

Глава 6.

АГРОХИМИЯ И ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.4:574

doi: 10.31360/2225-3068-2018-67-172-179

**АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Буртовой А. В.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»,
г. Сочи, Россия, e-mail: sasha.burtovoi.89@mail.ru*

В статье представлен анализ основных проблем экологического состояния городских почв, направлений и методов его изучения, которое приобретает всё большую актуальность в связи с растущей во всем мире урбанизацией и постоянным ростом степени загрязнения окружающей среды поллютантами (тяжёлые металлы, нефтепродукты, радионуклиды и др.) в результате человеческой деятельности. Сложность изучения городских почв связана с высокой мозаичностью почвенного покрова, многообразием функциональных городских зон землепользования, разнообразием видов и степени загрязнений; необходимостью проведения большого объёма полевых исследований и привлечения разнообразных (часто трудоёмких) аналитических методов изучения химических, физических и биологических свойств почвы для комплексной оценки её состояния. Показана информативность и чувствительность показателей состояния почвенного микробоценоза в диагностике антропогенного загрязнения почв.

Ключевые слова: урботерритории, городские почвы, урбанозёмы, антропогенная нагрузка, загрязнение почв, поллютанты, тяжёлые металлы, нефтепродукты, радионуклиды, биологическая активность.

В XXI веке отмечается высокий интерес учёных к изучению экологического состояния окружающей среды городов, который неуклонно возрастает вслед за увеличением площадей урбанизированных территорий и сосредоточением там всё большего числа жителей [5]. В настоящее время более 3/5 мирового населения проживает в городах. Наиболее урбанизированными государствами являются Кувейт (городское население составляет 98,3 % жителей), Бахрейн (96,2 %), Катар (95,3 %), Мальта (95 %). В Северной и Западной Европе на долю городского населения приходится более 80 %, в России – около 70 %.

Изучение состояние почв и почвенного покрова в таких исследованиях занимает важное место в связи с выполнением почвой глобальных экологических функций в биосфере: средообразующая, аккумуляционная,

регулирующая, санитарная, накопительная, газообменная, защитная [11]. Экспансия городов на окружающие земли неизбежно ведёт к изменению глобального экологического потенциала почв, сокращая площади с активно-функционирующим почвенным покровом естественных природных территорий. Вместе с тем на урбанизированных территориях нормальное функционирование почв нарушается вследствие повышенной антропогенной (техногенной) нагрузки, приводя к деградации почв. В городах антропогенное воздействие становится преобладающим над естественными факторами почвообразования, изменяя морфологические, физико-химические и биологические свойства почв, формируя в новых экологических условиях специфические почвенные типы и почвоподобные тела, в результате чего городские почвы представляют собой совершенно особые, до сих пор малоизученные биокосные системы, отличные по целому ряду свойств от природных [8, 21, 22].

В широком понимании городская почва – это любая почва, функционирующая в окружающей среде города, в узком смысле – это антропогенно-изменённые почвы, имеющие достаточно мощный (более 50 см) поверхностный слой, созданный в результате человеческой деятельности перемешиванием, насыпанием или погребением материала урбаногенного происхождения, в том числе строительно-бытового мусора [8, 22]. При этом выделяют почвы следующих основных категорий землепользования: жилая часть городской застройки (внутридворовые пространства, скверы, территории детских садов и школ, газоны вдоль улиц); промышленные зоны (заводы, фабрики, автохозяйства, ТЭЦ, склады, АЗС, автомагистрали, аэропорты, железные дороги); природоохранные и рекреационные зоны (лесопарки, парки, бульвары, и т. д.); сельскохозяйственного назначения (пашни, фермы, питомники, опытные поля); земли резерва (пустыни, свалки, карьеры, и т. п.) [22]. Степень и виды техногенной нагрузки и антропогенной трансформации почв в этих зонах различны.

Одна из важных проблем крупных городов России и ближнего зарубежья – ежегодное увеличение объёмов загрязнения окружающей среды различными поллютантами [9, 17, 22]. Благодаря ярко выраженной поглощательной способности, почвы сорбируют загрязняющие вещества и удерживают их от проникновения в почвенно-грунтовые воды [11]. Однако постепенное накопление поллютантов приводит к изменению состояния самих почв, оказывая токсическое действие на почвенную биоту, изменяя химический состав и физико-химические свойства почв. Загрязнители внедряются во многие биохимические процессы и оказывают токсичное воздействие на растения и организм животных и человека.

