УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ БОНІТУВАННЯ ҐРУНТІВ УРБООКОСИСТЕМ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СТУПЕНЯ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Яковишина Т.Ф.

ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
вул. Чернишевського, 24А, 49000, м. Дніпро
t_yakovyshyna@ukr.net

Використання методологічних принципів бонітування в процесі оцінювання здатності міських ґрунтів до виконання своїх функцій щодо живих організмів в урбоекосистемі виступає передумовою забезпечення екологічної безпеки техногенно навантажених територій. Врахування значень бонітету при здійсненні оцінювання земельних ресурсів у межах територій урбоекосистем має важливе науково-практичне значення в умовах формування ринку землі при врахуванні екологічних пріоритетів. Проаналізовано методики бонітування, визначено їх переваги і недоліки, встановлено невирішені питання щодо особливостей застосування для техногенно навантажених ґрунтів урбоекосистем, які зазнали трансформації ґрунтового профілю в результаті будівельної діяльності та забруднення небезпечними сполуками металів у процесі функціонування. Запропоновано дотримуватись єдиного методологічного підходу щодо бонітування ґрунтів на основі класичної методики, з додаванням до неї діагностичних показників, які відбивають наслідки антропогенного впливу. Удосконалено методологію бонітування міських ґрунтів шляхом додаткового введення при розрахунку значення бонітету інтегрального показника забруднення небезпечними сполуками металів та їх буферної здатності щодо можливості сприйняття техногенного навантаження. Доведена доцільність врахування особливостей впливів на ґрунти, що виникають під час функціонування урбоекосистеми, для оцінювання ступеня їх екологічної безпеки методом бонітування на прикладі технозему, екранозему та урбаноземів насипного, перемішаного і агрогенного типів м. Дніпро. Обґрунтовано формулу перерахунку значень сумарного показника забруднення в бальний коефіцієнт. Запропоновано визначати оціночний бал буферної здатності як відношення вмісту гумусу, глинистих часток, карбонатів, R_2O_3 та pH у міських ґрунтах до аналогічних показників у зональному чорноземі звичайному. Встановлено, що за значенням бонітету ґрунти урбоекосистеми м. Дніпро варто зарахувати до категорій із середньою та високою якістю за умов коливання рівня забруднення небезпечними сполуками металів від слабкого до сильного та підвищеною і середньою буферною здатністю. *Ключові слова:* бонітет, екологічна безпека, забруднення, ґрунт, урбоекосистема, сполуки металів.

Improving the bonitet methodology for soils of the urban ecosystems to assess the degree of their ecological safety. Yakovyshyna T.

The using of methodological principles of the bonitet for assessing the urban soils ability to perform their functions in relation to living organisms in the urban ecosystem is a prerequisite for ensuring the environmental safety of man-made areas. Taking into account the bonitet values for assessment of the land resources within the territories of urban ecosystems is of great scientific and practical importance in the formation of the land market, taking into account environmental priorities. The existing bonitet methods has been analyzed, their advantages and disadvantages have been identified with determination unresolved issues concerning the peculiarities of application for man-made soils of urban ecosystems, which underwent transformation of soil profile as a result of construction activities and contamination with hazardous metal compounds during functioning. The single methodological approach to bonitet soil is proposed to follow on the basis of classical methods, with the addition of diagnostic indicators that reflect the effects of anthropogenic impact. The bonitet methodology of the urban soils has been improved by additional consideration in calculating the integrated indicator of the contamination by the metals hazardous compounds and their buffering capacity in relation to the possible perception of the man-caused load. The expediency of especially impacts accounting to the soils of the functioning urban ecosystems has been proved for estimation of their environmental safety degree by the bonitet method for example of the technozem, ekranozem and urbanozems (bulk, mixed and agrogenic types) of Dnipro city. The formula has been substantiated for converting the values of the summary contamination index into a point coefficient. The estimated point of the buffering capacity has been proposed to determine as the ratio of the content of humus, clay particles, carbonates R_2O_3 and pH in the urban soils to similar indicators in the zonal chernozem. It is established that according to the bonitet value, the soils of the urban ecosystem of Dnipro should be referred to the categories of medium and high quality, taking into account the level fluctuations of the contamination by the hazardous metal compounds from weak to strong and high and medium buffering capacity. *Key words:* quality, ecological safety, pollution, soil, urban ecosystem, metal compounds.

Постановка проблеми. Екологічний стан ґрунтів урбоекосистем потребує особливої уваги, адже вплив транспорту, промисловості, будівництва спричиняє постійне техногенне навантаження на всі складники ґрунтової системи в межах міста, що відбивається на її водно-фізичних та агрохімічних властивостях, водному та повітряному режимах, а це своєю чергою призводить до втрати здатності ґрунтом виконувати свої екологічні функції, головною з яких є родю-

чість – здатність забезпечувати рослини достатньою кількістю поживних елементів та створювати комфортні умови для їх існування. Крім того, як базова складова частина урбоекосистеми міські ґрунти зумовлюють продуктивність і стійкість зелених насаджень, беруть участь у ремедіації різноманітних забруднювачів навколишнього середовища, сприяють очищенню приземного шару атмосферного повітря та поверхневих вод, формують мікроклімат,

