

## Мониторинг физического состояния городских почв в связи с проблемами озеленения

Н. С. ШИХОВА

*Биолого-почвенный институт ДВО РАН  
690022 Владивосток, просп. Столетия Владивостока, 159*

### АННОТАЦИЯ

Изучены плотность сложения скелета и твердой фазы, общая порозность и соотношение водно-воздушного пространства почв г. Владивостока. Анализируемые параметры рассмотрены в зависимости от типа городских насаждений и связанной с ними степени урбанизации и измененности почв. Установлены наиболее значимые по соотношению водно-воздушного пространства и плотности почвы отличия городских почв от их природных аналогов. В связи с необходимостью оптимизации условий произрастания зеленых насаждений в урбоэкосистемах Владивостока рекомендуется восстановить физические параметры городских почв, приблизив их к фоновым уровням.

В связи с современными процессами урбанизации, охватывающими около 1 % площади Земли и более 70 % ее населения, и вызванными ими острыми экологическими проблемами задачи оптимизации городской среды становятся весьма актуальными. Об этом свидетельствует пристальное внимание к ним мирового ученого сообщества. Заметно возрос в последние десятилетия интерес к проблемам урбоэкологии и в России.

В настоящей работе представлены результаты выполненного в 1998–2000 гг. площадного обследования почв г. Владивостока, являющегося составной частью многолетних комплексных работ по оценке состояния растительности и почв селитебной и лесопарковой территорий города, проводимых лабораторией лесоведения БПИ ДВО РАН. Исследования показали, что жизненное состояние большинства древесно-кустарниковых видов и насаждений города соответствует категории в разной степени ослабленных [1–3]. Одной из возможных причин этого могло стать экологическое состояние почв, в том числе их физические и водно-физические

свойства, зачастую претерпевающие в условиях урбоэкосистем существенные изменения.

Известно, что городские почвы в своем абсолютном большинстве – это искусственные образования, существенно отличающиеся от природных аналогов. Урбаноземам и урботехноземам, по данным почвоведов МГУ [4], свойственны деформированная структура и особый порядок расположения горизонтов, высокая щебнистость, низкое содержание органического материала, что ведет к уменьшению водоустойчивости структуры и сжатию порового пространства. Для них характерна также переуплотненность поверхностных слоев, обусловленная высокими антропогенными нагрузками. Неблагоприятные физические и водно-физические почвенные условия ухудшают питание растений и препятствуют нормальному развитию корневой системы городских насаждений, что отражается на их габитусе, жизнеспособности, функциональных свойствах и декоративности.

Почвы селитебной зоны г. Владивостока также представлены в основном искусствен-

ными почво-грунтами или в разной степени антропогенно-преобразованными естественными буроземного типа. Последние сохранились в парках и старых городских садах, заложенных в начале XX в. (по принятой нами классификации – “сады-скверы”), а также во внутригородских рекреационных лесах – “островных“, небольших по площади облеженных участках, оставшихся от природных фитоценозов в ходе застройки территории. Все городские парки также сформированы на основе природных лесов путем их реконструкции и подсадки древесно-кустарниковых пород. В лесопарковой зоне доминируют бурые горно-лесные в разной степени гумусированные и бурые лесные оподзоленные почвы [5].

Пробы отобраны на 175 ранее заложенных пробных площадях, охватывающих все жилые районы и типы городских насаждений селитебной зоны г. Владивостока, а также природные фитоценозы лесопарковой (зеленой) зоны его пригородов, служивших в исследованиях местным фоном. Последние по степени нарушенности и интенсивности рекреационных нагрузок условно подразделены на приграничные, непосредственно примыкающие к жилым микрорайонам, и типичные лесопарковые насаждения, удаленные в зависимости от характера рельефа, густоты дорожно-тропиночной сети и посещаемости людьми на 5–10 км и более от зоны основной городской застройки.

Природные леса окрестностей Владивостока, образованные большей частью дубняками из дуба монгольского (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.), занимают до 70 % территории Владивостокского лесхоза. Фрагментарно представлены чернопихтово-широколиственные с грабом, кедрово-широколиственные и ильмово-ясеневые леса. В городских же насаждениях доминируют *Fraxinus mandshurica* Rupr. (все типы насаждений), *Ulmus japonica* (Rehd.) Sarg. (сады-скверы, скверы, внутриквартальное озеленение), *Betula platyphylla* Sukacz. (скверы, аллеи, внутриквартальное озеленение), *Robinia pseudoacacia* L. (внутриквартальное озеленение), *Acer negundo* L. (сады-скверы, скверы). Парковые сообщества сложены в основном из *Carpinus cordata* Blume, *Fraxinus rhynchophylla* Hance,

*F. mandshurica*, *Q. mongolica*, *Acer mono* Maxim., *A. pseudosieboldianum* (Pax) Kom.

