
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПРОБЛЕМНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ РЕКРЕАЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Л.В. Мосина¹, Э.А. Довлетярова²

¹Кафедра экологии
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
ул. Тимирязевская, 49, Москва, Россия, 127550

²Кафедра ландшафтной архитектуры и дизайна
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

Выполненные многолетние динамические исследования показали изменение состава и структуры почвенного микробного населения под влиянием уплотнения почвы, что позволяет использовать их в качестве диагностических показателей при проведении экологического мониторинга объектов рекреационного природопользования.

Ключевые слова: антропогенная нагрузка, аэрация, города-мегаполисы, загрязнение почв, лесные и лесопарковые ландшафты, микроорганизмы почвы, плотность почв, рекреация, тяжелые металлы, урбанизация.

Урбанизация вызвала колоссальное негативное воздействие на окружающую природную среду.

Сейчас в городах проживает приблизительно $\frac{3}{4}$ населения планеты, и урбанизация имеет тенденцию к росту [18].

Рост городского населения значительно усиливает (увеличивает) рекреационную нагрузку, от которой прежде всего страдают зеленые насаждения лесопарковых ландшафтов, играющие важнейшую оздоровительную роль в условиях городов-мегаполисов. Так, более 130 лет тому назад (1862 г.) при населении Москвы около 500 тыс. человек и при обилии лесов в ее пригородах известный ученый А.Р. Варгас де Бедемар в своем отчете [7] отмечал, что дача «...является излюбленным местом прогулок москвичей». Теперь, когда население Москвы увеличилось в несколько десятков раз, а лесные массивы отодвинулись от Москвы, ежедневная посещаемость дачи отдыхающими исчисляется несколькими тысячами человек, что значительно превышает допустимые нормы нагрузок для зеленой зоны Подмосковья [16].

Однако в силу ряда объективных и субъективных причин, в том числе низкой экологической, культурной, санитарно-гигиенических и иных функций, «зеленые легкие» больших городов, не в полной мере способствуют оздоровлению окружающей природной среды. Эта ситуация явно усугубляется из-за сокращения площадей и ухудшения качества зеленых насаждений в городах [2].

К настоящему времени (2007 г.) площадь деградирующих под воздействием реакции насаждений во многих лесных и лесопарковых ландшафтах составляет 85—95% в небольших массивах и 6—20% — в крупных. В целом по г. Москве такие насаждения занимают 30—35% площади лесов и лесопарков столицы.

Одним из факторов, негативно влияющих на функционирование рекреационных ландшафтов, вызванное нерегулируемой реакцией, является уплотнение почвы.

Плотность сложения почвенного профиля во многом определяет формирование почвенных режимов — водно-воздушного, температурного, окислительно-восстановительного, биохимического — и оказывает часто решающее влияние на проявление почвенных основных экологических функций, условия роста, развития и продуктивность растений, жизнедеятельность микроорганизмов и почвенной фауны. В этой связи знание закономерностей изменения плотности сложения почвенного профиля приобретает особое значение для углубленной оценки всей совокупности изменений почвенной среды и состояния лесных культур.

Поэтому нами было проведено детальное изучение показателей плотности почвы под воздействием нерегулируемой рекреации и ее влияние на состояние лесных культур. Объектом исследования явилась лесная опытная дача РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (ЛОД) — уникальный лесной массив площадью 232,2 га, расположенный в северо-западной части г. Москвы и составляющий юго-западную часть землепользования Московской с/х академии имени К.А. Тимирязева (ныне РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева). По выражению профессора Н.С. Нестерова, ЛОД — это «научная лаборатория и сокровищница знаний» [17].

Окружение ЛОД кольцом шоссежных дорог, нерегулируемая рекреация (в отдельные выходные дни ее посещает более 5 тыс. человек), а также близость бензозаправочной станции создают на фоне общего экологического неблагополучия дополнительную антропогенную нагрузку на эти «зеленые легкие».

Отдельные лесные массивы здесь сплошь изрезаны сетью троп. В некоторых кварталах напочвенный покров почти полностью отсутствует. Это относится в наибольшей степени к северо-западной части ЛОД, где рядом с территорией дачи граничит полотно Рижской ж.д., платформа «Гражданская» и пруд на Большой Академической улице.

