

6. Skamarock W.C. et al. A description of the Advanced Research WRF Version 3: NCAR Techn. Note/ ed.: Skamarock W.C. et al. Boulder // National Center for Atmospheric Research. 2008. P.125 p.
7. Davis C.A. et al. The method for object-based diagnostic evaluation (MODE) applied to numerical forecasts from the 2005 NSSI/SPC spring program // Mon. Forecasting. 2009. vol. 24. № 5. P. 1252-1267.
8. Borderies M. et al. Impact of airborne cloud radar reflectivity data assimilation on kilometre-scale numerical weather prediction analyses and forecasts of heavy precipitation events // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2019. vol.19. P.907-926.
9. Кисельникова В.З. Объектно-ориентированная оценка качества прогноза осадков // Метеорология и гидрология. 2013. № 4. С.5-11.
10. Ballard S.P., Li Z., Simonin D. and Caron J.-F. Performance of 4D-Var NWP-based nowcasting of precipitation at the Met Office for summer 2012 // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 2016. 142. p. 472–487.

УДК 502.521:504.5:711.55+631.44: 911.372

Khokhryakova A. I.
chief soil engineer,
Odessa Branch of the State Institution
«Soil protection Institute of Ukraine»

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN SOILS OF ODESSA CITY

Хохрякова А. И.
главный инженер-почвовед
Одесской филии государственного предприятия
«Институт охраны почв Украины»

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ГОРОДА ОДЕССЫ

Summary. The determination of the content of heavy metals and the analysis of the physicochemical properties of Odessa soils were carried out in 40 soil sections and 18 diggings, which covered typical soil formation conditions, features of anthropogenic influence and soil diversity. Four groups of soil types were distinguished: natural soils, anthropogenic surface- and deeplytransformed, technological soils in Odessa. Soils are characterized by medium and high levels of humus content in the top soils. Soil environment reaction is close to neutral and mid-alkaline, particle size distribution is from loamy to clay loamy. The indicators of the heavy metals content in the humus soils layer of Odessa have high variability. In urbanozems, an excess of the maximum permissible concentration for the content of lead (11 times higher) and copper (4 times higher), in meadow and meadow-bog for the content of cadmium (3 times higher) and zinc (40 times higher) was recorded. Southern chernozems (in terms of the index of the lead, copper and zinc content), recreazems and chillozems (in terms of the index of the cadmium and copper content), urbanchernozems (in terms of the index of copper) have an optimal conditional in accordance with the concentration index and the total pollution index. In all other researched soils of the city, the accumulation of contaminant elements was noted.

Аннотация. Определение содержания тяжелых металлов и анализ физико-химических свойств почв г. Одессы проведены в 40 почвенных разрезах и 18 прикопках, которые охватили типичные условия почвообразования, особенности антропогенного влияния и разнообразие почв. В городе Одессе выделено четыре группы типов почв: естественные почвы, антропогенные поверхностно- и глубоко-преобразованные, техногенные почвы. Почвы характеризуются средним и повышенным уровнями содержания гумуса в верхних генетических горизонтах. Реакция почвенной среды близка к нейтральной и среднещелочная, гранулометрический состав – от супесчаного до тяжелосуглинистого. Показатели содержания тяжелых металлов в гумусовых горизонтах почв города Одессы имеют высокую вариативность. В урбаноземах зафиксировано превышение предельно допустимой концентрации по содержанию свинца (в 11 раз) и меди (в 4 раза), в луговых и лугово-болотных – кадмия (в 3 раза) и цинка (в 40 раз). В соответствии с величиной коэффициента концентрации и суммарного показателя загрязнения черноземы южные (по показателям содержания свинца, меди, цинка), рекреаземы и хиллоземы (по показателям содержания кадмия, меди), урбачерноземы (по показаниям меди) имеют оптимальное состояние. Во всех остальных исследуемых почвах города отмечено накопление элементов-загрязнителей.

Keywords: *Odessa, urbanozems, heavy metals, classification of urban soils, total pollution index*

Ключевые слова: *Одесса, урбаноземы, тяжелые металлы, классификация городских почв, суммарный показатель загрязнения почв.*

Введение

Городские почвы – достаточно специфический объект исследований, которому еще двадцать лет назад почвоведы уделяли мало внимания.

Объектами исследований выступали природные почвы и процессы, протекающие в них. За относительно короткий срок накопилось большое количество информации об основных свойствах

городских почв, их отличий от природных аналогов, особенностях формирования, эволюции и трансформации в условиях города [10, 19, 24]. Активно изучаются процессы накопления, трансформации и динамики содержания тяжелых металлов в городских почвах различных функциональных зон [21-23].

В условиях урбанизации почвы находятся под антропогенным воздействием, в результате чего изменяются их физико-химические свойства, увеличивается концентрация опасных химических веществ (тяжелых металлов, нефтепродуктов, компонентов выбросов промышленных предприятий) [8, 15]. Меняется кислотно-щелочной баланс, развиваются процессы засоления, солонцеватости в результате техногенного привнесения соледержащих материалов. На этом фоне повышается экологическая опасность увеличения подвижности тяжелых металлов и их проникновения в смежные среды. Таким образом, исследования, направленные на получение информации об уровнях содержания токсических веществ в городских почвах являются очень актуальными.

С целью снижения антропогенной нагрузки на почвы города, оперативного анализа экологической безопасности, учеными разрабатываются технические решения, направленные на снижение загрязняющих веществ в окружающей среде [13]. Создаются пространственные базы данных

геохимических показателей городских почв, что является эффективным инструментом мониторинга и оценки экологического состояния урбозкосистем [12]. Определены основные направления мониторинга городских почв с обоснованием целесообразности данного наблюдения, выделены основные проблемы на пути к созданию единой универсальной методологии почвенных исследований в городе и предложены пути решения этих вопросов [7].

Объекты и методы исследования

При определении уровней содержания тяжелых металлов в почвах города Одессы были использованы сравнительно-географический, морфолого-генетический (профильный), системный, статистический и картографический методы исследования. На подготовительном этапе для выбора ключевых участков проведен комплексный анализ различных исходных материалов (картографических, литературных, фондовых). Выбранные ключевые участки отображают разнообразие городских почв с учетом функционального зонирования города (промышленные зоны, парки и скверы, селитебные зоны одно- и многоэтажной застройки в различных частях города, земли резерва и сельскохозяйственного назначения) и положения в системе природно-ландшафтного районирования территории (табл. 1).