Физические параметры почв (плотность скелета и твердой фазы, общая порозность, естественная влажность) изучали общепринятыми методами [6–8]. Для анализа отбирали образцы из поверхностных слоев (1(2)–7 см) в 6–10-кратной повторности способом вдавливания стандартных алюминиевых бюксов. Перед взятием пробы самые верхние аэротехногенные и замусоренные слои почвы городских насаждений зачищали, как и подстилку в пригороде. Все полученные данные в дальнейшем обработаны методами математической статистики и объединены по типам насаждений, которые отличаются между собой, порой весьма существенно, по уровню и характеру антропогенных и техногенных нагрузок – количеству пешеходов и отдыхающих горожан, числу/ед. времени проезжающего автотранспорта и др. С этими факторами тесно связаны степень задерненности и выбитости напочвенного покрова, густота стихийно проложенных троп, запыленность и загазованность среды, механические и прочие повреждения растений и т. п. То есть типы насаждений в той или иной мере могут характеризовать современное экологическое состояние урбозкосистем. Так, например, все искусственные городские посадки по степени возрастания антропогенно-техногенного пресса можно расположить в следующий ранжированный ряд: скверы – внутриквартальное озеленение – аллеи – посадки. В пригородной зоне более высоким рекреационным нагрузкам подвержены фитоценозы приграничного лесопарка.

Исследования показали, что плотность сложения поверхностных слоев почв в рассматриваемых условиях изменяется от 0,40 до 1,18 г/см<sup>3</sup> (табл. 1), причем в почвах лесопарковой зоны размах варьирования этого параметра (0,40–0,88 г/см<sup>3</sup>) несколько ниже, а общая вариабельность (20,9 %) выше, чем в городских (0,41–1,18 г/см<sup>3</sup> и 17,0 %). Если же принять во внимание не только рассчитанные для пробных площадей среднестатистические значения, но и объемную массу составляющих их индивидуальных проб, то пределы варьирования плотности сложения возрастут от 0,30 до 1,39 г/см<sup>3</sup> почвы, а ва-

## Основные физические параметры верхнего слоя почв городских насаждений г. Владивостока

Тип насаждения	<i>n</i>	<i>M</i>	$\pm t$	$\pm \delta$	min	max	<i>V, %</i>
<i>Плотность сложения, г/см<sup>3</sup></i>							
Аллеиные посадки	10	0,781	0,068	0,215	0,41	1,18	27,5
Скверы	17	0,839	0,021	0,087	0,72	1,03	10,3
Внутриквартальное озеленение	19	0,812	0,039	0,170	0,54	1,09	21,0
Сады-скверы	11	0,822	0,023	0,076	0,69	0,95	9,3
Городские парки	15	0,740	0,027	0,104	0,57	0,93	14,1
Внутригородские рекреационные леса	5	0,781	0,043	0,096	0,66	0,87	12,3
Насаждения селитебной зоны	77	0,799	0,015	0,136	0,41	1,18	17,0
Приграничный лесопарк	11	0,600	0,043	0,141	0,40	0,88	23,6
Типичный лесопарк	7	0,514	0,014	0,037	0,47	0,56	7,2
Насаждения лесопарковой зоны	18	0,566	0,028	0,119	0,40	0,88	20,9
Среднее по выборке	95	0,755	0,016	0,161	0,40	1,18	21,3
<i>Плотность сложения твердой фазы, г/см<sup>3</sup></i>							
Аллеиные посадки	45	2,227	0,026	0,174	1,89	2,71	7,8
Скверы	21	2,313	0,031	0,144	2,00	2,53	6,2
Внутриквартальное озеленение	35	2,251	0,027	0,160	1,92	2,53	7,1
Сады-скверы	11	2,401	0,028	0,093	2,24	2,57	3,9
Городские парки	15	2,399	0,025	0,097	2,21	2,59	4,0
Внутригородские рекреационные леса	11	2,341	0,059	0,194	2,03	2,67	8,3
Насаждения селитебной зоны	138	2,288	0,014	0,166	1,89	2,71	7,3
Приграничный лесопарк	30	2,182	0,053	0,290	1,36	2,62	13,3
Типичный лесопарк	34	2,250	0,040	0,232	1,74	2,58	10,3
Насаждения лесопарковой зоны	64	2,218	0,033	0,261	1,36	2,62	11,8
Среднее по выборке	202	2,266	0,014	0,203	1,36	2,71	9,0
<i>Порозность общая, %</i>							
Аллеиные посадки	10	68,353	1,827	5,779	60,39	78,65	8,5
Скверы	17	64,399	0,746	3,074	58,15	68,45	4,8
Внутриквартальное озеленение	19	65,888	1,455	6,344	56,76	76,72	9,6
Сады-скверы	11	65,580	0,867	2,876	61,20	70,63	4,4
Городские парки	15	69,263	1,044	4,043	62,49	76,61	5,8
Внутригородские рекреационные леса	5	67,917	1,268	2,836	64,56	71,32	4,2
Насаждения селитебной зоны	77	66,625	0,550	4,824	56,76	78,65	7,2
Приграничный лесопарк	11	73,942	1,534	5,088	64,61	81,28	6,9
Типичный лесопарк	7	76,618	0,486	1,286	74,61	78,62	1,7
Насаждения лесопарковой зоны	18	74,982	0,989	4,197	64,61	81,28	5,6
Среднее по выборке	95	68,208	0,588	5,731	56,76	81,28	8,4
<i>Отношение водной и воздушной фаз почвы</i>							
Аллеиные посадки	10	0,69	0,14	0,44	0,2	1,7	64,5
Скверы	17	0,65	0,06	0,25	0,4	1,3	38,8
Внутриквартальное озеленение	19	0,75	0,08	0,34	0,3	1,3	44,9
Сады-скверы	11	0,98	0,24	0,78	0,4	2,5	79,8
Городские парки	15	1,73	0,25	0,98	0,6	4,5	56,5
Внутригородские рекреационные леса	5	1,09	0,13	0,30	0,9	1,6	27,3
Насаждения селитебной зоны	77	0,97	0,08	0,70	0,2	4,5	72,1
Приграничный лесопарк	11	1,54	0,30	1,00	0,4	3,9	64,8
Типичный лесопарк	7	1,53	0,26	0,69	0,8	2,7	45,4
Насаждения лесопарковой зоны	18	1,54	0,20	0,87	0,4	3,9	56,6
Среднее по выборке	95	1,07	0,08	0,76	0,2	4,5	70,9

