

Экологическое состояние почвенного покрова города Хабаровск

Валентина Ивановна РОСЛИКОВА

доктор географических наук, главный научный сотрудник
ХФИЦ ДВО РАН, Институт водных и экологических проблем, Хабаровск, Россия
roslikova@ivep.as.khb.ru

Аннотация. Особенностью трансформированных почв урбанизированных ландшафтов является то, что роль аккумулятивной толщи выполняет урбанизированный горизонт. Из-за потери буферности он не в состоянии выполнять основную функцию почв – биопродуктивность. Для проведения реставрации нарушенных почв необходима их экологическая оценка. Одним из направлений экологической оценки почвенного покрова урбанизированных ландшафтов, наряду с исследованиями тяжелых металлов, является изучение биопродуктивности, основанное на оценке количества углекислого газа, выделяемого исследуемым объектом, а также фитоактивности – свойства загрязненной почвы подавлять прорастание семян высших растений. В данном случае прорастали семена овса. Основной упор в исследованиях был сделан на парковую и промышленную зоны. Такой выбор обусловлен тем, что эти зоны являются базовой основой исследуемой территории и находятся под антропогенным воздействием различной степени. Исследования почв парковой зоны показали, что их продуктивность лежит в пределах низких и средних значений, а в промышленной зоне почвы по скорости эмиссии CO₂ характеризуются низкими значениями. Подобные результаты позволяют в целом отнести исследуемые территории к слабо и очень слабо-активным почвам. Для парковой зоны исследования фитоактивности по данным тест-реакции на корневые проростки овса свидетельствуют о падении уровня биологической продуктивности в почвенных образованиях. В промышленных зонах фитоактивность еще ниже и лежит в пределах слабых и очень слабых значений. Суммарный показатель Zc загрязнения ТМ по всем зонам (в соответствии с оценочной шкалой) достигает величины менее 16, что позволяет отнести все исследованные территории к допустимой категории загрязнения земель. Однако локальные участки могут находиться в напряженном состоянии, их расположение остается не учтенным. Для создания экологической комфортности подобных территорий необходима разработка системы мер с учетом состояния интегральной составляющей среды – почвенной системы. При этом важно использовать приемы формирования характерных дальневосточных фитоценозов в экологических условиях, приближенных к природным фитоценозам.

Ключевые слова: трансформированные почвы, предпоченные образования, компонентный состав, антропогенная нагрузка, экологические функции, оценка загрязнения

Для цитирования: Росликова В.И. Экологическое состояние почвенного покрова города Хабаровск // Тихоокеанская география. 2023. № 3. С. 23–35. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_15_2.

Ecological state of soil cover in Khabarovsk city

Valentina I. ROSLIKOVA

Doctor of Geographical Sciences, Chief research associate

Khabarovsk Federal Center FEB RAS, Institute of Water and Environmental Problems, Khabarovsk,
Russia

roslikova@ivep.as.khb.ru

Annotation. A feature of the transformed soils of urbanized landscapes is the urbanized horizon, which plays the role of an accumulative stratum. Due to the loss of buffering capacity, it is not able to perform the main function of soils as bio-productivity. To carry out the restoration of disturbed soils, their ecological assessment is necessary. One of the directions in the ecological assessment of the soil cover of urban landscapes, along with the study of heavy metals, is the study of bio-productivity, based on an assessment of the amount of carbon dioxide emitted by the object under study, and phyto-activity as the property of contaminated soil to suppress the germination of seeds of higher plants. In this case, oat seeds were germinated. The main research were placed in the park and industrial areas since these zones are the fundamental basis of the studied area and are affected to varying degrees. Studies of soils in the park zone have shown that their productivity lies within its low and medium values, and these formations in the industrial zone are characterized by even lower values of CO₂ emission rate. Such results make it possible in general to classify these territories as weakly and very weakly active soils. For the park zone, the study of phyto-activity, according to the test reaction to oat root seedlings, indicates a drop in the level of biological productivity in soil formations. In industrial areas, phyto-activity is even lower and lies in the range of weak and very weak values. The total indicator Zc of HM pollution for all zones (according to the assessment scale) reaches a value of less than 16, which makes it possible to attribute all the studied territories to the permissible category of land pollution. However, some localities may be in a stressed state, and they remain unaccounted. To create the ecological comfort of such areas, it is necessary to develop a system of measures, taking into account the state of the soil system as the integral component of the environment. At the same time, it is important to use methods for the formation of typical Far Eastern phytocenoses under environmental conditions close to those in natural phytocenoses.

Keywords: transformed soils, primary formations, component composition of soil cover, anthropogenic load, ecological functions, pollution assessment

For citation: Roslikova V.I. Ecological state of soil cover in Khabarovsk city. Pacific Geography. 2023;(3):23-35. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2023_15_2.

Введение

Трансформированные почвы урбанизированных территорий являются одной из базовых составляющих городской среды [1–5]. Это обусловлено тем, что почвенная система, несмотря на нарушение ее природного состояния, в определенной мере продолжает выполнять глобальные экологические функции в биосфере: средообразующие, аккумуляционные, регулирующие, санитарные и др. [6]. В последние годы исследователи уделяют особое внимание не только загрязнению почв тяжелыми металлами, но и ее ферментативной активности и биопродуктивности.

