

О. В. ШЕРГИНА

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ  
ГОРОДА ИРКУТСКА**

*Рассматривается экологическое состояние почв урбоэкосистемы г. Иркутска по морфологическим и физико-химическим показателям. Состояние почв оценивалось на 16 пробных площадках, расположенных в парковых и лесопарковых зонах города. Отмечены негативные процессы в центре города: увеличение плотности сложения почв, уменьшение порозности, увеличение кислотности почвенного раствора в сторону подщелачивания, повышение эмиссии CO<sub>2</sub>, уменьшение обменных катионов, увеличение фитотоксичности.*

*The ecological condition of soils over the area of the Irkutsk urban ecosystem is examined from morphological and physicochemical characteristics. The condition of soils was estimated on 16 key plots in the parks and recreational forests of the city. The study revealed the following negative processes in the soils in the center of the city: an increase in consistence density, a decrease in porosity, an increase in soil solution acidity towards alkalization, a rise in CO<sub>2</sub> –emission, a decrease in exchangeable cations, and a rise in phytotoxicity.*

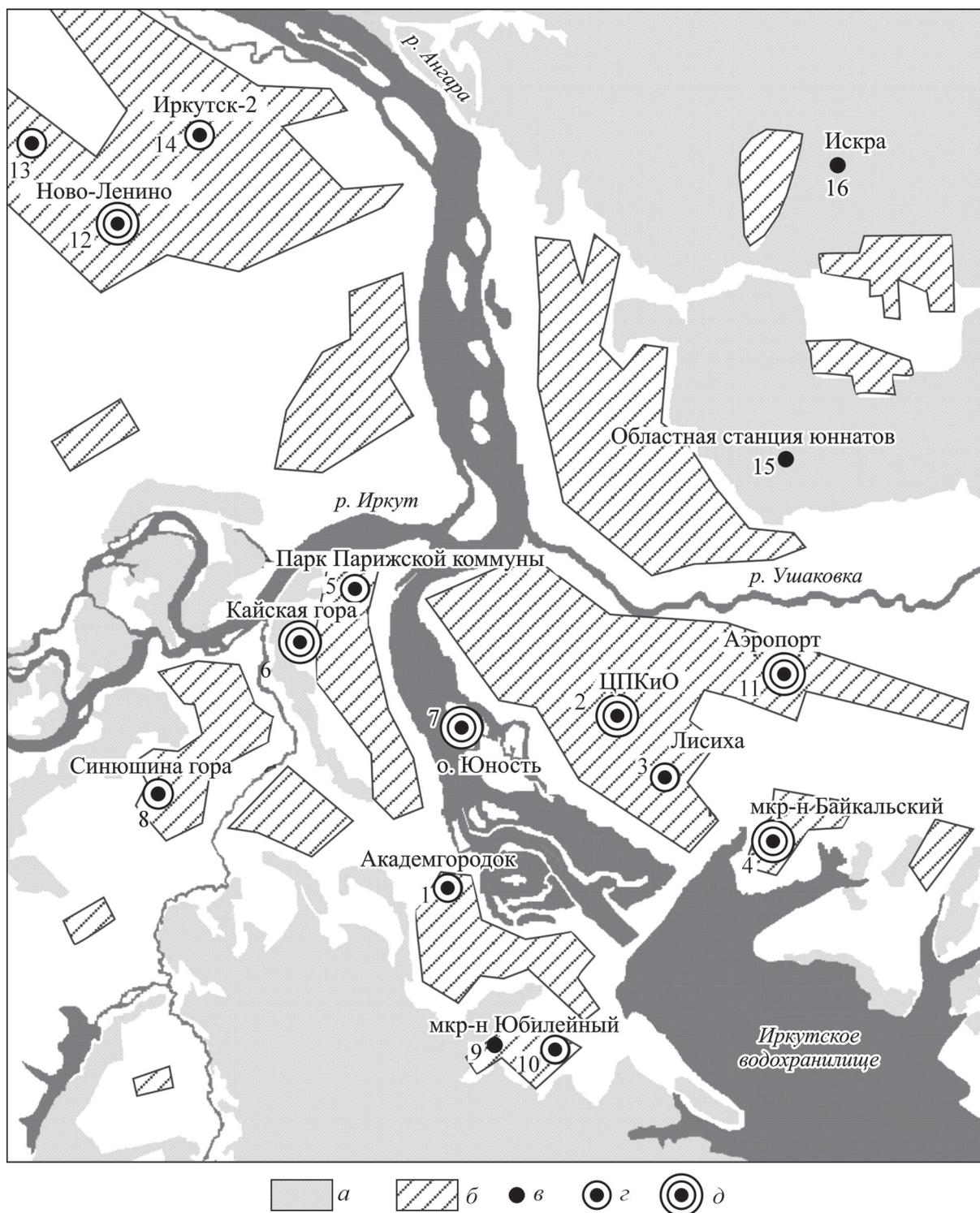
Изучение экологической обстановки промышленных центров — одно из приоритетных направлений в исследованиях окружающей среды. Современная урбоэкосистема, как правило, характеризуется высоким уровнем загрязнения, связанным с интенсивным развитием промышленности и транспорта. В процессе становления города его природная экосистема постепенно изменяется, и на ее месте формируется новая антропогенная система со специфическими чертами техногенного влияния. Важные компоненты городской среды — почвы и древесные насаждения. Почва в городских условиях — мощный своеобразный фильтр, поглощающий и до некоторой степени обезвреживающий токсичные выбросы. Уникальной фильтрующей способностью обладают и зеленые насаждения, поглощающие из воздуха значительное количество вредных компонентов промышленных эмиссий и способствующие сохранению оптимального газового баланса в атмосфере.

