

УДК 631.4; 579

А.А. Козлова, А.П. Макарова, **Л.А. Иванюта**, Н.В. Вашукевич

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПОЧВ ГОРОДА ИРКУТСКА

*Иркутский государственный университет (Иркутск)*

---

*Городские почвы, как неотъемлемая часть природной среды, находясь в динамическом равновесии со всеми компонентами биосферы, претерпевают изменения, которые негативно сказываются на их свойствах и экологических функциях. Почвы городов образуются и функционируют под воздействием тех же факторов почвообразования, что и естественные, однако ведущим фактором является антропогенный. В данной работе городские почвы рассматриваются в качестве целостных объектов или системы взаимодействующих друг с другом компонентов (почва – атмосфера – растения – микроорганизмы), с характерными, для данного уровня организации, свойствами. Изменение в режимах функционирования подобных систем при воздействии факторов среды связаны с перестройками в структуре и функциях отдельных компонентов. В целом, изучение почв г. Иркутска, проведенное с позиции эколого-функционального подхода, выявило изменения в режимах функционирования городских почв, которые в наибольшей степени коснулись биотической компоненты почвенной системы.*

**Ключевые слова:** урбанозем, функционирование, микробиоценоз, урбозкосистема

## ECOLOGICAL FUNCTION OF IRKUTSK URBAN SOILS

А.А. Kozlova, А.Р. Makarova, **L.A. Ivanuta**, N.V. Vashukevich

*Irkutsk State University, Irkutsk*

*Urban soils as integral part of environment are in dynamic balance with all biosphere components and suffer changes that negatively reflect in their properties and ecological functions. Formation and function of these soils are resulted from natural factors, however anthropogenic factor is leading. This study was devoted to research the urban soils as a complex systems of the interact components (soil-atmosphere-plants-microorganisms) with significant properties. Changing of the functional regime of these systems under environment factors have resulted in a reformation of the systems components. Investigation of Irkutsk urban soils, based on ecological function doctrine is revealed changing in the functional regime of these soils. It mostly concerned of microbial community as component of soil system.*

**Key words:** urban soil, function, microbial community, urban ecosystem

---

Городские почвы, как неотъемлемая часть природной среды, находясь в динамическом равновесии со всеми компонентами биосферы, претерпевают изменения, которые негативно сказываются на их свойствах и экологических функциях. Почвы городов образуются и функционируют под воздействием тех же факторов почвообразования, что и естественные, однако ведущим фактором является антропогенный.

Успешное решение проблемы экологического благополучия городов нуждается в информации, касающейся характера и условий загрязнения, специфики его воздействия на функционирование отдельных компонентов и урбоэкосистемы в целом. Почвы города рассматриваются в качестве целостных объектов или системы взаимодействующих друг с другом компонентов (почва — атмосфера — растения — микроорганизмы), с характерными, для данного уровня организации, свойствами. Изменение в режимах функционирования подобных систем при воздействии факторов среды связаны с перестройками в структуре и функциях отдельных компонентов. Зависимость таких систем не только от природных, но и от антропогенных факторов обуславливает их особую отзывчивость на изменение среды, которая и проявляется в формировании режимов функционирования.

Город Иркутск является крупным промышленным центром, его предприятия обуславливают сложную экологическую ситуацию, как в центральной части, так и в отдельных районах города. Все это отражается и на почвах города, испытывающих многофакторный «техногенный пресс»: выбросы и сбросы предприятий, бытовые отходы, различные агротехнические приемы. Зона максимального загрязнения располагается вдоль р. Ангары, совпадая с господствующим переносом воздушных масс. Поллютанты концентрируются и распространяются также и вдоль притоков Ангары — рек Ушаковки, Каи, Иркуты. Менее загрязнена левобережная часть города, чему способствуют массивы лесов и возвышенные водоразделы. Вместе с тем для отдельных участков этой части города (микрорайонов Университетский, Юбилейный, Синюшина Гора, Академгородок, Студгородок, район железнодорожного вокзала) отмечена высокая степень загрязнения. Самое низкое загрязнение отмечается в периферийных южных районах города [2].