В середине 80-х гг. прошлого века Институтом водных и экологических проблем ДВО РАН были организованы исследования почв городских ландшафтов на юге Дальнего Востока, которые выполнялись совместно с кафедрой строительства и архитектуры Тихоокеанского государственного университета (ТОГУ). С 2013 г. эти исследования были продолжены в сотрудничестве с кафедрой экологии, ресурсопользования и безопасности

жизнедеятельности, ресурсосбережения и жизнеобеспечения в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России». Исследования были посвящены оценке состояния трансформированного почвенного покрова под воздействием современных геологических процессов [7], что позволило в результате установить закономерности трансформации почв в зависимости от стадий развития склоновых процессов, загрязнения разных категорий земель поллютантами [8]. Была предложена схема зонирования территории г. Хабаровск по степени нарушенности почвенного покрова [9]. Согласно этой схеме территория города разделяется на зоны с частично сохраненными или полностью утраченными экологическими функциями почв. Оценка состояния экологических функций опиралась на степень нарушенности почвенного профиля. Подобный подход не всегда оправдан, т.к. необходимо учитывать, что и без нарушения почвенного профиля утрата экологических функций может происходить за счет аэрозольных процессов, загрязняющих почву. Подобные процессы обусловлены повторяемостью приземных и приподнятых инверсий, что затрудняет рассеивание вредных примесей и способствует накоплению их в приповерхностных горизонтах. В целом г. Хабаровск отнесен к зоне высокого и очень высокого потенциала загрязнения атмосферы. Нельзя исключать и нарушения гидрологического режима – подтопление загрязненными водами, затопление и т.д. При этих видах воздействий почвенный профиль сохраняет свои диагностические признаки, а экологические функции в той или иной степени нарушаются. Все изложенное послужило основанием для постановки следующей цели: выявить специфику трансформации почв различных функциональных зон г. Хабаровск, испытывающих комплексное антропогенное, в т. ч. техногенное воздействие, и по результатам анализа биологической активности, загрязнения тяжелыми металлами дать оценку состояния их базовой экологической функции – биопродуктивности.

Материалы и методы

Сложное инженерно-геологическое строение исследуемой территории определило характер почвенного покрова [7]. Для его оценки было заложено более 120 почвенных разрезов с полным описанием профилей. Объекты наблюдений располагались на промышленных площадках, в жилой застройке, вблизи транспортных магистралей, рекреационных, парковых и в сельскохозяйственной зонах.

Использовались следующие методы: профильно-генетический, морфологический, физико-химические. Основой методологических посылок являлась субстантивно-генетическая классификация [10]. Символы для обозначения характера горизонтов использовались в соответствии с руководством полевого определителя почв. Валовые формы тяжелых металлов (ГМ) определялись методом атомно-абсорбционной спектроскопии в Институте горного дела ДВО РАН. Обработка результатов измерений массовой доли металлов осуществлялась в автоматическом режиме. Подвижные формы извлекались ацетатно-аммонийным буферным раствором (рН 4,8).

Продуктивность почв исследовалась двумя методами: дыхательной активности по методу Э.А. Головки [11], в основе которого лежит количество углекислого газа, выделяемого исследуемым объектом, и фитоактивности. В качестве комплексного показателя загрязнения почвы исследовалась фитотоксичность – свойство загрязненной почвы подавлять прорастание семян высших растений. В данном случае использовались семена овса [12].

Фитотоксический эффект определялся в результате сопоставления показателей тест-функции (L_{cp}) опытных и контрольных семян $L_{cp}(к)$. Длина максимального корня (L_{cp}) в опытных образцах определялась по формуле:

$$L_{cp} = \frac{\sum L_i}{n}, \quad (1)$$

где L_i – длина максимального корня, мм;

n – общее количество семян.

При $L_{cp}(оп) >$ или $= L_{cp}(к)$ неблагоприятное действие отсутствует.

Эффект торможения определялся по формуле:

$$E_T = \frac{L_K - L_{оп}}{L_K} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где E_T – эффект торможения, %;

$L_{оп}$ – средняя длина корней (опыт), мм;

L_K – средняя длина корней (контроль), мм.

Если фитозащитный эффект (E_T) составляет 20 % и более, то можно считать, что почвы токсичны и оказывают воздействие на растения (табл. 1а).

Таблица 1а

Градации проявления фитотоксического эффекта

Table 1a. The scale for comparative assessment of soil biological activity

Эффект торможения, %	Проявление токсического фитозащитного эффекта
0–10	Эффект отсутствует
10–30	Слабый эффект
30–50	Средний эффект
Больше 50	Недопустимый

Показателями уровня химического загрязнения почв как индикаторов неблагоприятного воздействия являются коэффициент концентрации химического вещества (K_c) и суммарный показатель загрязнения (Z_c) (табл. 1б), который определялся отношением реального содержания в почве (C) к фоновой концентрации (C_f):

$$K_c = \frac{C}{C_f}. \quad (3)$$

Z_c – суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов: $Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1)$ (4)

где K_c – коэффициент концентрации химических элементов; n – число суммируемых элементов.

Таблица 1б

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения

Table 1b. An approximate assessment scale on the danger of soil contamination according to the aggregated indicator of contamination

Категория загрязнения почв	Величина (Z_c)	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16–32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32–128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)

Источник: [13].