Однако буферная способность почв и устойчивость древесных насаждений к промышленному загрязнению не беспредельны. В результате антропогенных изменений почва сама может стать средой, токсичной для роста и развития растений, источником дополнительного загрязнения городской экосистемы. В этом аспекте восстановление плодородия почв может стать одним из важных путей улучшения экологической ситуации в городах.

Исследованию состояния городских экосистем посвящен целый ряд отечественных и зарубежных работ. При этом большое внимание уделяется изучению почвенного покрова. По нашему мнению, адекватная оценка антропогенной нарушенности и степени загрязнения урбоэкосистемы возможна на основе комплексного изучения почвенного покрова и древесной растительности. Актуальность подобных исследований обусловлена прежде всего необходимостью снижения опасных экологических последствий и оптимизации условий жизни населения. Цель данной работы — изучить состояние почвы в парковых и лесопарковых зонах крупного промышленного города, на основе полученных результатов оценить степень антропогенной нарушенности почвенного покрова и дать рекомендации по улучшению его состояния.

Исследования проводились на территории Иркутска — крупного промышленного центра Восточной Сибири с общей площадью 306 км<sup>2</sup> и населением около 600 тыс. чел. [1]. Территория города находится в юго-восточной части Иркутско-Черемховской всхолмленно-денудационной равнины, в переходной зоне от платформенной равнины к Байкальской горной области. Преобладание на территории города плавных форм рельефа объясняется наличием здесь юрских песчаников, характеризующихся горизонтальным залеганием, низкой прочностью и покрытых современными четвертичными аллювиальными отложениями. Основная часть города расположена в пределах высокой поймы Ангары, в долине которой выделяются три террасы. Хорошо развитая речная сеть Ангары и ее притоков — Иркута и Ушаковки — формирует довольно расчлененный рельеф [2].

Размещение города в пониженной части рельефа способствует осаждению выбросов от промышленных предприятий и автотранспорта в его котловинной части. Он открыт для северо-западного и юго-восточного воздушного переноса. При северо-западном направлении ветра в его атмосферу поступает загрязненный воздух от предприятий Ангарско-Черемховской агломерации, а климатические условия не способствуют достаточному рассеиванию поллютантов. Часто повторяющиеся штили, слабые



Карта-схема экологического зонирования Иркутска и прилегающих территорий по степени трансформации почвенного покрова.

*a* — зеленые массивы; *b* — городская застройка; уровень трансформации почвенного покрова: *v* — слабый, *g* — средний, *d* — сильный. 1–16 — пробные площадки: 1 — лесопарковая зона Академгородка, 2 — Центральный парк культуры и отдыха, 3 — парковая зона вблизи остановки Лисиха, 4 — зеленый массив микрорайона Байкальский, 5 — парк им. Парижской коммуны, 6 — лесопарк на Кайской горе, 7 — зеленая зона на о. Юность, 8 — лесной массив на Синюшиной горе, 9 — лесная зона вблизи госпиталя ветеранов, 10 — лесная зона вблизи областной больницы, 11 — лесопарк вблизи аэропорта, 12 — железнодорожный парк в Иркутске-сортировочном, 13 — лесопарк шестого микрорайона Ново-Ленино, 14 — парк в Иркутске-2, 15 — лесной массив на областной станции юннатов, 16 — лесной массив в пос. Искра.

ветра, туманы и повышенная влажность воздуха способствуют застаиванию загрязненных воздушных масс и образованию смога над городом [3]. Ежегодно в атмосферу Иркутска промышленными предприятиями, ТЭЦ и автотранспортом выбрасывается до 140 тыс. т вредных веществ [4]. По состоянию атмосферного воздуха он входит в число наиболее загрязненных городов России.