В широком понимании городские почвы — это все почвы распространенные на городской территории. Также этот термин подразумевает почвы, находящиеся под «прессом» города и (или) сформированные деятельностью человека в городе, которая одновременно является и пусковым механизмом и постоянным регулятором городского почвообразования.

Классификация городских почв [6] построена на особенностях профилно-генетического (морфологического) строения почвенного профиля как достаточно простого и универсального подхода, а также на характере почвообразующих пород и

грунтов. Согласно этой классификации все почвы города разделяются на группы почв: естественных ненарушенных, естественно-антропогенных поверхностно-преобразованных (естественных нарушенных), антропогенных глубокопреобразованных — урбаноземов и почв техногенных поверхностных почвоподобных образований — урбо-техноземов.

Для выявления состояния почв города Иркутска были заложены разрезы и отобраны образцы почв по профилю в наиболее загрязненных районах города (рис. 1).

Ниже приводим местоположение и морфологическое строение разрезов.

Разрез 1С-2000 заложен в средней части склона восточной экспозиции. В 150 м от залива Иркутского водохранилища, расположенного между микрорайонами Солнечный и Байкальский, в 80 м от трассы идущей в аэропорт. Растительность представлена искусственными насаждениями тополя, яблони, березы, лиственницы. Травостой — бобово-злаково-разнотравный. Формула профиля: Ud-Uh-Uih-B<sub>1</sub>-B<sub>2</sub>-BCg. Название почвы: естественно-антропогенная поверхностно-преобразованная. С момента преобразования естественной почвы прошло примерно 40 лет, т.е. после окончания строительства плотины в конце 50-х годов прошлого века. Почва по морфологическому строению приближается к естественной серой лесной почве, однако верхняя ее часть педотурбирована, на что указывает неровная граница перехода гумусовых горизонтов.

Разрез 1НЛ-2000 заложен в нижней части довольно крутого склона северо-западной экспозиции, в 900 м от объездной дороги на Ново-Ленино, ниже Ново-Ленинского кладбища, склон горы Чуприха. Растительный покров — бобово-разнотравный с примесью злаков. Формула профиля: Ad-AE-B-CR. Название почвы: серая лесная оподзоленная.

Разрез 5У-2000 заложен в 150 м от дороги, идущей в Жилкино, в 5 м от левого рукава р. Иркут, на левом берегу, прирусловой части поймы. Микрорельеф неоднороден, представлен микропонижениями и кочками. Тысячелистниково-кострецовый луг с примесью хвоща. Формула профиля: Ad-A-AB-Ag-Bg-Cg. Название почвы: аллювиальная луговая слоистая.

Разрез 1СГ-2000 заложен в нижней части склона южной экспозиции, в 200 м северо-восточного протяжения ЛЭП, в 50 м от ограды садоводства «Мичуринец». Растительный покров представлен разнотравьем. Формула профиля: Ad-A-B<sub>1</sub>-BCa. Название почвы: дерновая лесная остаточнокоробонатная.

При рассмотрении химических характеристик исследуемых почв выяснилось, что они имеют разную степень кислотности (табл. 1).

Реакция среды почвы микрорайона «Солнечный», отнесенной к естественно-антропогенной, близкая к нейтральной. Почву микрорайона «Ново-Ленино» можно отнести к кислой, а ниж-