Древесные насаждения в этих частях ЛОД находятся в исключительно угнетенном состоянии, что выражается в сильной суховершинности древостоев, отрицательном их приросте.

Страдают не только основные лесообразователи — насаждения I и II ярусов, но также страдает подрост, подлесок и как следствие неблагоприятных условий является их отсутствие в местах интенсивного посещения населением.

Результаты наших исследований показали, что под влиянием массового посещения населением (повышенная антропогенная нагрузка) плотность верхнего десятисантиметрового слоя почвы увеличивается примерно на 50% (пробная площадь 11, 7, 10) (табл. 1).

Таблица 1

Плотность почв ЛОД РГАУ-МСХА в условиях различного антропогенного воздействия (верхнего десятисантиметрового слоя)

№ пробной площади	Состав насаждений (главная порода), возраст	Степень антропогенной нагрузки	Объемная масса, г/см ³
6 11	Дуб, X—XII	естественная повышенная	1,0 ± 0,08 1,3 ± 0,10
8 7	Дуб, VII—VIII	естественная повышенная	0,9 ± 0,06 1,4 ± 0,10
9 10	Сосна с липой, IX—XI	естественная повышенная	0,9 ± 0,07 1,3 ± 0,09

Бесспорно, свойства почвы влияют на рост и состояние растений, что необходимо учитывать при подборе древесных пород с целью получения устойчивых фитоценозов, что особенно важно в условиях крупных городов-мегаполисов.

Однако наиболее точную, объективную картину состояния лесных экосистем дает биологическая компонента, в частности, микробиологическая.

Еще основоположники научного почвоведения В.В. Докучаев, П.А. Костычев и В.Р. Вильямс рассматривали микробиологический фактор как один из основных звеньев, определяющих плодородие почвы, а следовательно, и развитие растений.

А академик В.Н. Сукачев говорил: «При изучении биогеоценоза главное внимание должно сосредоточиться на его строении, сложении и особенно на процессе превращения вещества и энергии в нем».

Поскольку трансформация органических и минеральных веществ в почве осуществляется главным образом микроорганизмами, знание поведения микробной компоненты будет способствовать выявлению механизма формирования устойчивых продуктивных экосистем, что особенно важно в городах-мегаполисах рекреационного природопользования. То есть микробной компоненте отводится на объектах особая роль для диагностики антропогенного изменения среды.

Например, под воздействие ТМ изменяется численность, видовой состав и жизнедеятельность почвенной микробиоты [1; 4; 5; 8; 12; 22].

Тяжелые металлы ингибируют процессы минерализации и синтеза различных веществ в почвах [18; 25], подавляют дыхание микроорганизмов [26], вызывают микростатический эффект [19] и могут выступать как мутагенный фактор [24].

Большинство ТМ в повышенных концентрациях ингибирует активность ферментов в почвах [3; 9; 23].

Признавая высокую индикаторную способность микроорганизмов, следует отметить еще слабую изученность данных компонентов в лесных почвах на объектах рекреационного природопользования. Поэтому нами в динамике были выявлены количественный и качественный состав аэробных гетеротрофных микроорганизмов под насаждениями ЛОД в условиях различного рекреационного использования:

- общее количество аммонификаторов, в том числе споровые и неспоровые группы;

- общее количество микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, в том числе актиномицеты и их качественный (групповой) состав;

- спорообразующие бактерии (бациллы) в активном и покоящемся состоянии и их видовой состав;

- поведение *Bacillus idosus*;

- азотфиксирующая способность почв.

Исследования показали существенные изменения в микробном ценозе почв в связи с антропогенной нагрузкой.

На участках повышенного антропогенного воздействия (по уровню загрязнения Рв, например, 2-кратные различия; по уплотнению почв различия \approx в 2,5 раза (0,6—0,8 г/см³ и 1,4—1,8 г/см³)) отмечается 7—10-кратное снижение численности аэробных гетеротрофных микроорганизмов (рис. 1) и происходит перегруппировка их состава [8; 11].

