

# БИОИНДИКАЦИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ПО СОСТОЯНИЮ МИКРОБНОГО КОМПЛЕКСА ПОЧВ

**С.Ю. Шаркова, Е.А. Парфенова,  
Е.А. Полянскова**

**Пензенская государственная технологическая  
академия**



сов. Состояние почвы — это результат длительного воздействия разнообразных источников загрязнения.

Источниками загрязнения окружающей среды являются промышленные и теплоэнергетические предприятия, а также автомобильный транспорт, количество которого увеличивается ежегодно в среднем на 30 — 40 %. Выбросы в атмосферу от перечисленных объектов приводят к загрязнению, ухудшению свойств почв и в результате к снижению плодородия (экологических функций).

Количество вредных выбросов от стационарных источников (без учета выбросов автотранспорта) в среднем на одного жителя г. Пензы превышает санитарно-гигиенические нормативы и среднеобластные показатели. Экстремально высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха в г. Пензе и других промышленных районах области за последние годы не наблюдалось (рис. 1).

Тем не менее, в последние годы наметилась тенденция к увеличению уровня загрязнения атмосферного воздуха на 7,5 — 14 % стационарными источниками. Основными загрязняющими веществами являются оксид углерода, диоксид серы, оксид азота, формальдегид, углеводороды, пыль, выхлопные газы автомашин дают основную массу свинца, износ шин — цинк, дизельные моторы — кадмий, бенз(а)пирен.

Доля выбросов автотранспорта составляет в Пензенской области 70 % (для сравнения в Москве 80 %, Санкт-Петербурге 75 %, Республике Башкортостан 57,4 %, Магаданской области 50 %).

Большинство выбросов, в том числе и токсичных, накапливается на поверхности почвы. Изучение почвенных образцов, отобранных с объектов исследования на расстоянии 50 м, показало, что в зоне влияния промышленного объекта загрязнения тяжелыми металлами (ТМ) было незначительным и не превышало ПДК. Содержание свинца, кадмия и кобальта в зоне влияния самого крупного теплоэнергетического предприятия в области превышало ПДК в 1,6 — 2,0 раза. Почвы территории, прилегающей к автомагистрали, отмечались превышением ПДК по свинцу и кадмию (рис. 2).

Загрязнители окружающей среды с низкими концентрациями, как правило, не отслеживаются, хотя их влияние на природные объекты сохраняется. Природные компоненты урбосреды — растения и почвы — могут использоваться для получения информации как о недавнем и кратковременном, так и о длительном воздействии загрязняющих веществ [1]. При изучении ответной реакции на техногенное воздействие хорошим биоиндикатором может служить почва, включая почвенную микрофлору.

**С**реди многих экологических проблем современности особое место занимает деградация почвенного покрова под воздействием хозяйственной деятельности человека. Являясь неотъемлемой частью любой наземной экосистемы, почва играет важную роль в поддержании устойчивости биосферы, является индикатором природных процес-

Для индикации антропогенного влияния вредных выбросов на почву авторами были использованы микробиологические методы исследования. Известно, что комплекс почвенных микроорганизмов является наиболее мобильным индикатором, отражающим изменение окружающих условий и попадание в почву вредных веществ. Почвенная микрофлора — основной агент, осуществляющий круговорот биогенных элементов в почве, поэтому изменение численности и соотношения основных эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов приводит к смене направления биогеохимических процессов в почве, а также может вызвать разрушение органического вещества [2, 3].

Под влиянием веществ антропогенного загрязнения может происходить изменение структуры и активности микрофлоры. Обладая определенной буферностью, почва до определенного предела загрязнения сохраняет свои биохимические свойства (зона гомеостаза), хотя изменения в структуре комплекса почвенных микроорганизмов уже можно обнаружить (зона стресса). При значительном уровне загрязнения необратимо меняется комплекс почвенных микроорганизмов (зона ингибирования) [4].

