

ДЕГРАДАЦИЯ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ОХРАНА ПОЧВ

УДК 631.4

АНТРОПОГЕННЫЕ ПОЧВЫ БОТАНИЧЕСКИХ САДОВ (ОБЗОР)

© 2020 г. В. И. Чупина*

МГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, Москва, 119991 Россия

*e-mail: ya.valentina-gav@yandex.ru

Поступила в редакцию 07.03.2019 г.

После доработки 15.08.2019 г.

Принята к публикации 27.10.2019 г.

Проведен обзор публикаций, посвященных почвам ботанических садов, формирующихся в различных ландшафтных условиях, и подходам к их классификации. При характеристике почв ботанических садов отмечается трансформация почвенного профиля – появление новых горизонтов и свойств, усиление или ослабление почвообразовательных процессов, а в условиях высоких температур и/или влажности быстрое исчезновение следов антропогенного воздействия. Внутри одной ландшафтной зоны и одного ботанического сада различия в длительности воздействия на почвы, истории землепользования, влиянии интродуцентов и характере агротехнических мероприятий приводят к существенной дифференциации морфологических и химических свойств почв (рН, показателей гумусового состояния, состава почвенного поглощающего комплекса, содержания элементов питания растений). Однако выделены общие закономерности в изменении химических свойств почв относительно природного фона. В почвах ботанических садов наблюдается увеличение содержания гумуса/органического углерода, доли гуминовых кислот, сдвиг значений рН в щелочную сторону, рост степени насыщенности основаниями и содержания элементов питания растений (фосфора, иногда калия). Многообразие факторов антропогенного влияния в ботанических садах приводит к формированию особых почвенных профилей. В них сочетаются свойства агрогенных почв (за счет внесения удобрений, рыхления), некоторые свойства городских почв (за счет внесения в почву различного материала, содержащего антропогенные включения) и природных. По правилам классификации почв России почвы ботанических садов могут быть отнесены к агропочвам, агроземам и агростратоземам на уровне типа и урбистратифицированным подтипам этих и других почв.

Ключевые слова: агро-естественные почвы, агроземы (Anthrosols), агростратоземы (Terric Anthrosols), урбистратифицированные почвы, рекреаземы, культуроземы, Hortic Anthrosols, зональные особенности

DOI: 10.31857/S0032180X20040048

ВВЕДЕНИЕ

Ботанический сад (БС), согласно ГОСТ 28329-89 “Озеленение городов. Термины и определения” и определению Международной организации по сохранению БС (BGCI – Botanic Gardens Conservation International), представляет собой территорию, на которой размещается коллекция древесных, кустарниковых и травянистых растений для научных исследований, сохранения, демонстрации и образовательных целей [65]. Почва как компонент экосистемы выполняет важнейшую функцию в ботанических садах, обеспечивая условия произрастания искусственных насаждений [7]. Многолетнее существование интродуцентов, опад которых отличается от опада в исходных сообществах по химическому составу и количеству приводит к изменению физических и химических свойств почв, как это происходит в природных лесных экосистемах [11, 12, 14–16, 20]. Однако этим не ограничивается воздействие на почвы: для создания оптималь-

ных условий, обеспечивающих долговечность и декоративность насаждений, в БС проводят различные мероприятия по целенаправленному регулированию свойств почв (внесение удобрений, орошение/осушение, строительство террас); для организации полноценной работы БС – строятся здания, проводятся подземные коммуникации, создается дорожно-тропиночная сеть. В БС формируются особые почвы, с точки зрения современных представлений о генезисе и классификации, посылку на фоне влияния природных факторов почвообразования и различных интродуцентов в них наблюдается сочетание свойств городских, сельскохозяйственных и природных почв.

Выполненные к настоящему моменту почвенные исследования в БС можно разделить на три группы: изучение природных ландшафтов и почв территорий БС [19, 41, 46, 57, 62, 64]; изучение различных свойств антропогенно-преобразованных почв БС [6, 9, 13, 14, 18, 21, 23, 25, 26, 28, 30,

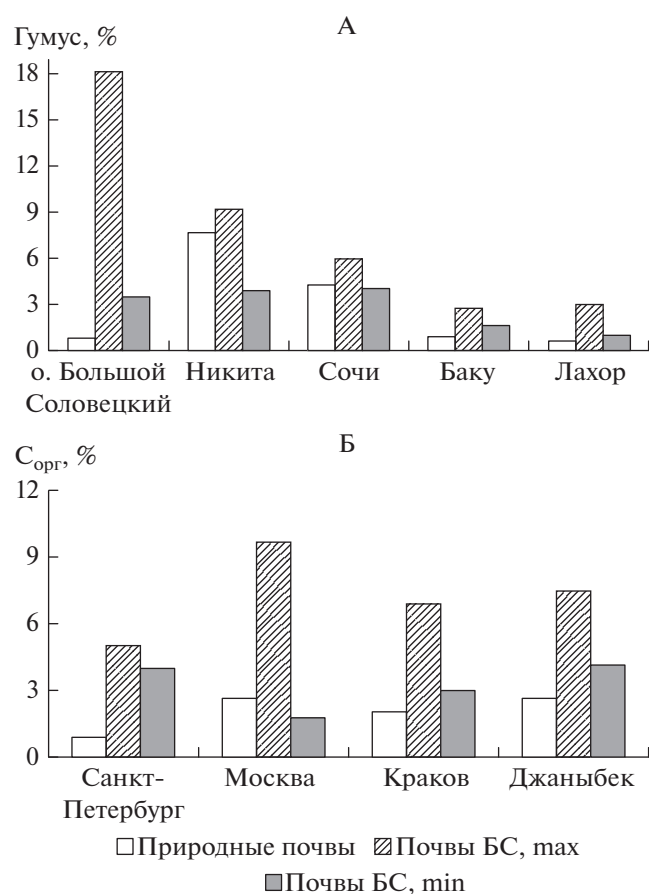


Рис. 1. Содержание гумуса (А) и органического углерода (Б) в верхних минеральных горизонтах почв ботанических садов.

33, 35, 44, 51, 56, 58, 60]; изучение загрязнения почв, связанное с положением БС в пределах года [1, 10, 25, 26, 33, 37, 59].

Исследователи отмечают, что под влиянием интродуцентов и агротехнических мероприятий изменяются многие морфологические свойства почв (строение профиля, новообразования, агрегатное состояние), физико-химические и химические характеристики (рН, ЕКО, насыщенность, содержание органического углерода), возрастает биологическая активность. Однако существенные изменения вышеперечисленных показателей характерны для почв не всех БС: они могут быть унаследованы от природных почв и/или формироваться в соответствии с зональными трендами почвообразования.

Для развития представлений о генезисе и классификации антропогенно-измененных почв БС были поставлены следующие задачи: выявить общие свойства почв БС, расположенных в разных ландшафтных зонах, и основные тенденции в трансформации почв; определить место почв БС в современных почвенных классификациях.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализировали литературные материалы, дающие комплексную оценку трансформации свойств почв (морфологических и химических) БС, дендрариев и близких к ним объектов — дендропарков. Объекты исследования расположены в следующих природных ландшафтах¹: темнохвойная тайга умеренно континентального климата (о. Большой Соловецкий и г. Санкт-Петербург), хвойно-широколиственные леса умеренно континентального климата (г. Москва), широколиственные умеренно влажные леса умеренно континентального климата умеренного пояса (Джаныбекский стационар, Волгоградская область), средиземноморские леса и кустарники субтропического пояса (пос. Никита, п-ов Крым), приокеанические смешанные постоянно влажные леса субтропического пояса (г. Сочи), полупустыни субтропического пояса (г. Баку), саванны, редколесья и кустарники с сезонным увлажнением тропического пояса (г. Лахор, Пакистан). Отсутствие в данном ряду степных ландшафтов связано с тем, что в БС черноземных регионов не проводилось комплексного изучения химических и морфологических свойств почв, измененных в ходе функционирования БС. Известные нам публикации касались отдельных явлений. Так, загрязнение почв БС тяжелыми металлами и радионуклидами изучалось в БС Ростова-на-Дону, Самары, природные и старопашотные почвы исследованы в Воронеже и Ростове-на-Дону, в Оренбурге и Самаре изучено структурно-агрегатное состояние почв [9, 10, 13, 18, 23, 37].