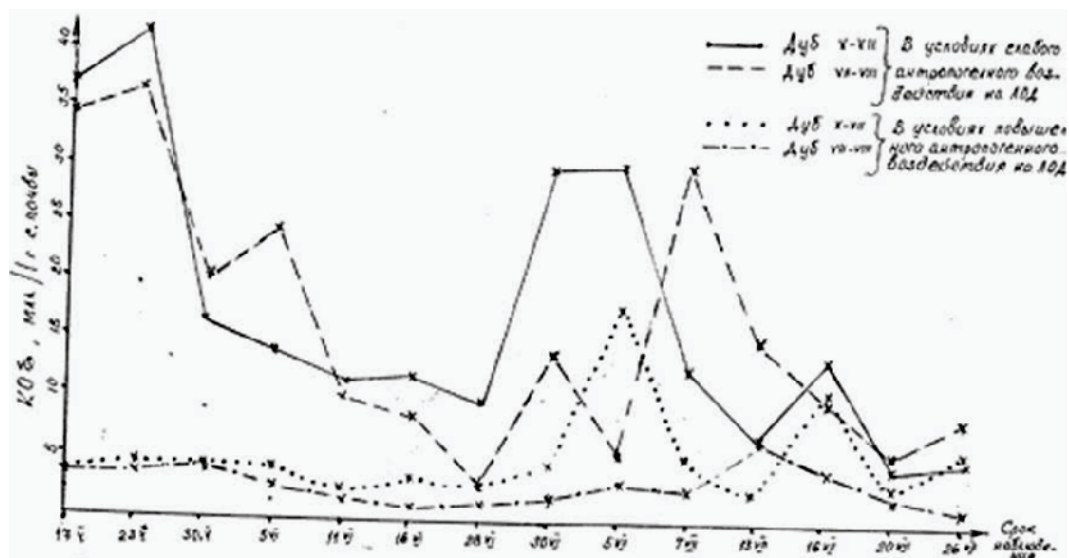


Рис. 1. Динамика численности аммонифицирующих микроорганизмов в почвах ЛОД МСХА в связи с антропогенным воздействием (в верхнем 10 см слое; млн клеток)

Так, на участках леса с естественной антропогенной нагрузкой (пробная площадь 6) численность аммонификаторов в весенней период (май, 17 число) в почвах 100—120-летних дубрав составляет 34,6 млн клеток в 1 г почвы. В то же время под однородными насаждениями (пробная площадь 11), произрастающими в условиях повышенной антропогенного загрязнения, численность данной группы микроорганизмов всего 3,4 млн КОЕ в 1 г почвы.

То есть под воздействием повышенной рекреационной нагрузки снижается интенсивность минерализационных процессов, что существенно меняет условия произрастания древостоев.

Высокую чувствительность к уплотнению почвы проявляют актиномицеты [13; 14]. На участках леса с повышенной антропогенной нагрузкой их содержание снижается на 45—60%, и происходят существенные изменения функционального характера (рис. 2).

Снижение численности данной группы микроорганизмов, которые обладают мощным ферментативным аппаратом и осуществляют в этой связи глубокую трансформацию органических веществ, замедляет, таким образом, минерализационные процессы, что также ухудшает условия произрастания насаждений.

Под влиянием повышенного антропогенного воздействия происходят и более серьезные изменения в состоянии актиномицетов. У данной группы организмов при неблагоприятных экологических условиях затрудняется образование воздушного мицелия, который служит для размножения, и актиномицеты остаются стерильными. Поэтому в условиях повышенного загрязнения и уплотнения у данной группы организмов возрастает процент аспорогенных форм (рис. 3).