Таблица 1

Расположение ключевых участков (с учетом функционального зонирования города Одессы)

Ключевой участок		Функциональная территория города	№ разреза (P), прикопки (П)
шифр	адрес		
1	2	3	4
Класс «Естественные почвы». 1. Черноземы южные			
1-ЛД55-Д	ул. Люстдорфская дорога, 55-Д	Земли сельскохозяйственного назначения, транспортной инфраструктуры, запаса	P25
2-МАО	ООО "Международный аэропорт "Одесса"		P43, P45-P49, P59-P64
3-А364	ул. Академика Заболотного, 64		P55
2. Луговые и лугово-болотные почвы			
4-Лок.	ул. Локомотивная, 21	территории, свободные от застройки; спецназначения; производственной застройки	P11
5-ПЗ	бывшие поля фильтрации		P12, P13, P14
6-МД307	ул. Николаевская дорога, 307		П14
Класс «Антропогенные почвы». Группа типов «Антропогенные поверхностно-преобразованные почвы». 1. Урбочерноземы южные			
8-ЧМП	ул. М. Грушевского угол ул. Академика Воробьева,	территории, свободные от застройки; спецназначения	P21, P22, P23, P26
9-МАО	ООО "Международный аэропорт "Одесса"		P50, P51
Класс «Антропогенные почвы». Группа типов «Антропогенные глубоко-преобразованные почвы». 1. Рекреаземы			
10-ОР	сквер Областного Совета		P3, P4

1	2	3	4
11-ПДС	парк "Дюковский сад"	ландшафтно-рекреационная и озелененная территория	P6
12-М411ББ	Мемориал 411 береговой батареи		P7
13-ПА	парк "Аэропорт"		P8
14-ПП	парк "Победы"		P9
15-ПГ	парк им. Горького		П1
16-ППШ	парк им. Шевченко		П2
2. Хиллоземы			
19-ССЧ	склон, санаторий им. Чкалова	территории неупорядоченных многолетних насаждений береговых склонов	P1
21-13стВФ	склон, 13 станция Большого Фонтана		P65
3. Урбаноземы			
22-ДК5	ул. Дача Ковалевского, 5	селитебные зоны одно- и многоэтажной застройки	P30
23-провК2	переулок Курортный, 2		P33
24-КЗД2-А	ул. 2-й Куликовский переулок, 2-А		P38
25-АГ17-А	проспект Академика Глушко, 17-А		P40
26-БС	ул. Балковская угол ул. Средней		П4-П7
27-А335-А	ул. Академика Заболотного, 35-А		П8-П13
29-ФБ67	ул. Французский бульвар, 67		P56
30-Ген.	ул. Генуэзская		P58
33-А11	ул. Армейская, 11		П20-П24
Класс «Антропогенные почвы». Группа типов «Техногенные почвы». Техноземы			
35-ТР	ул. Разкидайловская, 69	территории транспортной инфраструктуры; производственной застройки; спецназначения	P5
36-ЧМП	ул. М. Грушевского угол ул. Академика Воробьева,		P24

На ключевых участках было заложено 40 почвенных разрезов и 18 прикопок. Во время полевого этапа проведено исследование морфологических свойств почв и отобраны образцы по генетическим горизонтам. Для характеристики загрязнения объектов окружающей среды использовано коэффициент концентрации (K_c) и суммарный показатель загрязнения (Z_c) [6]. По коэффициенту концентрации определяют соотношение между количеством химического элемента в объектах, сравниваемых между собой. Величина коэффициента концентрации свидетельствует об активности процессов выщелачивания ($K_c < 1$) и накопления ($K_c > 1$) катионов и анионов химических элементов в генетических горизонтах почвы. Оценка экологического состояния почвы проводилась по градации: $K_c \geq 5$ – неудовлетворительное состояние, $K_c 3,0-5,0$ – удовлетворительное, $K_c 1,0-2,9$ – нормальный, $K_c \leq 1,0$ – оптимальный [16]. Классификация естественных почв проведена по общепринятой классификации [5], городских почв – по [18]. Индексация горизонтов естественных

почв проводилась за [4], городских почв – за [17]. Группировка почв по содержанию подвижных форм тяжелых металлов проведено согласно методическим рекомендациям [20].

Все полученные цифровые аналитические данные статистически обрабатывали с использованием компьютерного программного пакета Microsoft Office Excel 2003 по общепринятым методикам [1, 2] с вычислением средней арифметической и ее погрешности ($M \pm m$), уровня достоверности (P) по таблице Стьюдента ($P \geq 0,95$; $P \geq 0,99$; $P \geq 0,999$) для коэффициента корреляции r.

Представленные в статье картографические материалы созданные автором с помощью ГИС-технологий в настольном программном пакете QGIS 2.18.

Результаты и их обсуждение

Согласно физико-географического районирования Украины, территория города Одессы находится в пределах юго-западной части Восточно-Европейской равнины, в Черноморско-Лиманском районе Днестровско-Бугской

низменной области среднестеповой подзоны степной зоны [9, 11]. Город Одесса занимает выгодное экономико-географическое положение, является крупнейшим морским портом страны, имеет развитую промышленность, курортно-рекреационный комплекс, транспортную, финансовую и социальную инфраструктуру.

Одесса расположена на северо-западном побережье Черного моря, граничит с Овидиопольским, Беляевским и Лиманским районами Одесской области. Протяженность города с севера (от жилого массива им. Котовского) к югу (до поселка Черноморка) 40 км вдоль побережья Одесского залива. С востока и юго-востока город граничит с Черным морем, с юго-запада – Сухим лиманом, с северо-востока –

Хаджибеевским и Куяльницким лиманами, которые отделены от моря пересыпями.

Зональными почвами в пределах водораздельного прибрежного плато являются черноземы южные в основном малогумусные тяжелосуглинистые с разной степенью эродированности. В глубоких речных долинах и балках, передустьевые участки которых переуглублены, подтоплены морем и заняты длинными заливами (лиманами), развиты луговые, черноземно-луговые и лугово-болотные почвы.

На территории города выделены следующие группы типов почв: естественные почвы, антропогенные поверхностно- и глубоко-преобразованные и техногенные почвы (рис. 1).

