



УДК 631.46

## Санитарно-экологические свойства почвенного покрова урбанизированной территории в условиях Сибири

А. П. Макарова<sup>1</sup>, Е. В. Напрасникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет, Иркутск

<sup>2</sup> Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск

E-mail: [nadin\\_buk@mail.ru](mailto:nadin_buk@mail.ru)

**Аннотация.** Получены новые экспериментальные данные о санитарно-экологических свойствах почвенного покрова города Черемхово и сопредельных территорий в Иркутской области. Выявлены высокие концентрации загрязняющих химических элементов, в том числе тяжёлых металлов. Значения щёлочно-кислотных условий почв колеблются от 5,6 до 8,1 единиц рН. Уровень развития сапрофитной микрофлоры колеблется в широких пределах (от 0,054 до 10,3 млн КОЕ/г) в зависимости от характера исследуемой территории. Дана качественная характеристика основных систематических групп микроорганизмов. Проведённая согласно нормативам оценка санитарного состояния почвенного покрова показала, что в отдельных случаях его показатели приближаются к эпидемически опасным. Биологическая активность почв сравнительно невысока и вдвое ниже, чем в контрольных условно чистых вариантах.

**Ключевые слова:** почвенный покров, микроорганизмы, санитарная оценка, биологическая активность, химические элементы.

### Введение

Одной из важных экологических функций почвы является санитарная, связанная с присутствием ей асептическими свойствами, лимитирующими развитие болезнетворных микроорганизмов [2]. В почвенном покрове поселений присутствуют сапрофитные гидролитики, олиготрофы и копротрофы, осуществляющие деструкцию хозяйственно-бытовых и бытовых органических веществ, и обеспечивающие процессы самоочищения почв. Кроме сапрофитных и патогенных бактерий в почвенном покрове таких местообитаний обязательно присутствуют санитарно-показательные микроорганизмы, свидетельствующие о степени эпидемической безопасности почвы.

К числу самоочищающих свойств почв следует отнести биологическую активность (БАП), связанную с деструкцией азотсодержащего органического соединения – карбамида. Согласно концепции о двуединой природе почв их биологическая активность контролируется экологическими факторами, особенно щёлочно-кислотными условиями (рН). В настоящем исследовании сделан акцент на изучение уровня БАП во взаимосвязи с показателями рН: такая сопряжённость считается довольно высокоинформативным критерием состояния городских почв.

На протяжении ряда лет нами проводятся комплексные исследования почв проблемных

по условиям среды территорий Восточной Сибири. Некоторые результаты изучения антропогенно изменённых почв, в том числе городских, опубликованы ранее [7]. Данная статья продолжает цикл работ, посвящённых исследованиям экологических функций почв на урбанизированных территориях. Основной целью работы стали исследования санитарно-экологических свойств, фитотоксичности, биологической активности почвенного покрова и содержания в нём влияющих на состав и состояние основных групп микроорганизмов химических элементов (особенно тяжёлых металлов) в почвах одного из старейших промышленных центров Восточной Сибири – г. Черемхово.

### Материалы и методы

Объектами исследования служили почвы города Черемхово и сопредельных территорий в зонах влияния действующих и на промплощадках не работающих ныне предприятий.

Город расположен в южной части Среднесибирского плоскогорья на Иркутско-Черемховской осадочной равнине в пределах Иркутского каменноугольного бассейна. Климат территории резко континентальный с холодной продолжительной зимой и тёплым коротким летом. Характерны большие амплитуды температур, малое количество осадков и высокий уровень солнечной радиации. Местность относится к подзоне лесостепи (лесные массивы

представлены берёзой и хвойными породами деревьев). Почвы слабоподзолистые, тёмно-серые, суглинистые.

Отбор почвенных образцов осуществлялся с площадок размером 25 м<sup>2</sup> с глубины 0–10 см согласно методическим указаниям [4]. Из 10–

15 отдельных проб готовился смешанный образец, в случае урбанозёмов удалялись мусор и прочие включения. Локации в промышленной зоне и на территории города, в которых отобраны пробы, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Местоположение точек отбора почвенных образцов на территории г. Черемхово