Экологически опасными поллютантами являются тяжёлые металлы [2, 4, 9]. Их интенсивное и непрекращающееся накопление приводит к возникновению техногенных геохимических аномалий, к серьёзным физиологическим нарушениям в организме человека, токсикозу, онкологическим заболеваниям и др. Основными источниками поступления тяжёлых металлов являются предприятия цветной металлургии, химической промышленности и автомобильный транспорт. Поступая в атмосферу в виде техногенной пыли и в составе газообразных выделений и дымов, попадая со сточными водами, они затем аккумулируются в почве. Основными загрязнителями среди тяжёлых металлов являются Pb, Cd, Zn, поскольку техногенное их накопление идет особенно высокими темпами [2, 4, 9].

Повышенные уровни загрязнения почв тяжёлыми металлами показаны в серии исследований почв целого ряда городов. Так в почвах Владимирской области валовое содержание Pb, Zn и Co превышает их фоновое содержание в 1,5–5,0 раз, даже в рекреационных зонах наблюдается превышение предельно допустимых концентраций в 1,2–1,8 раза [17]. Исследование почв Железнодорожного района г. Ульяновска показало, что для них характерно превышение ПДК Cu в 1,0–1,2 раза, Cd – в 6–9 раз [4]. Отмечается высокий уровень загрязнения почвы Pb, Zn и Co в пределах города Владивостока [4]. Почвы города Минска в зависимости от функционального использования территории в 1,8–2,6 раза обогащены тяжёлыми металлами по сравнению с фоновым содержанием, при этом наиболее высокое накопление отмечается в почвах производственной зоны, а также вблизи автомагистралей (Zn – 43–50, Cu – 63–64, Pb – 22–25 мг/кг) и постепенно снижается по мере удаления [4]. Исследования на территории города Йошкар-Ола показали, что концентрация тяжёлых металлов Pb, Cd, Cu и Zn в целом не имеет чётко выраженной направленности, носит мозаичное распределение, однако наиболее высокий уровень отмечается вдоль автомагистралей и в промышленной части города, который превышает фоновый уровень лесопарковой зоны: Pb в 11,5; Cu – в 19,2, Zn – в 4,5 раза [7]. Почвенно-геохимические исследования ландшафтов Калининграда и Светлогорска выявили повышенное содержание тяжёлых металлов (Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Mn, Cr) в верхнем горизонте почв. Максимальные их концентрации приурочены как к промышленным зонам, так и к зонам рекреации, что связано со значительным взаимопроникновением функциональных зон. Распределение упомянутых элементов в составе почвенных аномалий образует убывающий ряд: Pb > Zn > Cu > Ni [20].

Исследование содержания тяжёлых металлов в почвах Краснодарского края [6] показали, что почвы различных районов края в разной степени

загрязнены рядом тяжёлых металлов. Высокая концентрация Zn свойственна почвам Брюховецкого (11–32 мг/кг), Ленинградского (12–17 мг/кг), Тихорецкого районов (20–24 мг/кг) и Краснодара (14–47 мг/кг). Наиболее сильно почва загрязнена Zn вблизи автодорог. В ряде территорий (Новороссийск, Сочи, Тихорецк, Ейск, Кропоткин, Кореновский район), где содержание валового количества Pb варьирует от 9 до 37 мг/кг почвы, установлено существенное превышение ПДК, преимущественно в зонах, расположенных вблизи промышленных или транспортных узлов. Наиболее высоким содержанием подвижного Cd (0,02 мг/кг и выше) характеризуются почвы зоны богарного земледелия, зоны рисосеяния. Относительно высоким содержанием подвижного Cd в верхнем слое почв выделяются районы степной зоны – Выселковский, Кореновский, Кущевский, Павловский, Тимашевский, Тихорецкий, Усть-Лабинский, Щербиновский, где существенно превышен средний уровень по краю. В зоне влияния Белореченского химзавода содержание валового и подвижного Ni в почве (45–66 и 3–10 мг/кг, соответственно) превышает ПДК в 2 раза и более. В рамках отдельных административных районов выделяются самыми высокими показателями почвы Ленинградского района, а также некоторых ландшафтов Абинского и Красноармейского районов (5–6 мг/кг подвижного Ni). Наибольшее количество валовой формы никеля содержится в почвах зоны богарного земледелия (51 мг/кг), а также в почвах плавневой (49 мг/кг), горно-лесной (45 мг/кг) и зоны виноградарства (43 мг/кг). Превышение ПДК по содержанию валовой Cu свойственно почвам в районах выращивания винограда – Анапском, Новороссийском, Сочинском, Темрюкском. Самые высокие показатели обнаружены в Абинском, Кавказском и Приморско-Ахтарском районе (256–295 мг/кг) [6].