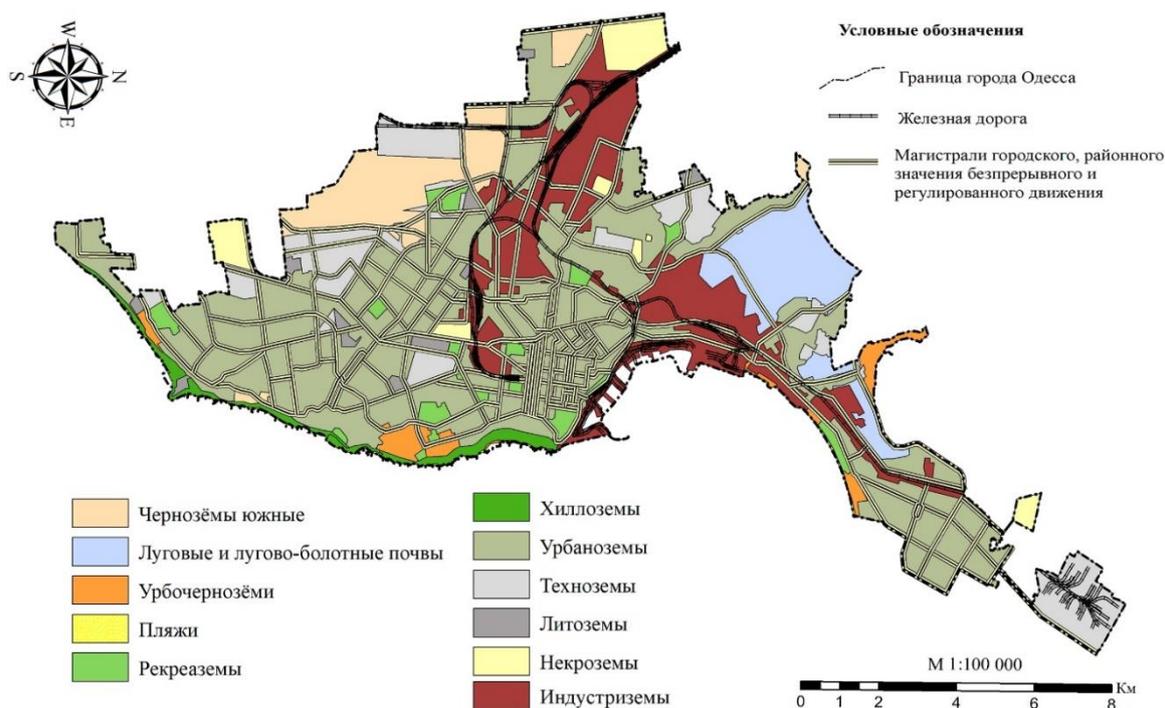


Рис. 1. Карта-схема распространения естественных и антропогенно преобразованных почв города Одессы.

Почвы города характеризуются средним (в луговых и лугово-болотных почвах содержится $2,83 \pm 1,01$ % гумуса, в урбаноземах – $2,86 \pm 0,28$ %, хиллоземах – $2,79 \pm 0,67$ %) и повышенным (в черноземах южных – $3,36 \pm 0,15$ %, в урбочерноземах – $3,72 \pm 0,94$ %, в рекреаземах – $3,28 \pm 0,30$ %, в техноземах – $2,96 \pm 1,34$ %) уровнем содержания гумуса в верхних генетических горизонтах.

Пространственное распределение органического вещества представлено методом

интерполяции с помощью алгоритма обратных (взвешенных) расстояний (IDW), воссозданным в программе QGIS. Отображение интерполированных поверхностей выполнена с помощью метода количественного фона (интенсивность окраски пропорциональна содержанию гумуса в почвах исследуемой территории), с помощью которого оценивается пространственное распределение показателей (содержание органического вещества в верхних генетических горизонтах), выше среднего (рис. 2).