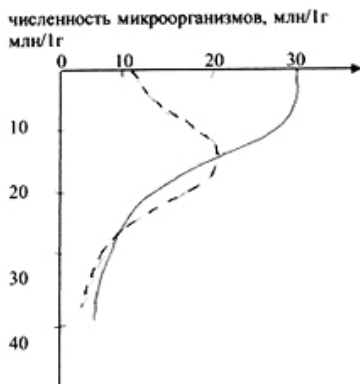


Рис. 2. Распределение микроорганизмов с глубиной в почвах ЛОД в условиях различного антропогенного воздействия. Сосна с березой IX—XI

Условные обозначения: _____ насаждения в условиях повышенного для ЛОД антропогенного воздействия; _____ насаждения в условиях естественного для ЛОД антропогенного воздействия

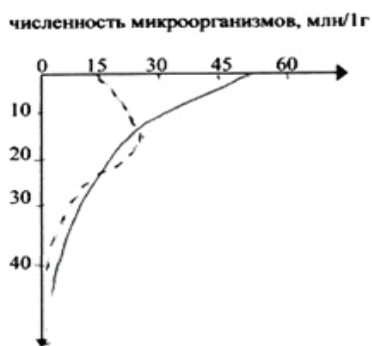


Рис. 3. Распределение микроорганизмов с глубиной в почвах ЛОД в условиях различного антропогенного воздействия. Дуб X—XII

Отсутствие воздушного мицелия свидетельствует о нарушении репродуктивной функции, то есть повышенная рекреационная нагрузка затрагивает и более глубокие функции актиномицетов.

Интересно распределение микроорганизмов с глубиной. В профиле естественного для ЛОД уплотнения (+ насаждения) максимальная численность микроорганизмов отмечается в верхней части гумусового слоя и с глубиной снижается (рис. 4).

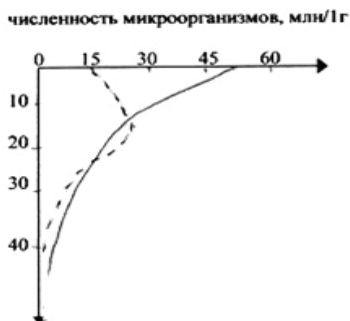


Рис. 4. Распределение микроорганизмов с глубиной в почвах ЛОД в условиях различного антропогенного воздействия. Дуб VII—VIII

Условные обозначения: _____ насаждения в условиях повышенного для ЛОД антропогенного воздействия; _____ насаждения в условиях естественного для ЛОД антропогенного воздействия

Под влиянием же повышенной рекреации увеличивается давление на почву, происходит нарушение естественного сложения, и верхняя часть почвенного профиля оказывается значительно плотнее нижележащего. При этом ухудшаются условия аэрации и развитие микроорганизмов ослабляется. Поэтому в почвах повышенного уплотнения и загрязнения (насаждения) наибольшая обсемененность аэробными микроорганизмами не в верхнем гумусовом слое, а в его нижней части.

Данный характер распределения микроорганизмов с глубиной может быть использован в качестве индикатора рекреационной нагрузки.

Анализ бактериального населения показал, что данная группа микроорганизмов лучше приспособлена к неблагоприятным условиям, что выражается в увеличении доли спорообразования бактерий в составе микрофлоры при увеличении антропогенной нагрузки, то есть спороносные бактерии более толерантны к повышенной концентрации ТМ по сравнению с неспороносными. Эта особенность бактерий может быть обусловлена высоким осмотическим давлением клеток данной группы организмов, что позволяет им лучше переносить повышенные концентрации солей в почве [8; 10], в том числе и солей ТМ.

Аналогичную зависимость проявляют и культура *Bac. idosus* (рис. 5). Их относительное содержание с глубиной возрастает в насаждениях, удаленных от городских магистралей, и уменьшается при увеличении антропогенной нагрузки.