Результаты и обсуждение

До освоения исследуемой территории естественный почвенный покров в обобщенном виде можно охарактеризовать следующим образом: на террасированной равнине, сложенной разновозрастными озерно-аллювиальными и аллювиальными отложениями формировались аллювиальные почво-грунты, луговые глеевые, лугово-дерновые, торфяно- и торфянисто-глеевые, буроземы остаточного пойменные, текстурно-дифференцированные (ТДП). На холмисто-увалистой поверхности и мелкосопочнике с элювиально-делювиальной корой выветривания формировались буроземы типичные и буроземы задернованные, ТДП; под воздействием оползневых процессов – эродированные почвы, на балочном аллювии – дерново-глеевые. В различных зонах землепользования города естественные почвы претерпели значительную трансформацию или полностью заменились предпочтенными образованиями.

Рассмотрим варианты строения профилей почвенных тел, образовавшихся под спровоцированными антропогенными и природными воздействиями (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная оценка морфо-диагностических признаков почв основных зон землепользования г. Хабаровск
Table 2. Comparative assessment of morpho-diagnostic features of soils in the main land-use zones of Khabarovsk

Почва / предпочтенное образование	Строение профиля
Почвенные образования парковых зон	
Буроземы глубоко трансформированные на суглинистых отложениях	Ad–AY/Ad–1 aR–U2R B1–U3 aR B2– C
Буроземы поверхностно трансформированные на коре выветривания слюдисто-глинистых сланцев	O–A1Ad–A–B1–B2/C
Эроземы на коре выветривания слюдисто-глинистых сланцев	B1M–C–D
Урбатекстурно-дифференцированные на верхнечетвертичных озерно-речных отложениях	O UR–WU–UE пп g–Eпп g B–B1–B2–C
Рудиземы на строительных отходах	O–Ad–U1 ru,a–U2 ru AY,a2–U3 ru, a3–
Торфянисто-глеевые урбанизированные на отложениях балочного аллювия	U1Ad/ T a–G U2,a3
Урбаниземы на суглинистых отложениях	U1, a3[AY]–U2, a2– C
Урбаниземы стратифицированные	O–U 1R [A1]–U2 R–U3 R [A1]–C
Урбаниземы стратифицированные оглеенные	O U R [A Y]–U2 R– U3Rg [AY]
Урбаниземы пирогенные на суглинисто-глинистых, дресвянисто-щебнистых отложениях	O–A, pir–U1 [Apir]–U2, a2–U3, a3
Стратифицированные на суглинистых отложениях	R1–R 2–R3–C
Конструктоземы на искусственных 7-метровых насыпях	O–Ad–2STR–3STR
Реплантоземы на асфальтовых покрытиях	RTur–1RT
Почвенные образования промышленной зоны	
Петролиты урбанизированные с гнездами угольной крошки и пластов угля на трансформированных лугово-дерновых почвах	O–U, a–1UPe, a2–2Pet–3UPet3/Bg–Bg/C
Аквастратоземы на техногенных отложениях	R1, agua–R2, agua –R3 agua–C
Буроземы постагрогенные турбирванные на коре выветривания глинистых сланцев	O–Ad–APY (B1), agr–B1(APY), tr–B1CLM–B2CM – CLM. (O)
Аквахемоземы стратифицированные на техногенных отложениях	A amb, IXU R agu, str–2XUR agua, str a2–TCX
Рудиземы стратифицированные на перемещенных строительных отходах	Ad–U1, ru R, a–U2, ru (AY), a2–U3 ru R, a3
Циноземы водно-аккумулятивные на шлаково-зольных отложениях	Cп1, agu–Cп2, agu– Cп3, agu
Придорожные территории	
Лугово-дерновые оглеенные урбанизированные	Ad–A1 U1g–TCX

Почва / предпочтительное образование	Строение профиля
Дерново-глеевые акваурбанизированные	Ad-GU1ox, agu, a-GU2
Торфянисто-глеевые урбанизированные на суглинистых отложениях	U1Ad/ T,a-GU2, a3-C
Урбаниземы на суглинистых отложениях	U1, a3[AY]-U2, a2-C
Литостраты стратифицированные на искусственных насыпях	STR-STZ, ac-TCX
Сельскохозяйственные угодья	
Лесные подбелы постагрогенные на озерно-аллювиальных отложениях.	O-AO -W-AY Egnn- EgnnB1Y-B2g-B2g / C
Буроземы агрогенно-преобразованные на аллювиальных отложениях	P-AY-B-BC
Лугово-дерновые агрогенно-преобразованные	O-PU-B g-G BC
Жилые зоны	
Эроземы урбанизированные	B1M-C-D
Абраземы	C-D
Урбаниземы на суглинистых отложениях	U1, a3[AY]-U2, a2-C
Реплантоземы на суглинистых отложениях	R Tur-1RT-C

Примечание. Все диагностические признаки трансформированных почв и предпочтительных образований с цветными фотографиями представлены в монографии В.И. Росликовой, Т.И. Матвиенко [8].

Приведенные диагностические признаки почв свидетельствуют, что спектр трансформированных поверхностных образований территории города широкий: от естественных поверхностно-преобразованных, характерных для данной географической зоны, до различной степени глубоко преобразованных трансформированных почв и новых почвенных образований.

Основной упор в исследованиях был сделан на парковую и промышленную зоны. Такой выбор обусловлен тем, что эти зоны являются базовой основой исследуемой территории и находятся под воздействиями в различной степени. Парковая зона включает территорию парка «Муравьева-Амурского», приуроченного к волнисто-увалистой поверхности крутого правобережья р. Амур и сложенного элюво-делювиом глинистых сланцев; парка «Динамо», также расположенного на волнисто-увалистой поверхности, и парка «Стадион им. Ленина», приуроченного к озерно-аллювиальной низменной равнинной части долины р. Амур (р. Чардымовка). Промышленная зона располагается на обеих поверхностях.

