

В. П. Дедков, М. В. Куркина

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОФЛОРЫ ПОЧВ ГОРОДА КАЛИНИНГРАДА

Рассмотрены основные загрязняющие факторы городских почв и дана оценка влияния антропогенной нагрузки на качественный и количественный состав микрофлоры почв. Намечены пути исследования микрофлоры почв города Калининграда, находящихся в различных экологических условиях.

The article considers the main polluting factors of urban soils and estimates the impact of anthropogenic pressure on the quantitative and qualitative composition of soil microflora. The authors outline the prospects of research on the microflora of Kaliningrad soils situated in different ecological conditions.

1

Ключевые слова: антропогенные загрязнения почв, микрофлора почвогрунтов, программа исследования.

Keywords: anthropogenic soil pollution, soil microflora, research programme.

Среди наиболее приоритетных проблем, стоящих перед человечеством, ведущее место занимает проблема сохранения биосферы Земли. В настоящее время хозяйственная деятельность стала мощным фактором, изменяющим лик Земли: вырубаются леса, ухудшается газовый состав атмосферы, наблюдается загрязнение природных вод и деградация земель. Негативные изменения происходят в ландшафтах крупных городов и промышленных центров. Здесь наряду с загрязнением отмечается повышенная концентрация токсикантов в трофических цепях. Это значительно ухудшает условия проживания городского населения и может служить причиной роста числа различных заболеваний, включая аномалии на генетическом уровне [8, с. 1].

В городе одним из самых загрязненных компонентов среды является почва. Загрязнение почвы проявляется в двух формах:

— физической, при которой изменение почвы связано с различными, прежде всего механически действующими, агентами, способными через влияние на ризосферу привести к существенным нагрузкам на соответствующие экосистемы [2, с. 227];

— химической, когда изменение химического состава почвы возникает под прямым или косвенным воздействием промышленного, сельскохозяйственного, коммунального факторов землепользования и вызывает снижение качества почвы, увеличивая возможную опасность для здоровья населения [13].

Причинами физических нагрузок на почву являются повышенное давление на поверхность почвы (транспорт, вытаптывание), особые агротехнические мероприятия и процессы, связанные с перемещением почвы. Они приводят к изменениям почвенных параметров, касающихся, прежде всего, сложения и структуры почвы, например порозно-



сти и плотности ее горизонтов. Это сказывается на прорастании семян, проникновении корней в почву, активности и обилии организмов, разлагающих органические вещества [2, с. 228].

Загрязнение почвы, обусловленное химическими причинами, значительно превосходит по своему воздействию как в количественном, так и в качественном отношении все виды его физического изменения. Изменение химических параметров почвы отражается спустя короткий или длительный период на росте и продуктивности отдельных видов, их популяций или приводит к более сильным нарушениям структуры фитоценозов и к развитию сукцессий [2, с. 231].

В зависимости от агрегатного состояния химические загрязнители можно разделить на газы, пыль, соли, агрохимикаты, органические газы и жидкости, радиоактивные осадки [2; 6].

Промышленные выбросы — сернистый газ и продукты его окисления, а также оксиды азота — подкисляют почвы в поверхностных горизонтах. В итоге это приводит к повышению подвижности и вымыванию важных минеральных веществ (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}) и в случае падения рН ниже 4 — к появлению токсичных для растений растворимых ионов Al^{3+} .

Воздействие пыли на почвы и наземные экосистемы зависит от ее состава. Экологически существенное воздействие оказывает пыль, содержащая тяжелые металлы. Данный вид загрязнений представляет значительную опасность для человека и других живых организмов, так как тяжелые металлы нередко обладают высокой токсичностью и способностью к кумуляции в организме. Наиболее распространенное автомобильное топливо — бензин — содержит очень ядовитое соединение — тетраэтилсвинец, содержащее тяжелый металл свинец, который попадает в почву. Из других тяжелых металлов, соединения которых загрязняют почву, можно назвать Cd (кадмий), Cu (медь), Cr (хром), Ni (никель), Co (кобальт), Hg (ртуть), As (мышьяк), Mn (марганец) и другие.

Антропогенное загрязнение почвы растворенными и твердыми солями возникает в результате использования их для очистки улиц ото льда в зимний период. От этого страдают, в первую очередь, относительно узкие полосы земли вдоль дорожно-транспортной сети.

