

*Б. Ф. Апарин, Е. Ю. Сухачева*

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ МЕГАПОЛИСОВ НА ПРИМЕРЕ г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Более  $\frac{3}{5}$  мирового населения в настоящее время проживает на урбанизированных территориях. Города занимают около 60 млн га от всей площади мира. За последние 20 лет площадь под строительство росла почти в 2 раза быстрее, чем население. Наиболее урбанизированными территориями являются Северная и Западная Европа, где на долю городского населения приходится более 80%. В России застроенные территории занимают 4,3 млн га, а число жителей в городах составляет около 70%.

Неограниченная экспансия городов на окружающие земли неизбежно ведет к изменению глобального экологического потенциала почв. Сокращаются площади с активно-функционирующей поверхностью, занятой естественными и пахотными угодьями. Актуальной научной проблемой является прогнозирование последствий урбанизации на глобальные изменения экологических функций почвенного покрова. Другая проблема, связанная с концентрацией населения в городах, состоит в обеспечении экологических параметров качества жизни населения. С концентрацией населения в ограниченном пространстве неизбежно возникает своеобразный треугольник проблем, в вершинах которого: 1) проблемы повышения качества жизни, 2) рост метаболизма, 3) ухудшение экологических условий. Без сбалансированного разрешения этих проблем невозможно обеспечить удовлетворительное качество жизни в мегаполисах.

Очевидно, что экологические основы качества жизни в городах обусловлены состоянием почвенного покрова, его относительной долей от площади города и параметрами функционирования составляющих его компонентов.

Спектр почв любого города очень разнообразен. По сравнению с естественными ландшафтами почвенный покров мегаполисов отличается большим разнообразием антропогенно-преобразованных и сконструированных человеком почв, находящихся на разных стадиях развития: слабо-, средне- и полноразвитые.

В мегаполисе деятельность человека, как одного из факторов почвообразования, проявляется в косвенном и прямом воздействии на почвы и почвенные процессы. Косвенное воздействие состоит в модификации факторов почвообразования (осадков, температуры, растительности, испарения). Применительно к условиям мегаполиса целесообразно не ограничиваться только описанием средних многолетних характеристик климата, традиционно используемых для описания факторов почвообразования. Необходимо дополнить их характеристикой полей почвообразования, которые отражают пространственно-временную изменчивость условий формирования почвы. К полям почвообразования относятся: геофизические (поля осадков, температуры,

---

*Апарин Борис Федорович* — профессор, заведующий кафедрой, Санкт-Петербургский государственный университет; e-mail: soilmuseum@bk.ru

*Сухачева Елена Юрьевна* — старший преподаватель, Санкт-Петербургский государственный университет; e-mail: soilmuseum@bk.ru

электрические, магнитные), геохимические (кислотность осадков, форма и состав химических соединений, окислительно-восстановительный потенциал), фитогенные и биогенные. Для территорий мегаполисов характерна высокая мозаичность полей почвообразования.

Прямое воздействие на почвы заключается в формировании или своего рода конструировании почвенного профиля, подобного естественному. Человек, будучи одним из факторов почвообразования (отнюдь необязательным), не может сам создать почву в классическом (научном) ее понимании.

В агроландшафтах человек целенаправленно изменяет химический состав, свойства и режим почвы, чтобы наиболее эффективно использовать ее важнейшую функцию — плодородие. При этом генетический профиль почвы, как правило, изменяется незначительно. На урбанизированных территориях для реализации этой же цели человек вынужден на месте разрушенных почв конструировать почвоподобные образования с плодородным корнеобитаемым слоем, привнося извне органический почвенный материал — продукт почвообразования. Исходя из целевой функции — обеспечить условия роста и развития растений — человек создает физическую модель корнеобитаемого слоя, а не почвенного профиля как такового. Хотя почвообразование как особая имманентно-присущая природе форма движения материи начинается сразу же после стабилизации дневной поверхности на всех минеральных и органико-минеральных субстратах, необходимы сотни лет, чтобы сформировалась система генетических горизонтов в поверхностной толще.