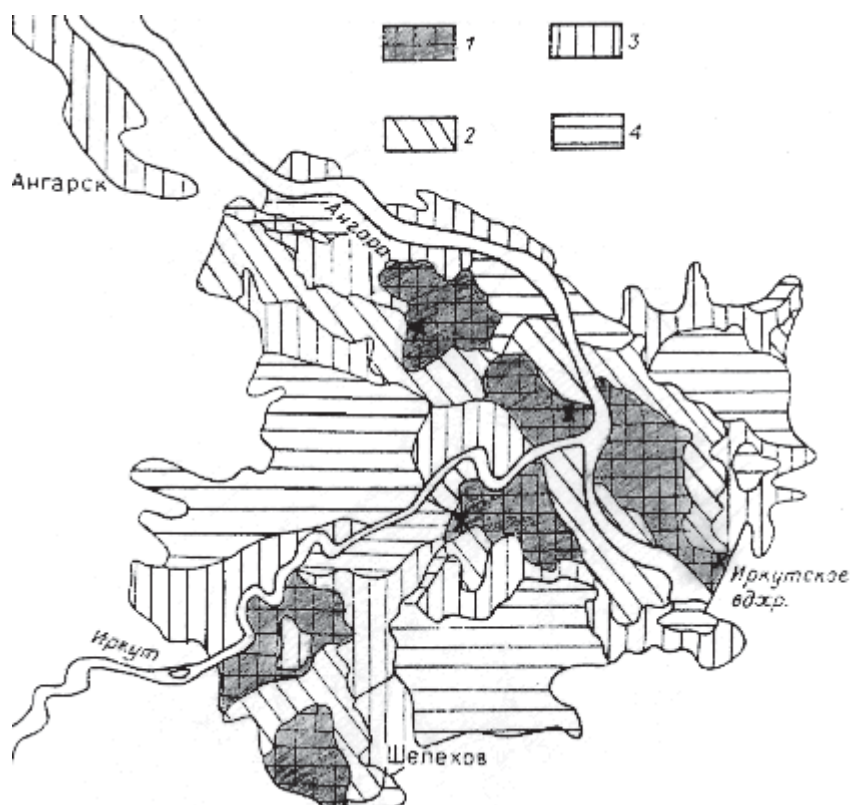


Рис. 1. Зоны промышленного загрязнения Иркутска [2], x – пункты наблюдений.

Физико-химические свойства почв города Иркутска

Таблица 1

Разрез	Горизонт глубина, см	pH <sub>H2O</sub>	Гумус, %	Влажность, % от объема	Плотность сложения г/см <sup>3</sup>	Гранулометрический состав почв (% фракций)	
						< 0,001 ил	< 0,01 физ. глина
						мм	
1С-2000 естественно- антропогенная	Ud 0–7(8)	7,0	6,98	16,2	0,84	42,0	55,0
	Uh 7(8)–24(30)	6,8	2,57	9,2	1,47	13,6	39,9
	Uih 24(30)–37(44)	6,7	0,90	14,8	1,50	4,0	32,7
	B <sub>1</sub> 37(44)–68	6,7	0,40	14,2	1,50	4,8	13,3
	B <sub>2</sub> 68–84	6,9	0,40	15,4	1,53	17,4	28,6
	BCg 84–120	6,7	0,35	12,6	1,57	13,8	22,1
1НЛ-2000 серая лесная оподзоленная	Ad 1–5	5,9	2,67	19,0	1,04	16,8	30,0
	AE 5–43(48)	5,9	1,52	7,9	1,34	–	–
	B 43(48)–70	5,9	0,43	9,3	1,29	18,3	30,2
	CR 70–150	6,6	0,32	8,2	1,38	9,3	17,2
5У-2000 аллювиальная луговая слоистая	Ad 0–4	7,8	5,84	25,5	0,92	9,6	14,3
	Aca 4–14	8,0	3,93	23,0	1,11	5,2	9,1
	ABca 14–38	8,1	4,13	13,3	1,25	5,3	36,3
	[Ag] 38–60	7,8	5,83	41,3	1,03	6,3	27,6
	Bg 60–105	8,0	0,71	39,2	1,27	4,7	24,4
Cg 105–155	8,1	1,03	37,2	1,18	4,4	14,6	
1СГ-2000 дерновая лесная остаточно- карбонатная	Ad 0–10	8,2	1,09	11,6	1,08	–	–
	A 10–40	8,1	1,14	9,2	1,21	13,6	23,5
	B <sub>1</sub> 40–55	8,6	0,48	5,7	0,94	9,6	16,5
	Bca 55–165	8,5	0,28	6,7	1,10	18,6	26,7