Изменение структурной организации комплекса почвенных микроорганизмов вызывает нарушение их функционирования. Например, внесение ТМ в почву снижает численность актиномицетов и неспорозных бактерий, ингибирует биохимические показатели (активность азотофиксации, денитрификации и т.д.) [5 — 7]. Наиболее устойчивы к загрязнению ТМ грибы и спорообразующие бактерии.

При накоплении в почве ТМ и при других антропогенных воздействиях количество видов микроскопических грибов и целлюлозоразрушающих микроорганизмов снижается [8, 9]. Установлено, что микроскопические грибы способны к накоплению ТМ в клетках и их связыванию в результате

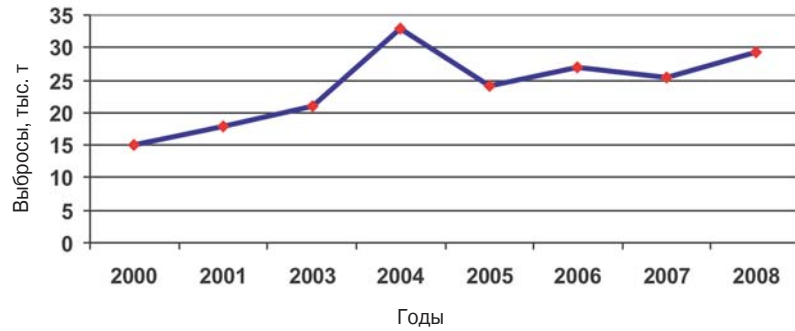


Рис. 1. Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками

реакций комплексобразования [10].

На черноземах и дерново-подзолистых почвах загрязнение Cu, Cr, Zn, Ni, Pb на уров-

не одного — двух кларков (в сравнении с незагрязненными) сопровождается уменьшением в почвах общего количества бактерий, их спорообразовани-