Большинство почв г. Санкт-Петербурга, не достигших даже 300-летнего возраста, не обладают системными (типоморфными признаками, характерными для естественных почв) свойствами. Отсутствие или слабое проявление генетической связи между слоями свидетельствуют о начальной стадии формирования почвенного профиля. Горизонтообразующие почвенные процессы в профиле нескоординированы, а система минерально-энергетического обмена несбалансирована. Нет соответствия параметрических характеристик факторам почвообразования. Часто происходит омоложение почв за счет поверхностного поступления различного материала. Оценивая возраст почв городских территорий, следует принимать во внимание противоречивый его характер. Возраст поверхностных интродуцированных гумусовых горизонтов может быть очень большим, до нескольких тысяч лет, в то время как подстилающая, сформированная человеком минеральная толща, может быть только что образована.

Разнообразие в строении, свойствах и режимах обуславливает широкое варьирование параметров функционирования почв мегаполисов. При этом каждая почвенная разность вносит свой индивидуальный вклад в обеспечение экологических основ качества жизни населения.

Поскольку городские почвы имеют специфические особенности строения и свойств, перспективен подход к их рассмотрению как особых биогеомембран (БГМ), с которыми связаны экологические функции почв города. Под БГМ понимается почвенный слой, обладающий свойствами и функциями мембраны. БГМ трансформирует (регулирует) обмен веществом и энергией между всеми компонентами природной среды. Все БГМ имеют пористое строение и твердо-жидко-газовое состояние. Как и любая мембрана, БГМ характеризуется проницаемостью, структурной устойчивостью и относительной стабильностью параметров функционирования.

Потоки вещества через БГМ формируются за счет поступления в почву: а) твер-

дых, жидких и газообразных веществ из атмосферы; б) жидких и газообразных веществ из грунтовых вод; в) веществ, образующихся в результате метаболизма живых организмов и почвенных процессов. Проходя через мембрану, вещества полностью или частично изменяют свой состав и свойства. Это происходит в результате разнообразных межфазных взаимодействий в разных слоях БГМ, включая комплексообразование, сорбцию, растворение, выпадение в осадок, избирательное поглощение корнями растений, обмен с почвенно-поглощающим комплексом. Способность БГМ поглощать, избирательно обменивать, трансформировать, перераспределять, регулировать и генерировать новые вещества различается в зависимости от строения, мощности, состава почвы, параметров транспортной системы.

Необходимым условием отнесения поверхностных тел мегаполиса к БГМ является наличие на поверхности органогенного или органоминерального слоя естественного происхождения, обладающего плодородием. Общим признаком БГМ мегаполиса является сочетание свойств двух или более мембран, включая привнесенный гумусовый, торфяной или минеральный горизонт, слоистую естественную или искусственную толщу, роль которой выполняют антропогенные субстраты, являющиеся почвообразующими породами.

Почвообразующие породы мегаполиса имеют существенное отличие от естественных как по составу, так и по строению. Отличительным их признаком является гетерогенный состав и строение. Они содержат значительное количество включений — артефактов различного состава, размера и объема. Антропогенные почвообразующие породы характеризуются, как правило, наличием геохимических барьеров, резких градиентов водопроницаемости, теплопроводности, водоудерживающей способности. На прибрежных территориях г. Санкт-Петербурга среди почвообразующих пород преобладают намывные наносы. Как правило, они слоистые и напоминают аллювиальные отложения.

Ранжирование экологических функций БГМ мегаполисов производится по их вкладу в обеспечение качества жизни населения.

Главными функциями БГМ урбоэкосистем являются поглощение — адсорбция продуктов метаболизма мегаполиса (твердых, жидких, газообразных), преобразование и транспорт поллютантов за пределы почвенного профиля. Поглощательная способность городских почв связана с удельной поверхностью и структурой порового пространства естественной части БГМ — гумусового горизонта. Эффективность выполнения БГМ функции очистки урбоэкосистемы от поллютантов зависит от наличия в профиле геохимических и геофизических барьеров, характеристик почвенно-поглощающего комплекса, степени проточности почвенной влаги, глубины уровня грунтовых вод. Городская почва как биогеомембрана преобразует поступающие в нее вещества различной природы и изменяет их миграционную способность. Процессы разрушения, сорбции и десорбции, растворения, окисления-восстановления, комплексообразования зависят от фракционно-группового состава гумуса; кислотно-основных свойств почвы окислительно-восстановительных условий; биологической активности. Следующая по значению функция городских БГМ — санитарная. Благодаря этой функции происходит минерализация поступающих в почву органических веществ растительного и животного происхождения, разрушение нефтепродуктов и других органических загрязнителей. Почва обладает механизмами подавления активности и жизнедеятельности болезнетворных организмов, постоянно попадающих