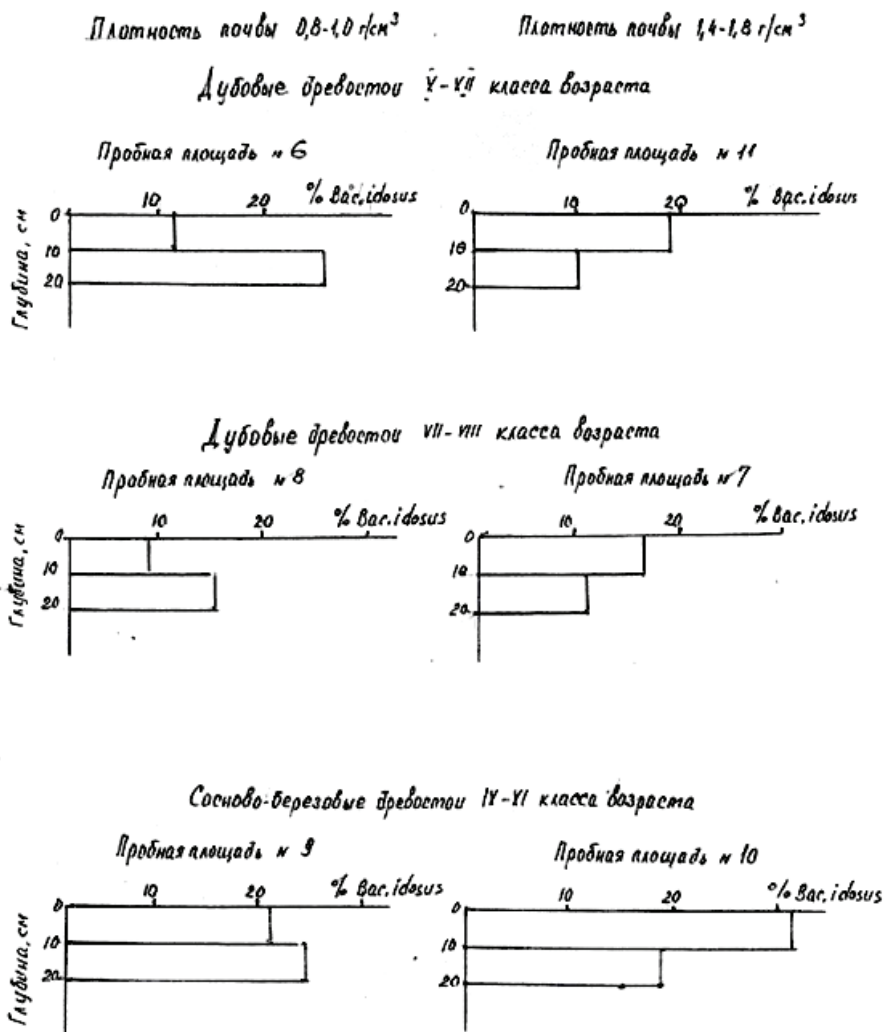


Рис. 6. Распределение зародышей *Bac. idosus* с глубиной в почвах ЛОД МСХА в зависимости от антропогенной нагрузки

Такое поведение *Vac. idosus* объясняется высокой толерантностью данного вида к уплотнению почвы. Поэтому в почвах с естественным сложением (естественной плотностью) данный вид как бы «растворяется» среди разнообразия спороспособных бактерий. В уплотненных же почвах он становится доминантом вследствие своих биологических особенностей — высокой приспособленностью к переуплотнению [21]. Эта особенность *Vac. idosus* была использована нами в диагностических целях и получила подтверждение в ряде динамических исследований.