Химические и физико-химические свойства верхних минеральных горизонтов почв, изменения которых были зафиксированы в большинстве работ, показаны на рис. 1–3. Для выявления направления и интенсивности трансформации почв на графиках показаны минимальные (БС, min) и максимальные (БС, max) значения показателя в БС и содержания в природных почвах под естественными биоценозами, приведенные в анализируемых работах. В случае отсутствия данных о свойствах фоновых для БС почв, их брали из работ, посвященных почвам рассматриваемого региона.

Анализировали почвы разных ландшафтных зон (засоленные, карбонатные) и стран, поэтому используемые показатели получены разными методами. Большинство исследователей используют метод Тюрина для определения органического углерода: в работах приводятся данные либо для органического углерода [26, 29, 58], либо для гумуса [6, 14, 35, 51, 60]. Информация о методике определения гумуса для почв БС в пос. Никита и

¹ Названия ландшафтов даны по карте “Типы природных ландшафтов суши земного шара (по зональным особенностям)” [38].

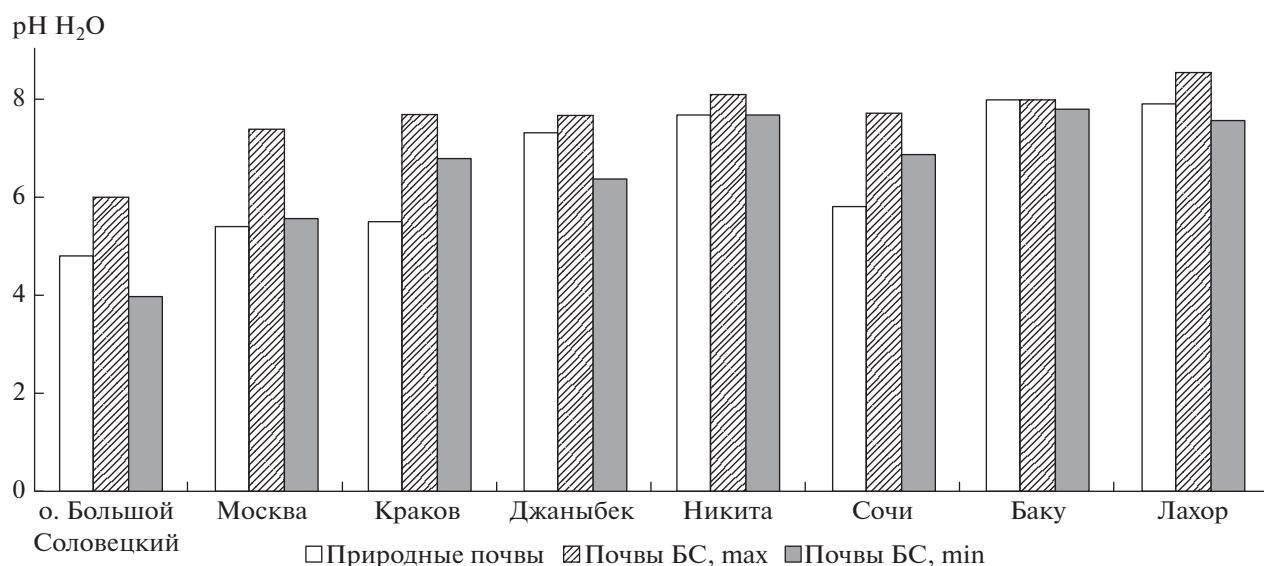


Рис. 2. Изменение pH в верхних минеральных горизонтах почв ботанических садов.

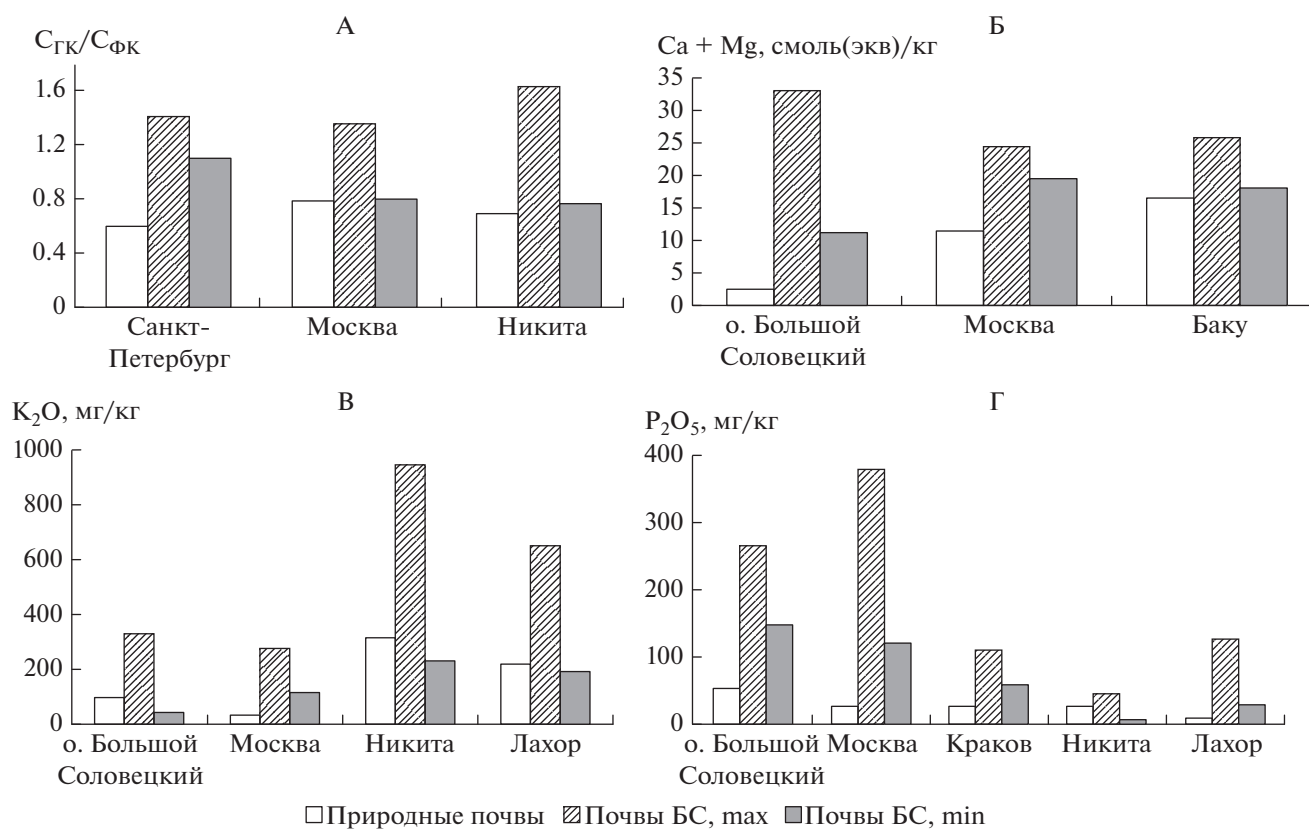


Рис. 3. Свойства верхних минеральных горизонтов почв ботанических садов: А – $C_{ГК}/C_{ФК}$, Б – сумма поглощенных оснований, В – подвижный калий, Г – подвижный фосфор.