в нее в городской среде. В осуществлении этой функции важнейшая роль принадлежит почвенному микробиоценозу. Эффективность функции зависит от количества микроорганизмов в почве, разнообразия функциональных групп и биологической активности. Почва адсорбирует патогенные микроорганизмы, очищая от них биологическую сферу жизнедеятельности человека.

Почва является приемником жидких осадков и хранилищем влаги. Благодаря этой функции происходит регулирование относительной влажности воздуха, отвод избытка влаги с поверхности почвы в грунтовые воды. Эффективность выполнения этой функции зависит от водно-физических свойств зоны аэрации БГМ.

Между почвой и приземным слоем воздуха происходит постоянный газообмен. Сток и эмиссия газов почвами являются важными регуляторами состава атмосферного воздуха в мегаполисе. Они обусловлены биологической активностью почвы, разнообразием микрофлоры, водно- и воздушно-физическими свойствами почвы.

В «каменном» городе в летний период почвы выполняют важную терморегулирующую функцию. Эффективность теплообмена почвы с атмосферой зависит от теплоемкости, тепло- и температуропроводности почв. В обеспечении экологических основ качества жизни населения незаменимую роль играют зеленые насаждения. Их состояние и занимаемая площадь, приходящаяся на одного человека, связаны с воспроизводством почвенного плодородия, являющегося базовой функцией биосферы. Ежегодное (весеннее) возобновление фитоценозов происходит благодаря осуществлению функции почвы, как своеобразной памяти ландшафта. В почве сохраняются семена и семязачатки растений, корневые системы. Эффективность вышеизложенных функций почвы обусловлена свойствами и режимами не только корнеобитаемой зоны, но и всего почвенного профиля.

Таким образом, исходя из значимости выполнения тех или иных функций городскими почвами, при разработке классификации почв мегаполисов необходимо на высокий таксономический уровень поставить мощность гумусового или органогенного горизонта, с которым связано большинство выполняемых функций. При рассмотрении почвы как биогеомембраны должна учитываться степень генетической связи между слоями, их соответствие профилеобразующим процессам, характерным для почв этой природной зоны, происхождение и состав поверхностного горизонта.

Основу классификации почв мегаполисов составляет морфолого-генетический анализ профиля: строения, состава, свойств. Учитывается глубина профиля до 80–100 см.

Необходимым условием для включения поверхностных образований, созданных при участии человека, в классификационную схему является наличие на поверхности органогенного или органоминерального слоя почвы естественного происхождения.

Цель классификации городских почв заключается в разделении всех почвенных разновидностей мегаполиса на группы по совокупности горизонтов и признаков с учетом их влияния на эффективность выполнения функций. Объектами классификации являются: естественные полнопрофильные почвы, антропогенно трансформированные почвы; искусственно сконструированные поверхностные образования. Классификация городских почв необходима для принятия управленческих решений по улучшению экологических основ качества жизни населения.

В российской и мировой литературе по почвоведению нет общепринятой классификации городских почв. Одной из причин этого является отсутствие единых подходов

к номенклатуре и систематике почв городов. В официально принятой в России классификации почв, опубликованной в 1977 г. [1] и используемой по настоящее время, почвы городов не рассматриваются. Это объясняется тем, что широкий интерес к изучению почв городов возник значительно позже [2]. И только в новой классификации почв России 2004 г. [3] антропогенным почвам уделено заметное внимание. К этому времени уже были предложены свои оригинальные подходы и схемы номенклатуры и систематики почв городов [2–6]. Опыт исследования почв Санкт-Петербурга выявил насущную потребность во встраивании классификации почв города в общую структуру классификации почв России [7, 8] на основе следующих основополагающих принципов:

- единство подходов к классификации естественных, антропогенно-преобразованных и антропогенных почв (урбаноземов), образующих почвенный покров мегаполиса;
- признание антропогенного фактора равнозначным (но не обязательным) с другими факторами почвообразования в мегаполисе: горная порода, климат, растительность, биота;
- включение в классификационную схему только тех поверхностных образований, которые имеют естественный (образованный на месте) или привнесенный (интродуцированный), созданный в результате длительного процесса почвообразования горизонт, и обладающий плодородием;
- сохранение принципов, положенных в основу классификации почв России (2004 г.);
- признание, что процесс почвообразования в условиях урбоэкосистем принципиально не отличается от формирования почв в естественных экосистемах;
- учет экологических функций почв мегаполиса.

Рассмотрим возможные варианты изменений в естественном строении почв городских территорий и классификационное положение этих новых поверхностных образований в новой классификации почв России [3] (рисунок).

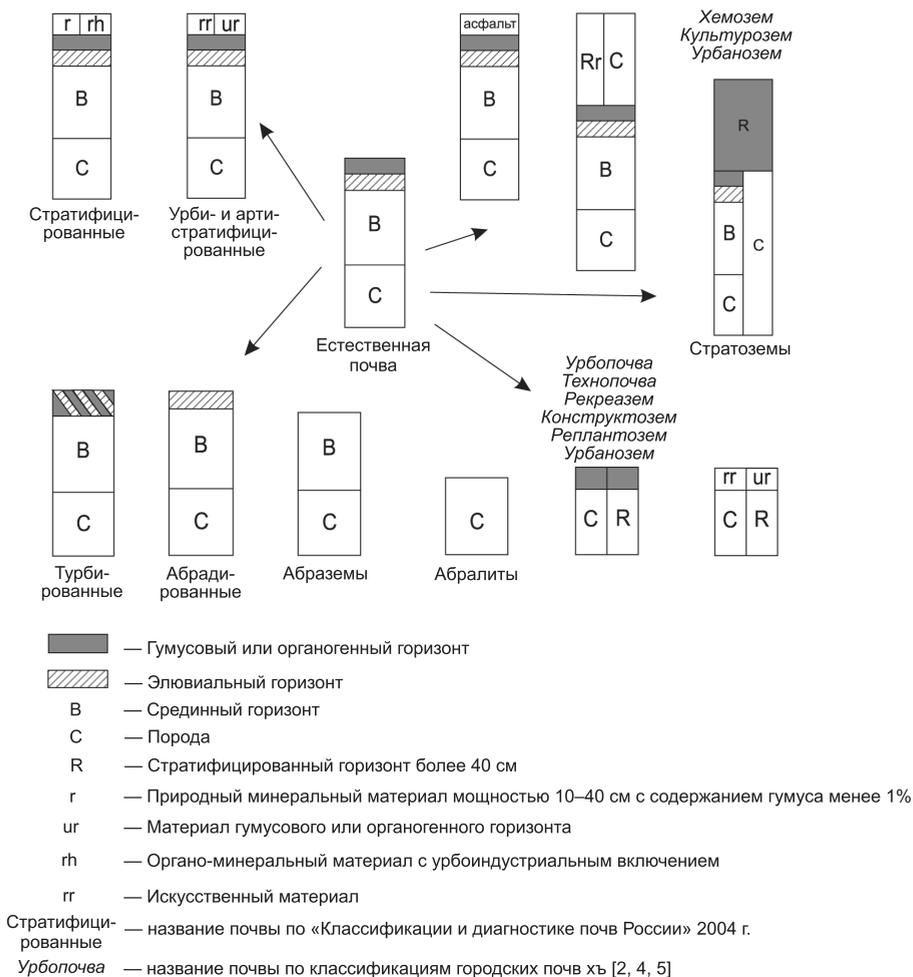
Прежде всего следует отметить, что в городской черте обычно на окраинах больших городов, в лесопарках встречаются почвы с ненарушенным строением (естественные почвы).

При различных воздействиях, таких как сведение древесной растительности, работа техники, может быть нарушена только верхняя часть естественного сложения почвенного профиля. Такие почвы классифицируются как турбированные на уровне подтипа в типах естественных почв.