Полученные результаты следует использовать в качестве диагностических показателей состояния объектов рекреационного природопользования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Бабаева И.П., Левин С.В., Решетова И.С.* Изменение численности микроорганизмов в почвах при загрязнении тяжелыми металлами // *Тяжелые металлы в окружающей среде*. — М.: МГУ, 1980. — С. 115—120.
- [2] *Варлыгина Т.И., Головкин Б.Н., Киселева К.В.* Флора Москвы. — М.: Голден-Би, 2007.
- [3] *Григорян К.В.* Влияние загрязнения промышленными отходами на физические, физико-химические свойства и биологическую активность почв: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. — М., 1980.
- [4] *Гузев В.С., Левин С.В., Звягинцев Д.Г.* Реакция микробной системы почв на градиент концентраций тяжелых металлов // *Микробиология*. — 1985. — Т. 54. — Вып. 3. — С. 414—420.
- [5] *Ефремова С.Ю., Полянскова Е.А., Парфенова Е.А.* Биоиндикация городской среды по состоянию микробного комплекса почв // *Экология и промышленность России: научно-технический журнал*. — М., 2011. — № 11. — С. 44—47.
- [6] *Иванов Д.Г., Сердюкова А.В., Савич В.И.* Оценка состояния почв и растений придорожных ландшафтов в условиях мегаполиса // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего*. Серия «Экология». 09 (13) / 2013. — Т. 2. — С. 70—77.
- [7] *Итоги экспериментальных работ в Лесной опытной даче ТСХА за 1862—1962 годы*. — М.: МСХА, 1964.
- [8] *Клевенская И.Л.* Развитие почвенных актиномицетов в средах с различным осмотическим давлением // *Микробиология*. — 1981. — Т. 29. — Вып. 2.
- [9] *Левин С.В., Гузев В.С., Асеева И.В., Бабьева И.П., Марфенина О.Е., Умаров М.М.* Тяжелые металлы как фактор антропогенного воздействия на почвенную микробиоту // *Микроорганизмы и охрана почв / Под ред. Д.Г. Звягинцева*. — М.: МГУ, 1989. — С. 5—46.
- [10] *Мишустин Е.Н.* О величине внутриклеточного давления у почвенных бактерий // *Сб.: Микробиология почвы*. — МЮ: ВИУА, 1937. — Вып. 109.
- [11] *Мосина Л.В., Бочкова Т.И., Шмидт В.П.* Влияние уплотнения почвы на численность микроорганизмов в насаждениях Лесной опытной станции ТСХА // *Программные леса и вопросы охраны природы*. — М.: Изд. ТСХА, 1983. — С. 89—93.
- [12] *Мосина Л.В., Пракин В.В., Грачева Н.М.* Азотофиксирующая активность почв под насаждениями рекреационных лесов // *Сб. науч. тр.: Биоэкологическая оптимизация лесных и аграрных ценозов*. — М.: Изд-во МСХА, 1991. — С. 49—54.
- [13] *Мосина Л.В.* Использование индикационных возможностей почвенных микроорганизмов для оценки антропогенных воздействий в городских и пригородных лесах (на примере ЛЮД ТСХА) // *В сб.: Устойчивость и продуктивность лесоаграрных экосистем в условиях техногенеза*. — М.: Изд-во МСХА, 1992. — С. 16—24.
- [14] *Мосина Л.В., Холопов Ю.А., Грачева Н.М.* Диагностическая роль микробиологической характеристики состояния рекреационных лесных экосистем / *Тез. докл. междунар. симп. «ТМ в окружающей среде» 15—18 октября 1996 г.* — Пушкино, 1996. — С. 101—102.

- [15] Наплекова Н.Н. Влияние солей некоторых тяжелых металлов на физиологическую активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. — 1982. — № 10/2. — С. 79—85.
- [16] Наумов В.Д., Поляков А.Н. 145 лет лесной опытной даче РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. — М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2009.
- [17] Нестеров Н.С. Лесная опытная дача в Петровско-Разумовском. — М-Л.: ОГИЗ, Сельхозгиз, 1935.
- [18] Почва, город, экология / Под ред. Г.В. Добровольского. — М., 1997.
- [19] Скворцова И.Н., Ли С.К., Ворожейкина М.П. Зависимость некоторых показателей биологической активности почв от уровня концентрации тяжелых металлов // Тяжелые металлы в окружающей среде. — М., 1980. — С. 121—125.
- [20] Состояние зеленых насаждений в Москве (Аналитический доклад) (по данным мониторинга 2000 г.). — М.: Изд-во Прима-Пресс-М, 2001.
- [21] Тимофеева А.Г. Физиологические особенности аэробных спорообразующих бактерий: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. — М., 1952.
- [22] Babich H., Stotzy G., Duxbry T. Heavy metal toxicity to microbe-mediated ecologic processes: a review and potential application to regulatory policies // Environ. Res. — 1985. — Vol. 36. — № 1. — P. 111—137.
- [23] Doelman P., Haanstra L. Effect of lead on the decomposition of organic matter // Soil Biol. a. Biochem. — 1979. — Vol. 11. — № 5. — P. 481—485.
- [24] Flessel C.P. Metals as mutagens // Inorg. a. Nutr. Aspects Cancer. Proc. 1st. Conf. Int. Assoc. Bioinorg. Sci. Calif. — 1977. N.V.; I.; 1978. — P. 117—128.
- [25] Kawabata T., Vamano H., Takahaschi K. An attempt to characterize colorimetrically the inhibitory effect of foreign substances on microbial degradation of glucose in soil // Agr. a. Biol. Chem. — 1983. — Vol. 47. — № 6. — P. 1281—1282.
- [26] Zelles L., Sheunert I., Korte F. Side effects of some pesticides on non-target soil microorganisms // Environ. Sci. a. Health. — 1985. — Bd. 20. — № 5. — S. 457—488.