Почвенный покров городских парков и лесопарков отличается большим разнообразием. Основная часть городских территорий представлена преимущественно серыми лесными и дерново-подзолистыми супесчаными и суглинистыми почвами [5]. Наиболее распространенные серые лесные почвы сформированы на продуктах выветривания юрских отложений. Почвы супесчаного и суглинистого состава занимают вершины водоразделов, склоны, долины рек, где преобладают светлохвойные кустарниково-травяные сообщества. Дерново-подзолистые и дерново-лесные почвы формируются в основном на суглинистых отложениях и приурочены к водоразделам и склонам, покрытым сосновыми и лиственнично-сосновыми кустарниково-травяными лесами. Аллювиальные дерновые, болотные и луговые почвы, характеризующиеся суглинисто-галечниковым и супесчаным составом, распространены на невысоких террасах и поймах рек. Растительность представлена смешанными пойменными формациями, кустарниковыми зарослями, луговыми и болотными сообществами [6].

При комплексном экологическом обследовании выделено 16 пробных площадей (ПП) в парковых и лесопарковых зонах Иркутска (см. рисунок). Участки для исследований выбирались в соответствии с картой атмосферного загрязнения г. Иркутска [6]. Кроме того учитывалось антропогенное преобразование почвенного покрова и растительности, что наименее выражено в парковых и лесопарковых зонах. Зональные почвы здесь сохраняют природное строение и основные биогеохимические черты, а насаждения лучше адаптируются к загрязнению.

При исследовании почвенного покрова парков и лесопарков в условиях урбэкоисотемы применялась комплексная оценка антропогенного преобразования почв по морфологическим, физическим и химическим показателям. Для получения объективной информации об экологическом состоянии почвенного покрова закладывались разрезы глубиной до 1,5 м и отбирались смешанные почвенные пробы квадратно-конвертным методом из слоя 0–20 см (верхние гумусово-аккумулятивные горизонты Ad и A). Описание разрезов производилось по общепринятым методикам [7, 8]. Типовое название почв в соответствии с морфологическим описанием разреза давалось по отечественной классификации [9] и с учетом классификации городских почв [10, 11]. На ключевых участках учитывались особенности структуры травяного яруса, а также уровень рекреационной нагрузки.

Характер ответной реакции почв на условия городской среды оценивался по изменению следующих параметров: плотности сложения (объемный вес), плотности твердой фазы (удельный вес), естественной влажности, порозности, аэрации, актуальной кислотности (рН), гидролитической кислотности, гумусу, общему азоту, обменным кальцию и магнию, эмиссии CO<sub>2</sub>. Показатели выбирались в соответствии с общепринятыми методиками экологического мониторинга почвенного покрова [8, 12]. Полученные данные сравнивались с фоновыми значениями.

При полевом обследовании почвенного покрова парковых и лесопарковых зон Иркутска описаны почвы различного таксономического порядка, которые по классификации городских почв относятся к естественным ненарушенным и естественным нарушенным. По характерным показателям строения профиля почвы пробных площадей представлены следующими типами: серая лесная, дерново-подзолистая, дерновая лесная, луговая. На обследованной территории Иркутска преобладают серые лесные почвы (табл. 1). Из подтипов наиболее распространены собственно серые лесные почвы с содержанием гумуса в горизонте А 6–9 %. Наличие признаков подзолообразования в почвенном профиле — одна из особенностей серых лесных почв города.

Дерново-подзолистые почвы на территории города (ПП 6) относятся к среднеподзолистым. Для них типично наличие в профиле сплошного плитчатого белесовато-серого горизонта Е с нижней границей на глубине 20–30 см и мощностью дернового горизонта не более 10 см. Для дерновых лесных почв (ПП 8) характерна оподзоленность при средней мощности гумусовых горизонтов 10–15 см.

Для луговой почвы (ПП 7) характерен оторфованный горизонт Ad темно-серого цвета и погребенный горизонт А антропогенного происхождения на глубине 20–50 см при общей мощности органогенных горизонтов 60–80 см.

В исследованиях геохимических взаимосвязей между отдельными компонентами экосистемы нами рассмотрены наиболее распространенные в городе серые лесные почвы. При описании верхних горизонтов почв важно

Таблица 1

Типы и подтипы почв на пробных площадях (ПП) Иркутска

ПП (см. рисунок)	Тип почвы	Подтип почвы
6, 13, 15	Серая лесная	Светло-серая лесная
1, 2, 3, 4, 10, 12, 14	Тот же	Собственно серая лесная
5, 11, 16	»	Темно-серая лесная
9	Подзолистая	Дерново-подзолистая
8	Дерновая лесная	Собственно дерновая лесная
7	Луговая	Луговая оторфованная

было установить, связаны ли их морфологические признаки с современным биогеоценозом или доминирующую роль в формировании почвенных свойств играет антропогенный фактор. С учетом этого осуществлялись морфологические описания верхних гумусово-аккумулятивных горизонтов серых лесных почв, сформированных на надпойменных террасах Ангары.