К наиболее распространённым поллютантам природной среды также относятся нефть и нефтепродукты. В городах Уфа, Владимир, Москва, Санкт-Петербург, Новгород, Псков, Калининград и др., в зонах влияния автодорог и промышленных предприятий, выявлены повышенные концентрации нефтепродуктов, уровень загрязнения характеризуется как умеренно опасный и опасный [14, 15, 17]. Наименьшей степенью загрязнения нефтепродуктами характеризовались почвы рекреационных территорий, занятых зелёными насаждениями. При проведении комплексных инженерно-экологических изысканий на территории Москвы было проанализировано более 10 300 проб почв и грунтов, более 50 % из них содержали 3,4-бензапирена (сильнейшего канцерогена) выше ПДК, из них 22 % имели опасную и чрезвычайно опасную категорию загрязнения [19]. Бензапирен образуется при

сгорании жидкого, твёрдого и газообразного топлива; накапливается в почве, затем переходит в ткани растений и далее по пищевой цепи, постепенно накапливаясь, т. е. обладает свойствами биоаккумуляции; оказывает мутагенное и канцерогенное действие.

Радиоактивное загрязнение является серьёзной экологической проблемой во всём мире. Радионуклиды проникают во все сферы оболочки Земли и несут разрушительное действие для всех живых организмов. Основными источниками поступления изотопов в окружающую среду, являются результаты испытаний ядерного оружия и аварии на АЭС. Для городов Йошкар-Ола, Озёрск, Северск, Владимир, Красновишерск, Находка, Бузулук, в Калужской области было установлено высокое содержание радионуклидов – Cr, K, Ra, Th и Sr на антропогенно-загрязнённых территориях [3, 7, 16, 17].

Ещё одной из экологических проблем городской среды, требующей изучения и контроля, являются патогенные микроорганизмы, способные нанести вред здоровью человека. К примеру, в почвах городских зелёных насаждений г. Владивостока выделено 37 видов потенциально патогенных грибов, которые способны вызывать микозы, микотоксикозы и аллергические реакции у людей с ослабленным иммунным статусом. Большинство из выявленных видов входят в состав эколого-трофической группы почвенных сапротрофов [13].

При изучении городских почв исследователи сталкиваются с рядом проблем: высокая мозаичность почвенного покрова, видов и степени его загрязнения в связи с разнообразием зон землепользования и видов агрогенной нагрузки; нарушенность и неравномерность почвенных профилей, значительное уплотнение и большое количество посторонних включений, прохождение в почвенной толще различных городских коммуникаций; отсутствие фоновых территорий – эталонов, с состоянием почв которых можно было бы вести сравнение [17, 21, 22]. Всё это в совокупности с многообразием природно-климатических факторов, сезонным варьированием погодных условий, особым микроклиматом различных городских зон определяет сложность правильной постановки эксперимента в урботерриториях. Кроме того, обследование проводится на довольно значительной территории, а значит, отбирается большое количество образцов.

Исследования почв городских территорий ведутся полевыми (сравнительно-географический, стационарный) и лабораторно-аналитическими методами. Отбор почвенных образцов проводится из верхнего горизонта (0–20 см), как наиболее загрязнённого. Исследуется большой комплекс физических, химических и биологических свойств. В комплексной

оценке состояния антропогенно-трансформированных почв выделяют следующие показатели, являющиеся наиболее информативными: кислотно-щелочные свойства, биологическая активность и микробиологический состав, наличие патогенных микроорганизмов, содержание гумуса и азота, содержание валовых и подвижных форм тяжёлых металлов (Zn, Pb, Cd, Ni, Co, Mn, Cu), нефтепродуктов, радионуклидов [2, 17, 21, 22].