риабельность по пробным площадям составил 4,9–43,5 %. Все крайние значения при этом отмечены в почвах селитебной зоны города.

Средняя по выборке плотность поверхностного слоя почвы составляет 0,755 г/см<sup>3</sup> и в зависимости от типа насаждения изменяется от 0,514 г/см<sup>3</sup> в типичном лесопарке до 0,839 г/см<sup>3</sup> в скверах. Среди городских насаждений несколько меньшей плотностью отличаются естественные и естественно-антропогенные слабо поверхностно-преобразованные почвы городских парков. В целом же степень уплотнения поверхностных слоев почвы в городских зеленых насаждениях возрастала в ряду:

	г/см <sup>3</sup> почвы
городские парки	0,740
внутригородские рекреационные леса	0,781
аллейные посадки	0,781
внутриквартальное озеленение	0,812
сады-скверы	0,822
скверы	0,839

Хотя искусственные урбаноземы аллейных посадок по среднестатистическим значениям плотности сложения оказались близки естественным почвам внутригородских рекреационных лесов, тем не менее существенно отличались от них высокой вариабельностью рассматриваемого параметра как по предельным значениям, так и по коэффициенту вариации выборки. Интервал варьирования для первых составил 0,77 г/см<sup>3</sup>, коэффициент вариации – 27,5 %, для вторых – 0,22 г/см<sup>3</sup> и 12,3 % соответственно.

Среднестатистические значения плотности сложения почвы для селитебной зоны города превышали фоновые уровни этого параметра, соответствующие почвам лесопарка, в 1,4 раза. При этом несколько большим было превышение для почв скверов – в 1,5 раза и меньшим – для почв городских парков – в 1,3 раза. Оценка достоверности разности средних значений показателя плотности сложения почв для селитебной и пригородной зон города, выполненная с помощью критерия Стъюдента (*t*) [9], подтвердила достоверность их отличия на 0,1%-м уровне существенности.