№ п/п	№ образца	Местоположение
<i>Промзона</i>		
1	1	Территория бывшего цеха цинковых белил
2	2	Территория ТЭЦ (западная сторона)
3	3	Территория ТЭЦ (восточная сторона)
4	4	Территория цеха производства зеркал
5	5	Территория картонного завода
6	6	Территория бывшего завода ЖБИ
7	7	Террикон на окраине города
8	7а	Там же
9	11	Территория мясокомбината
<i>Территория города</i>		
10	9	АЗС
11	10	Частная жилая застройка
12	8	Жилой массив (панельные здания в 5 этажей)
13	12	Жилой массив (близ центра города)
14	13	Центр города, торговые ряды
15	14	Центр города, сквер
16	15	Жилой массив (граница парковой зоны)
17	16	Ж/д вокзал (под растительностью)
18	17	Ж/д вокзал (без растительности)
19	19 Контроль	Окраина города (природные рубежи)

Санитарно-микробиологическую оценку проводили по общепринятым методикам [6]. При идентификации микроорганизмов различных таксономических групп использовали определители бактерий, актиномицетов, микроскопических грибов [3; 5; 8]. Фитотоксичность почв определена методом Красильникова [6]. Уровень биологической активности почв изучен экспресс-методом по Т. В. Аристовской и М. В. Чугуновой [1]. С помощью метода можно получить достаточно достоверные сведения о самоочищающей способности почв, особенно если речь идёт о территориях, подверженных действию процессов урбанизации и техногенеза. Щёлочно-кислотные условия регистрировались потенциометрическим методом. Определение содержания химических элементов выполнено с использованием атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Optima-2000 DV (Perkin Elmer, США).

### **Результаты и обсуждение**

Результаты анализа содержания химических элементов в изучаемых почвах по стан-

дартному перечню, а также соотношения этих показателей с санитарно-эпидемиологическими нормативами [2] приведены в табл. 2.

Данные показывают, что такие макроэлементы, как Р и Мп, содержатся в почвах в достаточном количестве, но не превышают ПДК. Содержание Zn, Cr, Cu, Ni, Co превышает ПДК. Отметим, что цинк в больших количествах (4–7 ПДК) обнаружен везде, кроме частного сектора. Высокое содержание мышьяка (10 ПДК) обнаружено лишь на территории цеха по производству зеркал. Только в двух образцах (территория АЗС и ТЭЦ (западная сторона)) зарегистрировано двойное превышение содержания свинца. Относительно кадмия почвы можно считать чистыми. Содержание никеля почти во всех образцах в несколько раз превышает ПДК, а на территории картонного завода оно чрезвычайно высокое.

Результаты санитарно-микробиологического анализа почв территории (табл. 3) свидетельствуют о различной степени загрязнения хозяйственно-бытовыми органическими веществами.

Таблица 2

Содержание химических элементов в почвах г. Черемхово и сопредельных территорий

№ п/п	№ образца	Химический элемент, мг/кг											
		P	Mn	Ba	Sr	Zn	Cr	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	As
1	1	1590	810	622	208	166	108	32	49	22	32	0,45	4,4
2	2	1914	787	620	265	172	104	31	47	22	60	0,40	3,0
3	4	1790	716	606	278	236	95	35	48	26	36	0,40	»20
4	5	1124	771	579	245	137	84	51	241	397	27	0,30	3,0
5	6	1177	717	453	254	119	102	30	53	26	25	0,45	4,3
6	7	1418	847	431	193	152	84	37	43	227	31	0,45	3,1
7	8	2049	658	472	192	135	69	39	37	18	49	0,40	4,3
8	9	3172	742	577	271	175	109	32	47	21	55	0,45	4,1
9	10	728	729	443	264	16	96	40	55	23	40	0,50	–
10	11	1034	730	473	227	104	115	38	66	22	19	0,45	8,7
11	13	1267	716	529	219	113	90	33	59	23	19	0,35	–
12	16	1013	820	464	172	109	96	33	50	28	33	0,40	–
13	ПДК	–	1500	–	–	23	60	3	4	5	32	2–5	2

Таблица 3

Результаты санитарно-микробиологического анализа почв г. Черемхово и сопредельных территорий