Загрязнение почвы, вызванное использованием агрохимикатов, прежде всего связано с применением средств защиты растений, регуляторов роста и удобрений. Наиболее широкомасштабное воздействие на функционирование экосистем оказывают пестициды. Эти химические вещества в настоящее время широко используются в качестве средств борьбы с вредителями культурных растений и поэтому могут находиться в почве в значительных количествах. По своей опасности для животных и человека они приближаются к группе тяжелых металлов. Пестициды губительно действуют на почвенную микрофлору: бактерии, актиномицеты, грибы, водоросли.

Самыми обыденными и повсеместными загрязнителями придорожных полос являются нефтепродукты, представляющие собой композицию самых разнообразных углеводородов. Загрязнение ими носит наиболее масштабный и распространенный характер. Среди показателей, характеризующих загрязнение почвы углеводородами, особую



значимость имеет бенз(а)пирен, который в составе других полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) содержится в отработанных газах автомобильных двигателей [12]. ПАУ относятся к приоритетным токсикантам окружающей среды во всех развитых странах. Это обусловлено устойчивостью ПАУ в окружающей среде и их высокими мутагенными и канцерогенными свойствами [3].

Радиоактивные соединения стоят несколько обособленно по своей опасности, прежде всего потому, что по своим химическим свойствам они практически не отличаются от аналогичных нерадиоактивных элементов и легко проникают во все живые организмы, встраиваясь в пищевые цепочки. Из радиоактивных изотопов можно отметить в качестве примера один наиболее опасный — ^{90}Sr (стронций-90). Данный радиоактивный изотоп имеет большой период полураспада, химическое сродство с кальцием, а значит, способность откладываться в костных тканях животных и человека, относительно высокую подвижность в почве. Другими опасными радиоактивными изотопами являются ^{137}Cs (цезий-137), ^{144}Ce (церий-144) и ^{36}Cl . Основная масса наиболее активных изотопов попадает в окружающую среду антропогенным путем: в процессе производства и испытаний ядерного оружия, из атомных электростанций, особенно в виде отходов и при авариях, при производстве и использовании приборов, содержащих радиоактивные изотопы и т.д.

Следует отметить еще один вид загрязнения почвы — загрязнение микотоксинами. Данные загрязнения не являются антропогенными, потому что они выделяются некоторыми грибами, однако по своей вредности для организма они стоят в одном ряду с перечисленными загрязнениями почвы [6].

Главными источниками загрязнения в городе являются:

1) Жилые дома и бытовые предприятия. В числе загрязняющих веществ преобладают бытовой мусор, пищевые отходы, фекалии, строительный мусор, предметы домашнего обихода; мусор общественных учреждений — больниц, гостиниц, магазинов и др. Вместе с фекалиями в почву нередко попадают болезнетворные бактерии, яйца гельминтов и другие вредные организмы, которые через продукты питания поступают в организм человека.

2) Промышленные предприятия. В твердых и жидких промышленных отходах постоянно присутствуют те или иные вещества, способные оказывать токсическое воздействие на живые организмы и их сообщества.

3) Теплоэнергетика. Помимо образования массы шлаков при сжигании каменного угля с теплоэнергетикой связано выделение в атмосферу сажи, несгоревших частиц, оксидов серы, в конце концов оказывающихся в почве.

4) Сельское хозяйство. Удобрения, ядохимикаты, применяемые в сельском и лесном хозяйстве для защиты растений от вредителей, болезней и сорняков.

5) Транспорт. При работе двигателей внутреннего сгорания интенсивно выделяются оксиды азота, свинец, углеводороды и другие вещества, оседающие на поверхности почвы или поглощаемые растениями.



Токсичные вещества постепенно накапливаются в почве. Это способствует изменению химического состава почв, нарушению единства геохимической среды и живых организмов. Любые вредные соединения (тяжелые металлы, пестициды, углеводороды, радиоактивные вещества), находящиеся в почве, в результате постоянного вымывания их в открытые водоемы и грунтовые воды рано или поздно попадают в организм человека, вызывая различные заболевания и изменения на генетическом уровне.