Полученные нами данные оказались схожими с имеющимися в литературе сведениями по зональным почвам Среднего и Юж-

ного Сихотэ-Алиня. Так, в работе А. Н. Прилуцкого [10] для поверхностных горизонтов почв дубняков Приморья приводятся значения плотности, варьирующей в зависимости от типа дубняка в пределах 0,76–0,89 г/см<sup>3</sup>. Подобные растительные сообщества доминируют в пригородной зоне г. Владивостока, однако полученные нами данные свидетельствуют о меньшей плотности их гумусовых горизонтов, а вот плотность почв селитебной зоны вполне соответствует вышеназванным значениям. При сравнении же наших данных с аналогичными для бурых лесных почв под хвойно-широколиственными лесами Уссурийского заповедника, как наиболее близко расположенного к изучаемой территории регионального фонового стандарта, наблюдаются схожие закономерности по ряду показателей. Размах варьирования плотности их поверхностных горизонтов также весьма существенный: 0,37–1,19 г/см<sup>3</sup> с максимумом в аллювиально-бурых почвах под долинными широколиственно-кедровыми лесами, а в наиболее типичных зональных условиях значения этого параметра составляют 0,69–0,81 г/см<sup>3</sup> [11–14], что также весьма близко плотности сложения городских почв.

Однако при оценке параметра плотности почв как показателя уровня рекреационных нагрузок на экосистему в целом и растительность в частности полученные результаты менее оптимистичны и, согласно исследованиям А. П. Добрынина [15], свидетельствуют о существенном рекреационном прессе, испытываемом зелеными насаждениями Владивостока. В соответствии с разработанной автором шкалой по определению стадий рекреационных дигрессий дубовых лесов южной части российского Дальнего Востока, при плотности сложения поверхностных слоев почвы 0,7–0,9 г/см<sup>3</sup> насаждения находятся на границе устойчивости, что соответствует II стадии дигрессии. Вероятно, этой стадии рекреационных нарушений почв и растительности соответствует большинство исследованных городских насаждений, что вполне согласуется и с полученными нами ранее результатами по диагностике жизненного состояния растительности г. Владивостока. На I стадии рекреационной дигрессии (нормально развивающиеся насаждения), по данным

вышеназванного автора, плотность составляет 0,5–0,7 г/см<sup>3</sup>, на III стадии (деградированное насаждение) – 0,8–1,0, на тропях – до 1,2 г/см<sup>3</sup>.

Для рекреационных дерново-подзолистых почв Европейской России приводятся несколько иные стадии и градации по степени уплотнения [16]: 0,6–0,7 г/см<sup>3</sup> – ненарушенные почвы; 0,8–0,9 г/см<sup>3</sup> – I стадия, 1,0–1,1 г/см<sup>3</sup> – II стадия, свыше 1,1 г/см<sup>3</sup> – III стадия нарушений.

К сожалению, в литературе крайне мало данных по физическому состоянию городских почв. В монографии [4] авторы приводят следующие значения плотности сложения почв Москвы: естественные дерново-подзолистые почвы лесопарка – 1,10 г/см<sup>3</sup>; урбаноземы Юго-Западного округа – 0,74–1,23 г/см<sup>3</sup>; урбаноземы центра Москвы – 1,17–1,47 г/см<sup>3</sup>. В. Д. Зеликов [17] указывает для поверхностных (до 7 см) слоев почвы Москвы и ее зеленого пояса следующие средние величины плотности: 1,55 г/см<sup>3</sup> – городская стройплощадка, 1,24 г/см<sup>3</sup> – парки, 1,20 г/см<sup>3</sup> – лесопарк, 1,03 г/см<sup>3</sup> – природный лес.

Плотность сложения твердой фазы почвы зависит от минерального и гранулометрического состава, величины и соотношения образующих ее агрегатов, а также от содержания органического вещества. В природных условиях величина эта стабильна и мало варьирует у различных типов почв. Проведенные исследования показали, что и для городских почв эти закономерности остаются в силе, несмотря на существенную разнородность их состава, особенно характерную для типичных урбаноземов. Среднестатистическое значение плотности сложения твердой фазы почв по выборке составляло (2,266 ± 0,014) г/см<sup>3</sup>; пределы варьирования: 1,36–2,71 г/см<sup>3</sup>; коэффициент вариации – 9,0 % (см. табл. 1). И даже вариабельность внутри пробных площадей была гораздо ниже, чем для остальных рассматриваемых физических величин: плотность по индивидуальным образцам изменялась от 1,19 до 2,87 г/см<sup>3</sup>, коэффициент вариации по пробным площадям – от 1,0 до 23,5 %. Интересно отметить, что почвы пригородной зоны оказались даже более разнокачественными по плотности сложения, чем городские, что, ве-

роятнее всего, связано с особенностями их гумусовых горизонтов и высокой пронизанностью корневыми системами растений. Плотность сложения твердой фазы почв городских насаждений возрастала в ряду:

	г/см <sup>3</sup>
аллейные посадки	2,227
внутриквартальное озеленение скверы	2,251
внутригородские рекреационные леса	2,341
городские парки	2,399
сады-скверы	2,401