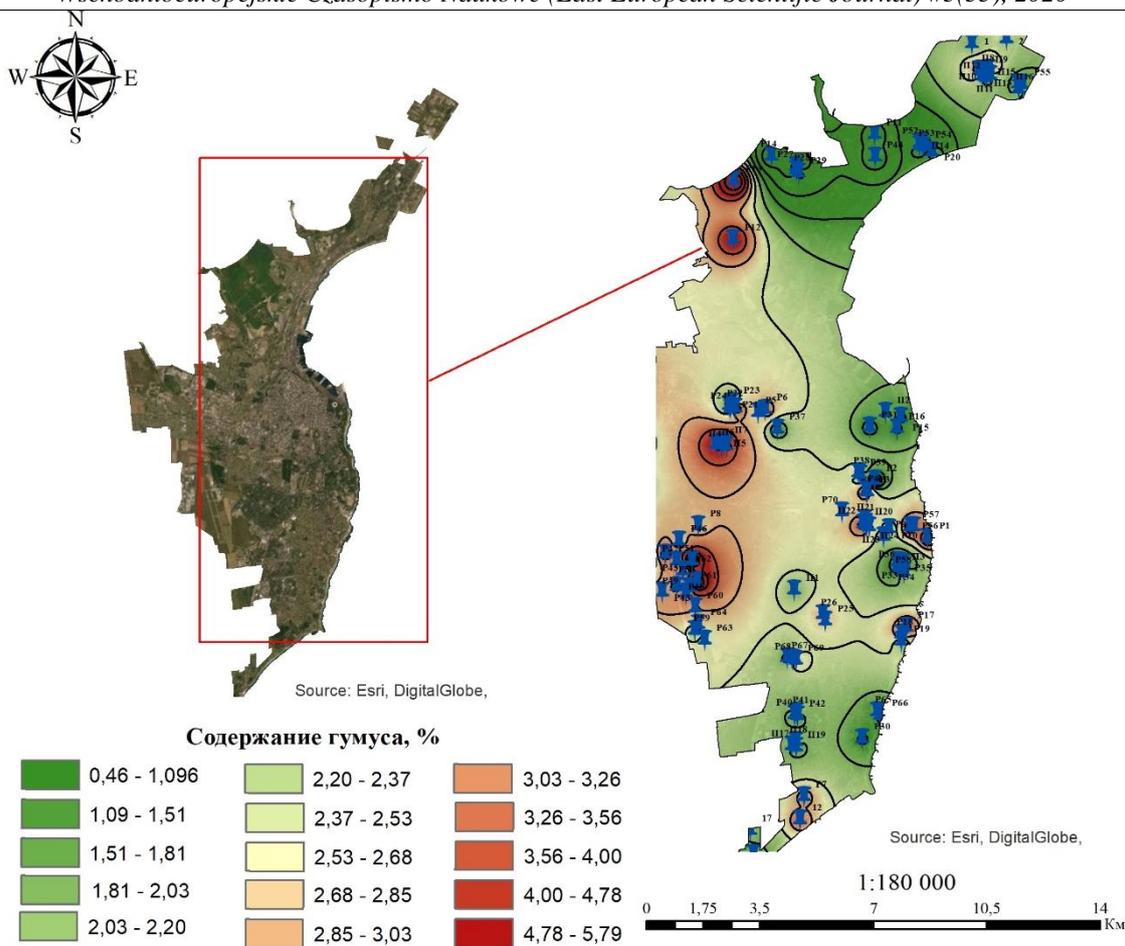


Рис. 2. Пространственное распределение органического вещества в гумусовых горизонтах почв города Одессы, %

Реакция почвенной среды близкая к нейтральной (в луговых и лугово-болотных почвах $pH_{водн}$ составляет 6,7-7,1; в рекреаземах – 6,8-7,1) и среднещелочная (в черноземах южных – 7,6-8,6, в урбочерноземах – 7,0-8,0; в хиллоземах – 7,80-8,1; в техноземах – 7,8-8,6; в урбаноземах – 7,7-8,7). Луговые и лугово-болотные почвы города по содержанию физической глины ($15,78 \pm 5,82$ %) супесчаные, техноземы – легкосуглинистые (28,98

%), урбаноземы, рекреаземы и хиллоземы – среднесуглинистые ($33,17 \pm 1,76$ %, $32,82 \pm 2,86$ % и $39,48 \pm 1,62$ % соответственно), черноземы южные и урбочерноземы – тяжелосуглинистые ($48,21 \pm 2,84$ % и $46,89 \pm 4,16$ % соответственно).

Показатели содержания тяжелых металлов в гумусовых горизонтах почв города Одессы имеют высокую вариативность (табл. 2).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в гумусовых горизонтах почв города Одессы

Шифр ключевого участка	№ разреза (P) или прикопки (П)	Содержание в почвах, мг/кг почвы			
		тяжелых металлов		микроэлементов	
		Pb	Cd	Zn	Cu
1	2	3	4	5	6
Класс «Естественные почвы». Черноземы южные					
1-ЛД55-Д	P25	0,1	0,07	0,87	0,43
2-МАО	P43	1,18	0,17	0,96	0,23
	P45	3,20	0,064	0,92	0,23
	P46	2,92	0,088	0,69	0,10
	P47	2,02	0,12	1,48	0,09
	P48	1,48	0,002	1,07	0,12
	P49	1,17	0,1	0,83	0,08
	P59	10,23	0,77	0,48	0,91
	P60	10,84	2,04	0,57	1,14
	P61	8,50	0,86	0,64	0,98
P62	6,57	1,45	0,69	1,06	

	P63	6,66	2,31	0,19	1,04
	P64	5,28	3,95	0,22	0,72
3-A364	P55	0,40	0,11	0,46	0,23
Луговые и лугово-болотные почвы					
4-Лок.	P11	6,4	9,9	116,0	7,2
6-МД307	П14	10,35	0,53	12,64	7,3
5-ПЗ	P12	23,36	10,27	1129,8	43,54
	P13	15,36	21,79	699,3	28,5
	P14	9,8	25,45	115,9	5,64
Класс «Антропогенные почвы». Группа типов «Антропогенные поверхностно-преобразованные почвы». Урбочерноземы южные					
8-ЧМП	P21	6,35	0,36	84,04	0,66
	P22	6,01	0,47	86,31	0,73
	P23	5,60	0,56	12,29	0,78
9-МАО	P26	9,36	2,57	606,55	6,57
	P50	3,72	0,29	4,43	0,20
	P51	5,42	0,203	5,54	0,20
Класс «Антропогенные почвы». Группа типов «Антропогенные глубоко-преобразованные почвы». Урбаноземы					
22-ДК5	P30	5,10	1,08	6,17	2,72
23-провК2	P33	1,57	0,12	0,69	0,82
24-КЗД2-А	P38	1,47	0,074	0,74	0,5
25-АГ17-А	P40	1,32	0,062	0,58	0,41
26-БС	П4	35,8	0,24	86,0	34,3
	П5	99,2	0,18	198,0	58,8
	П6	43,3	0,29	148,0	80,7
	П7	388,0	0,39	222,0	49,3
27-А335-А	П8	32,1	0,13	31,6	7,0
	П9	30,3	0,19	40,6	8,0
	П10	23,3	0,12	35,6	8,3
	П11	48,2	0,12	33,6	7,1
	П12	24,9	0,12	26,8	6,2
	П13	32,7	0,11	54,6	8,5
29-ФБ67	P56	5,10	1,08	6,17	2,72
30-Ген.	P58	0,42	0,04	0,70	0,20
33-А11	П20	215,0	0,23	190,0	34,0
	П21	38,0	0,11	98,0	15,0
	П22	80,0	0,10	140,0	32,0
	П23	15,2	0,09	40,0	8,2
	П24	18,5	0,08	7,4	4,8
Рекреаземы					
10-ОР	P3	6,89	0,15	13,22	0,92
	P4	6,14	0,55	15,02	1,07
11-ПДС	P6	37,79	0,54	18,38	0,93
12-М411ББ	P7	2,66	0,22	0,89	1,36
13-ПА	P8	4,53	0,21	35,58	0,49
14-ПП	P9	9,74	0,55	87,54	1,33
15-ПГ	П1	48,32	0,79	25,10	1,37
16-ПШ	П2	38,90	0,94	38,30	1,58
Хиллоземы					
19-ССЧ	P1	4,54	0,36	241,60	0,18
21-13стВФ	P65	7,58	0,7	1,17	2,03
Класс «Антропогенные почвы». Группа типов «Техногенные почвы». Техноземы					
35-ТР	P5	50,27	0,86	37,90	1,32
36-ЧМП	P24	9,36	2,57	606,55	6,57