Важнейшей функцией почвенной системы является функция биопродуктивности, которая оценивалась по эмиссии углерода (табл. 3). Рассмотрим ее в трансформированных почвах исследованных зон. Для парковых зон она колеблется в широких пределах (от 0.7 до 24.9 мг/10 г почвы). Сравнение данных верхних горизонтов трех исследованных парков показало, что по шкале оценок биопродуктивности в парках «Муравьева-Амурского» и «Динамо» почва характеризуется слабой активностью. И только в буроземе поверхностно-нарушенном (разрез 1), конструктороземе и реплантаземе (разрезы 18, 21) активность едва достигает средних значений.

Буроземы разной степени преобразованности, а также урбаниземы парка «Динамо», отличаются высокой скоростью эмиссии CO₂, установлены высокие значения их активности. Исключением является урбаниземы оглеенные с низкой активностью.

В промышленной зоне предпочтительные образования по скорости эмиссии характеризуются более низкими значениями CO₂ (0.34–6.57 мг/10 г почвы), чем в парковой зоне. Подобные результаты позволяют в целом отнести их к слабо – и очень слабо-активным почвам.

Кроме дыхательной активности был применен и метод фитотестирования. Экзогенное химическое воздействие четко отразилось на изменении интенсивности прорастания

Таблица 3

Биологическая продуктивность трансформированных почв и предпочвенных образований в парковой и промышленной зонах

Table 3. Biological productivity of transformed soils and pre-soil formations in park and industrial zones

№ разреза	Глубина, см	рН (водное)	Средняя длина корней, мм		Фитоэффект (E ₁) %	Тест-реакция	Эмиссия CO ₂ , мг/10 г почвы	Активность почвы	Прирост длины корней овса, мм
			L _{кон}	L _{он}					
Парковая зона									
Парк «Муравьева-Амурского»									
Бурозем поверхностно-преобразованный									
1	0–7	7.7	86	49	43.0	Эффект торможения	7.84	Слабая	-37
	8–27	7.3		66	23.3				-20
Бурозем поверхностно-стратифицированный на деловии глинисто-кремнистых сланцев									
16	0–13	Не опр.	86	94	0	Неблагоприятное действие отсутствует	10.98	Слабая	+8
Литострат стратифицированный на погребенной толще элюво-деловия глинисто-кремнистых сланцев									
15	0–12	6.9	86	48	44.2	Эффект торможения	9.77	Слабая	-38
Стратозем на погребенной толще элюво-деловия глинисто-кремнистых сланцев									
13	0–9	6.5	86	64	25.6	Эффект торможения	Не опр.		-22
Бурозем поверхностно-стратифицированный на деловии глинисто-кремнистых сланцев									
14	0–15	7.6	86	92	0	Неблагоприятное действие отсутствует	12.08	Средняя	+6
Парк «Стадион им. Ленина»									
Конструктоземы на 7 м искусственно возведенной насыпи									
20	0–12	6.9	86	70	18.6	Слабый эффект	10.02	Слабая	-16
17	0–18	6.9		78	9.3	Норма	10.07	Слабая	-12
21	0–8	5.1		44	48.8	Эффект торможения	12.35	Средняя	-42
Реплантоземы на асфальтовом покрытии на 7 м возведенной насыпи									
18	0–16	7.3	86	69	19.8	Слабый эффект	13.01	Средняя	-17
19	0–17	7.2		70	18.6	Слабый эффект	9.78	Слабая	-16
Парк «Динамо»									
Бурозем глубоко трансформированный									
5	0–2	7.7	86	93	18.6	Норма. Слабый фитоэффект	18.7	Высокая	+7
	8–20	7.1		70	39.5		19.7		-16
Рудизем на строительных отходах									
6	0.1–5 5–50	6.4	86	87	-	Норма	18.9	Высокая	+1
		6.0		70	18.6	Слабый фитоэффект торможения	15.2		-16
									Слабая
Бурозем поверхностно-трансформированный									
7	0.5–10	6.2	86	72	16.3	Слабый фитоэффект	24.2	Очень высокая	-14
	10–30	5.9		44	48.8		24.9		-42
Бурозем поверхностно-трансформированный									
9	0.5–9	6.4	86	69	19.8	Слабый фитоэффект	19.9	Высокая	-17
	9–20	6.2		67	22.1		0.3		Слабая
	20–45	5.2		48	44.2		9.3	Средняя	-38
Урбанизем									
10	0–10 10–48	7.0 7.1	86	89 53	96 38	Средний эффект торможения	20.9 11.1	Высокая Средняя	+3 -33