Полученный ряд отразил, на наш взгляд, влияние на качественный состав городских почв комплекса факторов, главными из которых в данном случае являются следующие: уровень рекреационных и техногенных нагрузок, количество органического вещества и организация ухода за насаждениями. Поверхностный слой почв аллейных посадок оказался наименее уплотненным в связи с тем, что часто опесчанен (особенно посадки около центральных магистралей) и более дифференцирован по механическому составу. Почвы, как правило, содержат в своих верхних горизонтах достаточное количество органического вещества. Помимо того, в ходе культуртехнических мероприятий в аллейные посадки периодически подсыпается торф или почвенная смесь из торфа и гумусовых горизонтов естественных почв. Из остальных насаждений таким мероприятиям подвергаются время от времени лишь типичные скверы.

Городские насаждения, созданные на основе естественных, характеризуются более высокой плотностью подстилающих их почв. Всем им присущи высокие рекреационные и антропогенные нагрузки, значительная уплотненность поверхностных горизонтов и отсутствие какого-либо ухода как за насаждениями, так и за почвами. Особенно это проявляется в старых садах, которые в настоящее время по размерам больше напоминают скверы. Их почвы в наибольшей степени были когда-то окультурены, в последние же десятилетия они запущены. Кроме того, находясь в центральной части города, они испытывают мощный антропогенно-техногенный пресс. Сравнительный математический анализ подтвердил значимость различий (5%-й

и выше уровень существенности) по плотности сложения твердой фазы почв между парками и садами – с одной стороны, и насаждениями аллейных посадок, внутриквартального озеленения и скверов – с другой.

Выделившиеся по плотности сложения твердой фазы поверхностного слоя почв две группы городских насаждений отличались и по характеру вариационных кривых и построенным для сравниваемых типов насаждений частотам встречаемости (см. рисунок). Наибольшие эксцесс (0,86) и асимметрию (-1,13) имеет выборка, соответствующая почвам скверов. Значительная островершинность кривой распределения отмечена также для почв внутриквартального озеленения (эксцесс +0,59) и аллейных посадок (эксцесс + 0,52). Для последних характерна также небольшая положительная асимметрия (+0,28). Сравнение частот встречаемости взвешенных рядов по критерию Колмогорова–Смирнова [18] позволило установить удовлетворительное совпадение частот эмпирического ряда с частотами нормальной кривой распределения для всех сравниваемых выборок.

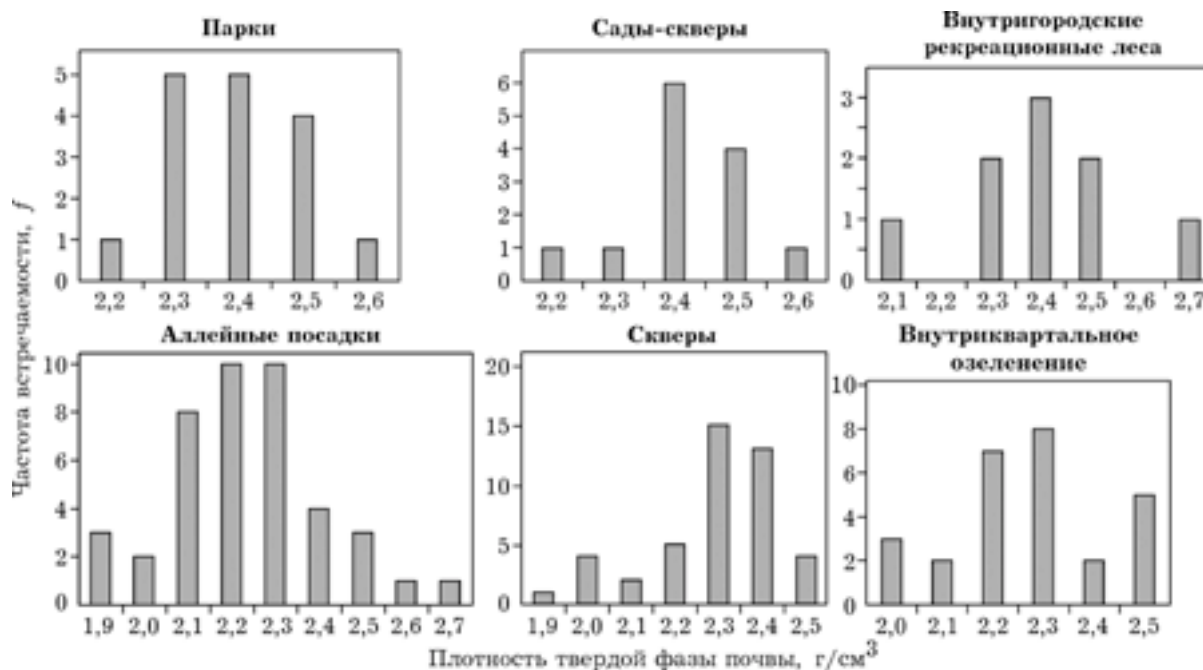
Превышения плотности сложения твердой фазы поверхностного слоя почв под городскими насаждениями относительно местного