Так, максимальный показатель содержания свинца составляет 388,0 мг/кг почвы (в 11 раз превышает ПДК, ключевой участок 26-БС,

прикопка П7), минимальное содержание 0,10 мг/кг почвы (ключевой участок 1-ЛД55-Д, разрез P25). Максимальный показатель содержания кадмия

составляет 25,45 мг/кг почвы (превышение ПДК в 3 раза, ключевой участок 5-ПО, разрез P14), минимальный показатель – 0,02 мг/кг почвы (ключевой участок 2-МАО, разрез P48). Максимальный показатель содержания цинка составляет 1129,0 мг/кг почвы (превышение ПДК в 40 раз, ключевой участок 5-ПО, разрез P12), минимальный показатель – 0,19 мг/кг почвы (ключевой участок 2-МАО, разрез P63). Максимальный показатель содержания меди составляет 80,70 мг/кг почвы (превышение ПДК в 4 раза, ключевой участок 26-БС, прикопки П6), минимальный показатель – 0,08 мг/кг почвы

Группировкой черноземов южных в пределах города по содержанию подвижных форм тяжелых металлов определено, что фоновые значения содержания свинца имеют 14 % отобранных образцов, 22 % – слабый уровень содержания, по 7 % образцов – от умеренного до высокого уровня содержания, 36 % образцов имеют очень высокий уровень.

По содержанию кадмия в черноземах южных в пределах города 43 % образцов имеют фоновые значения, 14 % – средний уровень содержания, 7 % – повышенный, 22 % – очень высокий уровень содержания.

По содержанию цинка образцы не превышают фоновое содержание в 100% образцов. Меди в 79 % образцах в пределах фоновых значений, 21 % образцов имеют слабый уровень загрязнения.

Важно отметить, что коэффициент вариации по содержанию всех тяжелых металлов в черноземах южных более 47 %, это свидетельствует о неоднородности распределения элементов по территории города (табл. 3).

Во всех отобранных образцах луговых и лугово-болотных почв определен очень высокий уровень содержания и превышение ПДК Pb, в 75 % – Cd, Zn, Cu. В урбоземах южных в 50 % отобранных образцов установлено превышение ПДК по содержанию Pb и Zn.

Таблица 3

Данные статистической обработки содержания подвижных форм элементов-загрязнителей в черноземах южных города Одессы

Статистические параметры	Содержание в почвах, мг/кг почвы			
	Cd	Pb	Cu	Zc
Количество измерений, n	14	14	14	14
Max	3,95	10,84	1,14	1,48
Min	0,02	0,10	0,08	0,19
Среднее арифметическое, M	0,87	4,33	0,53	0,72
Погрешность среднего арифметического, $\pm m$	0,32	0,98	0,11	0,09
Среднее квадратическое отклонение, δ	1,18	3,68	0,42	0,34
Погрешность среднего квадратического отклонения, S_{DM}	0,22	0,70	0,08	0,06
Коэффициент вариации, V, %	136,36	85,05	80,44	47,52
Погрешность коэффициенты вариации, SV	25,77	16,07	15,20	8,98

В рекреоземах обнаружено превышение ПДК по содержанию цинка в три раза (ключевой участок 14-ПП, разрез P9), по содержанию свинца 74 % отобранных образцов имеют очень высокий уровень содержания, превышение ПДК (см. табл. 2).

В урбаноземах фоновые значения содержания свинца имеют 5 % отобранных образцов, по 10 % – слабый и высокий уровни содержания, 5 % образцов – умеренный уровень содержания, 70 % образцов имеют очень высокий уровень.

По содержанию кадмия в урбаноземах 29 % образцов имеют фоновые значения, 43 % – средний уровень содержания, 19 % – умеренный, 9 % – повышенный уровень содержания.

По содержанию цинка 19 % образцов имеют фоновые значения, 14 % – слабый уровень содержания, 5 % – высокий, 38 % – очень высокий уровень содержания.

Содержание меди в 19 % образцах находится в пределах фоновых значений, 10 % – умеренного уровня, 5 % – повышенного уровня, 66 % образцов имеют очень высокий уровень загрязнения.

Коэффициент вариации по содержанию Pb, Cd, Zn, Cu в урбаноземах более 100%, это свидетельствует об очень высоком антропогенном воздействии на почвы и неоднородность распределения элементов-загрязнителей по территории города (табл. 4).

Данные статистической обработки содержания подвижных форм элементов-загрязнителей в урбаногемах города Одессы

Статистические параметры	Содержание в почвах, мг/кг почвы			
	Cd	Pb	Cu	Zc
Количество измерений, n	21	21	21	21
Max	1,08	388,00	80,70	222,00
Min	0,04	0,42	0,20	0,58
Среднее арифметическое, M	0,24	54,26	17,60	65,11
Погрешность среднего арифметического, ±m	0,06	19,70	4,86	15,78
Среднее квадратическое отклонение, δ	0,29	90,25	22,28	72,30
Погрешность среднего квадратического отклонения, S _{DM}	0,05	13,93	3,44	11,16
Коэффициент вариации, V, %	123,99	166,33	126,60	111,05
Погрешность коэффициенты вариации, SV	19,13	25,67	19,53	17,14

В соответствии с величиной коэффициента концентрации, черноземы южные (по показателям содержания свинца, меди, цинка), рекреаземы и хиллоземы (по показателям содержания кадмия, меди) урбаногема (по показаниям меди) имеют оптимальное состояние. Во всех остальных исследуемых почвах города, кроме указанных, отмечено накопление элементов-загрязнителей, что может привести к возникновению неудовлетворительной экологической ситуации в городе. Пространственное распределение тяжелых

металлов представлено методом интерполяции с помощью алгоритма обратных (взвешенных) расстояний (IDW). Отображение интерполированных поверхностей выполнена с помощью метода количественного фона (рис. 3).