№ разреза	Глубина, см	рН (водное)	Средняя длина корней, мм		Фитозффект (E _г) %	Тест-реакция	Эмиссия CO ₂ , мг/10 г почвы	Активность почвы	Прирост длины корней овса, мм	
			L _{кон}	L _{оп}						
Урбанизем стратифицированный										
11	1–12	6.3	86	54	37.2	Средний эффект торможения	13.8	Седняя Слабая	-32	
	12–25	6.8		44	48.8		8.3		-42	
	25–43	6.8		43	50.0		6.9		-43	
Урбанизем оглеенный стратифицированный										
12	0–12	6.9	86	72	16.3	Слабый фитозффект	2.1	Слабая	-14	
	12–45	6.5		62	27.9		5.5		-24	
13	0–21	7.1		69	15.9		0.7	Очень слабая	-17	
Промышленная зона Завод «Энергомаш»										
Урбалитострат с погребенными линзами ТДП на переотложенных природных грунтах										
21	0.2–14	7.70	86	150	0	Фитозффект отсутствует	2.07	Очень слабая	+64	
	14–32	6.27		91	0		14.80		Средняя	5
	32–77	5+7.5		48	44.2		6.54		Слабая	-38
Цинозем золошлаковый субэаральный на «бурых глинах»										
22	0–37	7.50	86	80	6.9	Норма Фитозффекта нет	1.71	Очень слабая	-16	
	37–61	7.95		96	0		1.70		Очень слабая	+10
	61–80	7.93		130	0		8.95		Слабая	+4
Зона завода «Дальдизель»										
Бурозем постагрогенный турбирванный на элюво-делювии глинистых сланцев										
26	1–25	6.58	86	69	19.7	Слабый фитозффект	5.88	Слабая	-17	
	25–35	5.96		90	0		2.07		Очень слабая	+4
	35–45	6.08		83	4.7		2.42		Очень слабая	-3
Хемозем амбустированный аквастратифицированный на перемещенных техногенных отложениях										
27	2–35	6.95	86	12	86.1	Недопустимая фитотоксичность	6.57	Слабая	-74	
Хемозем аквастратифицированный на перемещенных техногенных отложениях										
28	0–28	7.01	86	65	24.4	Слабый фитозффект	12.45	Слабая	-21	
	19–40	7.13		82	4.7		4.49		Очень слабая	-4
	40–70	7.32		91			6.57		Слабая	+5
Бурозем стратифицированный на оползневых минеральных отложениях										
29-А	0.5–18 18–30	7.95 6.98	86	116	0	Фитозффект отсутствует	5.19	Слабая	+40	

корней. Продуктивность почв в результате влияния почвенного экстракта на длину прорастания корней овса в парковой зоне оценивалась в среднем в пределах 24–78 мм, что на 12–64 мм меньше длины корней контрольного опыта (L_к = 86 мм). Только в двух образцах (эрозема, разрез 4 и стратозема, разрез 14) наблюдалось превышение корней контрольного опыта на 6–8 мм. Тест-реакция на корневые проростки овса свидетельствует о падении уровня биологической продуктивности в почвенных образованиях.

Для промышленной зоны также отмечают низкие ростовые качества проросших корней овса. В верхних горизонтах почвенных образований наибольшая доля прироста корней характерна для аккумулятивного горизонта бурозема стратифицированного (разрез 29-А), она составляет 42 % от контрольной величины (86 мм). Реакция среды здесь нейтральная, гранулометрический состав легкий, наличие небольшой лесной подстилки поставяет определенную долю органики. Эти свойства обеспечивают в определенной мере благоприятные условия. Урбалитострат (разрез 21) занимает особое положение, дли-

на корней превысила контрольное значение (КЗ) на 64 мм. Это единственный локальный участок, расположенный на придорожной насыпи. В этих условиях на его поверхности идет накопление продуктов придорожной пыли, обогащенной карбонатами, что и обеспечивает им биопродуктивность. Самая низкая величина роста корней овса оказалась в хемоземе амбустированном, аквастратифицированном на перемещенных техногенных отложениях (разрез 27) – на 74 мм меньше КЗ. Характерной особенностью этого разреза является то, что он испытал пирогенные влияния, кроме того, находится под постоянным воздействием темных маслянистых «техногенных вод», химический состав которых, видимо, не способствует условиям роста. В отношении распределения по глубине исследуемых разновидностей следует отметить, что четких закономерностей не проявилось. Изменения длины корней овса по сравнению с КЗ, как правило, не достигает величины 5–30 %. Лишь в отдельных пробах могут быть превышения на 15–31 %, что обусловлено локальными условиями горизонта. Эта пестрота полностью обусловлена неоднородностью техногенных толщ.

Таким образом, в парковых зонах активность роста корней изменяется в большей степени в области небольших значений и в незначительной части – средних. Необходимо отметить, что повышенная скорость эмиссии CO_2 не обеспечивает комфортных условий для развития корневой системы. К примеру, в парке «Динамо» биологическая активность почвы высокая, а прирост корней овса на 14–32 мм не достигает величины контрольных образцов. Причина такого несоответствия кроется в особенностях загрязнения почв ТМ. В промышленных зонах активность еще ниже и лежит в пределах слабых и очень слабых значений. Увеличение техногенной нагрузки на окружающую среду приводит к появлению зон в черте города с критической экологической ситуацией, которая обусловлена загрязнением тяжелыми металлами. На Среднеамурской низменности приоритетными загрязнителями почвы являются свинец, медь, цинк [8]. Сравнение усредненных показателей валового содержания ТМ различных зон землепользования показало, что превышение максимальных концентраций по сравнению с минимальными значениями колеблется в пределах 2–19 раз. Суммарный показатель Z_c загрязнения ТМ по всем зонам достигает величины менее 16 (см. табл. 1а) (он приводится по оценочной шкале), что позволяет отнести все исследованные территории к допустимой категории загрязнения земель [13]. При этом локальные участки могут находиться в напряженном состоянии, но они не учитывались [8].

