенноскандии / М.В. Медведева, А.С. Яковлев // Экология и биология почв: Матер. междунар. науч. конф. Ростов-на-Дону, 2004. С. 177-178.
14. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению интенсивности бактериальной билюминесценции тест-системой «Эколюм» на приборе «Биотокс-10». ПНД ФТ 14.1:2:3:4.11-04. М.: 2010. 20 с.
15. Методы микробиологического контроля почвы. Методические рекомендации (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 24.12.2004 N ФЦ/4022).
16. Никитенко, М.А. Влияние урбанизации на трансформацию почвенного покрова и условия функционирования древесных растений городов среднего Предуралья (на примере г. Сарапула и г. Камбарки): дис. ... к.б.н. – Пермь, 2007. 143 с.
17. Овчинникова, Т.А. Некоторые микробиологические особенности почвенного покрова города Новокуйбышевска в осенний период / Т.А. Овчинникова, Т.А. Панкратов // Самарская Лука. 2008. Т. 17, № 2(24). С. 373-383.
18. Плеханова, И.О. Содержание тяжелых металлов в почвах парков г. Москвы // Почвоведение. 2000. № 6. С. 754-759.
19. Прокофьева, Т.В. Систематика почв и почвообразующих пород города Москвы и возможность включения их в общую классификацию / Т.В. Прокофьева, И.А. Мартыненко, Ф.А. Иванников // Почвоведение. 2011. № 5. С. 611-623.

20. Прохоров, И.С. Мониторинг состояния почв города Москвы и предложения по их рекультивации // Почвоведение и агрохимия. 2015. № 1(54). С. 61-68.
21. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 16 апреля 2003 г.).
22. Строганова, М.Н. Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв Юго-Западной части г. Москвы) / М.Н. Строганова, А.Д. Азаркова // Почвоведение. 1992. № 7. С. 16-23.
23. Терехова, В.А. Биотестирование почв: проблемы и подходы // Почвоведение. 2011. № 2. С. 190-198.
24. Усачова, А.Н. Влияние процессов почвенной деградации на количественный состав бактерий, актиномицетов и грибов / А.Н. Усачова, Н.В. Сиганова, О.Е. Полещук // Экология и биология почв: Матер. междунар. науч. конф. Ростов-на-Дону, 2004. С. 308-312.
25. Шестаков, И.Е. Экологическое состояние почвенного покрова г. Перми: дис. ... к.б.н. – Пермь, 2012. 219 с.
26. Шестаков, И.Е. Морфогенетическое разнообразие и свойства почв селитебных зон г. Перми / И.Е. Шестаков, В.И. Каменщикова, Л.В. Кувшинская // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: Мат-лы IV всеросс. науч. конф. с междунар. участием. Томск, 2010. Т. 3. С. 258-260.
27. Шишкин, М.А. Эколого-геохимический анализ современных ландшафтов Прикамья / М.А. Шишкин, А.К. Лантева. – Екатеринбург, 2009. 286 с.
28. Baxter, J. The degradation of the herbicide bromoxynil and its impact on bacterial diversity in a top soil / J. Baxter, S.P. Cummings // J. App. Microbiol. 2008. V. 104. P. 1605-1616.
29. Palma, P. Evaluation of surface water quality using an ecotoxicological approach: a case study of the Alqueva Reservoir (Portugal) / P. Palma, P. Alvarenga, V. Palma et al. // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 2010. V. 17. N. 3. P. 703-716.

MICROBIOLOGICAL FEATURES OF THE SOIL COVER IN THE RESIDENTIAL ZONE OF PERM CITY

© 2016 M.V. Kuznetsova, I. L. Maslennikova, A.K. Lapteva, N.P. Sherstobitova,
M.A. Shishkin

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms UB RAS, Perm

Results of the ecotoxicological research of a soil cover in residential zone of Perm city (n=214) conducted in May-June, 2016 are presented in article. On the basis of the given expanded microbiological monitoring and microbiotesting of city soils assessment of level of their biological activity, degree of epidemiological danger and toxicity is carried out. City soils were characterized by low and average content of organic chemistry (humus), neutral or average/subacidic reaction, low humidity, and, as a result, low degree of microbiota saturation. Connection between quantity of microorganisms in city soils and soil type, its humidity, content of organic substance is established. The quantity the geterotrophic bacteria was reliable less in the urban soils and correlated with the level of soil toxicity. Anthropogenous load of the soil, according to assessment of her sanitary and chemical indicators, was high that testifies to trouble and the increased risk of infection in some districts of the city.

Key words: urban soils, biotesting, microbiological monitoring, toxicity, index of sanitary and indicative microorganisms

Maria Kuznetsova, Doctor of Medicine, Senior Research Fellow at the Laboratory of Molecular Microbiology and Biotechnology. E-mail: mar@iegm.ru

Irina Maslennikova, Candidate of Biology, Senior Research Fellow at the Laboratory of Immunoregulation. E-mail: I.Maslennikova@rambler.ru

Anna Lapteva, Candidate of Geography, Senior Engineer at the Group of Physical and Chemical Researches. E-mail: annlap@iegm.ru

Natalia Sherstobitova, Senior Engineer at the Group of Physical and Chemical Researches. E-mail: shnp@iegm.ru

Mikhail Shishkin, Candidate of Geology and Mineralogy, Chief of the Group of Physical and Chemical Researches. E-mail: sma@iegm.ru