фоновому уровню весьма незначительны и составляют 1,01 раза (почвы внутриквартального озеленения) – 1,08 раза (городские парки и сады-скверы).

Поверхностный слой почв лесопарковой и селитебной зон слабо отличается и по среднестатистическим значениям плотности сложения твердой фаз:  $t = 1,95$  при  $t_{st} = 1,97$  (5%-й уровень существенности).

Приводимые в литературе регионально-фоновые значения рассматриваемого параметра для верхних слоев естественных почв соответствуют 1,93–2,62 г/см<sup>3</sup>, в наиболее типичных зональных условиях – 2,27–2,50 г/см<sup>3</sup> [11–14]. В урбанизованных центрах Москвы плотность твердой фазы почв варьирует, по данным М. Н. Строгановой с соавторами [4], от 2,47 до 2,73 г/см<sup>3</sup>.

С двумя первыми почвенными параметрами функционально связана *общая порозность* (пористость) почвы – суммарный объем пор или пустот в единице объема почвы, выраженный в процентах. Размеры и формы пор зависят от гранулометрического состава, структуры почвы, от взаиморасположения образующих ее структурных отдельных частей. Она определяет важные водно-физические свойства и аэрацию.



Гистограммы распределения частот встречаемости значений плотности сложения твердой фазы почвы для разных типов городских насаждений.

Из табличных данных (см. табл. 1) видно, что порозность, как и плотность твердой фазы почвы, – величина стабильная, особенно в фоновых условиях пригородной зоны.

Среднестатистическая величина порозности для выборки составила 68,208 %, при минимуме – 56,76 %, максимуме – 81,28 % и средней вариабельности 8,4 % (см. табл. 1). По индивидуальным же образцам ее абсолютные значения изменялись более существенно: от 37,70 до 86,89 %, а вариабельность внутри пробных площадей – от 1,9 до 20,2 %. Среди сравниваемых типов насаждений порозность поверхностного слоя почв выше в естественных парковых фитоценозах – до 76,618 % в типичном лесопарке. В городских почвах наименьшее ее значение отмечено в скверах, наибольшее – в парках:

	%
скверы	64,3
сады-скверы	65,6
внутриквартальное озеленение	65,9
внутригородские рекреационные леса	67,9
аллейные посадки	68,3
городские парки	69,3

Как видно из приведенного ряда, искусственные городские насаждения характеризуются, как правило, меньшим поровым пространством верхних горизонтов почв. Исключением являются аллейные посадки, что, видимо, связано с меньшей плотностью их твердой фазы, о чем говорилось выше, с обогащенностью поверхностных горизонтов аэротехногенной пылью, а также песком, вносимым в зимний период на дорожные покрытия в качестве противогололедного средства, которые увеличивают дисперсность почвы. Последнее обусловлено особым местоположением аллейных посадок в городских экосистемах: чаще всего в непосредственной близости от городских транспортных магистралей, поскольку по своему основному функциональному назначению должны служить барьером на пути турбулентного переноса дорожно-транспортной пыли.

Общая порозность почв селитебной зоны в среднем в 1,12 раза ниже почв лесопарков, а по отдельным типам городских насаждений – от 1,16 (скверы) до 1,09 крат (парки). Разница среднестатистических значений рассматриваемого параметра между почвами

городскими и местным фоном весьма значима и достоверна при 0,1%-м уровне существенности.