Расчет комплексного показателя суммарного загрязнения Z_c проводился с учетом среднего геометрического коэффициентов концентрации тяжелых металлов для всех элементов. За разработанной градацией [14] определено,

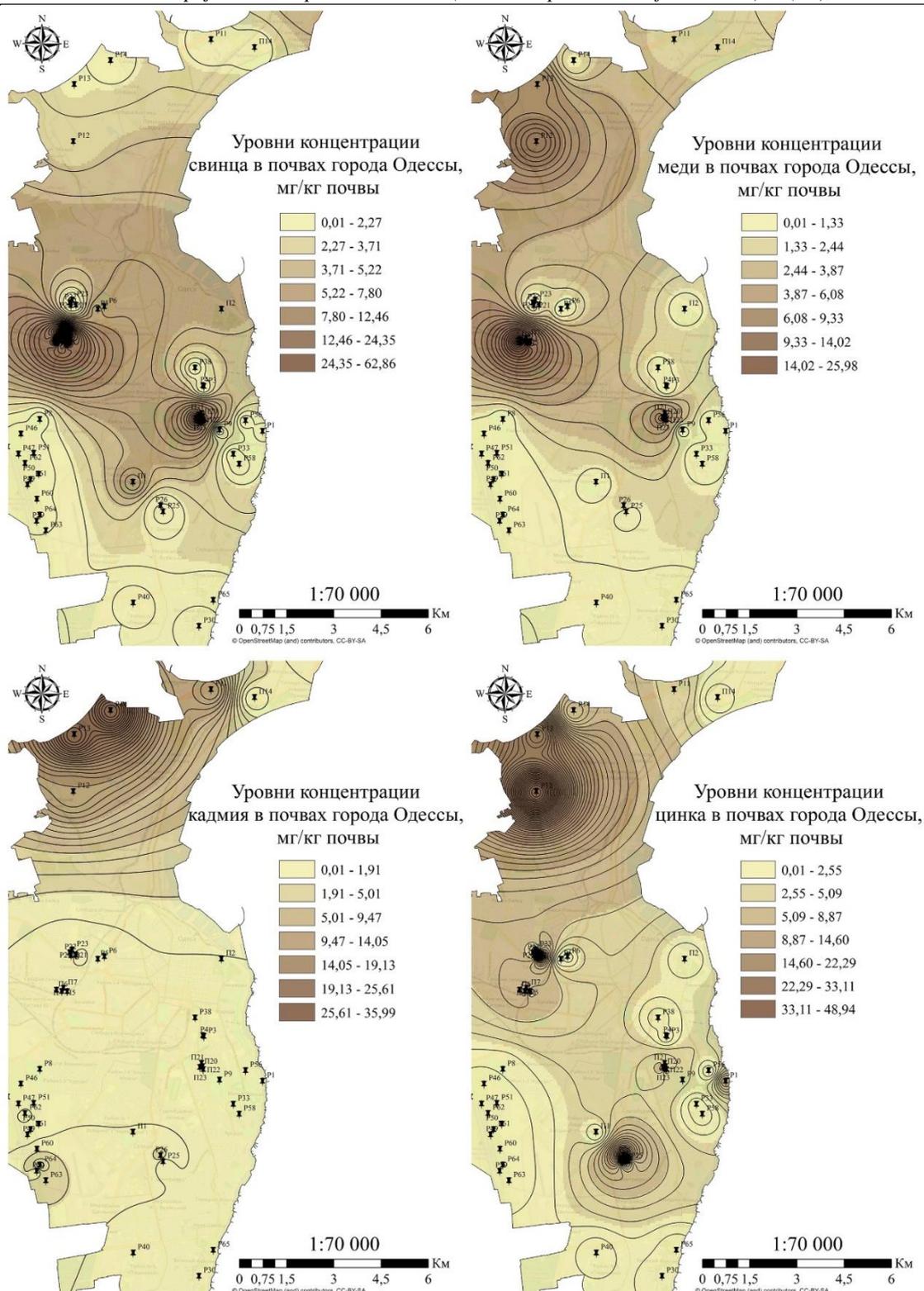


Рис. 3. Пространственное распределение элементов-загрязнителей в почвах города Одессы по показателю коэффициента концентрации элемента

что суммарные показатели загрязнения Z_{Cd} (в хиллоземах), Z_{Cu} (в урбочорноземах, рекраземах, хиллоземах), Z_{Zn} (в черноземах южных) находятся в пределах допустимого (слабого) уровня опасности ($Z_c < 2$). Суммарный показатель загрязнения Z_{Zn} по уровню опасности представлен рядом: умеренно опасный (2,97 урбаноземы) – опасный (6,95 урбочорноземы южные) – очень

опасный (10,56 хиллоземы, 22,54 луговые и лугово-болотные почвы, 28,02 техноземы) уровень. Суммарный показатель загрязнения Z_{Cu} по уровню опасности представлен рядом: умеренно опасный (2,63 техноземы) – опасный (6,16 урбаноземы, 7,68 луговые и лугово-болотные почвы) – очень опасный (10,55 черноземы южные) уровень. Суммарный показатель загрязнения Z_{Pb} по уровню

опасности представлен рядом: умеренно опасный (2,02 хиллоземы, 2,72 луговые и лугово-болотные почвы, 2,91 черноземы южные,) – опасный (9,50 урбаноземы, 9,94 техноземы) уровень. Суммарный показатель загрязнения Z_{Cd} по уровню опасности представлен рядом: умеренно опасный (3,90 техноземы, 4,29 черноземы южные) – очень опасный (12,92 урбаноземы, 84,06 луговые и лугово-болотные почвы) уровень.

Одновременно с определением содержания загрязняющих веществ установили уровень буферной способности почв к загрязнению [3], основными показателями которой являются: кислотно-щелочной баланс, гранулометрический состав, содержание гумуса. Антропогенное воздействие на почвы изменяет их свойства. Накопление пыли на поверхности приводит к облегчению гранулометрического состава, иногда наблюдается инверсионный характер распределения гумуса в профиле почв. Вариативность показателей содержания питательных веществ связана с разной степенью антропогенного воздействия на различные типы почв города. Тенденция к ощелачиванию почвенного раствора также связана с деятельностью человека. Буферность почв по

отношению к элементам-загрязнителям, рассчитанная по этим показателям, оказалась в пределах низкой и средней. Это означает, что почвы не в достаточном объеме могут выполнять свои экологические функции.