№ образца	Местоположение точек отбора образцов	Аммонификаторы, млн КОЕ/г	Колиформные бактерии		Оценка санитарного состояния почвы
			Титр	Индекс	
1	Территория бывшего цеха цинковых белил	0,054	0,001	120	загрязнённая
2	Территория ТЭЦ	1,64	0,001	200	загрязнённая
11	Территория мясокомбината	10,3	0,001	600	загрязнённая
4	Территория цеха производства зеркал	5,2	0,001	290	загрязнённая
5	Территория картонного завода	3,0	0,001	300	загрязнённая
6	Территория бывшего завода ЖБИ	5,5	0,001	300	загрязнённая
13	Центр города, торговые ряды	5,0	0,00001	1500	сильно загрязнённая
8	Жилой массив (панельные здания в 5 этажей)	6,1	0,00001	1500	сильно загрязнённая
14	Центр города, сквер	0,24	0,001	150	загрязнённая
10	Частная жилая застройка	5,5	0,0001	1000	сильно загрязнённая
16	Ж/д вокзал (под растительностью)	0,51	0,001	500	загрязнённая
19	Контроль	2,8	не обн.	–	чистая

Максимальная численность аммонифицирующих зубактерий отмечена на территории мясокомбината (10,3 млн КОЕ/г), что втрое превышает значение контрольного варианта. В жилом многоэтажном массиве и в частном секторе показатель данной группы составлял 6,1 и 5,5 млн КОЕ/г соответственно, что почти в два раза превышает контрольные показатели. Наименьшая численность аммонификаторов установлена в промышленной зоне. По этому показателю особенно выделяется почвенный покров бывшего цеха по производству белил (0,054 млн КОЕ/г). Данный факт мы связываем с ингибирующим воздействием на микробиоту цинка, содержание которого достигает здесь

166 мг/кг почвы, что в 7 раз превышает значение ПДК.

Среди зубактерий преобладали споровые формы рода *Bacillus*, реже псевдомонады и микрококки, что свидетельствует о значительной толерантности бациллярных форм к влиянию тяжёлых металлов. Группа представлена видами-доминантами *Bacillus mycoides*, *B. cereus*, *B. mesentericus*, *B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. agglomeratus*.

Титр колиформных бактерий группы кишечной палочки в почвенном покрове г. Черемхово достаточно высок, несмотря на присутствие тяжёлых металлов. Титр и индекс колиформных бактерий является индикатором не только бытового загрязнения органикой, но и

возможного присутствия в почве возбудителей желудочно-кишечных инфекций. Наиболее высокие показатели выявлены на территории торговых рядов в центре города, а также в жилом многоэтажном массиве (0,00001) и в частном секторе (0,0001). Почвенный покров этих территорий можно оценить как сильно загрязнённый, а при оценке степени эпидемической опасности согласно нормативам отнести к чрезвычайно опасным [2].

В промышленной зоне почва менее загрязнена хозяйственно-бытовой органикой и колиформными бактериями группы кишечной палочки, титр которых не превышал 0,001, а индекс варьировал от 120 до 600. Доминировали в данной группе представители родов *Citrobacter*, реже *Enterobacter* и в отдельных случаях (частный сектор) рода *Escherichia*, что свидетельствует о свежем фекальном загрязнении.

Среди почвенных микроскопических плесневых грибов – гидролитиков и основных деструкторов органики доминировали микромицеты, толерантные к слабощелочным значениям pH. Разнообразие данной группы невелико: представлены роды *Cladosporium*, *Scopulariopsis*, *Penicillium*, *Aspergillus*. Несмотря на экологическую толерантность микроскопических грибов, можно с большой долей вероятности считать, что насыщенность изучаемых почв тяжёлыми металлами оказывает на них соответствующий прессинг.

В исследованиях фитотоксичности почв города в качестве тест-объекта служили семена

редиса, имеющие небольшой размер и не содержащие значительного запаса питательных веществ). Результаты показали, что всхожесть семян на всех испытуемых почвах достаточно хорошая (90–100 %), однако показатели биомассы отростков имеют отличия в зависимости от места отбора образцов. Ингибирующими прирост биомассы всходов оказались почвы (в порядке убывания) на территории бывшего цеха цинковых белил, АЗС, ТЭЦ, бывшего завода ЖБИ.

Представленные на рисунке 1 показатели биологической активности почв (БАП), как индикаторы самоочищающей способности, позволяют отнести их к средне- и низкоактивным. Показатели биологической активности городских почв представляют относительно равные значения, в промзоне же они различаются более резко. Особенно малоактивными оказались развивающиеся почвы терриконов (см. рис. 1: 7; 7а), что не противоречит их природе.

Значения pH почвенного покрова изменяются от 5,6 до 8,1 единиц. Полученные данные позволили выявить тесную связь между показателями БАП и pH (рис. 2). Параболическая кривая, построенная на основе данных регрессионного анализа связей, четко показывает тренд развития почвенно-биохимического процесса, который играет большую роль в обеспечении самоочищающей способности исследуемых почв.