БС в г. Лахор в работах отсутствует. Содержание органического углерода в БС Польши [44, 58] получено путем вычитания величины неорганического углерода из общего углерода. Значения pH H₂O по-

лучены потенциметрическим методом, в почвах БС г. Лахор pH определяли с помощью цветовой шкалы. $C_{ГК}/C_{ФК}$ определен по Тюрину в модификации Пономаревой и Плотниковой, методика

определения для почв БС пос. Никита в источнике не приводится [14]. В почвах БС о. Большой Соловецкий и Москвы обменные основания определены методом, рекомендованным для некарбонатных незасоленных почв: вытеснение катионов растворами солей — хлоридами или ацетатами; в почвах БС г. Баку по Ивановой: с использованием 0.1 н. раствора K_2CO_3 [39]. Подвижный фосфор (P_2O_5) определен колориметрическим методом, калий фотометрическим (K_2O): в почвах БС на о. Большой Соловецкий, Москвы по Кирсанову, в почвах БС г. Краков и г. Торунь по Олсену. Различия в методиках определения показателей не являются ограничением для их сопоставления, поскольку в литературном обзоре анализируется, в первую очередь, трансформация почв БС относительно природных почв, информация о химических свойствах которых содержится в самих источниках. Сопоставление данных необходимо для выявления общих тенденций в трансформации почв БС, на что различия в методиках, на наш взгляд, существенно не влияют. Приведенные в статье данные полностью отражают выводы исследователей почв БС о специфике их трансформации.

В статье все данные приведены к единым единицам измерения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Свойства почв БС разных природных зон

Темнохвойная тайга рассматривается на примере БС на о. Большой Соловецкий, почвы которого описаны Урусевской и Матинян [35]. Территория БС занимает склоны моренных гряд и ложбину между ними, почвообразующие породы представлены супесчаной валунной мореной. Положение между грядами определило возникновение здесь благоприятного микроклимата, что способствовало созданию в 1822 г. монастырского огорода, затем яблоневого сада и коллекции древесных интродуцентов БС из кедра и лиственницы сибирских, липы мелколистной и др. Большую часть территории занимают коренные еловые зеленомошные леса. На природные почвы подзолы (Albic Podzols) производилась подсыпка мелкоземистого материала, в/на котором шло формирование нового гомогенного гумусированного горизонта; торфяно-глееземы (Histic Gleysols) осушались, что привело к изменению торфяных горизонтов — возникновению темно-серого комковатого гумусового горизонта. В результате образовались различные агро-естественные почвы, агроземы (Anthrosols) и урбиагрозатоземы (Terric Anthrosols (Technic))². По содержанию и запасам гумуса они превосходят природные фоновые почвы — подзолы, приближаясь,

по замечанию авторов, по этим показателям к черноземам (Chernozems) (рис. 1А). Максимальное содержание гумуса зафиксировано в антропогенных почвах — агроземах, минимальное в полуприродных — агродерново-подзолах (Hortic Albic Podzols (Aric)). Для антропогенных горизонтов характерен фульватно-гуматный состав гумуса, в подзолах иллювиально-железистых и погребенных подзолах сохраняется природный гуматно-фульватный тип (рис. 3А). Все почвы имеют кислую реакцию, минимальный показатель pH зафиксирован в агроземах торфяных оземленных (Terric Anthrosols (Drainic, Histic)) и агроторфяно-подзолах глеевых оземленных (Hortic Gleyic Histic Albic Podzols (Aric, Drainic)), сформированных на изначально сильнокислых почвах (рис. 2). Антропогенно-измененные почвы БС отличаются от подзолов в положительную сторону степенью насыщенности основаниями, они обогащены подвижными формами фосфора, в меньшей степени калия. Дифференциация почв по содержанию подвижного калия, возможно, связана с относительным накоплением элемента в геохимически подчиненных ландшафтах: минимальные концентрации калия соответствуют агродерново-подзолам, расположенным в автономных условиях — на вершине холма или в верхней части искусственно выположенного склона или на заброшенных грядках. Максимальные концентрации зафиксированы в ложбине и в нижней части террасированного склона.

В Санкт-Петербурге Раппопортом [25] проводились исследования в БС Ботанического института РАН им. В.Л. Комарова (БИН), основанного в 1714 г. Территория БС находится в пределах Аптекарского острова, абсолютные высоты 2–5 м над ур. м, почвообразующие породы представлены аллювием. Ранее здесь были распространены слаборазвитые аллювиальные серогумусовые почвы (Fluvisols (Ochric)), которые сейчас сохранились на южном побережье Финского залива и острове Котлин; природные почвы имеют слабокислую реакцию в верхних горизонтах, содержание гумуса не превышает 1.5% [2]. За 300 лет, под древесно-кустарниковыми насаждениями слаборазвитые аллювиальные почвы трансформировались в рекреаземы и культуроземы, профиль которых представляет собой серию насыпных слоев общей мощностью 60–100 см, залегающих на погребенной естественной почве или почвообразующей породе. На поверхности выделяется буровато-серый или темно-серый, комковато-ореховатый или комковато-зернистый, рыхлый гумусово-аккумулятивный горизонт, с малым количеством антропогенных включений, сформированный из привнесенного материала (почвенной органико-минеральной с торфом смеси); мощность его зависит от функционального использования — наименьшая в дендрариях, наибольшая в

² В статье использованы авторские названия почв.

цветниках. Средняя часть профиля состоит из насыпных горизонтов различных по гранулометрическому составу, гумусированности, количеству антропогенных включений. Антропогенно-преобразованные почвы БС обнаруживают свойства южных почв — нейтральная реакция, высокое содержание органического углерода на большой глубине: 4% в слое 0–27 см, 2% в слое 27–42 см; максимум соответствует почвам, описанным под травянистой растительностью, минимальные значения соответствуют образцам почв, отобранным под древесным насаждением [25]. Ранее, Долотовым и Пономаревой [8] в Летнем саду (заложенном в 1703 г.) описан почвенный профиль, по свойствам также напоминающий южные почвы — серые лесные (Luvic Greyzemic Phaeozems) — по профильному распределению гумуса и обменных оснований, буроземы (Cambisols) по групповому составу гумуса. Отмечено высокое содержание гумуса в метровом слое почвы, насыщенность основаниями, нейтральная реакция.