Ранжирование показателя буферности проводилось по таким градациям: <10 баллов – очень низкая; 11-20 баллов – низкая; 21-30 баллов – средняя; 31-40 баллов – повышенная; 41-50 баллов – высокая; > 50 баллов – очень высокая [14]. Буферная способность к загрязнению черноземов южных варьирует от низкой (16,3 баллов) к средней (22,9 баллов). Луговым и лугово-болотным почвам, техноземам свойственный очень низкий (по 8,5 баллов) и низкий (17,0 и 19,3 баллов соответственно) балл буферности почв, урбочерноземам – низкий (18,2 баллов) и средний (23,5 баллов) показатель балла буферности. Урбаноземы и литоземы характеризуются средним уровнем буферной способности (показатель буферности 23,5 баллов). Хиллоземам и экраноземам свойственный низкий уровень буферной способности почв к загрязнению подвижными формами элементов-загрязнителей (рис. 4).

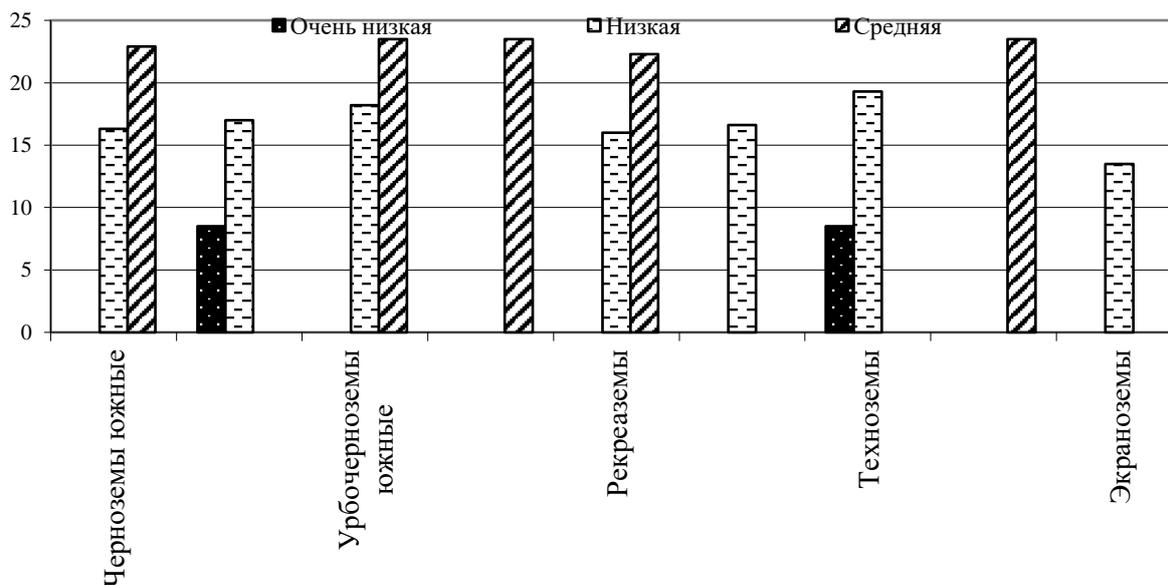


Рис. 4. Буферная способность почв города Одессы к загрязнителям, баллы.

Заключение

Показатели содержания тяжелых металлов в гумусовых горизонтах почв города Одессы имеют высокую вариативность, особенно в урбаноземах, и напрямую зависят от антропогенного влияния, согласуются с функциональным зонированием города. Ухудшение экологической ситуации города Одессы связано с неравномерным размещением промышленных объектов в городе, большой нагрузкой автотранспортными средствами. Наиболее загрязненными являются антропогенные глубоко-преобразованные почвы (урбаноземы, рекреаземы, техноземы и т.д.), которые размещены в селитебных, рекреационных и промышленных

зонах, а так же луговые и лугово-болотные почвы бывших полей фильтрации. В черноземах южных земель запаса, сельскохозяйственных угодий и территории международного аэропорта не выявлено превышение ПДК тяжелыми металлами и микроэлементами. По показателям буферности почв к тяжелым металлам почвы города низко и слабоустойчивые к загрязнениям.

Список литературы

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат; 1985. [Dospekhov BA Metodika polevogo opyta (s osnovami

statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). Moscow: Agropromizdat; 1985. (In Russ.)]

2. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ»; 2009. [Dmitriev EA Matematicheskaya statistika v pochvovedenii. Moscow: Knizhnyy dom «LIBROKOM»; 2009. (In Russ.)]

3. Ильин В.Б. Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам // Агрохимия. 1995. №10. С.109-113. [I'in VB Otsenka bufernosti pochv po odnosheniyu k tyazhelym metallam. Agrokimiya. 1995;10:109-113. (In Russ.)]

4. Полевой определитель почв. К.: Урожай, 1981. [Polevoy opredelitel' pochv. Kiev: Urozhay; 1981. (In Russ.)]

5. Полупан Н.И. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т1. Экология, режимы и процессы, классификация и генетико-производственные аспекты. К.: Урожай, 1988. [Polupan NI Pochvy Ukrainy i povyshenie ikh plodorodiya. T1. Ekologiya, rezhimy i protsessy, klassifikatsiya i genetiko-proizvodstvennye aspekty. Kiev: Urozhay; 1988. (In Russ.)]

6. Балюк С.А., Фатеев А.И., Мірошніченко М.М. Проведення ґрунтового-геохімічного обстеження урбанізованих територій: Методичні рекомендації. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського» УААН; 2007. [Balyuk SA, Fatieev AI, Miroschnichenko MM. Provedennya hruntovo-geokhimichnogo obstezhennya urbanizovanih teritoriy: Metodichni rekomendatsii. Kharkiv: NNTs «IGA im. O.N. Sokolov'skogo» UAAN; 2007. (In Ukr.)]

7. Вовк О.Б. Особливості ґрунтового моніторингу в умовах міста (на прикладі м. Львова) // Екологія та ноосфера. 2007. №18(1-2). С.57-63. [Vovk OB. Osoblivosti hruntovogo monitoringu v umovakh mista (na prikladi m. L'vova). Ekologiya ta noosfera. 2007;18(1-2):57-63 (in Ukr.)]

8. Гунько С.А. Морфологічні особливості ґрунтів міста Дніпродзержинськ. // Матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції. Київ, «Архіваріус». 2015. №1. С5-11. [Gun'ko SA. Morfoloichni osoblivosti hruntiv mista Dniprodzerzhins'k. Materiali I Mizhnarodnoi naukovopraktichnoi konferentsii. Kiiv, «Arkhivarius». 2015;(1):5-11. (in Ukr.)]

9. Карти України / Районування України URL: <http://geomap.land.kiev.ua/zoning.html>.