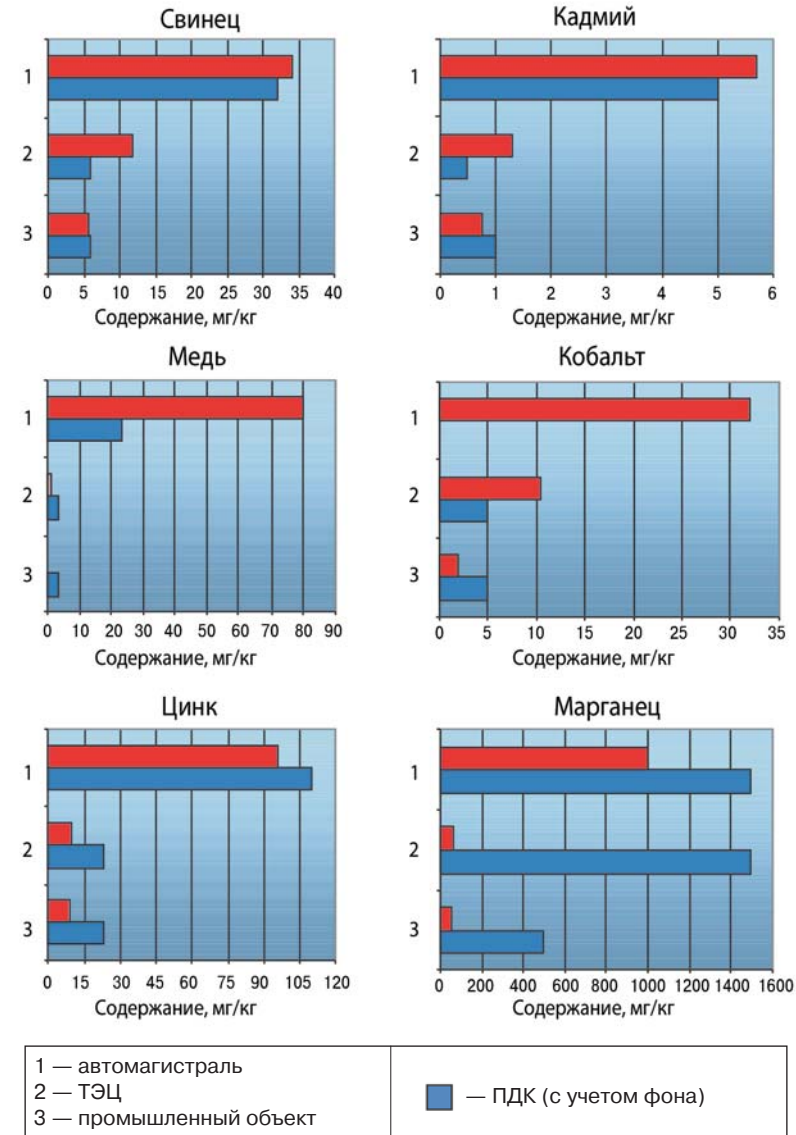


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов в почвенных образцах с объектов исследований на расстоянии 50 м от источников загрязнения (в сравнении с ПДК)

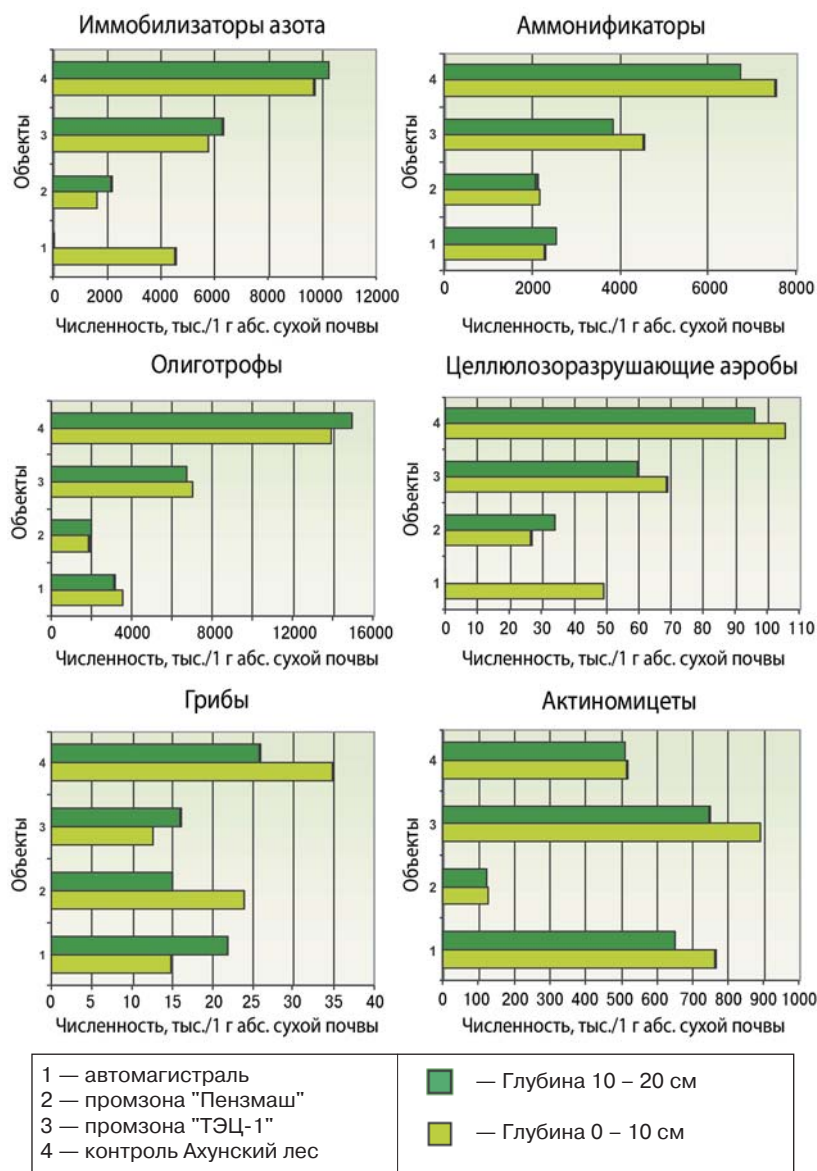


Рис. 3. Численность эколого-трофических групп микроорганизмов в почвенных образцах с разных объектов исследований