Более наглядную картину экологического состояния исследуемой территории отражают значения подвижных форм тяжелых металлов (табл. 4). Концентрации Pb, Cd, Cu и Zn в исследованных почвах носят характер мозаичного распределения.

В парковых зонах наблюдается превышение предельно допустимых концентраций по всем исследованным элементам: Pb в 1.2–9; Cu в 1.3; Zn в 1.1–6.3; Hg в 1.8–9.7 раза. Высокий уровень загрязнения свинцом и ртутью отмечается для буроземов разной степени преобразованности и торфянисто-глеевых почв урбанизированных. Загрязнение буроземов обусловливается расположением исследуемых разрезов вблизи автомагистралей. Аккумулятивное положение торфянисто-глеевых почв (днище балки) создает условия для формирования высокого уровня их загрязнения (Hg, Pb, Zn). В урбанизированном оглеенном отмечается превышение Hg в 5.4 раза.

В промышленной зоне также отмечается превышение предельно допустимых концентраций. Так, в рудоземах превышение по Pb составляет 2.2 раза, в аквастратоземе – 3.6. На территории бывшей военной базы (в первом микрорайоне города) на урбатехнозомах содержание Pb в 8.2 раза выше ПДК. Зона придорожных территорий характеризуется также повышенной степенью загрязнения. Например, лугово-дерновая урбанизированная почва оказалась наиболее загрязненной по Hg – в 7.3 раза, Pb – в 8.2, а Zn – более 2 раз. Для урбанизированных превышение по Pb колеблется в пределах 1.1–4.8, по Si составляет 1.2 раза. Наименее грязными оказались сельскохозяйственные угодья.

Таблица 4

Концентрации подвижных форм тяжелых металлов (аккумулятивная толща), мг/кг
 Table 4. Concentrations of mobile forms of heavy metals (accumulative layer), mg/kg

№ разреза	Предпочтенное образование/почва	Hg	Pb	Cu	Zn	Mn
Парк «Муравьева-Амурского»						
1	Бурозем поверхностно-трансформированный	0.965	9.5	< 2.5	25	197
13	Стратозем поверхностно турбированный на делювиальных отложениях	0.102	4.38	< 2.5	21.3	252
14	Стратозем на пролювиальных отложениях (2 инженерный район)	0.048	3.44	3.31	61.35	208
16	Бурозем эродированный	0.130	7.0	< 2.5	25.0	187
17	Конструктозем (1 инженерный район)	0.091	9.2	< 2.5	25.0	146
19	Конструктозем (1 инженерный район)	0.107	17.0	< 2.5	25.0	164
21	Конструктозем (1 инженерный район)	0.140	12.20	< 2.5	27.8	203
Парк «Динамо»						
5	Бурозем антропогенно-преобразованный	0.061	8.97	< 2.5	< 20.0	160
6	Рудизем	0.104	6.81	2.77	< 20.0	147
7	Бурозем поверхностно-преобразованный	0.064	9.04	3.57	< 20.0	138
8	Дерново-глеевая урбанизированная	0.245	54.2	< 2.5	144.2	437
9	Бурозем поверхностно эродированный	0.066	15.33	3.95	< 20.0	157
10	Урбанизем	0.076	7.65	3.90	< 20.0	89.8
11	Урбанизем	0.186	8.42	3.74	26.6	250
12	Урбанизированная аккумулятивная	0.538	8.33	3.51	23.96	211
13	Урбааквазем слабо задернованный	0.064	4.07	3.58	< 20.0	114
Промышленные зоны						
22	Петролит урбанизированный	0.052	5.78	< 2.5	< 20.0	198
27	Аква стратозем	0.068	11.81	< 2.5	< 20.0	144
30	Рудозем стратифицированный	0.103	5.05	6.58	< 20.0	48.9
Придорожные территории						
46	Лугово-дерновая поверхностно урбанизированная	0.142	8.63	< 2.5	122.3	112
47	Аквадерново-глеевая урбанизированная	0.134	18.5	< 2.5	138.0	225
54	Дерново-глеевая урбанизированная	0.174	11.4	3.0	32.1	336
55	Урбанизем	0.072	12.1	< 2.5	47.9	173
56	Урбанизем	0.047	29.0	8.09	39.3	97.6
57	Лугово-дерновая урбанизированная	0.728	49.0	< 2.5	55.6	245
58	Урбанизем	0.132	6.8	< 2.5	26.6	236
60	Урбанизем	0.065	13.7	6.45	60.9	138
Сельскохозяйственные угодья						
43	Агрозем	0.060	3.95	< 2.5	< 20.0	95.9
44	Агрозем лугово-дерновый	0.046	3.64	< 2.5	< 20.0	97.8
	ПДК	0.1	6	3	23	100

Расчеты суммарного показателя загрязнения выявили участки с умеренно опасной и опасной категорией загрязнения. Таковыми являются дерново-глеевая урбанизированная почва ($Z_c = 18.95$) и лугово-дерновая урбанизированная почва на придорожной территории ($Z_c = 17.01$). По степени загрязнения ТМ исследуемые зоны располагаются в следующей последовательности: Парк «Динамо» > Парк «Муравьева Амурского» > Придорожные территории > Промышленные зоны > Сельскохозяйственные угодья. По величине загрязненности в этом ряду парки занимают первые места. Совершенно очевидно, что это обусловлено местом их расположения в центральной части города, которая находится в напряженном экологическом состоянии. По оценкам исследователей, именно парки могут рассматриваться в качестве критерия оценки состояния урбанизированной территории [14]. Однако загрязнение обусловлено множеством факторов, что не дает полного осно-