10. Луцишин О.Г., Радченко В.Г., Палапа Н.В., та ін. Фізико-хімічні властивості ґрунтів в умовах Київського мегаполісу. Доповіді Національної академії наук України. 2011. №3. С.197-204. [Lutsishin OG, Radchenko VG, Palapa NV, et al. Fiziko-khimichni vlastivosti hruntiv v umovakh Kiiv'skogo megalopolisu. Dopovidi Natsional'noi akademii nauk Ukraini. 2011;(3):197-204 (in Ukr.)]

11. Маринич О. М., Пархоменко Г. О., Петренко О. М., та ін. Удосконалена схема фізико-географічного районування України. Український географічний журнал. 2003. №1. С.16-20. [Marynych OM, Parhomenko GO, Petrenko OM, et al.

Udoskonalena shema fizyko-geografichnogo rajonuvannja Ukrai'ny. Ukrai'ns'kyj geografichnyj zhurnal. 2003;(1):16-20 (in Ukr.)]

12. Мацібора О.В. Застосування просторової інтерполяції для аналізу розподілу важких металів у міських ґрунтах. Інститут географії НАН України. Теорія і методологія. 2014. №5. С.25-31. [Matsibora OV. Zastosuvannya prostorovoї interpolyatsii dlya analizu rozpodilu vazhkih metaliv u mis'kikh hruntakh. Institut geografii NAN Ukraini. Teoriya i metodologiya. 2014;(5):25-31 (in Ukr.)].

13. Муровська Г.С., Муровський С.П. Системний підхід до визначення рівня екологічної безпеки міської екосистеми приморського міста. Запобігання та ліквідація надзвичайних ситуацій. Система обробки інформації. 2015. №5(130). С.185-188. [Murovs'ka GS, Murovs'kiy SP. Sistemni pidkhid do viznachennya rinvna ekologichnoi bezpeki mis'koї ekosistemi primors'kogo mista. Zapobigannya ta likvidatsiya nadzvichaynikh situatsiy. Sistema obrobki informatsii. 2015;5(130):185-188 (in Ukr.)]

14. Проведення ґрунтового-геохімічного обстеження урбанізованих територій. Методичні рекомендації. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського» УААН; 2004. [Provedennya hruntovo-geokhimichnogo obstezhennya urbanizovanih teritoriy. Metodichni rekomendatsii. Kharkiv, NNTs «IGA im. O.N. Sokolov'skogo» UAAN; 2004. (in Ukr.)]

15. Тригуб В.І., Бочевар С.В., Купчик А.М. Ґрунтового-екологічні особливості міських ґрунтів (на прикладі м. Одеси) // Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. 2016. №21(1). С.98-109. [Trigub VI, Bochevar SV, Kupchik AM. Hruntovo-ekologichni osoblivosti mis'kikh hruntiv (na prikladi m. Odesi). Visnik ONU. Ser.: Geografichni ta geologichni nauki. 2016;21(1):98-109 (in Ukr.)].

16. Фурдичко О.І. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище. Київ: Основа; 2008. [Furdichko OI Normuvannya antropogenного navantazhennya na navkolishnie prirodne seredovishche. Kiev: Osnova; 2008 (in Ukr.)].

17. Хохрякова А.І. Генетичні горизонти ґрунтів урбанізованих територій, їх символіка та номенклатура (на прикладі м. Одеса) // Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових досліджень у виробництво: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. 2019. С.147-149. [Khokhryakova AI Genetichni gorizonti hruntiv urbanizovanih teritoriy, ikh simbolika ta nomenklatura (na prikladi m. Odesa). Rozvitok agrarnoi galuzi ta vprovadzhennya naukovikh doslidzhen' u virobnitstvo: materialy Mizhnarodnoi naukovopraktichnoi konferentsii. 2019;147-149 (in Ukr.)].

18. Хохрякова А.І. Місце ґрунтів урбанізованих території в сучасній класифікації ґрунтів України (на прикладі м. Одеса) // Охорона ґрунтів: зб. наук. пр. ДУ «Держґрунтоохорона». 2019. С.189-190. [Khokhryakova AI Mistse hruntiv urbanizovanih teritorii v suchasniy klasifikatsii

hruntiv Ukraini (na prikladi m. Odesa). Okhorona hruntiv: zb. nauk. pr. DU «Derzhgruntokhorona». 2019; 189-190 (in Ukr.).

19. Хохрякова А.І., Куліджанов Е.В. Оцінка токсичності ґрунтів парків міста Одеси методами біотестування // Збірник центру наукових публікацій «Велес» за матеріалами III Міжнародної науково-практичної конференції 1 частина: «Весняні наукові читання». 2017. №1. С.20-28. [Khokhryakova AI, Kulidzhanov EV Otsinka toksichnosti gruntiv parkiv mista Odesi metodami biotestuvannya. Zbirnik tsentru naukovikh publikatsiy «Veles» za materialami III Mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferentsii 1 chastina: «Vesnyani naukovі chitannya». 2017;(1):20-28 (in Ukr.).]

20. Яцук І.П., Балюк С.А. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення: керівний нормативний документ. Київ; 2019. [Yatsuk IP, Balyuk SA Metodika provedennya agrokhimichnoi pasportizatsii zemel' sil'skogospodars'kogo

priznachennya: kerivniy normativniy dokument. Kiev; 2019 (in Ukr.).]

21. Celine Siu-lan Leea, Xiangdong Lia, Wenzhong Shib, et al. Metal contamination in urban, suburban, and country park soils of Hong Kong: A study based on GIS and multivariate statistics. *Science of the Total Environment*. 2006;356:45-61.

22. Craul Phillip J. Urban Soil: Problems and Promise. *Urban soils in Landscape Design*. New York, Wiley. 1991;51(1):58-64.

23. Feridon Ghadimi, Mohammad Ghomi, Mohsen Ranjbar et al. Statistical Analysis of Heavy Metal Contamination in Urban Dusts of Arak, Iran. *Iranica Journal of Energy & Environment*. 2013;4(4):406-418.

24. Yousef H. Nazzal, Nassir S.N. Al-Arifi, Muhammad K. Jafri, et al. Multivariate statistical analysis of urban soil contamination by heavy metals at selected industrial locations in the Greater Toronto area, Canada. *Geologia Croatica, Zagreb*. 2015;68(2):147-159.