Хвойно-широколиственные леса. Почвы БС Москвы изначально относились к дерново-подзолистым (Retisols), сформированным в пределах моренных и водно-ледниковых равнин, на покровных суглинках или флювигляциальных отложениях в полосе хвойно-широколиственных лесов [3, 25]. Под искусственными древесно-кустарниковыми насаждениями, перенесенными в Москву преимущественно из областей с умеренным климатом, Раппопортом [25] описаны урбо-почвы, урбаноземы (Urbic Technosols), рекреаземы и реплантоземы (Technosols (Transportic)) в БС МГУ на Воробьевых горах (создан в 1951 г.), рекреаземы и культуроземы в “Аптекарском огороде” (создан в 1706 г.) и урбо-почвы в Главного БС РАН (создан в 1945 г.). Мощность насыпных горизонтов в БС МГУ достигает 100 см, в “Аптекарском огороде” — 100–120 см, в Главном БС РАН всего 10–30 см. На поверхности залегают гумусово-аккумулятивный горизонт, по морфологическим свойствам аналогичный гумусово-аккумулятивному горизонту почв сада БИН РАН. Ниже могут находиться насыпные горизонты, полнопрофильная или абрадированная природная почва, планировочный или ненарушенный грунт. Автор отмечает, что в садах моложе 50 лет строение почвенных профилей отличается большим разнообразием, поскольку они сформировались в результате неоднородного воздействия многих факторов (различное хозяйственное использование, состав и мощность насыпанных грунтов и плодородных смесей). Со временем происходит гомогенизация насыпанных слоев. Для сравнения химических свойств почв БС с фоновыми использовали данные Строгановой с соавт. [32] для дерново-подзолистых почв лесопарковой зоны Москвы. Почвы БС сильно варьируют по мощности гумусового профиля и содержанию органического веще-

ства. Наименьшее (1.8%) содержание обнаружено в полуприродных урбо-дерново-подзолистых (Retisols (Technic)) почвах дендропарка Главного БС РАН, наибольшее (9.7%) — в антропогенных — агрокреаземах, формирующихся в сортовом питомнике БС МГУ, в почвы которого постоянно вносят органические удобрения. Тип гумуса гуматно-фульватный ($C_{ГК}/C_{ФК}$ 0.8), что соответствует ненарушенным почвам. Однако Розановой с соавт. [28] отмечено формирование в основном гуматного гумуса в почвах БС МГУ ($C_{ГК}/C_{ФК}$ 1.35). В ботанических садах старше 100 лет формируются почвы с наибольшим запасом гумуса среди антропогенных почв городов (до 300 т/га). Почвы различаются по кислотнo-щелочным условиям: природные почвы имеют кислую реакцию, в почвах БС она варьирует от слабoкислых до слабoщелочных значений, наиболее характерны нейтральные значения. В почвах БС содержится больше обменных оснований, подвижных соединений фосфора и калия по сравнению с лесными дерново-подзолистыми почвами [25, 28, 30].

Широколиственные леса. Почвы БС Ягеллонского университета в Кракове (создан в 1783 г.) изначально формировались на аллювиальных отложениях высокой террасы р. Висла, нижняя часть участка БС занимала заболоченное старичное понижение, о чем свидетельствуют вскрытые погребенные торфяные горизонты. Комплекс агротехнических мероприятий позволил создать коллекцию древесных и кустарниковых растений на мощных плодородных почвах [58]. В почвенных профилях преобладают органо-аккумулятивные горизонты с зернистой, иногда ореховатой и комковато-ореховатой структурой, мощностью до 120–130 см, различные по гранулометрическому составу (пески, супеси, суглинки, пылеватые суглинки), встречаются многочисленные артефакты, неравномерно распределенные в профилях антропогенных почв: от 5 до 40%. Реакция почв варьирует от 5.4 до 8.4, преобладают нейтральные и слабoщелочные значения. Почвы содержат большое количество органического вещества: от 2% в поверхностных минеральных горизонтах природных почв (Luvic Gleyic Phaeozems под древесными насаждениями 1819 г.) до 6.9% в антропогенных (Hortic Anthrosols под цветочной клумбой 1931 г.), максимальное содержание органического вещества (8.5%) наблюдается на глубине 105–120 см в Terric Anthrosols под древесными насаждениями 1819 г. Авторы отмечают, что почвы БС отличаются от зональных почв повышенное содержание карбонатов (до 8.7% в Anthrosols) и подвижных форм фосфора. Сопоставимые значения показателей (рН, гумус, подвижный фосфор) получены для почв бывшего ботанического сада Университета Николая Коперника в г. Торунь [44].

Как и в БС Москвы, признаки антропогенной трансформации (максимальное содержание карбонатов, подвижного фосфора и артефактов) наблюдаются в молодых почвах: на цветниках и альпийской горке.

Полупустыни. Трансформация лугово-каштановых почв (Gleyic Kastanozems (Hyperhumic)), формирующихся в пределах равнины Северного Прикаспия, осложненной мезо- и микропонижениями, на карбонатных хвалынских суглинках под мезофитной разнотравно-дерновинно-злаковой растительностью, рассмотрена на примере Джаныбекского стационара. Это дендропарк — памятник первого лесокультурного разведения в полупустыне [67]. По характеру предполагаемого воздействия на почвы, данный объект схож с БС: в нем созданы культурные фитоценозы и благоприятные для произрастания искусственных насаждений почвенные условия. С 50-х годов проводилась интродукция вяза приземистого (*Ulmus pumila*) и дуба черешчатого (*Quercus robur*). Вместе с растениями в почву были занесены дождевые черви. Интродукция деревьев и, как следствие, снегозадержание привело к трансформации водного режима почв — повышению степени гидроморфизма, развитию оглеения (появление железистых новообразований) и засолению: из-за десукции соли оказались подтянуты корнями деревьев. Занесение дождевых червей привело к высокой биогенной агрегированности почв, способствовало аккумуляции органического вещества [4, 29]: максимальные концентрации — 7.4% характерны для почв участков, на которые помимо интродукции дуба были занесены дождевые черви, на участках без дождевых червей содержится 4.12% органического вещества. Кроме того, был установлен перенос значительного количества азота с окружающих открытых пространств в насаждения птицами, гнездящимися или ночующими на деревьях, что также повысило биологическую активность почв [27].

Средиземноморские леса и кустарники. Трансформация физико-химических свойств коричневых почв (Chromic Cambisols) Никитского ботанического сада (п-ов Крым, создан в 1812 г.), формирующихся в пределах южного склона Главной гряды Крымских гор на смешанном делювии глинистых сланцев и известняков под формацией шибляка, показана Казимировой [14]. Естественные биогеоценозы были существенно изменены в ходе интродукции, орошения, террасирования. Высадка преимущественно хвойных пород (сосны, кедры, кипарисы, секвойи), с относительно трудно разлагаемым опадом, и введение в культуру почвопокровных растений: плюща крымского (*Hedera helix var. taurica*) и барвинка малого (*Vinca minor*), образующих густой покров, привели к трансформации водного и теплового режимов: затенение поверхности почвы уменьшает интен-