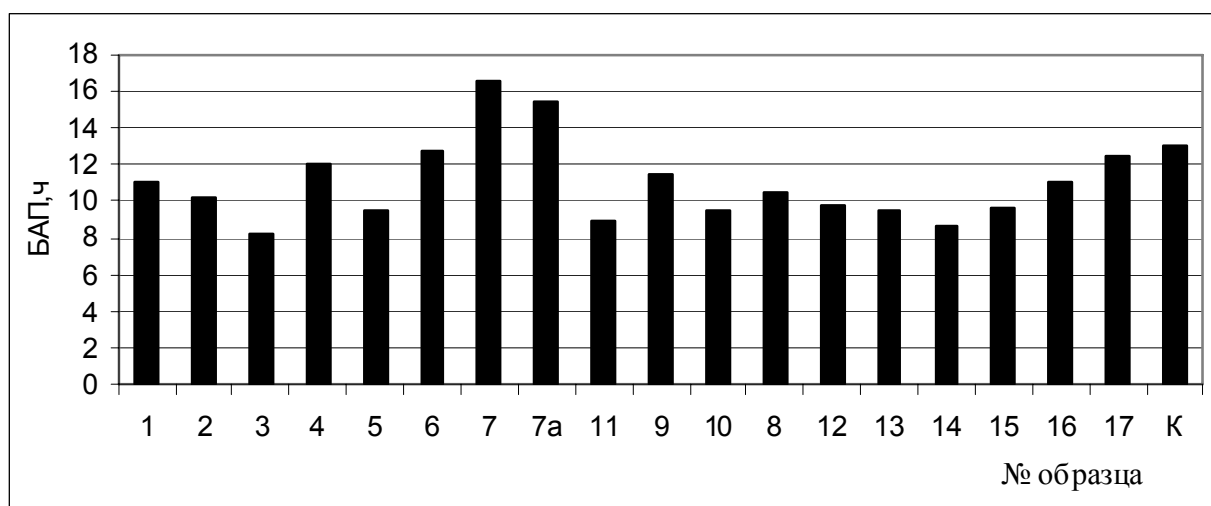


Рис. 1. Значения биологической активности почв (БАП) г. Черемхово и сопредельных территорий. Образцы 1–7, 7а, 11 – промзона; 8–10, 12–17 – территория города, К – контроль

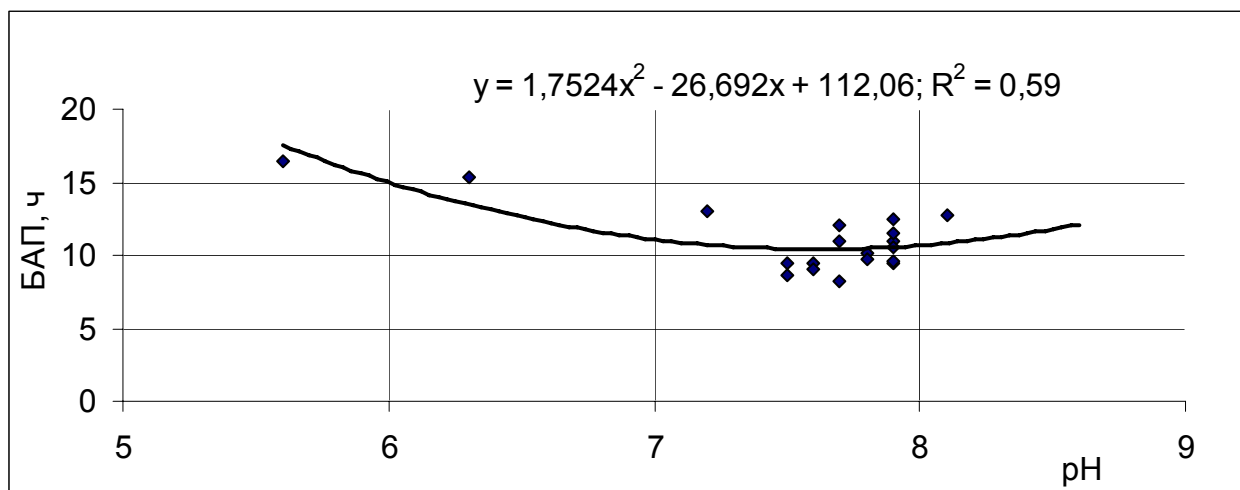


Рис. 2. Зависимость биологической активности почв (БАП) г. Черемхово и сопредельных территорий от реакции среды (рН)