няя часть профиля имеет слабокислую реакцию среды. Показатели рН аллювиальной луговой почвы поймы Иркутта и дерновой лесной остаточнокarbonатной почвы Синюшиной горы достигают слабощелочных и щелочных значений. Низкая актуальная кислотность почвы на «Синюшиной горе» обусловлена генетическими особенностями и, прежде всего, почвообразующими породами самой почвы, при этом обращает на себя внимание некоторое подщелачивание верхних горизонтов, что, по-видимому, связано с выбросами золы ТЭЦ-10, расположенной неподалеку.

Максимальное содержание гумуса обнаружено в аллювиальной луговой почве поймы Иркутта, связанное с накоплением неразложившейся и полуразложившейся массы органических остатков на фоне повышенного увлажнения. Высокое содержание гумуса отмечено в верхнем горизонте профиля почвы микрорайона «Солнечный», что объясняется наличием густого травянистого покрова на месте закладки разреза, и, следовательно, поступлением большого количества органических остатков в почву. Вниз по профилю содержание гумуса резко падает. В целом по количеству гумуса почвы микрорайона Солнечного и поймы Иркутта относятся к среднеобеспеченным. Серую лесную почву микрорайона «Ново-Ленино» можно отнести к низкообеспеченной, и очень низкообеспеченной оказалась дерновая лесная почва на Синюшиной горе.

Все исследуемые почвы имеют преимущественно легко- и среднесуглинистый гранулометрический состав. Преобладающими являются фракции мелкого песка и крупной пыли. Распределение и количественное содержание фракции ила варьирует по разрезам (табл. 1). Строение естественно-антропогенной почвы микрорайона «Солнечный» по гранулометрическому составу принципиально отличается от других разрезов. Профиль почвы имеет трехчленное строение: верхняя часть значительно утяжелена, фракции ила и пыли в сумме составляют 70 %, что говорит о глинистом составе почвы, указывает на привнесение гумусового горизонта извне, т.е. фиксирует прохождение данной почвы стадии реплантозема. Средняя и нижняя часть профиля менее изменена и отвечает по своему строению естественной почве, гранулометрический состав здесь легко- и среднесуглинистый. В целом, гранулометрический анализ вскрыл значительную слоистость данной почвы и диагностировал ее насынное происхождение.

Физические свойства почвы микрорайона «Солнечный» неблагоприятны. Для профиля характерно плотное сложение ( $1,5 \text{ г/см}^3$ ), исключение составляет горизонт Ud. Высокая плотность затрудняет проникновение корней растительности глубже 37 см, что подтверждается при морфологическом изучении почвенного профиля. Естественная влажность почвы составляет в среднем 15 %. Для профиля аллювиальной луговой почвы характерно рыхлое сложение, даже на глубине 105 см ее плотность не превышает  $1,27 \text{ г/см}^3$ , что

является благоприятным для растений. Однако резкое увеличение естественной влажности в 2 раза на глубине 38 см — уровень погребенного горизонта, показывает смену окислительно-восстановительных условий. Установлено, что оптимальные условия для обеспечения растительности воздухом и влагой в данной почве находятся выше 38 см, ниже этой глубины происходит нарастание влажности и преобладание восстановительных условий, неблагоприятных для растений. Дерновая лесная почва Синюшиной горы и серая лесная микрорайона «Ново-Ленино» отличаются повышенной сухостью. В дерновых горизонтах этих почв значения естественной влажности достигали 11–19 %, далее вниз по профилю количество влаги резко падало, по-видимому, это связано с легким гранулометрическим составом данных почв, их рыхлым сложением.

Таким образом, исследование почв города выявило значительные колебания физических свойств, при этом особо выделяется насынная почва микрорайона «Солнечный», в которой наблюдается переуплотнение, сразу под дерновым горизонтом и значительная слоистость гранулометрического состава по всему профилю.