Для регионального фона в литературе приводятся уровни общей порозности от 64,3 до 88,4 %, для наиболее типичных условий (бурые лесные почвы под хвойно-широколиственными лесами) – 70,0–85,5 % [11–14]. Для сравнения отметим, что в урбанизованном центре Москвы, по данным коллег из МГУ [4], порозность верхних горизонтов почв (до глубины 6–15 см), как правило, гораздо ниже и соответствует пределам варьирования 29,81–61,22 %. По данным В. Д. Зеликова [17], в насыпном горизонте парковых почв Москвы общая порозность составляет 37,3–40,5 %, в гумусовом горизонте лесопарка – 43,2–56,3 %. В другой своей работе [19] автор приводит критические значения уплотнения почвы в связи с жизнеспособностью различных древесных пород. Так, дуб обыкновенный в лесопарках Подмосковья начинает суховершинить при плотности почвы 1,45 г/см<sup>3</sup> и порозности 42,05 %, сосна обыкновенная – 1,13 и 54,8, липа мелколистная – 1,22–1,45 и 51,6–42,0, береза бородавчатая – 1,36–1,44 и 45,6–42,6, тополь – 1,31–1,68 г/см<sup>3</sup> и 47,6–32,8 % соответственно.

Еще одним важным физическим свойством почвы, в значительной степени определяющим условия жизни растений, является *соотношение в ней влаги и воздуха*. При оптимальных условиях этот показатель должен быть, по мнению ряда авторов, близким единице [20, 21].

Данные по соотношению водной и газообразной фаз анализируемых почв, рассчитанные на условия естественного увлажнения, приведены в табл. 1. Среднестатистическое значение этого параметра для выборки соответствует коэффициенту 1,07 и варьирует от 0,65 в почвах скверов до 1,73 в почвах парков. Обращает на себя внимание высокая вариабельность рассматриваемого физического параметра как в целом по выборке – 70,9 %, так и внутри составляющих ее, соответствующих разным типам насаждений, – 27,3–79,8 %.

В естественных условиях лесопарка объем водного пространства в почве примерно в 1,5 раза превышает объем аэрации, т.е. поч-

вы несколько тяготеют к гидрофильному ряду. Естественная влажность почвы в условиях типичного лесопарка составляет 72,3 %, в среднем по лесопарковой зоне – 70,8 %. Для сравнения отметим, что в наиболее влажных для города условиях парков она не превышает по среднестатистическим значениям 56,4 %, а в самых сухих почвах аллеиных посадок опускается до 23,3 %.

Почвы под городскими насаждениями, за исключением парков и в меньшей степени – внутригородских рекреационных лесов, характеризуются аэрофильными условиями, возрастающими в соответствии с коэффициентом соотношения водно-воздушных фаз почвы в ряду: сады-скверы (0,98) – внутриквартальное озеленение (0,75) – аллеиные посадки (0,69) – скверы (0,69).

Существенное отличие по водно-воздушным условиям поверхностного слоя почв парков от остальных типов насаждений обусловлено, скорее всего, двумя основными причинами. Во-первых, парки значительно отличаются от других городских насаждений и друг от друга по своим природным условиям и размерам. Во-вторых, самый большой из них – парк Минного городка, внесший, соответственно своей площади, наибольший вклад в анализируемую выборку данных, характеризуется на отдельных участках повышенной, а в ряде случаев – избыточной влажностью почв, связанной с выходами на поверхность почвы источников, близким расположением искусственных водоемов и др.

Это нашло отражение и в полученных результатах: соотношение водного и воздушного порового пространства поверхностного слоя почв парка Минного городка составляло по средним данным 2,19 по сравнению с 1,56 – для Покровского и 1,19 – для Нагорного парков.

В целом, водно-воздушные условия городских почв существенно (на 1%-м уровне) отличались от фоновых своей аэрофильностью.

Как видно из анализа четырех рассмотренных физических параметров, почвы городских насаждений отличаются, и, как правило, весьма существенно, не только от почв пригородного лесопарка, но часто и между собой – в зависимости от типа посадки. Суммарный эффект влияния городской среды на физические свойства почв и степень их изменений в разных типах насаждений оценен по превышению их значений над фоновыми уровнями, а полученные данные приведены в табл. 2.

Согласно результатам оценки, наиболее измененными оказались физические параметры почв под типичными городскими посадками, из которых в наибольшей степени – в скверах. При этом максимальный вклад в накопленную сумму негативных изменений внесит коэффициент соотношения водно-воздушных фаз – до 39,1 из 100 % (скверы), наименьший – показатель плотности твердой фазы – около 17 %.