Часто город расширяет свою территорию на прилегающие освоенные и используемые в сельском хозяйстве земли, на которых сформировались различные агроестественные почвы и агроземы, имеющие специфический агрогенный горизонт.

В результате срезания одного или двух поверхностных горизонтов образуются абрадированные почвы (подтипы в типах естественных почв). При более глубоком срезании, когда на дневную поверхность выходит в той или иной степени сохранившийся срединный горизонт, почва относится к отделу абраземов. При строительстве нередко почва полностью уничтожается и на поверхности оказывается порода. Горная порода и абраземы являются неустойчивыми образованиями и, как правило, эволюционируют сначала в слаборазвитые почвы, затем в органо-аккумулятивные.

При погребении естественного почвенного профиля слоем природного минерального или органо-минерального, или наноса искусственного материала небольшой



Возможные варианты строения экспонированных на поверхности мегаполиса твердофазовых тел

мощности до 40 см образуются тела, которые классифицируются как гумусово-, арти-, урби-, токси- стратифицированные почвы (подтипы в типах естественных почв).

Почвы, большая часть которых представлена гумусированной стратифицированной толщей привнесенного гумусированного материала, объединены в отдел стратоземов. Таким образом, все рассмотренные варианты являются почвами, объектами почвенной классификации и имеют свое место в классификации почв России.

Почвенные тела, сохранившие свое естественное строение и находящиеся под асфальтом или мощным слоем искусственного (см. рисунок) или природного материала, практически утрачивают большинство связей, обеспечивающих выполнение ими большинства функций как природных биогеомембран. Изолированные от окружающей среды, такие почвы не могут адсорбировать продукты метаболизма мегаполиса, преобразовывать и транспортировать поллютанты, не выполняют санитарную, водо-, и газо- и терморегулирующую функции. Такие почвенные профили, с нашей точки зрения, должны рассматриваться как естественные погребенные почвы.

Нанесенный на почву мощный слой искусственного материала или породы не включается в классификационную схему, так как не имеет каких-либо признаков почв — нет гумусового или органогенного горизонта, нет системы генетических горизонтов.

Таким образом, изо всех возможных вариантов (см. рисунок) остается один вариант строения поверхностного образования городских территорий — привнесенный (интродуцированный) гумусовый или торфяной горизонт природных почв с прилегающих территорий, покрывающий естественную минеральную породу, либо искусственно созданную толщу. Такие тела в зависимости от их свойств и местоположения имеют в классификациях городских почв [4] специфические названия — хемозем, культурозем, урбанозем (мощность привнесенной толщи более 40 см), урбопочва, технопочва, рекреазем, конструкторзем, реплантозем, урбанозем (мощность привнесенного горизонта менее 40 см). Применение искусственных терминов с вложенной в них разной смысловой нагрузкой неправомерно выводит почвы городов из категории естественных.

Нанеся на породу гумусовый слой, человек запускает процесс почвообразования в мегаполисе. Профилообразующий процесс в урбозекосистемах мегаполиса, с одной стороны, не имеет принципиальных отличий от условий природных ландшафтов, а с другой — скорость его в городе выше. Наличие сформированного гумусового слоя определяет более интенсивный характер обменных процессов между гумусовым и подстилающим его минеральным слоем. На грунтах, не имеющих гумусового горизонта, процесс почвообразования протекает аналогично тому, который развивается в естественных условиях на открытых поверхностях горных пород.

Классификационным признаком для почв города является мощность гумусового горизонта, его вещественный состав и свойства. Новый цикл профилообразующего процесса в условиях города является ускоренным, это связано с тем, что человек использует уже созданный природой капитал — гумусовый материал естественных почв.

На основе анализа особенностей строения городских почв предлагается в «Классификации и диагностике почв России» в стволе синлитогенных почв наравне со стратоземами, вулканическими, слабозрелыми и аллювиальными почвами ввести еще один отдел — интродуцированные почвы. Отдел будет объединять почвы, в которых интродуцированный органо-минеральный или торфяной горизонт (RY, RU или RT) мощностью менее 40 см залегает на минеральном субстрате D, образованном *in situ* или привнесенном извне.