вания считать рассматриваемые территории образцовыми. Уточняя вопросы ограничения использования системы ПДК, исследователи указывают, что разработка системы оценки предназначена для характеристики влияния загрязнения только на здоровье человека, а не на состояние «зеленого каркаса». Кроме того, отмечается, что в большинстве случаев в программу исследований включается контроль основных токсикантов и интерпретация полученных данных производится на базе использования ПДК и фоновых значений. В результате таких наблюдений почва рассматривается исключительно как субстрат без учета выполняемых ею экологических функций [15]. В случае загрязнения элементами с очень высокой токсичностью может происходить недооценка степени экологической напряженности. И наоборот, если в составе загрязнения преобладают менее токсичные элементы, это ведет к переоценке ее состояния. Для оценки, кроме ПДК, авторы рекомендуют использовать дополнительные показатели, например, коэффициент опасности K_j , который ориентирован на отсутствие фитоэффекта. Все сказанное свидетельствует о том, что в условиях интенсивного антропогенного воздействия степень загрязнения ТМ определяется не только ее величиной, но и свойствами самой почвы.

Таким образом, анализ полученных результатов свидетельствует о высокой степени трансформированности почв. Особое место занимают почвенные образования жилых и промышленных зон. В локальных зонах последних на определенных отложениях не только трансформируется почвенный покров, но и меняется направленность почвообразовательного процесса, не свойственного данной ландшафтной зоне. В новых предпочвенных образованиях урбанизированный горизонт выступает в роли аккумулятивного [1]. При этом возможности его буферных свойств ограничены. Это и определяет накопление поллютантов, что обуславливается не только особенностями урбанизированного горизонта, но и положением данного участка в элементарном ландшафте.

Основной функцией почв городских ландшафтов является обеспечение существования «зеленого каркаса» города, который создает условия для устойчивости городской экосистемы. В концепции озеленения г. Хабаровск указывается, что одним из основных принципов повышения антропогенной устойчивости озелененных участков города является снижение рекреационной нагрузки вследствие расширения садово-паркового и лесопаркового строительства. Одним из важнейших условий реализации данных принципов является «...повышение почвенного плодородия с целью обеспечения благоприятных условий для роста и развития растений» [16, с. 26]. По величине суммарного показателя Z_c почвенный покров исследуемых территорий оценивается как находящийся в нормальных условиях. Однако прослеживается наличие отдельных участков, расположенных в чрезвычайно опасной зоне загрязнения. Совершенно справедливо исследователи указывают на важность комплексного подхода при оценке состояния почвенного покрова в условиях урбанизированных ландшафтов, который позволит учесть как аккумуляцию ТМ в плодородном слое, так и формирование локальных геохимических аномалий.

Выводы

Проведенные исследования урбанизированных ландшафтов различных зон землепользования раскрыли сложность и разнонаправленность трансформационных процессов. Литературные источники свидетельствуют о том, что почвы парковых зон являются наиболее чистыми, поэтому их предлагают использовать в качестве эталонов для оценки экологического состояния территорий. Однако проведенные исследования показали, что и наиболее комфортные зоны урбанизированных ландшафтов также подвержены загрязнению. Экологический потенциал трансформированных почв парковых зон, оцененный по интегральному показателю активности почвенных организмов верхних горизонтов почв, является низким. Исключением являются буроземы поверхностно-преобразованные и отдельные искусственно-созданные конструкторземы и реплантоземы. В последних ак-

тивность почвенного тела также не велика и едва достигает средних значений, которые фиксируют в целом низкий уровень функциональных возможностей почвенного покрова.

Промышленные зоны, в сравнении с парковыми, отличаются еще более резким варьированием биологической активности, и каких-либо новых особенностей ее проявления не выявлено. В отдельных местоположениях основная функция плодородия предпочвенных образований практически отсутствует.

Степень загрязнения тяжелыми металлами исследованных зон (по данным усредненных показателей их содержания) находится в пределах допустимых значений. Обобщенные оценки по данным суммарных величин всей территории дают общее представление о состоянии экологической среды в целом, но при этом нивелируется истинное состояние загрязнения локальных участков. Для создания экологической комфортности урбанизированных территорий необходима разработка системы мер, что осуществимо только на основе полной информации о специфике современного состояния интегральной составляющей среды – почвенной системы. При этом важно использовать приемы формирования характерных дальневосточных фитоценозов в экологических условиях, приближенных к природным фитоценозам.