Самоочищение почвы — сложный и относительно длительный процесс, в котором важная роль принадлежит микроорганизмам. Их биохимическая деятельность лежит в основе множества элементарных процессов почвообразования [4]. Микроорганизмы, обладающие огромным разнообразием ферментных систем и большой лабильностью метаболизма, и являются тем звеном, которое, в основном, ответственно за самоочищение природных экосистем и может осуществлять биодegradацию природных и синтетических ксенобиотиков, тем самым возвращая основные питательные элементы в глобальный цикл [9, с. 291]. Чем они активнее, тем интенсивнее протекает круговорот веществ в экосистеме, тем выше ее биологическая продуктивность и экологическая устойчивость. Нарушение микробных сообществ может стать причиной разрушения всей экосистемы. Поэтому важно своевременно обнаружить изменения состояния почвенной микробиоты, влекущие за собой негативные последствия. Микроорганизмы почвы очень чутко реагируют на различные изменения почвенных условий. Их ответные реакции на внешние воздействия достаточно быстрые и касаются различных сторон жизнедеятельности — роста, морфологического строения, накопления ими химических элементов, активности метаболических процессов. Реакции микроорганизмов на изменения факторов окружающей среды проявляются как на экосистемном, так и на популяционном уровне. На экосистемном они выражаются в изменении количественного и качественного состава сообщества. При изменении условий обитания одни виды исчезают, другие появляются, то есть меняется состав доминантов и субдоминантов. Реакции микроорганизмов на популяционном уровне выражаются в изменении кинетики их роста и развития в зависимости от определенных экологических условий. Чувствительность и высокая индикационная способность микроорганизмов позволяют выбрать их в качестве инструмента мониторинга антропогенных изменений в биосфере, а их микробиологические показатели использовать для ранней диагностики техногенного повреждения педосферы [11].

Как показал анализ литературы [8; 9], на численность и видовой состав микроорганизмов существенно влияют ландшафтно-экологические характеристики исследуемых участков: влажность, температура, количество элементов питания, содержание почвенного воздуха, межвидовая и внутривидовая конкуренция. Так, например, увеличение кислотности почвенного раствора может приводить к увеличению количества микроскопических грибов и подавлять рост бактерий и актиномицетов.



Высокую чувствительность к уплотнению почвы проявляют актиномицеты. Их содержание снижается с увеличением плотности почвы. У данной группы организмов при неблагоприятных экологических условиях затрудняется образование воздушного мицелия, то есть нарушается репродуктивная функция.

С увеличением свинцового загрязнения почвы возрастает содержание стерильных актиномицетов, возрастает число актиномицетов группы *Niger*, снижается видовое разнообразие бацилл, увеличивается доля грибного населения [8, с. 21].

Антропогенные воздействия на почву влияют на содержание в ней микробной биомассы и вызывают нарушения в экофизиологическом статусе почвенного микробного сообщества [1, с. 181]. Авторами данного исследования была найдена тесная положительная корреляционная зависимость между скоростью разложения различных групп пестицидов в различных почвах и их микробной биомассой, выражающаяся регрессионными уравнениями, а также показано, что внесение органических (продукты нефтепереработки, пестициды) и неорганических (минеральные кислоты, тяжелые металлы) поллютантов в почву приводит к возрастанию микробного метаболического коэффициента, который является показателем экофизиологического статуса почвенных микроорганизмов и способен характеризовать устойчивость микробного сообщества при различных антропогенных воздействиях на почву.

Загрязнение почвы нефтепродуктами приводит к снижению количества почвенных микроорганизмов. Восстановление их численности наблюдается через несколько месяцев после загрязнения. В дальнейшем возможен даже некоторый рост их численности за счет использования в качестве питательного вещества углерода нефтепродуктов. Однако интенсивный рост микроорганизмов сильно обедняет почву соединениями азота и фосфора, что в дальнейшем может сыграть роль лимитирующего фактора [10].

Немаловажная роль в оценке качества почвы принадлежит микроскопическим водорослям. Почвенные водоросли первыми поселяются на безжизненных субстратах и тем самым облегчают расселение других растений. В то же время водоросли последними «отстают» под давлением неблагоприятных факторов природного и антропогенного происхождения. При ослаблении развития высшей растительности под влиянием промышленного освоения территорий возрастает роль почвенных водорослей. Это проявляется в увеличении их видового разнообразия и количественного развития [5, с. 54].

Микроорганизмы являются наиболее устойчивым компонентом в экосистемах к радиоактивному гамма-облучению. Например, бактерия *Deinococcus radiodurans* чрезвычайно устойчива к действию ионизирующего излучения и может выдерживать дозы, в тысячи раз превышающие смертельные дозы для человека [7]. Многие микроорганизмы не изменяют своей численности под действием радиации. Однако в литературе есть сведения о явной перестройке в почвенных микробных сообществах в 30-километровой зоне ЧАЭС в течение 1986–1992 гг. и обнаружении количественного и качественного преобладания радиоре-



зистентных темноокрашенных видов дейтеромицетов, в 10 раз превышающего доаварийное состояние, а также о появлении новых видов бактерий, ранее не встречавшихся в почвах Полесья [11].