ПП 1 — серая лесная оподзоленная почва с горизонтами O—Ad—A—AB—BE—Bf,t—BC—C. Верхние органо-аккумулятивные горизонты имеют следующие морфологические признаки: O — 0–1 см — темно-серый, средней степени разложения; Ad — 1–7(9) см — темно-серый, влажноватый, мелкокомковато-зернистый средний суглинок, рыхлый с обилием корней, переход постепенный; A — 7(9)–30(32) см — темно-серый с сизоватым оттенком, влажноватый, зернисто-крупнокомковатый со слабой плитчатостью средний суглинок, плотноватый, мелкопористый, переход малозаметный.

ПП 2 — серая лесная почва на погребенной дерновой лесной. Профиль представлен горизонтами O—Ad—A—AB—[A]—[Bf]—BC. Для верхних органических горизонтов отмечаются следующие морфологические признаки: O — 0–1 см — темно-серый, плохо разложившийся; Ad — 1–6 см — темно-серый, влажноватый, мелкокомковато-порошистый средний суглинок, рыхлый, заметны включения углей, много корней, переход постепенный; A — 6–14(16) см — неоднородный по цвету (на темно-сером фоне видны светло-рыжие пятна), влажноватый, среднезернистый средний суглинок, плотный, заметны поры, переход постепенный.

ПП 3 — серая лесная почва с горизонтами O—Ad—A—AB—B—Bt—BC. Органо-аккумулятивные горизонты имеют следующие морфологические характеристики: O — 0–2 см — темно-серый, средней степени разложения; Ad — 2–10(12) см — черный, влажноватый, среднекомковато-зернистый средний суглинок, рыхлый, много корней, переход заметный; A — 10(12)–28 см — серо-черный, влажноватый, среднекомковатый средний суглинок, плотноватый, много корней, переход размытый.

ПП 4 — серая лесная глееватая почва с горизонтами O—Ad—A—AE—[A]g—Bg—Cg. Верхние органические горизонты имеют следующие морфологические свойства: O — 0–1 см — серый, слабо разложившийся; Ad — 1–7(8) см — темно-серый, сухой, порошистый средний суглинок, уплотненный, встречаются мелкие камни, много корней, переход неровный; A — 7(8)–24(26) см — темно-серый, встречаются ржаво-серые пятна, влажноватый, мелкокомковато-порошистый средний суглинок, плотный, встречается мелкая галька, редко корни, переход неясный.

ПП 5 — темно-серая лесная почва с горизонтами O—Ad—A—AB—B1—B2—Cca. Характерные морфологические признаки верхних гумусово-аккумулятивных горизонтов: O — 0–1 см — темно-серый, средней степени разложения; Ad — 1–7(9) см — черный, влажноватый, мелкокомковато-порошистый средний суглинок, плотноватый, много корней, переход заметный; A — 7(9)–17(15) см — темно-серый, влажноватый, порошисто-среднекомковатый легкий суглинок, плотноватый, редко корни, переход размытый.

Фоновыми почвами служили серые лесные различного генетического происхождения. Почвы фоновых пробных площадей расположены на одинаковом расстоянии (около 50 км) от Иркутска: серая лесная среднемощная (с. Тальяны, юго-западное направление), серая лесная среднемощная (пос. Подкаменная, южное направление), серая лесная маломощная (пос. Нижний Кочергат, юго-восточное направление). Последняя по ряду признаков наиболее близка к городским почвам. Ей свойственны генетические горизонты O—Ad—A—Bf—B—[BC]—[C]—BC—C. Верхние органомные горизонты характеризуются следующими свойствами: O — 0–1 см — рыже-черный, средней степени разложения; Ad — 1–9 см — черный, влажноватый порошистый средний суглинок, плотноватый, много корней, переход постепенный; A — 9–12(14) см — буровато-черный, сухой, порошистый средний суглинок, плотный, много корней, переход постепенный.

По морфологическим описаниям выявлены качественные различия гумусово-аккумулятивных горизонтов городских почв, их экологического состояния, а также степени загрязнения и деградации. Установлено, что подстилка почв, как правило, маломощная (обычно менее 2 см), плохо разложившаяся, что свидетельствует о низкой скорости разложения органических остатков, а также о слабом участии почвенной биоты в их переработке. Уменьшение мощности органогенной толщи, глубины проникновения корней и изменение окраски гумусовых горизонтов свидетельствуют о процессах дегумификации. Кроме того, в дерновых горизонтах городских почв содержатся различные включения антропогенного происхождения. Под их влиянием, а также под воздействием отходов производства, поступающих с атмосферными осадками из воздуха, верхние органогенные горизонты приобретают свойства, не характерные для естественных почв. Захламленность и нарушение последовательности горизонтов служат показателями антропогенного нарушения почв городской территории.