сивность испарения влаги. На участках с интродуцентами увеличилось, с одной стороны, количество опада, но с другой, уменьшилась скорость его деструкции из-за снижения температуры, увеличения влажности в поверхностных горизонтах почв и количества трудноразлагаемого хвойного опада. Результатом стало формирование горизонта лесной подстилки — нетипичного для лесных формаций средиземноморских субтропиков. Казимировой [14] установлена достоверная положительная корреляция для показателей гумусированности почв БС и запасов лесной подстилки под лиственными породами. С другой стороны, прослеживается тенденция отрицательной связи между гумусированностью почв под хвойными насаждениями и запасами лесной подстилки. По гумусированности верхнего горизонта естественные почвы и почвы большинства культурных фитоценозов похожи — они содержат около 7% гумуса. Минимальные концентрации зафиксированы под хвойными насаждениями: сосновыми (3.92%) и кипарисовыми (5.2%), что связано с влиянием хвойного опада на процесс гумификации, максимальные под лиственными. Но чем старше посадки, тем больше гумуса: под посадками сосны брутской (*Pinus brutica*) 1958 г. 3.92%, кедра гималайского (*Cedrus deodara* Loud.) 1870 г. 7.93%; платана кленолистного (*Platanus acerfolia* Willd.) 1890 г. 5.54%, дзельквы граболистной (*Zelkova carpinifolia*) 1848 г. и магнолии крупноцветковой (*Magnolia grandiflora* L.) 1847 г. — 7.2 и 9.3%. Почвы фона и БС заметно различаются по показателю $C_{ГК}/C_{ФК}$: в БС образуется в основном органическое вещество гуматного и фульватно-гуматного типа, гуматно-фульватный тип чаще встречается в почвах природных биогеоценозов, а также под посадками секвойядендрона (*Sequoiadendron giganteum*), дзельквы (*Zelkova carpinifolia*), дуба каменного (*Quercus ilex* L.), автор связывает это с биологическими особенностями искусственных насаждений. Реакция почв БС и лесных биогеоценозов преимущественно слабощелочная в слое 0–10 см и щелочная ниже. Отсутствие дифференциации по этому показателю связано с поливом почв бикарбонатно-кальциевыми водами и поступлением в почвенный профиль карбонатных включений: ракушечника и строительного мусора, обломков известняка с вышележащих склонов и из материнской породы при турбациях. Для всех изученных почв характерно невысокое содержание подвижного фосфора. По содержанию подвижного калия почвы значительно различаются: самое высокое содержание подвижного калия отмечено в почве под магнолией крупноцветковой (*Magnolia grandiflora* L.), самое низкое — под кедром гималайским (*Cedrus deodara* Loud.) и платаном кленолистным (*Platanus acerfolia* Willd.). Высокое содержание калия связано с преобладанием в составе почвообразующих пород карбонатных:

на продуктах разрушения известняков в природных почвах содержится 714–802 мг/кг калия, максимальное содержание калия в почвах парковых фитоценозов (945 мг/кг) наблюдается в почвах с наибольшим содержанием карбонатов кальция — 16.34%. Все почвы насыщены основаниями, состав обменных оснований не различается [14].

Субтропические влажные леса. Антропогенная трансформация желтоземов (Acrisols) в условиях Дендрария г. Сочи (создан в 1889 г.) рассмотрена в диссертации Гурова [6]. Природные почвы формируются в области предгорного холмистого рельефа с отдельными хребтами и морскими террасами на глинистых преимущественно делювиальных отложениях, под лесами колхидского типа. Автор подчеркивает быстрое стирание следов механических нарушений в профиле почв благодаря высокой интенсивности почвообразовательных процессов (метаморфизма твердой фазы, элювиального оглеения, перераспределения железа, лессиважа), поэтому диагностика почв производилась зачастую не столько по строению профиля, сколько по наличию артефактов и/или сведениям по истории землепользования.

К наиболее существенному воздействию на желтоземы относится дренаж: в осушенной почве корни растений начинают распространяться в большем объеме, что способствует оструктуриванию исходно преимущественно бесструктурной глинистой массы. Природные желтоземы, желтоземы окультуренные и антропогенные почвы значительно различаются по содержанию гумуса — 4–6%, однако в окультуренных почвах содержание гумуса на глубине остается высоким. В окультуренных желтоземах и насыпных горизонтах реакция среды нейтральная и слабощелочная, в природных почвах преимущественно слабокислая.

Субтропические полупустыни. Трансформация исходных серо-бурых солончаковатых почв (Luvis Gypsisols (Endosalic)) Центрального БС Национальной Академии наук Азербайджана (НАНА, создан в 1945 г.), формирующихся в условиях равнинного рельефа Апшеронского полуострова на продуктах выветривания известняков, песчаников, рассмотрена Хасановым с соавт. [51]. Интродукция растений, орошение и разные агротехнические мероприятия на территории БС привели к формированию гумусового горизонта с зернистокомковатой структурой, мощностью 40–50 см (в природных почвах формируется гумусовый горизонт мощностью до 15 см). Почвы БС содержат больше гумуса и обменных оснований: максимальное содержание гумуса относится к наиболее измененным в ходе окультуривания почвам: grey-brown cultivated urban soils, минимум зафиксирован, соответственно, в grey-brown weakly cultivated urban soils. В окультуренных серо-бурых почвах за счет орошения наблюдается выщелачивание и

перемещение илистой фракции в среднюю часть профиля, вынос легкорастворимых солей. Реакция почв меняется незначительно [51].

Тропические саванны, редколесья и кустарники. Под искусственными насаждениями из представителей тропических лесов Азии и Африки изучены орошаемые почвы БС университета г. Лахор, функционирующего с 1860 г. [60], расположенного в долине р. Инд. Природные почвы, как правило, содержат менее 1% гумуса [61]. По результатам исследования почв БС содержание гумуса в верхнем слое составляет 1.7–5.2%, минимальные значения отмечены на участках без насаждений — на “дикой территории”. Содержание подвижного фосфора колеблется от 30 до 126 мг/кг, минимальными значениями характеризовались почвы под газонами. Содержание фосфора в природных почвах низкое (ниже 9 мг/кг) из-за осаждения фосфора карбонатом кальция в щелочных условиях [61]; содержание калия высокое: 193–651 мг/кг, максимальное отмечено в почвах газонов. Почвы БС имеют слабощелочную-щелочную реакцию — 7.5–8.5, как и природные почвы [60, 61].

Классификация почв ботанических садов

Почвы БС имеют следующие общие свойства: 1) верхние горизонты состоят из насыпного материала, внесенного на верхние или срединные горизонты естественных почв, исходную/техногенную породу; их отличает интенсивная темная прокраска гумусом толщ значительной мощности, хорошая оструктуренность, рыхлость сложения, признаки активной деятельности биоты, относительно небольшое количество антропогенных включений (строительного и бытового мусора); 2) в почвах БС наблюдается увеличение содержания гумуса, сдвиг значений pH в щелочную сторону, повышение содержания подвижных форм фосфора, иногда калия, рост степени насыщенности основаниями, увеличение доли гуминовых кислот по сравнению с фоновыми почвами.

Аналогичные тенденции в изменении химических и морфологических свойств отмечены для старых городских садов [8, 22, 44, 47] и садов древних монастырей [34–36, 49]. От городских почв, почвы садов (городских, монастырских, ботанических) отличает отсутствие сильного подщелачивания, высоких концентраций тяжелых металлов, в крупных городах таежной зоны — техногенного засоления; в почвах садов меньше антропогенных включений, выше степень агрегированности и биологическая активность [5, 28, 30, 33, 52].

Попытки классифицировать почвы садов начали предприниматься в России относительно недавно, из-за отсутствия общепринятой классификации антропогенных почв, хотя особенности

морфологии и химические свойства садовых почв изучались уже давно [8, 36]. В начале 2000-х годов, в связи с разработкой новой классификации почв, а также оригинальных авторских классификаций, предпринимались попытки отделить почвы садов (городских, монастырских, ботанических) от других антропогенно-преобразованных почв.

В отечественных работах в классификации садовых почв можно выделить три направления: 1) использование в названии почв таксонов Классификации и диагностики почв России [17]: агро-почвы, урбистратифицированные почвы (подтипы), агроземы, урбиагрозотоземы [35]; 2) использование терминологии, разработанной М.Н. Строгановой с соавт. для городских почв, в том числе для рассматриваемых объектов – культуроземы, рекреаземы [24, 25, 30, 31, 33]; 3) введение новых классификационных единиц, характеризующие особенные процессы, протекающие в почвах [6].