Литература

1. Горбов С.Н., Безуглова О.С. Почвенный покров ростовской агломерации. Ростов-н/Д; Таганрог: Изд-во Южного федер. ун-та, 2019. 185 с.
2. Герасимова М.И., Строгонова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
3. Касимов Н. С., Никифорова Е.М. Геохимия городов и городских ландшафтов. М.: Научный мир, 2004. С. 234–268.
4. Lehmann A., Stahr K. Nature and Significance of Antropogenig Urban Soils // Soils Sedementas. 2007. Vol. 73, 4. P. 247–261.
5. Hiller D.A. Schadstoffeintrage in urbaner Boden // Urbaner Bodenschutz. Springer. 1996. P. 45–58.
6. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранения почвы как независимого компонента биосферы. М.: Наука, 2000. 150 с.
7. Подгорная Т.Н., Росликова В.И. Влияние техногенных геологических процессов на современное почвообразование в городах Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1999. 75 с.
8. Росликова В.И., Матвеевко Т.И. Урбанизированные почвы Приамурья (на примере города Хабаровска) Хабаровск. Изд- во ТОГУ, 2018. 229 с.
9. Матюшкина Л.А. Экологические функции почв в городской среде. // Экология и безопасность жизнедеятельности городов: проблемы и их решения. .Хабаровск: МАУ «Хабаровские вести»: Изд-во ДВГУПС, 2019. С. 146–150.
10. Классификация и диагностика почв России / Шипов Д.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И, М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 2004. 342 с.
11. Головкин Э.А. О методах изучения биологической активности торфяных почв // Материалы науч. конф. по методам микробиол. и биохим. исследований почв, Киев, 28–31 окт., 1971. Киев, 1971. С. 68–76.
12. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве». ГН 2.1.7.2041-06. М., 2006.
13. Методические рекомендации /МР 2.1.7.2297-07/. Почва. Очистка населенных мест. Бытовые и промышленные отходы. Санитарная охрана почвы // Бюл. нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора. 2008. Вып. 1 (31). 13 с.
14. Почва, город, экология / под общ. ред. акад. Г.В. Добровольского. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.
15. Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Титова В.И. Экологическая оценка почв урбанизированных ландшафтов. Нижегородская гос. с.-х. академия. Н. Новгород: НИУ РАНХиГС, 2014. 300 с.
16. Концепция озеленения Хабаровска / Морозова Г.Ю., Нарбут Н.А., Бабурин А.А. и др. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2009. 38 с.

References

1. Gorbov, S.N.; Bezuglova, O.S. Soil cover of the Rostov Agglomeration. Southern Federal University Press: Rostov-na-Donu – Taganrog, Russia, 2019; 185 p. (In Russian)
2. Gerasimova, M.I.; Strogonova, M.N.; Mozharova, N.V.; Prokofieva, T.V. Anthropogenic soils: genesis, geography, reclamation. Oikumena: Smolensk, Russia, 2003; 268 p. (In Russian)
3. Kasimov, N.S.; Nikiforova, E.M. Geochemistry of cities and urban landscapes. Scientific world Press: Moscow, Russia, 2004, 234–268. (In Russian)
4. Lehmann, A.; Stahr, K. Nature and Significance of Antropogenic Urban Soils. *Soils Sedimentas*; 2007, 73(4), 247–261.
5. Hiller D.A. Schadstoffeintrage in urbaner Boden In *Urbaner Bodenschutz*. Springer, 1996, 45–58.
6. Dobrovolsky, G.V.; Nikitin, E.D. Soil conservation as an independent component of the biosphere. Science Press: Moscow, Russia, 2000; 150 p. (In Russian)
7. Podgornaya, T.N.; Roslikova V.I. Influence of technogenic geological processes on modern soil formation in the cities of the Far East. *Dal'nauka: Vladivostok*, Russia, 1999; 75 p. (In Russian)
8. Roslikova, V.I.; Matveyenko, T.I. Urbanized soils of the Amur region (on the example of the city of Khabarovsk). Pacific State University: Khabarovsk, Russia, 2018; 229 p. (In Russian)
9. Matyushkina, L.A. Ecological functions of soils in the urban environment. In *Ecology and life safety of cities: problems and their solutions*. Proceedings of the 19th international conference of sister cities “Formation and management of the environmental policy of cities” and the 6th All-Russian. Scientific and applied conference (Khabarovsk, October 8–9, 2019). Far Eastern State University of Railway Engineering: Khabarovsk, Russia, 2019, 146-150. (In Russian)
10. Shipov, D.L.; Tonkonogov, V.D.; Lebedeva, I.I. Classification and diagnostics of soils in Russia. Dokuchaev V.V.'s Soil Institute of the Russian Academy of Agricultural Sciences: Moscow, Russia, 2004; 342 p. (In Russian)
11. Golovko, E.A. Methods for studying the biological activity of peat soils. Proceedings of the scientific conference on methods of microbiological and biochemical studies of soils. Kyiv, USSR, 1971, 68-76. (In Russian)
12. Hygienic standards 2.1.7.2041-06. Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in the soil. Moscow, Russia, 2006. (In Russian)
13. Methodical recommendations (MR) 2.1.7.2297-07. The soil. Cleaning of populated areas. Household and industrial waste. Sanitary protection of the soil. In *Bulletin of normative and methodological documents of the State Sanitary and Epidemiological Supervision*, 2008, Issue 1(31); 13 p. (In Russian)
14. Soil, city, ecology. Foundation for Economic Literacy Press: Moscow, Russia, 1997; 320 p. (In Russian)
15. Dabakhov, M.V.; Dabakhova, E.V.; Titov, V.I. Ecological assessment of soils in urban landscapes. Nizhny Novgorod State Academy: N. Novgorod, Russia, 2014; 300 p. (In Russian)
16. Morozova, G.Yu.; Narbut, N.A.; Baburin, A.A. and others. The concept of greening Khabarovsk. IWEP FEB RAS: Khabarovsk, Russia, 2009; 38 p. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 19.01.2023; одобрена после рецензирования 17.03.2023; принята к публикации 26.05.2023.

The article was submitted 19.01.2023; approved after reviewing 17.03.2023; accepted for publication 26.05.2023.