Кроме стандартных показателей, используемых при описании почв городской территории, необходимо учитывать специфические характеристики процесса почвообразования: истощение и нарушение органогенной толщи, каменистость в слое 0,5 м, захламленность поверхности почвы, увеличение дорожно-тропиночной сети. Оценка этих показателей при полевом описании почв Иркутска (табл. 2) показала, что естественные почвы в условиях городской среды приобретают новые морфологические

Таблица 2

**Показатели состояния и деградации почвенного покрова парковых и лесопарковых зон Иркутска, % от естественного состояния**

ПП	Истощение и нарушение органогенной толщи	Каменистость в слое 0,5 м	Захламленность поверхности почвы	Дорожно-тропиночная сеть
1	10	10	20	60
2	50	50	50	80
3	10	10	10	50
4	30	50	70	80
5	10	10	50	70

свойства, которые определяют деградационные изменения почвенного покрова. Так, в результате переуплотнения, захламления и увеличения каменистости в верхних органогенных горизонтах ухудшается механический состав, увеличивается плотность и уменьшается скважность почв.

В целом такие физические свойства почв, как плотность сложения, плотность твердой фазы, влажность, порозность и аэрация, имеют важное экологическое значение для компонентов

экосистемы. Так, плотность сложения характеризует плодородие почвы, поскольку влияет на поглощение влаги, газообмен, развитие корневых систем растений, интенсивность микробиологических процессов. Переуплотнение верхних корнеобитаемых слоев почв — основной признак физической деградации почвенного покрова в городах. При изучении физических свойств почв Иркутска установлено, что плотность верхних органогенных горизонтов ( $1,0-1,2 \text{ г/см}^3$ ) не превышает значений, характерных для естественных (фоновых) почв (табл. 3). Уплотнению почвы препятствует дернина, уничтожение которой приводит к появлению обнаженных сухих пылеватых верхних горизонтов, а их образование в свою очередь вызывает быстрое переуплотнение почв. Наглядное доказательство этому — очень высокая плотность ( $1,5-1,7 \text{ г/см}^3$ ) верхних горизонтов на дорожках и тропинках обследованных ПП.

Еще один показатель плотности почвы — плотность твердой фазы, которая определяется минералогическим составом почвы и содержанием органического вещества. В почвах города значения плотности твердой фазы горизонтов Ad несколько выше, чем нижележащих горизонтов А (см. табл. 3). Если учесть, что горизонты Ad обладают наибольшей гумусированностью, а плотность их твердой фазы должна быть несколько ниже, чем в горизонтах А, то можно считать, что верхняя гумусово-аккумулятивная толща городских почв испытывает давление пресса антропогенной нагрузки. Повышенная плотность твердой фазы горизонтов Ad может свидетельствовать об осаждении твердых мелкодисперсных частиц техногенного происхождения на поверхности почвы.

Плотность твердой фазы — также важный параметр при определении порового пространства почвы, от которого зависят воздушный и водный режимы почв. В естественно сформированных и ненарушенных почвах на поровое пространство приходится примерно половина всего объема почвы [13]. Снижение порозности почвы приводит к развитию анаэробных процессов, уменьшению интенсивности окислительно-восстановительных процессов и доступности воды. Установлено, что в почвах парковых и лесопарковых территорий Иркутска в верхних гумусово-аккумулятивных горизонтах величина порового пространства несколько меньше, чем в фоновых. Так, для горизонта А городских почв она колеблется в пределах 45–52 %, тогда как фоновые значения составляют 60 % (см. табл. 3).

Таблица 3

**Физические свойства почв городской и фоновой территорий**

ПП	Горизонт	Влажность, %	Плотность, $\text{г/см}^3$		Влажность от объема	Порозность	Аэрация
			сложения	твердой фазы			
1	Ad	22,76	1,08	2,69	24,58	59,85	34,86
	A	22,36	1,20	2,52	26,83	52,38	25,55
2	Ad	32,37	0,84	2,63	27,19	68,06	35,98
	A	23,92	1,15	2,94	27,51	52,73	20,66
3	Ad	28,06	1,09	2,62	30,58	58,40	27,82
	A	26,37	1,28	2,37	33,75	45,98	12,24
4	Ad	38,75	1,07	2,33	34,64	54,08	8,13
	A	30,93	1,12	2,15	32,63	47,91	13,27
5	Ad	28,52	0,88	2,50	25,10	64,80	38,87
	A	20,62	1,19	2,41	24,54	50,62	26,08
Фон	Ad	46,61	0,70	2,20	45,95	68,61	39,70
	A	35,84	1,04	2,23	32,07	60,88	33,37