В отделе «Интродуцированные» выделено 6 типов по характеру органогенного горизонта и по особенностям минерального субстрата, которые перечислены ниже.

*Интродуцированные серогумусовые RY-D.* Объединяет почвы с интродуцированным серогумусовым горизонтом мощностью 5–40 см, имеющим резкую нижнюю границу с находящимся под ним минеральным субстратом. Возможно выделение подтипов по наличию в подстилающем субстрате признаков, свидетельствующих о механизмах его формирования и играющих важную роль в выполнении функций почвами.

*Интродуцированные темногумусовые RU-D.* Объединяет почвы с интродуцированным темногумусовым горизонтом резко переходящим в минеральный подстилающий субстрат.

*Интродуцированные пелоземы RW-D.* Объединяет почвы с интродуцированным маломощным (до 5 см) серогумусовым горизонтом, имеющим резкую нижнюю границу с находящимся под ним суглинистым минеральным субстратом.

*Интродуцированные псаммоземы RW-D.* Объединяет почвы с интродуцированным маломощным (до 5 см) серогумусовым горизонтом, имеющим резкую нижнюю границу с находящимся под ним минеральным субстратом легкого гранулометрического состава.

*Интордуцированные слоистые RW-Dr.* Объединяет почвы с интродуцированным маломощным (до 5 см) серогумусовым горизонтом, имеющим резкую нижнюю границу с находящимся под ним слоистым минеральным субстратом.

*Интродуцированные торфяные RT-D.* Объединяет почвы с интродуцированным торфяным горизонтом, резко переходящим в минеральный подстилающий субстрат.

Во всех типах возможно выделение подтипов.

1. Типичные (*in situ*) RY-D: минеральная толща не имеет признаков механического перемещения.

2. Стратифицированные (насыпные) RY-Dr: минеральная толща визуально однородная, но редкие артефакты, нечеткая слоистость или тенденция к горизонтальной делимости свидетельствует о стратификации материала. Возможно подразделить на два подтипа: песчаные и суглинистые.

3. Слоистые RY-Dur: отличаются хорошо выраженной слоистостью, часто с большой долей индустриальных включений (кирпичи, строительного мусора, керамики, гравий, артефакты и т. д.).

4. Слоисто-гумусовые RY-Dur[h]: отличаются хорошо выраженной слоистостью, часто с включением погребенных интродуцированных гумусовых слоев.

5. Водно-аккумулятивные (намытые грунты) RY-Daq: отличаются тонкой слоистостью, характерной для намытых грунтов.

## Литература

1. Классификация и диагностика почв СССР. М.: «Колос», 1977. 224 с.
2. Почва, город, экология / под общ. ред. акад. Г. В. Добровольского. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.
3. Классификация и диагностика почв России / авторы и составители: Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И. Смоленск: Ойкумена, 2004. 235 с.
4. Прокофьева Т. В., Мартыненко И. А., Иванников Ф. А. Систематика почв и почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию // Почвоведение. 2011. № 5. С. 611–623.
5. Лебедева И. И., Герасимова М. И. Возможности включения почв и почвообразующих пород Москвы в общую классификационную систему почв России // Почвоведение. 2011. № 5. С. 624–628.
6. Верификация «Классификации и диагностики почв России» (2004) по коллекции почвенных монолитов Центрального музея почвоведения им. В. В. Докучаева / Апарин Б. Ф., Герасимова М. И., Лебедева И. И., Тонконогов В. Д., Сухачева Е. Ю. // Почвоведение. 2007. № 5. С. 525–531.
7. Апарин Б. Ф., Сухачева Е. Ю. Классификация почв мегаполисов // Сб. матер. Междунар. науч. конф. «Почвы Азербайджана: генезис, география, мелиорация, рациональное использование и экология». Азербайджан, Баку 8 июня 2012 — Габала 9–10 июня 2012 года. С. 838–941.
8. Апарин Б. Ф., Сухачева Е. Ю. Экологические функции почв мегаполиса // Матер. конф. «Настоящее и будущее урбанизации: экологические вызовы». СПб., 2012. С. 7–11.

Статья поступила в редакцию 11 декабря 2012 г.