MICROBIOLOGICAL DIAGNOSTICS OF PROBLEMATIC ENVIRONMENTAL SITUATIONS AT THE RECREATIONAL NATURAL FACILITIES

L.V. Mosina¹, E.A. Dovletyarova²

¹Department of Ecology

Russian State Agrarian University — MTAA named after K.A. Timiryazev
Timiryazevskaya str., 49, Moscow, Russia, 127550

²Department of landscape architecture and design

Russian People's Friendship University
Miklukho-Maklaya str., 8/2, Moscow, Russia, 117198

Completed long-term studies have shown dynamic changes in the composition and structure of the microbial soil population under the influence of soil compaction, which allows the use of microbial soil population as diagnostic indicators for environmental monitoring of recreational natural facilities.

Key words: antropogenic load, aeration, megacities, soil pollution, forest and aesthetic landscapes, soil microorganisms, soil density, recreation, heavy metals, urbanization.

REFERENCES

- [1] *Babaeva I.P., Levin S.V., Reshetova I.S.* Изменение численности микроорганизмов в почвах при загрязнении тжзхельными металлами // Тжзхельные металлы в окржзхажушхей среде. — М.: МГУ, 1980. — С. 115—120.
- [2] *Varlygina T.I., Golovkin B.N., Kiseleva K.V.* Flora Moskvy. — М.: Golden-Bi, 2007.
- [3] *Grigorjan K.V.* Vlijanie zagrjzajnenija promyshlennymi othodami na fizicheskie, fiziko-himicheskie svojstva i biologicheskiju aktivnost' pochv: Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk. — М., 1980.
- [4] *Guzev V.S., Levin S.V., Zvjagincev D.G.* Reakcija mikrobnaj sistemy pochv na gradient koncentracij tjzhexelyh metallov // Mikrobiologija. — 1985. — Т. 54. — Vyp. 3. — С. 414—420.
- [5] *Efremova S. Ju., Poljanskova E.A., Parfenova E.A.* Bioindikacija gorodskoj sredy po sostojaniju mikrobnogo kompleksa pochv // Jekologija i promyshlennost' Rossii: nauchno-tehnicheskij zhurnal. — М., 2011. — № 11. — С. 44—47.
- [6] *Ivanov D.G., Serdjukova A.V., Savich V.I.* Ocenka sostojanija pochv i rastenij pridorozhnyh landshaftov v uslovijah megapolisa // XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastojashhego. Serija: Jekologija. 09 (13) / 2013. — Т. 2. — С. 70—77.
- [7] *Itogi jeksperimental'nyh rabot v Lesnoj opytnoj dache TSHA za 1862—1962 gody.* — М.: MSHA, 1964.
- [8] *Klevenskaja I.L.* Razvitie pochvennyh aktinomycetov v sredah s razlichnym osmoticheskim davleniem // Mikrobiologija. — 1981. — Т. 29. — Vyp. 2.
- [9] *Levin S.V., Guzev V.S., Aseeva I.V., Bab'eva I.P., Marfenina O.E., Umarov M.M.* Tjzhexelye metally kak faktor antropogennogo vozdejstvija na pochvennuju mikrobiotu // Mikroorganizmy i ohrana pochv / Pod red. D.G. Zjaginceva. — М.: МГУ, 1989. — С. 5—46.
- [10] *Mishustin E.N.* O velichine vnutrikletocnogo davlenija u pochvennyh bakterij // Sb. Mikrobiologija pochvy. — МЖу: VIUA, 1937. — Vyp. 109.
- [11] *Mosina L.V., Bochkova T.I., ShMidt V.P.* Vlijanie uplotnenija pochvy na chislenost' mikroorganizmov v nasazhdenijah Lesnoj opytnoj stancii TSHA // Programmnye lesa i voprosy ohrany prirody. — М.: Izd. TSHA, 1983. — С. 89—93.
- [12] *Mosina L.V., Prakin V.V., Gracheva N.M.* Azotofiksirujushhaja aktivnost' pochv pod nasazhdenijami rekreacionnyh lesov // Sb. nauch. tr.: Biojekologicheskaja optimizacija lesnyh i agrarnykh cenozov. — М.: Izd-vo MSHA, 1991. — С. 49—54.
- [13] *Mosina L.V.* Ispol'zovanie indikacionnyh vozmozhnostej pochvennyh mikroorganizmov dlja ocenki antropogennyh vozdejstvij v gorodskih i prigorodnyh lesah (na primere LOD TSHA) // V sb.: Ustojchivost' i produktivnost' lesoagrnnyh jekosistem v uslovijah tehnogeneza. — М.: Izd-vo MSHA, 1992. — С. 16—24.
- [14] *Mosina L.V., Holopov Ju.A., Gracheva N.M.* Diagnosticheskaja rol' mikrobiologicheskaj harakteristiki sostojanija rekreacionnyh lesnyh jekosistem // Tez. dokl. mezhdunar. simp. «ТМ v okruzhajushhej среде» 15—18 oktjabrja 1996 g. — Pushhino, 1996. — С. 101—102.
- [15] *Naplekova N.N.* Vlijanie solej nekotoryh tjzhexelyh metallov na fiziologicheskiju aktivnost' celljulozorazrushajushhhih mikroorganizmov // Izv. SO AN SSSR. Ser. biol. nauk. — 1982. — № 10/2. — С. 79—85.
- [16] *Naumov V.D., Poljakov A.N.* 145 let lesnoj opytnoj dache RGAU-MSHA im. K.A. Timirjazeva. — М.: Izd-vo RGAU-MSHA im. K.A. Timirjazeva, 2009.
- [17] *Nesterov N.S.* Lesnaja opytnaja dacha v Petrovsko-Razumovskom. — М-Л.: OGIZ, Sel'hozgiz, 1935.
- [18] *Pochva, gorod, jekologija* / Pod red. G.V. Dobrovol'skogo. — М., 1997.
- [19] *Skvorcova I.N., Li S.K., Vorozhejkina M.P.* Zavisimost' nekotoryh pokazatelej biologicheskaj aktivnosti pochv ot urovnja koncentracii tjzhexelyh metallov // Тжзхельные металлы в окржзхажушхей среде. — М., 1980. — С. 121—125.