Большинство выбросов токсических веществ в городскую среду сосредотачиваются на поверхности почвы, где происходит их постепенное депонирование, которое ведет к изменению химических и физико-химических свойств субстрата, что влияет на состояние биоты. В исследуемых почвах распределение подвижных форм тяжелых металлов неравномерное, поскольку зависит от выбросов в атмосферу, а также дифференцированного природного фона (табл. 2).

Абсолютным лидером по загрязнению ТМ оказалась насынная почва микрорайона «Солнечный», которая находится в районе сильного воздействия автотранспорта. Здесь зафиксирован максимальный среди всех почв выход подвижных форм Zn, Pb, Cd, особенно в ее верхней части. Исследование миграционных потоков ТМ выявило в аллювиально-луговой почве поймы Иркутта несколько геохимических барьеров в виде погребенного гумусового, оглеенного и карбонатного горизонта, где наблюдается накопление всех подвижные формы ТМ, за исключением свинца. Наиболее мощным геохимическим барьером, выявленным среди исследованных почв, является горизонт Vsa дерновой лесной почвы микрорайона Синюшиной горы. Здесь отмечено закрепление всех подвижных форм изучаемых элементов, причем их содержание на данном барьере в 3–5 раз превышает их поверхностное накопление. Несомненно, наличие данного горизонта является значимым фактором самоочищающей способности почвы.

Накопление в почве загрязнителей обуславливает токсические свойства почв, которые определяют методом проращивания семян высших растений [3]. Для определения этого параметра были выбраны те горизонты почв, глубина которых соответствует глубине заделки семян. Установлено,

Содержание тяжелых металлов (подвижных форм), фитотоксичность и биологическая активность почв города Иркутска

Разрез	Горизонт глубина, см	мг/кг						Количество проросших семян, %	Скорость увеличения рН индикатора в часах
		Zn	Cd	Ni	Co	Pb	Cu		
1С-2000 естественно-антропогенная	Ud 0–7(8)	28,1	0,29	1,70	1,25	11,5	1,29	80	8
	Uh 7(8)–24(30)	1,50	0,10	2,55	0,55	1,08	0,45	100	8
	Uih 24(30)–37(44)	0,64	0,03	3,16	0,34	0,61	0,44	30	57
	B <sub>1</sub> 37(44)–68	0,86	0,06	3,48	0,54	1,55	0,64	–	–
	B <sub>2</sub> 68–84	0,94	0,03	2,92	0,27	0,61	0,67	–	–
	BCg 84–120	0,61	0,03	2,23	0,20	0,61	0,87	–	–
1НЛ-2000 серая лесная оподзоленная	Ad 1–5	0,99	0,07	1,67	0,62	0,63	0,32	70	4,5
	AE 5–43(48)	–	–	–	–	–	–	80	7,5
	B 43(48)–70	0,69	0,03	1,30	0,63	1,87	0,52	70	58
	CR 70–150	0,85	0,05	1,02	0,36	1,08	0,52	–	–
5У-2000 аллювиально-луговая слоистая	Ad 0–4	8,43	0,18	1,38	0,98	2,90	0,75	60	3
	Aca 4–14	5,54	0,18	1,73	1,01	3,21	2,61	10	4
	ABca 14–38	3,13	0,27	1,90	0,98	3,94	0,97	10	6
	[Ag] 38–60	2,86	0,12	1,92	0,70	2,48	0,76	10	8
	Bg 60–105	1,07	0,11	1,99	0,43	1,54	1,09	–	–
	Cg 105–155	1,71	0,15	3,24	0,94	0,62	3,00	–	–
1СГ-2000 дерновая лесная остаточнокarbonатная	Ad 0–10	1,26	0,13	1,22	0,43	1,55	0,52	60	11
	A 10–40	0,97	0,04	0,70	0,69	1,86	0,38	30	21
	B <sub>1</sub> 40–55	0,52	0,07	1,19	0,28	0,61	0,75	–	–
	Bca 55–165	1,22	0,39	3,40	2,12	6,08	2,37	–	–