Важной проблемой современных исследований в области изучения урбанозёмов является определение порога эффекта токсикологического воздействия в системах *токсикант* (тяжёлые металлы, нефтепродукты, радионуклиды, патогенные микроорганизмы) – *окружающая среда – живой организм*, включая и человека, и установление зависимости между дозой токсиканта и ответной реакцией системы [6, 9].

Разнообразие антропогенных факторов, приводящих к механическим нарушениям и различным видам загрязнения почв в условиях городов, а также сложность и трудоёмкость проведения адекватной оценки их состояния, определяет необходимость формирования единой методики проведения исследований и поиск наиболее информативных показателей. Поскольку полноценное функционирование почв в значительной степени обусловлено деятельностью почвенных микроорганизмов, изучение микробиологического состояния почв входит в набор обязательных задач при оценке экологического состояния урбанозёмов. Целой серией работ показано, что именно микробиологические показатели (численные и функциональные) могут служить универсальными индикаторами – наиболее информативными и чувствительными параметрами состояния почв при мониторинге загрязнённых территорий [1, 10, 14, 15, 21]. В них исследователями отмечается ингибирование активности почвенных ферментов, изменение видового состава и уменьшение биоразнообразия почвенных микроорганизмов. Также отмечается резкое снижение естественной микрофлоры городских почв в следствии интенсивного давления со стороны поллютантов [12]. Показатели биологической активности почв также являются информативными в диагностике состояния агрогенно-изменённых почв, что в частности установлено при изучения почв агроценозов многолетних культур (с применением минеральных удобрений, пестицидов) в условиях субтропической зоны России [18, 23].

Таким образом представленный анализ показывает актуальность и сложность изучения почв в условиях городских территорий (урболоандшафтов), а также наиболее перспективные направления в диагностике их антропогенных нарушений и загрязнений.

Библиографический список

1. Агаркова М.Г., Строганова М.Н., Скворцова И.Н. Биологические свойства почв урбанизированных территорий // Вестник МГУ. – 1994. – № 1. – С. 45-48.
2. Аммосова Я.М., Ладонин Д.В. Изучение уровня загрязнения городских почв тяжёлыми металлами // Агрехимический вестник. – 2000. – № 2. – С. 23-26. – ISSN: 0235-2516.
3. Антохина В.А., Максимова О.А., Бурякова А.А., Крышев И.И. Оценка экологических рисков для территорий Калужской области, загрязнённых после Чернобыльской аварии // Радиация и риск. – 2018. – Т. 27. – № 3. – С. 42-54. – ISSN: 0131-3878.
4. Антонова Ю.А., Сафонова М.А. Тяжёлые металлы в городских почвах // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 11. – С. 45-47. – ISSN: 1812-7339.
5. Апарин Б.Ф., Сухачёва Е.Ю. Классификация городских почв в системе Российской и международной классификации почв // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2015. – № 79. – С. 53-72. – ISSN: 0136-1694.
6. Белюченко И.С. Экология Кубани. Часть II. [Электронный ресурс] – Краснодар: Изд-во КГАУ, 2005. – 470 с. – URL: <http://window.edu.ru/resource/479/79479/files/Экология%20Кубани%20часть%20II.pdf> (дата обращения: 08.11.2018).
7. Воскресенская О.Л., Сарбаева Е.В., Алябышева Е.А., Копылова Т.И., Соловьёва О.С., Смирнова Н.А., Воскресенский В.С., Бердникова О.А. Экологическое состояние г. Йошкар-Олы. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2011. – 90 с.
8. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. – Смоленск: Ойкумена, 2003. – 268 с. – ISBN: 5-935-20039-2.
9. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Тяжёлые металлы как супертоксиканты XXI века: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 2002. – 140 с. – ISBN: 5-209-01318-9.
10. Девятова Т.А. Биодиагностика техногенного загрязнения почв // Экология и Промышленность России. – 2006. – № 1. – С. 36-37. – ISSN: 1816-0395.
11. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Почва в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). – М.: Наука, 1990. – 261 с.
12. Дубовик И.Е., Климина И.П., Смирнова Н.Г. Влияние антропогенного воздействия на биоразнообразие водорослей в почвенной и наземно-воздушной среде // Вестник ОГУ. – 2009. – № 6. – С. 568-570. – ISSN: 1814-6465.
13. Егорова Л.Н. Потенциально патогенные грибы в почвах городских парков и скверов Владивостока // Успехи медицинской микологии. – 2014. – Т. 12. – С. 95-98. – ISSN: 2310-9467.
14. Киреева Н.А., Новосёлова Е.И., Хазиев Ф.Х. Активность карбогидраз в нефтезагрязнённых почвах // Почвоведение. – 1998. – № 12. – С. 144-148. – ISSN: 0032-180X.
15. Колесников С.И. Влияние загрязнения тяжёлыми металлами и нефтью на биологические свойства чернозёма выщелоченного слитого // Агрехимия. – 2010. – № 7. – С. 62-67. – ISSN: 0002-1881.
16. Костюченко В.А., Перемыслова Л.М., Аклеев А.В., Попова И.Я., Батулин В.А., Казаченок Н.Н., Мельников В.С., Усольцев Д.В. Сравнительная характеристика формирования радиационно-гигиенической обстановки на загрязнённых территориях Уральского региона // Медицина экстремальных ситуаций. – 2011. – № 2. – С. 79-87. – ISSN: 2306-6326.
17. Мазиров М.А., Зинченко С.И. Сравнительный анализ экологического состояния почвы урбанизированных территорий // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9. – Ч. 11. – С. 56-57. – ISSN: 1812-7339.