Наличие разных подходов еще раз подтверждает, что в БС формируются разнообразные почвенные профили, в той или иной мере сочетающие в себе свойства природных, пахотных и городских почв. Следуя правилам классификации почв России, по строению профиля и некоторым свойствам почвы БС можно отнести к агро-почвам, агроземам, агростратоземам (Terric Anthrosols) и урбистратифицированным подтипам [17]. К сожалению, существующие возможности классификации не передают в полной мере дуалистической природы почв БС. Их отнесение к агроземам, допускаемое по ряду диагностических свойств, нельзя считать в полной мере корректным по ряду причин. Антропогенно-измененная часть профиля почв БС не является производной горизонтов естественных почв, как в агроземах. Она образована из привнесенных субстратов; в отличие от агрогоризонтов, гумусовые горизонты почв БС хорошо оструктурены и не имеют характерной плужной подошвы [17].

Первые БС появились в Европе в эпоху Возрождения. Самыми ранними были БС Пизы, основанный в 1543 г., БС Падуи – 1545 г. В России и США БС начали создавать, в основном, в XVIII–XX вв., многие из БС России были созданы в течение последних 50 лет, Китая в последние 20 лет [65]. Наличие большого количества БС в Европе (четверть всех БС), имеющих длительную историю, вероятно, послужило причиной выделения в европейских классификациях специальных таксономических групп, отражающей специфику почв БС.

Первое использование особого наименования для садовых почв можно найти в классификации почв Германии [43]. В ней выделены Hortisols – почвы с горизонтом Ah > 40 см, сформировавшиеся под плодовыми садами в результате внесения

органических удобрений и отходов, глубокой вспашки и высокой активности землероев. В легенду к почвенной карте мира ФАО/ЮНЕСКО Hortisols были включены под названием Fimic Anthrosols [48]. Fimic Anthrosols, в работах китайских почвоведов и в национальной классификации почв – почвы огородов, измененных в результате внесения отходов жизнедеятельности людей и животных, других органических остатков, интенсивной обработки и регулярного орошения [50, 66]. Самыми важными диагностическими характеристиками Fimic Anthrosols считаются накопление органического вещества, обогащение подвижным фосфором, высокая биологическая активность [50]. Эти свойства также рассматриваются в качестве диагностических критериев для садовых почв в WRB. Они выделены внутри реферативной группы Anthrosols (мощность измененной толщи ≥ 50 см), куда входят антропогенные почвы, диагностические горизонты (главные квалификаторы) которых: Hortic, Plaggic, Terric, Pretic, Irragic, Hydragric, отражают различные аспекты глубокой трансформации почв и сформированы в результате длительного сельскохозяйственного использования. Hortic (от лат. hortus, сад) Anthrosols включает почвы, измененные в процессе садоводства. К диагностическим критериям относится наличие темного горизонта (светлота и насыщенность по шкале Манселла во влажном состоянии ≤ 3), с высоким содержанием органического вещества (средневзвешенное содержание $C_{\text{орг}} \geq 1\%$) и обменного фосфора (≥ 100 мг/кг в верхних 25 см), насыщенного основаниями ($\geq 50\%$), с признаками активности почвенных животных ($\geq 25\%$ от объема почвы заняты порами, копролитами и другими следами деятельности педофауны), мощностью более 20 см, формирующийся в результате многолетней обработки почвы, внесения органических и минеральных удобрений и/или органических отходов (навоза, кухонных остатков, компоста). Для горизонта характерны артефакты и археологические находки [54]. Hortic Anthrosols были выделены в ботаническом саду г. Краков [58], в садах г. Торунь [45, 53], Hortisols в почвах городских садов восточной и южной Польши и Верхней Силезии [42]. Исследователи указывают на строгость критериев горизонта hortic в отношении содержания обменного фосфора [44, 45] или следов деятельности почвенной фауны [47]. Поэтому почвы ботанических/городских/монастырских садов классифицируют также с применением квалификаторов Plaggic/Terric [55, 58, 63] внутри нескольких реферативных почвенных групп, соответствующих различным природным почвам или антропогенным почвам – Anthrosols. Дополнительных квалификаторов, отражающих специфику садовых почв в реферативной почвенной группе Anthrosols, всего два: террасированные (Escalic)

и с насыщенным (песчаным, пылеватым, суглинистым и глинистым) горизонтом (Novic). Остальные 30 квалификаторов представляют природные черты почв, такие как гранулометрический состав, кислотность, химизм почвообразующих пород, оглеение и др.

Следуя французскому “Почвенному справочнику” [40], почвы БС также относятся к Антрополюм (мощность измененной толщи ≥ 50 см): трансформированным или реконструированным (Anthroposols Transformés, Anthroposols Reconstitués). Однако выбор квалификаторов для уточнения процессов, связанных с деятельностью человека, которые могут быть использованы в том числе для антропогенно-измененных почв БС, гораздо больше: садовый (hortique), унавоженный (fimique), плаггиковый (plaggique), перемешанный (mélangé), экранированный (scellé), опесчаненный (sablé), террасированный (deterrasses), обогащенный землянистым материалом (à matérieu terreux). Для почв БС, с мощностью антропогенно-измененной толщи менее 50 см, также могут быть использованы квалификаторы мелиорированный (amendé), антропогенно-преобразованный (anthropisé), осушенный (assaini), орошаемый (irrigué), окультуренный (cultivé), удобряемый (fertilisé), гумусовый (humique), содержащий артефакты (à artéfacts) [40]. В результате полное название почвы ботанического или городского сада позволяет дать ее подробную характеристику.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почвы ботанических садов, а также участков городских и монастырских садов, созданных посадками декоративных деревьев и кустарников, сочетают в своих свойствах особенности природных, городских (включения строительного-бытового мусора, подщелачивание, увеличение содержания подвижных форм фосфора, уплотнение) и земельно-дольских почв (увеличение рН, содержания элементов питания за счет внесения органических и минеральных удобрений, рост степени насыщенности основаниями, изменение морфологических свойств верхних горизонтов за счет внесения различных материалов, турбаций, орошения, дренажа). Соотношение этих групп свойств различно и зависит от многих причин: длительности воздействия на почвы – возраста сада, истории землепользования, характера интродуцентов, внесения разных субстратов и удобрений. Тем не менее, во всех БС наблюдается развитие мощного гумусово-аккумулятивного горизонта, оструктуренного и зоогенно переработанного, в некоторых ландшафтах наблюдается формирование нетипичных горизонтов – лесной подстилки в почвах Никитского БС, гумусового горизонта в торфяных почвах БС на о. Большой Соловецкий, карбонатного горизонта в почвах БС НАНА, или, напротив, исчез-

новение горизонтов – выщелачивание солей в полупустынях субтропического климата (БС НАНА), в условиях влажных субтропиков отмечается быстрое стирание морфологических признаков антропогенного воздействия (г. Сочи). Определены также общие тенденции в изменении химических свойств почв БС по сравнению с фоновыми почвами: в почвах БС наблюдается увеличение содержания гумуса, подвижных форм фосфора и калия, показателя рН, рост насыщенности почвенного поглощающего комплекса основаниями, увеличение доли гуминовых кислот.