что наибольшей фитотоксичностью обладает аллювиально-луговая почва поймы Иркутска, что, по-видимому, объясняется высокой влажностью и неблагоприятными для растений окислительно-восстановительными условиями (табл. 2). Дерновая лесная почва Синюшиной горы, также показала высокую фитотоксичность, обусловленной, низким содержанием гумуса, легким гранулометрическим составом, а также щелочными значениями рН. Фитотоксичность серой лесной почвы микрорайона «Ново – Ленино» понижена и объясняется более оптимальными условиями для роста растений, содержанием гумуса и реакцией среды. Максимальное прорастание семян отмечено в насыпной почве микрорайона «Солнечный». Высокое содержание гумуса, тяжелый гранулометрический состав, нейтральная реакция среды снижают токсичное действие тяжелых металлов, удерживая их в поглощенном состоянии, тем самым, создавая благоприятные условия для роста растений.

Еще одним тестом для оценки качества городских почв явилось определение общей биологической активности почвы, которое проводилось экспресс-методом по Т.В. Аристовской и М.В. Чуговой [1]. Полученные результаты (см. табл. 2) показывают, что скорость увеличения рН индикатора в дерновой лесной почве Синюшиной горы была медленной и длилась в течение 11 часов. По принятой для естественных зональных почв Лено-Ангарского плато градации [5] ее можно отнести к низкоактивной, обусловленной слабой обеспеченностью почвы питательными веществами и,

прежде всего, содержанием гумуса. В горизонтах Ud и Uh насыпной почвы Солнечного увеличение щелочности произошло за 8 часов, что характерно для среднеактивных почв. В нижележащих горизонтах биохимические свойства проявились очень слабо, уже на глубине 24 см для увеличения рН индикатора потребовалось несколько суток (57 часов), что связано с резким падением здесь гумуса. В серой лесной почве микрорайона «Ново-Ленино» скорость увеличения рН на 1,0 единицу составляет, в горизонтах Ad – 4,5 часа, А – 7,5 часов, по биохимическим свойствам она является среднеактивной. Вниз по профилю вслед за снижением гумуса замедляется и биохимическая активность, так для увеличения щелочности рН индикатора в горизонте В потребовалось 58 часов, что указывает на низкую активность. Аллювиально-луговая почва поймы Иркутска по сравнению с другими почвами показала максимальную биологическую активность, особенно в горизонтах Ad и А, где скорость увеличения рН индикатора на 1,0 единицу составила 3 – 4 часа и быстро нарастала, по-видимому это связано с высоким содержанием здесь гумуса. В горизонтах АВ и Аg процесс шел несколько медленнее, но достаточно глубоко, его скорость составила 6 – 8 часов, что можно оценить как среднюю степень биологической активности. В целом, установлено, что общая биологическая активность почв зависит от питательной ее ценности, и, прежде всего, содержания гумуса, чем выше его значения, тем активнее почва в биохимическом отношении.



Поскольку почвы выполняют роль базисной составляющей городской экосистемы, особую актуальность приобретает изучение количественно-качественного состава микробиоценозов города. Почвенные микроорганизмы (бактерии, актиномицеты, микроскопические грибы) играют ведущую роль в процессах саморегуляции гомеостаза техногенно-измененной городской экосистемы. Они, участвуя, в биогеохимических циклах, исключают из биологического круговорота вещества, загрязняющие окружающую среду. При этом санитарно-показательные и сапрофитные бактерии почвенного покрова характеризуют гигиеническое состояние городов. Максимальную численность в естественных городских почвах показали сапрофитные бактерии, усваивающие органические источники азота (табл. 3).