18. Малюкова Л.С., Рогожина Е.В., Струкова Д.В. Влияние длительного применения минеральных удобрений на биологическую активность бурых лесных кислых почв под культурой чая в условиях Черноморского побережья России // Агрохимический вестник. – 2012. – № 2. – С. 15-17. – ISSN: 0235-2516.
19. Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е. Полициклические ароматические углеводороды в городских почвах (Москва, восточный округ) // Почвоведение. – 2011. – № 9. – С. 1114-1127. – ISSN: 0032-180X.
20. Станченко Л.Ю. Распределение тяжёлых металлов в почвах и растительности городских экосистем Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. – 2009. – Вып. 1. – С. 81-85. – ISSN: 2500-3208.
21. Строганова М.Н., Агаркова М.Г. Городские почвы: опыт изучения и систематика (на примере почв юго-западной части г. Москвы) // Почвоведение. – 1992. – № 7. – С. 16-24. – ISSN: 0032-180X.
22. Федорец Н.Г., Медведева М.В. Методика исследования почв урбанизированных территорий: учебно-методическое пособие. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. – 84 с. – ISBN: 978-5-9274-0383-7.
23. Rogozhina E. V. The potential activity of nitrogen fixation and carbon dioxide emission of soil under peach orchard in humid subtropics of Russia // Научная индустрия европейского континент: материалы 11 междунар. науч.-практич. конф., Прага, 22-30 ноября 2016 г. – Прага: Nauka I studia, 2016. – С. 37-42.

ANALYSIS OF ECOLOGICAL STATE OF SOIL ON URBANIZED TERRITORIES

Burtovoi A. V.

*Federal State Budgetary Scientific Institution
“Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops”,
c. Sochi, Russia, e-mail: sasha.burtovoi.89@mail.ru*

This paper analyzes the main problems of the ecological state of urban soils, as well as the directions and methods of studying it, which are becoming increasingly important due to the growing urbanization throughout the world and the constant increase in the environmental pollution degree by heavy metals, oil products, radionuclides, etc., all resulted from human activity. The complexity of studying urban soils is associated with such problems as a high mosaic of the soil cover, different functional urban land use zones and various types and degrees of pollution; also there is a need for large amount of field research and for involvement of various (often time-consuming) analytical methods in order to study chemical, physical and biological soil properties in order to carry out a comprehensive assessment of its condition. Diagnosing of soil anthropogenic pollution showed an informative value and sensitivity of soil microbocenosis indicators.

Key words: urban territories, urban soil, urbanozem, anthropogenic load, soil pollution, pollutants, heavy metals, petroleum products, radionuclides, biological activity.