**Заключение**

Проведённые исследования показали, что почвенный покров г. Черемхово характеризуется сравнительно высоким содержанием загрязняющих веществ в виде тяжёлых металлов и хозяйственно-бытовой органики. На этом фоне впервые экспериментально выявлен уровень развития сапрофитной микрофлоры, который колеблется в широких пределах (от 0,054 до 10,3 млн КОЕ/г) и зависит как от содержания тяжёлых металлов, так и от степени загрязнения хозяйственно-бытовой органикой. Состав микроскопических грибов доказывает их толерантность к слабощелочным условиям обитания. Разнообразие данной группы невысоко. Оценка санитарного состояния почвенного покрова по соответствующим нормативам показывает, что он является загрязнённым, а в отдельных случаях сильно загрязнённым бытовыми и хозяйственно-бытовыми отходами и приближается к эпидемически опасным по титру и индексу колиформных бактерий. Выявленный уровень биологической активности почв позволяет отнести их к средне- и слабоактивным.

**Литература**

1. Аристовская Т. В. Экспресс-метод определения биологической активности почв / Т. В. Аристовская, М. В. Чугунова // Почвоведение. – 1989. – № 11. – С. 142–147.
2. Гигиенические нормативы / под ред. Г. Г. Онищенко. – СПб. : Проффессионал, 2011. – С. 118.
3. Гаузе Г. Ф. Определитель актиномицетов / Г. Ф. Гаузе, Т. П. Преображенская, Т. С. Максимова. – М. : Наука, 1983. – 245 с.
4. ГОСТ 17.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – С. 4.
5. Литвинов М. А. Определитель микроскопических почвенных грибов / М. А. Литвинов. – Л. : Наука, 1967. – 303 с.
6. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. – М. : МГУ, 1991. – 303 с.
7. Напрасникова Е. В. Санитарно-микробиологические и биохимические особенности почвенного покрова городов Прибайкалья / Е. В. Напрасникова, А. П. Макарова // Сиб. мед. журн. – 2005. – № 5. – С. 67–71.
8. Определитель бактерий Бердже : пер. с англ. / под ред. Дж. Хоулта. – М. : Мир, 1997. – Т. 1. – 303 с.

**Sanitary-and-environmental properties of the soil cover in conditions of Siberia**

A. P. Makarova<sup>1</sup>, E. V. Naprasnikova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Irkutsk State University, Irkutsk

<sup>2</sup>V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk

**Abstract.** New experimental data on sanitary-and-environmental properties of the soil cover in the town of Chermkhovo and adjacent areas under the conditions of Siberia were obtained. High concentrations of polluting chemicals, including heavy metals, were identified. The values of acid-alkali conditions of soils range from 5.6 to 8.1 pH. The level of saprophytic microflora is shown, which varies widely (from 0.054 to 10.3 mln CFU/g) depending on

the study area. A qualitative characteristic of the main taxonomic groups of microorganisms is given. An assessment of the sanitary state of the soil cover according to the established standards revealed that it is close to an epidemically dangerous one. Biological activity of soils is relatively not high and is twice lower than the control variants.

**Key words:** soil cover, microorganisms, health assessment, biological activity, chemical elements.

*Макарова Альвина Павловна*  
*Иркутский государственный университет*  
*664003, Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5*  
*кандидат биологических наук, доцент*  
*тел. (3952) 24-18-55*  
*E-mail: nadin\_buk@mail.ru*

*Makarova Alvina Pavlovna*  
*Irkutsk State University 5,*  
*5 Sukhe-Bator St., Irkutsk, 664003*  
*Ph. D. in Biology, ass. prof.*  
*phone: (3952) 24-18-55*  
*E-mail: nadin\_buk@mail.ru*

*Напрасникова Елизавета Викторовна*  
*Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН*  
*664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1*  
*кандидат биологических наук,*  
*старший научный сотрудник*  
*тел. (3952)42-27-17*  
*E-mail: napev@irigs.irk.ru*

*Naprasnikova Elizaveta Viktorovna*  
*V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS*  
*1 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033*  
*Ph. D. in Biology, senior research scientist*  
*phone : (3952)42-27-17*  
*E-mail: napev@irigs.irk.ru*