Следовательно, наиболее высокой чувствительностью к антропогенному воздействию обладают микроорганизмы почв. В то же время они являются хорошими индикаторами их загрязненности. В городских условиях состав микроорганизмов сильно меняется. По качественному и количественному составу микрофлоры можно определить не только степень загрязнения, но и его вид. Вместе с тем микроорганизмы сами являются очистителями окружающей среды и, как следствие, могут использоваться для решения многих вопросов, связанных с природоохранными технологиями.

Несмотря на важность и актуальность этих данных для принятия управленческих решений, направленных на оздоровление городской среды, необходимо констатировать, что они крайне немногочисленны.

В связи с этим на факультете биоэкологии в рамках национального проекта «Образование» была создана лаборатория микробиологии и биотехнологии, задачей которой является развертывание работ по изучению микрофлоры почв города Калининграда.

Для решения этой важной научной и прикладной задачи необходимо:

- изучить в динамике качественный и количественный состав микрофлоры почв города Калининграда;
- оценить влияние загрязнений на работоспособность микробсообществ;
- выделить микробные комплексы с целью использования их для биоремедиации почв города;
- разработать рекомендации по снижению негативного влияния антропогенного загрязнения на микробсообщества городских экосистем и их активизации в процессе очистки почвогрунтов.

Список литературы

1. Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А. Развитие фундаментальных идей В.А. Ковды в почвенной микробиологии // Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв / под ред. В.Н. Кудеярова. М., 2006. С. 173–183.
2. Вайнерт Э. и др. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / пер. с нем.; под ред. Р. Шуберта. М., 1988.
3. Герасимова С.А. Загрязнение городских почв 3,4-бензапиреном и проблемы обращения с экологически опасными почвами и грунтами при строительстве на территории г. Москвы. URL: <http://www.ecocity.ru/insertfiles/survey2.doc>
4. Гиляров М.С., Криволицкий Д.А. Жизнь в почве. М., 1985.
5. Кабиров Р.Р., Пурина Е.С., Сафиуллина Л.М. Почвенные водоросли: качественный состав, количественные характеристики, использование при проведении экологического мониторинга: материалы III Всероссийской научной конференции «Современные проблемы науки и образования». Москва, 13–15 мая 2008 г. // Успехи современного естествознания. 2008. №5. С. 54.
6. Мамвев Е.Е. Антропогенные загрязнения почвенного покрова, 1997. URL: <http://www.ecosystema.ru>



7. *Микроб для Чернобыля*. URL: http://www.gazeta.ru/science/2007/03/21_a_1502718.shtml
8. *Мосина Л.В.* Антропогенное изменение лесных экосистем в условиях мегаполиса Москва: автореф. дис. д-ра биол. наук. М., 2003.
9. *Нетрусов А.И.* Микробиология: учеб. для студ. высш. учеб. заведений. М., 2006.
10. *Основные* химико-экологические свойства нефтепродуктов и 3,4-бензпирена. URL: <http://www.ipdn.ru/rics/doc2/YD/2-1.htm>
11. *Просьянников Е.В.* Закономерности развития природных и антропогенно-трансформированных экосистем Брянской области, пострадавших от глобальной аварии на Чернобыльской АЭС. Брянск, 2002. URL: <http://www.bgsha.com/ru/education/library/fulltext/ecolog/Framset.htm>
12. *Пиенин В.Н.* Актуальные вопросы оценки загрязнения почвенного покрова вблизи автомагистралей // Труды Всероссийского научно-практического семинара «Экологизация автомобильного транспорта», МАНЭБ. СПб., 2003. С. 83–88. URL: <http://www.ecotrans.spb.ru/stati/pochva.doc>
13. *Химическое загрязнение почвы*. URL: http://www.businessvoc.ru/bv/Term-Win.asp?theme=&word_id=28151

Об авторах

В.П. Дедков — д-р биол. наук, проф., РГУ им. И. Канта, dedkov@albertina.ru

М.В. Куркина — канд. биол. наук, доц., РГУ им. И. Канта, mv.kurkina@mail.ru

Authors

Professor V. P. Dedkov — IKSUR, dedkov@albertina.ru

Dr. M. V. Kurkina — Associate Professor, IKSUR, mv.kurkina@mail.ru