## Органическое вещество почв городской и фоновой территорий

ПП	Горизонт	Гумус	C <sub>общ</sub>	N <sub>общ</sub>	C/N	Эмиссия CO <sub>2</sub> , г/м <sup>2</sup> /сут
		%				
1	Ad	6,29	3,65	0,36	10,14	1,49
	A	4,74	2,75	0,32	8,87	5,98
2	Ad	9,61	5,57	0,54	10,31	5,38
	A	6,19	3,59	0,41	8,76	6,28
3	Ad	8,35	4,84	0,31	16,13	5,39
	A	4,38	2,54	0,14	18,14	6,28
4	Ad	8,71	5,05	0,56	8,86	2,99
	A	4,58	2,65	0,19	14,00	4,79
5	Ad	10,81	6,27	0,61	10,11	2,39
	A	6,44	3,74	0,27	13,85	3,29
Фон	Ad	15,51	8,99	0,55	16,34	1,19
	A	10,06	5,84	0,42	13,90	2,38

С порозностью почв тесно связаны такие показатели, как влагоемкость, водопроницаемость и аэрация (воздухообеспеченность). Ухудшение физических свойств почв приводит к изменению водного баланса — значительному уменьшению накопления влаги и снижению миграции элементов питания в профиле почвы. Общая полевая влагоемкость почв Иркутска в летний период составляет 22–38 % при фоновых значениях 35–45 %. Значения этого показателя в свою очередь составляют 24–34 % влажности от общего объема органических горизонтов городских почв и 32–45 % влажности от фоновых значений объема верхних почвенных горизонтов соответственно.

При ухудшении водно-физических свойств почв изменяется их водопроницаемость, в результате чего снижается скорость впитывания и фильтрации воды, поступившей с поверхности. Поскольку водопроницаемость почв напрямую связана с их механическим составом, сложением, дисперсностью, структурным состоянием и исходной влажностью, такие неблагоприятные процессы, как ухудшение структуры и снижение порозности почвенного покрова города, оказывают отрицательное воздействие на водное обеспечение почв.

Показатель воздухообеспеченности почвы характеризует скорость протекания почвенных процессов, связанных с ее дыханием. Почва является важным природным генератором и источником CO<sub>2</sub>, поступающего в атмосферу и включающегося в циклы воздушной миграции. При изучении экологической обстановки в городе большое значение имеет интенсивность газообмена между городской почвой и атмосферой. Результаты исследований по Иркутску свидетельствуют о снижении степени аэрации верхних горизонтов почв по сравнению с фоновыми (см. табл. 3). Так, наиболее низкие значения аэрации отмечены на ПП 3 и ПП 4, где минимальные величины этого показателя для гумусово-аккумулятивных горизонтов составляют 8–12 %, тогда как в фоновых условиях — до 40 %.

Органическая часть почвы представляет собой сложную устойчивую систему, количественные характеристики которой формируются в течение длительного времени и столь же долго сохраняются. Однако антропогенное влияние на почвы в городах может быть настолько интенсивным, что приводит к изменению и таких наиболее устойчивых свойств почв [14]. В естественных условиях изменение органических остатков и их компонентов происходит как под непосредственным воздействием микроорганизмов, так и под влиянием почвенного раствора различной кислотности. Оценка органического вещества почв проводилась по следующим характеристикам: содержанию общего углерода (C<sub>общ</sub>, %), содержанию общего азота (N<sub>общ</sub>, %), процентному отношению углерода к азоту (C/N). По содержанию гумуса в горизонте А почвы пробных площадей отнесены к следующим категориям: среднее содержание — ПП 1, 2, 3, 4; высокое — ПП 5. Почва фоновая участка также характеризуется высоким содержанием гумуса (табл. 4).

Азот и его соединения играют в формировании почвенного плодородия такую же важную и незаменимую роль, как и углерод, биофильность азота сравнима с биофильностью углерода. Информативным показателем, характеризующим как обогащение гумуса азотом, так и гумификацию растительных остатков, служит отношение углерода к азоту (C/N). Его наименьшие значения характеризуют лучшую обеспеченность почв азотом, а наибольшие свидетельствуют об усилении процесса гумификации. Использование этого отношения позволило отнести городские почвы к категориям с низким и очень низким обогащением гумуса азотом. Отмеченное повышенное значение окисленного углерода в отношении C/N может свидетельствовать об увеличении в верхних почвенных горизонтах кислых продуктов техногенных выбросов, что в свою очередь при невысоких значениях азота приводит к пониженной трансформации органических веществ. Если учесть, что CO<sub>2</sub> — практически единственное летучее соединение, в виде которого происходят потери углерода, то можно судить о напряженности биологических процессов и оценивать потери органического вещества вследствие минерализации.