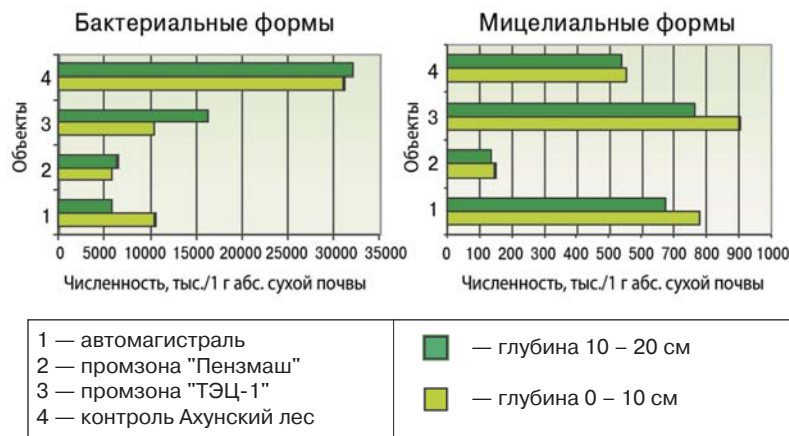


Рис. 4. Численность бактериальных и мицелиальных форм микроорганизмов в почвенных образцах с объектов исследований

ем, резким сокращением числа актиномицетов и увеличением количества грибов, кроме того, численность дождевых червей и насекомых снижается [11].

Следовательно, комплексы почвенных микроорганизмов и их отдельные виды можно использовать для биоиндикации антропогенного загрязнения.

Общие закономерности изменения микробиологических свойств почвы под влиянием загрязняющих веществ могут быть сформулированы только на основе экспериментальных материалов.

Различные типы почв при одинаковом характере и степени загрязнения проявляют разную устойчивость. Для серой лесной почвы средний уровень загрязнения уже очень опасен, так как восстановление экологических функций затруднено или невозможно.

Авторами были применены стандартные методы определения численности основных эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов на плотных агаризированных средах. Результаты исследований показали, что численность основных групп: аммонификаторов, иммобилизаторов азота, олигонитрофилов, целлюлозоразрушающих, актиномицетов — была меньше, чем на контроле (рис. 3). Численность грибов значительно варьировала на контрольных и опытных образцах с объектов, но тенденции к снижению их численности также просматривались.

Таким образом, развитие всех эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов было угнетено. Снижение общей численности микробного сообщества можно оценить для микроорганизмов как "зону стресса" от антропогенных нагрузок.

Мицелиальные формы почвенных микроорганизмов (грибы, актиномицеты) оказались более устойчивыми к воздействию вредных ингредиентов на почву, ингибирование их развития наблюдали только в почвах непосредственно около объектов выбросов. Бактериальные формы ведут себя иначе, наиболее чувствительные снижали свою численность на

порядок, наибольшая степень ингибирования у олиготрофов (рис. 4).

В результате исследований было установлено, что наиболее информативным показателем экологического состояния загрязненных серых лесных почв является снижение абсолютной численности и изменение соотношения эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов (бактериальных и мицелиальных форм).

Данные биоиндикации по состоянию микробного комплекса эффективно использовать для практических целей исследования состояния деградированных почв, прогнозирования экологических последствий хозяйственной деятельности человека, поскольку определение всего комплекса показателей (прямых показателей загрязнения; показатель устойчивости почв к загрязнению; биологические показатели изменения свойств почвы под воздействием загрязнителей и др.) весьма трудоемко и требует дорогостоящего оборудования.