Количество этих бактерий в дерновой лесной почве составляет в среднем 770 тыс. КОЕ/г (колоний образующих единиц на г почвы) в горизонте Ad, уменьшаясь с глубиной до 75 тыс. КОЕ/г в горизонте B<sub>2</sub>. В серой лесной почве численность органотрофных бактерий составляет 448 тыс. КОЕ/г в дерновом горизонте и 80 тыс. КОЕ/г в горизонте CR. В то же время в наиболее гумусированной и влажной аллювиальной луговой почве численность бактерий увеличивается с глубиной от 142 тыс. КОЕ/г в горизонте Ad до 352 тыс. КОЕ/г в горизонте Bg. Количество актиномицетов в дерновой лесной почве колеблется от 40 тыс. КОЕ/г в гумусово-аккумулятивном до 10 тыс. КОЕ/г в нижележащих горизонтах. В серой лесной почве их число невели-

ко и колеблется от 12 тыс. КОЕ/г в гумусированных горизонтах до 2 тыс. КОЕ/г — в горизонте CR. В аллювиальной луговой почве численность также невысокая — 15—28 тыс. КОЕ/г в горизонтах Ad и A соответственно. В нижележащих горизонтах данного типа почвы актиномицеты не обнаружены. Численный состав грибного компонента низкий, его колебания составляют от 5,5 тыс. КОЕ/г до 0,6 тыс. КОЕ/г в зависимости от типа почвы и горизонта. Исключение составляет наиболее гумусированная и влажная аллювиальная луговая почва, где количество микромицетов колеблется от 15—20 тыс. КОЕ/г в гумусированных горизонтах до 9 тыс. КОЕ/г в нижней части профиля.

В качественном отношении микробные сообщества городских почв естественного сложения отличаются низким биоразнообразием. Среди спорообразующих сапрофитных бактерий доминируют бациллы видов *Bacillus (B.) mycoides*, *B. megaterium*, *B. subtilis*, *B. cereus*, *B. mesentericus*. Обнаружены микобактерии и псевдомонады. Кокковые формы встречаются редко, в основном родов *Sarcina* и *Micrococcus*. Санитарно-показательные бактерии группы кишечной палочки в естественных городских почвах не обнаружены, что свидетельствует об отсутствии загрязнения их продуктами жизнедеятельности человека и домашних животных. Среди актиномицетов доминировали представители рода *Streptomyces*, секций *Albus* и *Roseus*. Среди микромицетов доминируют *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, ме-

Таблица 3  
Количественный состав микроорганизмов (тыс. КОЕ/г почвы) – июнь 2000 г.

Разрез	Горизонт глубина, см	Бактерии (МПА)	Актиномицеты (КАА)	Грибы (среда Чапека)
1С-2000 естественно- антропогенная	Ud 0–7(8)	80	60	0,3
	Uh 7(8)–24(30)	36	11	0,3
	Uih 24(30)–37(44)	25	9	0,12
	B <sub>1</sub> 37(44)–68	32	5	0,21
	B <sub>2</sub> 68–84	60	2	н/о
	BCg 84–120	20	2	н/о
1НЛ-2000 серая лесная оподзоленная	Ad 1–5	448	12	4,0
	AE 5–43(48)	96	8	5,5
	B 43(48)–70	100	10	н/о
	CR 70–150	80	2	н/о
5У-2000 аллювиально- луговая слоистая	Ad 0–4	142	15	15
	Aca 4–14	235	28	20
	ABca 14–38	347	н/о	9
	[Ag] 38–60	960	н/о	н/о
	Bg 60–105	352	н/о	н/о
	Cg 105–155	–	н/о	н/о
1СГ-2000 дерновая лесная остаточно- карбонатная	Ad 0–10	770	12	2,3
	A 10–40	130	40	2,6
	B <sub>1</sub> 40–55	58	14	3,5
	Bca 55–165	75	10	0,6
Средние показатели для зональных почв и урбаноземов (верхние горизонты 0–10 см)				
дерновая лесная		2000	700	72
серая лесная		1650	450	80
урбанозем		3000	2000	24

нее часто обнаруживаются *Cladosporium*, *Verticillium*, *Curvularia*.