При изучении эмиссии углекислого газа в полевых условиях на территории парковых зон Иркутска отмечено повышение этого показателя в горизонтах Ad по сравнению с фоновыми значениями

Физико-химические свойства почв городской и фоновой территорий

ПП	Горизонт	рН		Нг, мг · экв/100 г	Обменные катионы, мг · экв/100 г			СНО, %
		H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Σ Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	
1	Ad	6,25	5,45	5,03	62,76	7,98	70,73	93,36
	A	5,95	5,00	4,99	52,55	6,30	58,86	92,18
2	Ad	6,70	6,10	2,64	66,24	6,18	72,42	96,48
	A	6,90	6,20	1,77	72,26	5,91	78,18	97,79
3	Ad	6,50	5,25	3,34	64,58	8,67	73,25	95,64
	A	6,20	5,00	4,13	52,78	7,91	60,68	93,63
4	Ad	7,10	6,45	1,73	42,02	4,88	46,90	96,44
	A	7,20	6,95	0,97	43,77	2,71	46,47	97,96
5	Ad	6,55	5,80	3,68	34,69	6,73	41,42	91,84
	A	6,10	5,25	4,33	58,21	6,91	65,11	93,76
Фон	Ad	5,70	5,05	10,46	78,63	12,44	91,08	89,70
	A	5,40	4,75	10,65	59,71	10,75	70,48	86,87

Примечание. Нг — гидролитическая кислотность; СНО — степень насыщенности основаниями.

(см. табл. 4). В то же время установлено, что средние значения эмиссии углекислого газа для верхней (20 см) толщи почв на всех пробных площадях, в том числе и фоновой, находятся в пределах значений, характерных для почв данного типа, т. е. серых лесных [15]. Особенность городских почв, отличающая их от естественно сформированных аналогов, — нехарактерное увеличение эмиссии CO<sub>2</sub> на фоне снижения общего углерода, порозности и аэрации, что может свидетельствовать о необратимых потерях углерода в экосистеме города.

Как отмечают некоторые авторы [14, 16], величина рН корнеобитаемого слоя городских почв в большинстве случаев выше, чем у природных. На городских территориях, как правило, преобладают почвы с нейтральной и слабощелочной средой, что большинство авторов связывает с попаданием в почву через поверхностный сток и дренажные воды хлоридов кальция и натрия, а также других солей. Реакция среды верхних горизонтов почв Иркутска почти на всех участках слабокислая и близка к нейтральной (табл. 5). Тенденция к подщелачиванию наблюдается только на ПП 2 и ПП 4.

Увеличение кислотности почвенного раствора может служить предпосылкой уменьшения гидролитической кислотности. Последнее многие исследователи связывают с загрязнением почв тяжелыми металлами [8, 14, 16]. По нашим данным, на ПП в центральной части города гидролитическая кислотность в верхних гумусово-аккумулятивных горизонтах понижена (см. табл. 5). Самые низкие значения этого показателя характерны для ПП, где отмечается тенденция подщелачивания почв по значениям рН почвенного раствора.

Известно, что максимальное количество обменных катионов приходится на гумусово-аккумулятивные горизонты почв. При техногенном загрязнении почв содержание обменных катионов может быть еще больше [14, 16], что является следствием их дополнительного поступления с промышленными выбросами. В органогенных горизонтах почв Иркутска наблюдается уменьшение содержания обменных катионов в почвенно-поглощающем комплексе по сравнению с фоновыми почвами (см. табл. 5). Так, фоновые значения обменного магния составляют 10–12 мг · экв/100 г, тогда как в верхних горизонтах почв города — 3–8 мг · экв/100 г. Такие изменения состава обменных катионов в почвенно-поглощающем комплексе при высоком количестве органического вещества и близкой к нейтральной реакции почвенного раствора свидетельствуют о проявлении физико-химических процессов деградации городских почв.

На основании полученных результатов проведена классификация пробных площадей с целью зонирования городской территории по состоянию почвенного покрова (см. рисунок). Вначале зонирование производилось по отдельным репрезентативным параметрам почв — антропогенной нарушенности, плотности, удельному весу, естественной влажности, порозности, аэрации, актуальной кислотности (рН), гидролитической кислотности, гумусному состоянию, содержанию ряда органо-генных элементов, а также эмиссии CO<sub>2</sub>. На конечном, обобщающем, этапе осуществлено интегральное зонирование городской территории по комплексу показателей. По большинству параметров выделяется три зоны, соответствующие слабой, средней и сильной степени трансформации почвенного покрова Иркутска. На большей части города почвы относятся к средней степени трансформации.

ции, значительна доля сильно трансформированных почв, меньше всего — слабо трансформированных. В дальнейшем предполагается детальный анализ полученной информации и построение карт-схем, отображающих состояние и загрязнение древесных насаждений и почв парковых зон.