**Литература**

1. **Биоиндикация** загрязнений наземных экосистем / Под ред. Р. Шурберт. М.: Мир, 1988.
2. **Мишустин Е.Н., Прокошев В.Н.** Изменение состава почвенной микрофлоры в результате длительного применения удобрений // Микробиология. 1979. Т. 18. Вып. 1.
3. **Карягина Л.А.** Микробиологические основы повышения плодородия почв. М.: Наука и техника, 1983.
4. **Кураков А.В., Гузев В.С., Степанов А.Л. и др.** Минеральные удобрения как фактор антропогенного воздействия на почвенную микрофлору // Микроорганизмы и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 1989.
5. **Гузев В.С., Левин С.В., Бабьева И.П.** Тяжелые металлы как фактор воздействия на микробную систему почв // Экологическая роль микробных метаболитов. М.: Изд-во МГУ, 1986.
6. **Звягинцев Д.Г., Гузев В.С., Левин С.В.** Изменения в комплексе почвенных микроорганизмов при антропогенных воздействиях // Успехи почвоведения. М.: Наука, 1986.
7. **Наплекова Н.И., Булавко Г.И.** Изменение видового состава микроорганизмов дерново-подзолистой почвы и чернозема, выщелоченного под действием свинца // Тяжелые металлы в окружающей среде. М., 1988.
8. **Марфенина О.А., Макарова Н.А.** Комплекс почвенных микроорганизмов как показатель восстановления рекреационно нарушенных почв // Биологические науки. 1984. № 9.
9. **Мирчинк Т.Г.** Почвенная микробиология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976.
10. **Бабьева И.П., Левин С.В., Решетов И.С.** Изменение численности микроорганизмов в почвах при загрязнении тяжелыми металлами // Тяжелые металлы в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1980.
11. **Минеев В.Г.** Экологические функции агрохимии // Удобрения и химические мелиоранты в агроэкосистемах: Матер. 5-й науч.-практ. конф. М.: Изд-во МГУ, 1998. ■

 <p><b>СИБЭКПРИБОР</b> ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ</p>		<p>РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И ПРИБОРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ</p>		<p><a href="http://www.sibecopribor.ru">www.sibecopribor.ru</a></p> <p>т./факс: (383) 306-62-14, 306-58-67, т.: 306-62-31 Россия, 630058, г. Новосибирск, ул. Русская, 41</p>	
<p>ИЗМЕРИТЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ПРЕЦИЗИОННЫЙ <b>ТЕРМОИЗМЕРИТЕЛЬ ТМ-12</b></p> <p>для аттестации климатического оборудования, контроля технологических процессов, градуировки, калибровки, поверки ТС</p>	 <p><b>ТМ-12</b></p>	 <p><b>КН-2м, КН-3</b></p>	<p><b>КОНЦЕНТРАТОМЕРЫ КН-2м, КН-3</b> для определения содержания <b>НЕФТЕПРОДУКТОВ</b> в питьевых, природных и сточных водах, почвах и донных отложениях, <b>ЖИРОВ</b> в природных и сточных водах, <b>НПАВ</b> в питьевых водах <b>УГЛЕВОДОРОДОВ</b> в воздушных массах методом ИКС</p>		
<p><b>ЭКСТРАКТОР ЭЛ-1</b> для экстракционного концентрирования загрязняющих веществ из проб воды в делительных воронках объемом 0,25 - 1,00 дм<sup>3</sup></p>	 <p><b>ЭЛ-1</b></p>	 <p><b>АТ</b></p>	<p><b>ТЕРМОСТАТЫ серии АТ:</b> Термостат АТ-1 (для БПК) <math>t_{\text{стаб.}} = 20^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}</math> Термостат АТ-2 <math>t_{\text{стаб.}}</math> от <math>20^{\circ}\text{C}</math> до <math>50^{\circ}\text{C}</math>, <math>\Delta t = \pm 0,5^{\circ}\text{C}</math></p>		
<p>ГСО ГСО 7822-2000 (НП-Сиб) ГСО 9437-2009</p> 	<p><b>МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ</b></p>			<p><b>МВИ</b> ПНД Ф 14.1:2.4.168-2000 ПНД Ф 14.1:2.189-02 ФР.1.31.2010.07434 ФР.1.31.2008.05169</p>	