Что касается насыпной естественно-антропогенной почвы микрорайона «Солнечный», то численность гетеротрофных микроорганизмов значительно ниже, чем в городских почвах естественного сложения. Количество сапрофитных бактерий, использующих источники азота, не превышает 80 тыс. КОЕ/г в гор. Ud, 36 тыс. КОЕ/г в гор. Uh, 25 тыс. КОЕ/г в гор. Uih. Доминировали те же виды бактерий, что и в дерновой и серой лесной почве. Микобактерии и кокковые формы выделяются спорадически. Бактерии группы кишечной палочки не обнаружены. Количество актиномицетов было максимальным лишь в верхнем горизонте (60 тыс. КОЕ/г), в горизонте Uih — до 9 тыс. КОЕ/г, в горизонтах В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, ВС<sub>г</sub> их количество минимальное (2 тыс. КОЕ/г). Количественный состав грибного компонента одинаковый в гор. Ud и Uh, что составляет 0,3 тыс. КОЕ/г, в гор. Uih уменьшается до 0,12 тыс. КОЕ/г. Доминировали те же виды, что и в городских естественных почвах.

В результате проведенных исследований установлено, что городские почвы характеризуются невысокой общей численностью микроорганизмов по сравнению с природными (фоновыми) аналогами и собственно урбаноzeмами, где количество гетеротрофных бактерий может достигать 2–3 млн. КОЕ/г, актиномицетов — 0,7–2,5 млн. КОЕ/г, грибов — 0,18–72 тыс. КОЕ/г [4].

Низкая общая численность микроорганизмов в естественных городских почвах разной степени нарушенности по сравнению с природными (фоновыми) аналогами свидетельствует о снижении биологического потенциала этих почв, что согласуется с показателями биологической активности. По степени биологической активности исследуемые почвы относятся к средне- и низкоактивным, и только алювиальная луговая почва отличается большой скоростью и глубиной биохимических процессов, что свидетельствует о ее большей по сравнению с другими почвами биогенности. Естественно-антропогенная почва микрорайона «Солнечный» по своим свойствам приближается к естественной городской и со временем, возможно, полностью трансформируется в нее. Об этом свидетельствуют химические характеристики почвы: нейтральная реакция среды

(рН = 7), высокое содержание гумуса (6,98 %). Ряд биологических показателей, таких как фитотоксичность (прорастание семян 80–100 %), средняя биологическая активность, невысокая численность гетеротрофных бактерий, отсутствие бактерий группы кишечной палочки, являющихся типичными для собственно урбаноzeмов, также указывают на переходную стадию антропогенной почвы к естественной городской.

В целом, изучение почв г. Иркутска, проведенное с позиции эколого-функционального подхода, выявило изменения в режимах функционирования городских почв, которые в наибольшей степени коснулись биотической компоненты почвенной системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аристовская Т.В. Экспресс-метод определения биологической активности почвы / Т.В. Аристовская, М.В. Чугунова // Почвоведение. — 1989. — № 11. — С. 142–147.
2. Воробьева И.Б. Наземные и дистанционные исследования загрязнения городов / И.Б. Воробьева, Т.И. Коновалова // География и природные ресурсы. — 1998. — № 2. — С. 11–16.
3. Красильников Н.А. Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов / Н.А. Красильников. — М.: Изд-во МГУ, 1966.
4. Макарова А.П. Гетеротрофные микроорганизмы и состав гумуса почв и урбаноzeмов Иркутска / А.П. Макарова, Н.В. Вашукевич, Н.И. Гранина // Оценка современного состояния микробиологических исследований в Восточно-Сибирском регионе. — Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2002. — С. 151–157.
5. Напрасникова Е.В. Определение биохимического потенциала почв южной части Лено-Ангарского плато как показателя их состояния / Е.В. Напрасникова // География и природные ресурсы. — 1995. — № 2. — С. 195–197.
6. Строганова М.И. Городские почвы: генезис, классификация, функции / М.И. Строганова, А.Д. Мягкова, Т.В. Прокофьева // Почва, город, экология / Под общей ред. акад. РАН Г.В. Добровольского. — М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. — С. 15–89.