Внесение удобрений, орошение/осушение, рыхление на разную глубину, внесение субстратов, содержащих зачастую артефакты (строительный и бытовой мусор), возможное загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами, подщелачивание в некоторых случаях и др. не позволяет отнести почвы однозначно к агроземам, либо урбаноземам. В соответствии с правилами классификации почв России, они ближе всего к агропочвам, агроземам, агростратоземам урбистратифицированного подтипа. Специфику почв БС можно отразить, используя зарубежные классификации (WRB, Référentiel pédologique), в которых для антропогенных почв предусмотрен большой набор квалификаторов, отражающих вещественный и гранулометрический состав, химические и морфологические свойства садовых почв.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Автор выражает искреннюю признательность за ценные замечания и помощь в подготовке статьи научному руководителю профессору М.И. Герасимовой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агапкина Г.И., Бродский Е.С., Шелепчиков А.А., Фешин Д.Б. Приоритетные органические загрязнители в почве дендропарка Ботанического сада МГУ им. М.В. Ломоносова // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17, почвоведение. 2015. № 4. С. 49–55. <https://doi.org/10.3103/S014768741504002X>
2. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Почвенный покров Санкт-Петербурга: “Из тьмы лесов и топи благов” к современному мегаполису // Биосфера. 2013. Т. 5. № 3. С. 327–352.
3. Вадковская О.А. Почвы Главного Ботанического сада АН СССР // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1955. Т. 46. С. 78–135.
4. Верба М.П., Ямнова И.А., Сиземская М.Л. Эволюция свойств темноцветных почв больших палин Северного Прикаспия под массивными лесными насаждениями // Почвоведение. 2005. № 11. С. 1297–1309.
5. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы. Генезис,

- география, рекультивация. М.: Ойкумена, 2003. 270 с.
6. *Гуров И.А.* Желтоземы древних морских террас в районе Сочи. Дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2011. 198 с.
 7. *Добровольский Г.В., Никитин Е.Д.* Экологические функции почвы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 136 с.
 8. *Долотов В.А., Пономарева В.В.* К характеристике почв Ленинградского Летнего сада // Почвоведение. 1982. № 9. С. 134–138.
 9. *Елисеева М.В., Галактионова Л.В., Воропаев С.Б., Елисеев С.А., Кусмухамбетова А.Г., Калабкина А.И., Зайнагабдинова З.И.* Морфология и структурно-агрегатное состояние почв Ботанического сада Оренбургского государственного университета // Вестник Оренбургского гос. ун-та. 2013. № 10(159). С. 257–260.
 10. *Ермолаева Л.С., Строкина Н.В.* Тяжелые металлы в почвах и растениях ботанического сада Самарского госуниверситета // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2007. № 4(22). Т. 16. С. 784–793.
 11. *Зонн С.В.* Взаимодействия и взаимовлияния лесной растительности с почвами // Почвоведение. 1956. № 7. С. 80–91.
 12. *Зонн С.В.* Влияние леса на почву. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 160 с.
 13. *Каваленова Л.М., Вандышева Е.А., Розно С.А.* Влияние древесных интродуцентов на некоторые показатели почвы в условиях дендрария ботанического сада // Самарская Лука. 2008. Т. 17. № 2(24). С. 407–415.
 14. *Казмирова Р.Н.* Почвы и парковые фитоценозы Южного берега Крыма. К.: Аграрна наука, 2005. 183 с.
 15. *Карпачевский Л.О.* Лес и лесные почвы. М.: Лесная промышленность, 1981. 264 с.
 16. *Карпачевский Л.О.* Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 312 с.
 17. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
 18. *Королев В.А., Парахневич Т.М.* Почвы Ботанического сада ВГУ // Проблемы интродукции и экологии Центрального Черноземья: Сб. науч. тр. Воронеж, 1997. С. 62–64.
 19. *Красильников П.В., Платонова Е.А.* Почвы заповедной территории Ботанического сада ПЕТРГУ // Hortus Botanicus. 2001. № 1. С. 34–41.
 20. *Лукина Н.В., Орлова М.А., Казакова А.И., Бахмет О.Н., Тихонова Е.В., Тебенкова Д.Н., Крышень А.М., Горнов А.В., Смирнов В.Э., Шапков М.П.* Влияние растительности на характеристики лесных почв Республики Карелия // Почвоведение. 2019. № 7. С. 827–842. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19050071>
 21. *Лысак Л.В., Лапыгина Е.В.* Разнообразие бактериальных сообществ городских почв // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1108–1114. <https://doi.org/10.1134/S0032180X18090071>
 22. *Матинян Н.Н., Бахматова К.А., Коренцевит В.А.* Почвы Летнего сада (Санкт-Петербург) // Почвоведение. 2017. № 6. С. 643–651. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17060065>
 23. *Мясникова М.А., Черникова М.П., Казеев К.Ш., Ермолаева О.Ю., Колесников С.И., Козунь Ю.С., Акименко Ю.В., Яровая Е.В.* Биологические особенности черноземов залежей Ботанического сада ЮФУ // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 104(10). 12 с.
 24. *Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матинян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.Е.* Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1155–1164.
 25. *Раппопорт А.В.* Антропогенные почвы городских ботанических садов (на примере Москвы и Санкт-Петербурга). Дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 152 с.
 26. *Раппопорт А.В., Лысак Л.В., Марфенина О.Е., Рахлеева А.А., Строганова М.Н., Терехова В.А., Митрофанова Н.В.* Актуальность проведения почвенно-экологических исследований в ботанических садах (на примере Москвы и Санкт-Петербурга) // Бюл. Моск. о-ва испытателей. 2013. Т. 118. Вып. 5. С. 45–56.
 27. *Ржезникова Н.Ю., Быков А.В., Линдеман Г.В.* Зоогенный перенос азота в искусственных лесных насаждениях и его перераспределение по почвенному профилю // Почвоведение. 1992. № 9. С. 79–87.
 28. *Розанова М.С., Прокофьева Т.В., Лысак Л.В., Рахлеева А.А.* Органическое вещество почв Ботанического сада МГУ им. М.В. Ломоносова на Ленинских Горах // Почвоведение. 2016. № 9. С. 1079–1092. <https://doi.org/10.7868/S0032180X16090124>
 29. *Сиземская М.В.* Современный этап эволюции и трансформация почв полупустыни Северного Прикаспия при лесомелиоративном воздействии: Автореферат дис. ... докт. биол. наук. М., 2011. 50 с.
 30. *Скворцова И.Н., Раппопорт А.В., Прокофьева Т.В., Андреева А.Е.* Биологические свойства почв филиала ботанического сада МГУ // Почвоведение. 2006. № 7. С. 861–869.
 31. *Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В.* Городские почвы: генезис, классификация, функции // Почва. Город. Экология. М., 1997. С. 15–85.
 32. *Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В., Скворцова И.Н.* Почвы Москвы и экология города. М.: ПАИМС, 1998. 166 с.
 33. *Строганова М.Н., Раппопорт А.В.* Антропогенные почвы ботанических садов крупных городов южной тайги // Почвоведение. 2005. № 9. С. 1094–1101.
 34. *Урусевская И.С., Матинян Н.Н.* Антропогенно-преобразованные почвы островных монастырей таежно-лесной зоны России // Почвоведение. 2005. № 9. С. 1069–1079.
 35. *Урусевская И.С., Матинян Н.Н.* Антропогенно-преобразованные почвы островных средневековых монастырей таежно-лесной зоны России. М.: ГЕОС, 2014. 244 с.
 36. *Урусевская И.С., Соловьева-Волынская Т.В., Таргульян В.О.* Антропогенные почвы острова Валаам // Почвоведение. 1989. № 11. С. 36–47.