- [20] Sostojanie zelenyh nasazhdenij v Moskve (Analiticheskij doklad) (po dannym monitoringa 2000 g.). — M.: Izd-vo Prima-Press-M, 2001.
- [21] *Timofeeva A.G.* Fiziologicheskie osobennosti ajerobnyh sporoobrazujushhih bakterij: Avto-ref. diss. ... kand. biol. nauk. — M., 1952.
- [22] *Babich H., Stotzky G., Duxbry T.* Heavy metal toxicity to microbe-mediated ecologic processes: a review and potential application to regulatory policies // *Environ. Res.* — 1985. — Vol. 36. — № 1. — P. 111—137.
- [23] *Doelman P., Haanstra L.* Effect of lead on the decomposition of organic matter // *Soil Biol. a. Biochem.* — 1979. — Vol. 11. — № 5. — P. 481—485
- [24] *Flessel C.P.* Metals as mutagens // *Inorg. a. Nutr. Aspects Cancer. Proc. 1st. Conf. Int. Assoc. Bioinorg. Sci. Calif.* — 1977. N.V.; I.; 1978. — P. 117—128.
- [25] *Kawabata T., Vamano H., Takahaschi K.* An attempt to characterize colorimetrically the inhibitory effect of foreign substances on microbial degradation of glucose in soil // *Agr. a. Biol. Chem.* — 1983. — Vol. 47. — № 6. — P. 1281—1282.
- [26] *Zelles L., Sheunert I., Korte F.* Side effects of some pesticides on non-target soil microorganisms // *Environ. Sci. a. Health.* — 1985. — Bd. 20. — № 5. — S. 457—488.