Почвы парков по своим физическим свойствам оказались наиболее близкими природным. Они характеризуются несущественными

Т а б л и ц а 2

Сравнительная оценка физических свойств поверхностного слоя городских почв относительно их фоновых показателей

Тип насаждения	Превышение над местным фоном по					среднестатистическому уровню
	плотности сложения скелета	плотности сложения твердой фазы	общей порозности	отношению водной и воздушной фаз	сумме параметров	
	в относительных единицах				для абс. значений	
Городские парки	+1,31	+1,08	-1,08	+1,13	4,60	1,15
Внутригородские рекреационные леса	±1,38	+1,06	-1,10	-1,41	4,95	1,24
Сады-скверы	+1,45	+1,08	-1,14	-1,57	5,25	1,31
Внутриквартальное озеленение	+1,43	+1,01	-1,14	-2,05	5,63	1,41
Аллеиные посадки	+1,38	+1,00	-1,10	-2,23	5,71	1,43
Скверы	+1,48	+1,04	-1,16	-2,36	6,04	1,51



и почти не отличающимися по абсолютным значениям превышениями по плотности сложения твердой фазы, общей порозности и соотношения водно-воздушного пространства. Лишь плотность сложения скелета этих почв примерно в 1,3 раза выше фоновых уровней.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют об ухудшении физических свойств поверхностного слоя городских почв по мере возрастания процессов урбанизации. Это диктует необходимость их оптимизации по основным параметрам, и в первую очередь под типичными искусственными насаждениями – скверами, аллеями посадками и внутриквартальным озеленением. Однако следует иметь в виду, что используемые для этих целей приемы и методы должны быть строго дифференцированы в соответствии с характером и степенью нарушенности почвы, а также типом землепользования, включая специфику разнообразия городских посадок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. С. Шихова, Оценка жизненного состояния древесных видов в условиях загрязнения среды. Тр. Междунар. конф. по анатомии и морфологии растений, СПб., 1997, 332–333.
2. Н. С. Шихова, Е. В. Полякова, Современное состояние древесных насаждений г. Владивостока. Мат. Междунар. конф., посвящ. 50-летию Ботан. сада-института ДВО РАН, Владивосток, 1998, 292–295.
3. Н. С. Шихова, Е. В. Полякова, Влияние рекреации на состояние парковых растительных сообществ. Мат. Второй Всерос. конф., Новосибирск, 195.
4. Почва, город, экология / Под ред. акад. РАН Г. В. Добровольского, М., Фонд “За экономическую грамотность”, 1997.
5. Г. И. Иванов, А. Ф. Журавков, Почвы пригородных лесов Владивостока. Рефераты докл. совещания, Владивосток, 1967, 72–74.
6. Агрофизические методы исследования почв, М., Наука, 1966.
7. А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина, Методы исследования физических свойств почв, М., Агропромиздат, 1986.
8. Практикум по почвоведению / Под ред. проф. И. С. Кауричева, М., Колос, 1980.
9. В. М. Шмидт, Математические методы в ботанике, Л., Изд-во ЛГУ, 1984.
10. А. Н. Прилуцкий, Экология дуба монгольского, Владивосток, 1981, 3–13.
11. Е. П. Калиниченко, Агрометеорология, Тр. ДВНИИ, 1988, вып. 134, 162–170.
12. А. П. Москаев, Комплексные стационарные исследования лесов Приморья, Л., Наука, Ленингр. отделение, 1967, 58–62.
13. А. П. Москаев, Влагодобор и микроклимат лесных биогеоценозов, Владивосток, 1979, 23–42.
14. А. П. Сапожников, Гидроклиматические исследования в лесах советского Дальнего Востока, Тр. ВПИ ДВНЦ АН СССР. Новая сер., 1973, 12(115), 108–115.
15. А. П. Добрынин, Дубовые леса российского Дальнего Востока (биология, география, происхождение), Владивосток, Дальнаука, 2000.
16. Л. О. Карпачевский, Лес и лесные почвы, М., Лесная пром-сть, 1981.
17. В. Д. Зеликов, *Лесной журн.*, 1964, 3, 28–32.
18. Г. Н. Зайцев, Математическая статистика в экспериментальной ботанике, М., Наука, 1984.
19. В. Д. Зеликов, В. Г. Пшоннова, *Лесное хоз-во*, 1961, 12, 34–37.
20. А. В. Николаев, *Почвоведение*, 1975, 11, 86–93.
21. И. И. Плюсин, И. А. Верниковская, Практикум по мелиоративному почвоведению, М., Колос, 1974.

## Monitoring of the Physical State of Urban Soils in the Context of Landscaping Problems

N. S. SHIKHOVA

The density of skeleton and solid phase, the total porosity and the ratio of water-air space in the soils of the city of Vladivostok have been studied. The parameters under analysis are considered depending on the type of urban plantations and in association with the degree of urbanization and alteration of soils. The differences of urban soils from their natural analogs most important with respect to the proportions of the water-air space and density of soil have been established. Due to the necessity of optimization of growing conditions of green plantations in urban ecosystems of Vladivostok, it is recommended to restore the physical parameters of urban soils by making them closer to the background levels.