37. Уткина О.И. Загрязнение тяжелыми металлами почв Ботанического сада ЮФУ // Успехи современного естествознания. 2011. № 8. С. 220–221.
38. Физико-географический атлас мира. М.: Академия наук СССР и Главное управление геодезии и картографии ГГК СССР, 1964. 298 с.
39. Химический анализ почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 272 с.
40. Baize D., Girard M.C. Référentiel pédologique. 2008. AFES, Association française pour l'étude du sol. Versailles, France: Éditions Quæ, 2009. 405 p.
41. Behr C.M., Bredenkamp G.J. A phytosociological classification of the Witwatersrand National Botanical Garden // S. Afr. J. Bot. 1988. № 54(6). P. 525–533.
42. Bielinska E., Kolodziej B., Sugier D. Relationship between organic carbon content and the activity of selected enzymes in urban soils under different anthropogenic influence // J. Geochem. Exploration. 2013. № 129. P. 52–56.
<https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.10.019>
43. Blume H.P. Classification of soils in urban agglomerations // Catena. 1989. V. 16. P. 269–275.
[https://doi.org/10.1016/0341-8162\(89\)90013-1](https://doi.org/10.1016/0341-8162(89)90013-1)
44. Charzynski P., Bednarek R., Hudanska P., Switoniak M. Issues related to classification of garden soils from the urban area of Torun, Poland // Soil Science Plant Nutrition. 2018. V. 64. № 2. P. 132–137.
<https://doi.org/10.1080/00380768.2018.1429833>
45. Charzynski P., Hulisz P., Bednarek R. Technogenic Soils of Poland. Torun, 2013. 358 p.
46. Da Silva L.F., Nascimento P.C., Inda A.V., Silva E.R. Soil variability in different landscape positions in the Porto Alegre Botanical Garden, Southern Brazil // Ciênc. Agrotec., Lavras. 2015. V. 39. № 5. P. 477–487.
<https://doi.org/10.1590/S1413-70542015000500006>
47. Delgado R., Martin-Garcia J.M., Calero J., Casares-Porcel M., Tito-Rojo J. The historic man-made soils of the Generalife garden (La Alhambra, Granada, Spain) // Eur. J. Soil Sci. 2007. № 58. P. 215–228.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2006.00829.x>
48. FAO-UNESCO. Soil map of the world: Revised Legend. World Soil Resources Report 60. FAO: Rome, 1988.
49. Gasiorek M., Niemyska-Lukaszuk J. Resources and fractional composition of humus in soils of convent gardens of Cracow // Polish J. Soil Sci. 2008. V. 41. P. 1–11.
50. Gong Z., Zhang G., Luo G. Diversity of Anthrosols in China // Pedosphere. 1999. № 9. P. 193–204.
51. Hasanov V.H., Mammadova S.Z., Alieva P.V. Ecological-genetically peculiarities and diagnostics of the cultivated urban soil in the Central Botanical Garden of NAS of Azerbaijan // Annals Agrarian Sci. 2017. № 15. P. 75–79.
<https://doi.org/10.1016/j.aasci.2017.02.008>
52. Howard J.L. Anthropogenic Soils. Amsterdam: Springer International Publishing, 2017. 231 p.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-54331-4>
53. Hulisz P., Charzynski P., Greinert A. Urban soil resources of medium-sized cities in Poland: a comparative case study of Torun and Zielona Gora // J. Soils Sediments. 2018. V. 18. Iss. 2. P. 358–372.
<https://doi.org/10.1007/s11368-016-1596-x>
54. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 192 p.
55. Krupski M., Kabala C., Sady A., Gliniski R., Wojcieszak J. Double- and triple-depth digging and Anthrosol formation in a Medieval and modern-era city (Wroclaw, SW Poland). Geoarchaeological research on past horticultural practices // Catena. 2017. № 153. P. 9–20.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.01.028>
56. Lam C.K.C. Landscape variability of Melbourne's botanical gardens and visitor thermal comfort. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy at Monash University. Melbourne. 2016. 205 p.
57. Munnik M.E. Soils of the Transvaal Botanic Garden // Veld & Flora. 1985. P. 51–53.
58. Musielok L., Drewnik M., Stolarczyk M., Gus M., Bartkowiak S., Kozyczkowski K., Lasota J., Motak A., Szczechowska K., Watly M. Rates of anthropogenic transformation of soils in the Botanical Garden of Jagellonian University in Krakow (Poland) // Catena. 2018. V. 170. P. 272–282.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.06.023>
59. Orecchio S. Contamination from polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the soil of a botanical garden localized next to a former manufacturing gas plant in Palermo (Italy) // J. Hazardous Materials. 2010. V. 180. P. 590–601.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.04.074>
60. Rizwan S.T., Hayyaat U.M., Farooq S.T. Assessment of Fertility Status of Soil of Botanical Garden, GC University, Lahore // Biologia (Pakistan). 2013. V. 59. № 2. P. 275–280.
61. Shaheen A. Characterization of Eroded Lands of Pothwar Plateau, Punjab, Pakistan // Sarhad J. Agriculture. 2016. V. 32. № 3. P. 192–201.
<https://doi.org/10.17582/journal.sja/2016.32.3.192.201>
62. Technical report on the detailed soil survey of Royal Botanical Garden, Serbithang. 2000. 27 p.
63. Vissac C. Study of a historical garden soil at the Grand-Pressigny site (Indre-et-Loire, France): evidence of landscape management // J. Cultural Heritage. 2005. V. 5. P. 61–67.
<https://doi.org/10.1016/j.culher.2004.07.002>
64. Wycherley P.R. The Singapore Botanic Gardens and rubber in Malaya // Gardens bulletin, Singapore. 1959. V. 17. P. 175–186.
65. Wyse Jackson P., Sutherland L.A. Role of Botanic Gardens // Encyclopedia of Biodiversity. 2013. V. 6. P. 504–521.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.02046-X>
66. Zhang M., Ma L., Wenqing L., Chen B., Jia J. Genetic characteristics and taxonomic classification of Fimic Anthrosols in China // Geoderma. 2003. V. 115. P. 31–44.
[https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00073-9](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00073-9)
67. URL: <http://oopt.aari.ru/>. ИАС “ООПТРФ”. Дата обращения: 01.07.2019.

Anthropogenic Soils of Botanical Gardens (Review)

V. I. Chupina*

Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991 Russia

**e-mail: ya.valentina-gav@yandex.ru*

The article contains a review of publications on soils of botanical gardens, which are formed in different landscape conditions, and approaches to their classification, in particular. Researchers of soils of botanical gardens note the transformation of the soil profile — emergence of new atypical horizons and properties, the strengthening or weakening of the initial soil processes; in case of intensive soil formation, on the contrary, there is a rapid disappearance of anthropogenic features. Within one landscape zone and one botanical garden, the differences in the duration of impact on the soil, in the land use history, impact of introduced plants, nature of agricultural activities cause a significant differentiation of soil properties. However, general patterns in changing the chemical properties of soils of botanical gardens relative to their natural background were identified: (1) increase in the humus content, relative intensity of humus accumulation is maximum in the soils of the northern territories (Bolshoy Solovetsky Island and St. Petersburg), minimum differences are observed in soils of Mediterranean and humid subtropics; (2) increase in the proportion of humic acids; (3) shift of pH values to the alkaline ones, especially in the forest soils of the temperate and subtropical zones; (4) increase in base saturation; (5) increase of the relative content of the main plant nutrients (phosphorus, sometimes potassium). The variety of factors of anthropogenic influence in botanical gardens determined a variety of approaches to soil classification. The creation of conditions suitable for the growth of introduced plant species in the urban environment forms special soil profiles. They combine properties of agrogenic soils (due to the application of fertilizers, loosening), some properties of urban soils (occurrence of artifacts) and the natural ones. According to the rules for the classification of soils in Russia, the soils of botanical gardens can be qualified for the agro-natural soils, agrozems and agrostratozems at the level of type and urbi-stratified subtypes of these and other soils.

Keywords: agro-natural soils, agrozems (Anthrosols), agrostratozems (Terric Anthrosols), urbi-stratified soils, recreazems, kulturozems, Hortic Anthrosols, zonal features