Выявление негативных процессов в почвах городских территорий позволяет разработать адекватные перспективные мероприятия по улучшению и восстановлению почвенного покрова, сохранению его природного функционирования в экосистеме города. Среди основных мероприятий прежде всего необходимы следующие: ликвидация свалок, создание насыпного плодородного слоя, замена поверхностного слоя почв в случае его загрязнения, задернение открытых пространств, рыхление поверхностных слоев, планирование дорожно-тропиночной сети и травосеяние. Кроме того, при истощении и нарушении органофила важно вносить органоминеральные удобрения. Для улучшения плодородия городских почв органогенный горизонт почв (подстилка) не должен убираться с поверхности. Улучшению формирования и стабилизации почвенной структуры способствует также добавление органических остатков или гумусовых веществ, что уменьшает эффект вытаптывания и повышает аэрацию корневой системы растений и почвенных микроорганизмов. Подщелачивание или подкисление почв необходимо регулировать известкованием, принимая во внимание кислотность почвенного раствора.

Выявление неблагоприятных процессов при экологической оценке почв городской территории, а также учет мероприятий по охране почвенного покрова позволят наиболее объективно подойти к решению вопроса об улучшении и сохранении природных свойств почв в условиях антропогенного пресса промышленного города.

Таким образом, при исследовании почвенного покрова урбанизированной территории выявлены негативные процессы, направленные на структурно-функциональные изменения почв. Исследованные почвы парковых и лесопарковых территорий относятся к естественным ненарушенным и естественным нарушенным типам. Изучение физических свойств почв выявило увеличение плотности сложения верхних корнеобитаемых слоев и как следствие — снижение степени порозности и аэрации. Увеличение плотности твердой фазы верхних органогенных горизонтов может быть связано с наличием тонких мелкодисперсных частиц техногенного происхождения на поверхности почвы.

Установлено, что большинство почв парковых и лесопарковых зон города характеризуется слабокислой реакцией среды, близкой к нейтральной. В то же время низкие значения гидролитической кислотности свидетельствуют о тенденции к подщелачиванию. Высокие отношения обменных кальция и магния в составе почвенного поглощающего комплекса при высоком содержании органического вещества и реакции почв, близкой к нейтральной, указывают на возможность протекания в почвах деградационных процессов.

Среди подходов к повышению плодородия городских почв первоочередным представляется улучшение их физических свойств путем внесения органоминеральных удобрений и органического вещества. Это уменьшит эффект подщелачивания и будет способствовать повышению буферных свойств почв и, следовательно, закреплению загрязняющих веществ в гумусовой толще в виде органоминеральных комплексов, нетоксичных для почвенной биоты и растений. Мероприятия по оптимизации экологического состояния почв позволят уменьшить воздействие техногенной нагрузки на городскую экосистему.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Иркутск.** Географический атлас. — М.: ГУГК, 1986.
2. **Геоэкологическая** характеристика городов Сибири. — Иркутск, 1990.
3. **Белоголова Г. А., Коваль П. В., Матяшенко Г. В.** Закономерности формирования экогеохимических аномалий Иркутска // Экологические проблемы города и пути их решения. — Иркутск, 2001.
4. **Государственный** доклад о состоянии окружающей среды в 2000 году. — Иркутск, 2001.
5. **Почвенная** карта Иркутской области. М-6 1:1 500 000 / Под ред. В. Т. Колесниченко и К. А. Уфимцевой. — М.: ГУГК, 1988.
6. **Региональный** экологический атлас / Батуев А. Р., Белов А. В., Воробьев В. В. и др. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998.
7. **Гришина Л. А., Копчик Т. Н., Моргун Л. В.** Организация и проведение почвенных исследований для экологического мониторинга. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991.
8. **Мотузова Т. В.** Принципы и методы почвенно-химического мониторинга. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988.
9. **Классификация** и диагностика почв СССР. — М.: Колос, 1977.
10. **Агаркова М. Г., Целищева Л. К., Строганова М. Н.** Морфолого-генетические особенности городских почв и их систематика // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. — 1991. — № 2.
11. **Строганова М. Н., Агаркова М. Г.** Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв юго-западной части г. Москвы) // Почвоведение. — 1992. — № 7.
12. **International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution on Forests in the ECE Region.** Soil and plant Expert Panel Draft Report. — MINUTES, 1990.

13. **Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А.** Методы исследования физических свойств почв. — М.: Высш. шк., 1986.
14. **Почва, город, экология.** — М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997.
15. **Курганова И. Н., Кудеяров В. Н.** Оценка потоков диоксида углерода из почв таежной зоны России // Почвоведение. — 1998. — № 9.
16. **Влияние** атмосферного загрязнения на свойства почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990.

*Сибирский институт физиологии  
и биохимии растений СО РАН, Иркутск*

*Поступила в редакцию  
8 февраля 2005 г.*