забезпечують геостабілізацію, виступають джерелом біофільних елементів та макроенергетичних сполук [1]. Оцінювання міських ґрунтів щодо виконання ними своїх функцій щодо рослин виступає передумовою забезпечення екологічної безпеки техногенно навантажених урбоєкосистем. Бонітування як інвентаризація показників їх екологічних властивостей сприяє всебічному об'єктивному оцінюванню якісного і функціонального стану міських ґрунтів та дає змогу врахувати значення бонітету в процесі здійснення оцінювання земельних ресурсів, що має важливе науково-практичне значення в умовах формування ринку землі при врахуванні екологічних пріоритетів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

За свідченням В.В. Медведєва та І.В. Плісько (2011), бонітет ґрунтів кількісно відображає інтегральну характеристику якісного стану показників його родючості, отже, здатність виконувати свої функції щодо живих організмів і насамперед рослин в екосистемі [2]. Ідея оцінювання якості ґрунтів шляхом їх бонітування належить В.В. Докучаєву, який наголошував на необхідності попереднього їх розподілу за класами та типами як обов'язкової умови бонітування, адже ґрунти різних природно-кліматичних зон істотно відрізняються за родючістю. Згідно з підходами, прийнятими в Європі та США, оцінювання якості ґрунту здійснюється за показниками, що відповідають за його родючість, проте вони значною мірою відрізняються по країнам [3]. В Україні створення наукових основ бонітування стосувалось переважно ґрунтів сільськогосподарського призначення та було пов'язано з дослідженнями В.П. Кузьмичова, С.С. Соболева, О.І. Зражевського, І.І. Карманова.

У нинішній час є кілька досить вдалих методик бонітування, проте вони ґрунтуються на різних підходах до вибору діагностичних ознак в процесі здійснення оцінювання ґрунтів, а це своєю чергою значною мірою утруднює їх практичне використання [2; 4–6]. Приміром, за методикою А.І. Сірого (1981) [7], діагностичними критеріями якості ґрунту виступають найважливіші фізико-хімічні властивості при врахуванні екологічних умов і технологічної якості земель. У методиці, запропонованій ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О.Н. Соколовського», більшою мірою розкрито потенційну та ефективну родючість ґрунту за рахунок використання 16 показників, серед яких вміст гумусу і гранулометричний склад, які зумовлюють структуру, щільність складення ґрунту, рН ґрунтового середовища, а також показники водного, теплового та поживного режимів.

Однак зазначені методики не містять діагностичних ознак, які б дали змогу оцінити стан ґрунту, що потерпає від техногенного навантаження внаслідок господарської діяльності людини. Перші кроки в цьому напрямі щодо техноземів, сформованих у процесі гірничо-видобувних робіт під час розроблення корисних копалин, були зроблені

Р.М. Панасом і С.М. Маланчуком (2013), які, взявши за основу попередню методику, доповнили її діагностичними показниками походження ґрунтів, зокрема їх генетико-морфологічної будови [8].

Еколого-токсикологічний стан ґрунтів був врахований у процесі визначення бонітету О.А. Іванцовою та А.Н. Водолазко (2019) [9], проте в їх методиці не має єдиної думки, за якими формами металів потрібно проводити оцінювання – за їх загальною кількістю, використовуючи воловий вміст, чи сполуками, здатними до мігрування (ААБ, рН 4,8), як такими, що спричиняють реальну екологічну небезпеку.

Стосовно урбаноземів Т.І. Долговою (2010) була запропонована методика, яка враховувала наслідки антропогенного впливу на ґрунт у межах урбоєкосистеми, що спричинявся через їх забруднення небезпечними сполуками металів [10], проте в ній не враховується буферна здатність антропогенно перетворених ґрунтів щодо депонування катіонів металів з утворенням менш мобільних сполук, які не здатні мігрувати трофічними ланцюгами. Чисельними дослідженнями доведено, що показники буферності (вміст гумусу, глинистих часток, CaCO_3 , R_2O_3 та рН) в урбаноземів різного походження значно нижчі за аналогічні в зональних ґрунтах [11; 12]. Тому невірним питанням залишається врахування буферної здатності міських ґрунтів, адже в процесі функціонування урбоєкосистеми вони зазнають не тільки забруднення, але й трансформації ґрунтового профілю внаслідок будівельної діяльності. Крім того, доцільно дотриматися єдиного методологічного підходу щодо бонітування ґрунтів, приміром, на основі класичної методики ЦНДІАО, з додаванням до неї діагностичних показників, які відбивають наслідки антропогенного впливу.

Мета роботи полягала в удосконаленні методології бонітування ґрунтів урбоєкосистем шляхом врахування особливостей її функціонування через залучення інтегрального показника забруднення небезпечними сполуками металів та буферної здатності для оцінювання ступеня їх екологічної безпеки.

Бонітет міських ґрунтів ($B_{\text{м.г.}}$) оцінювали за формулою (1)

$$B_{\text{м.г.}} = (B + B_{\text{в.м.}} + B_{\text{б.з.}})/3, \quad (1)$$

де B – бонітет ґрунту, який визначається за класичною методикою ЦНДІАО за показниками гідролітична кислотність, вміст гумусу, фосфору, калію, кальцію, магнію, сума поглинених основ, ступінь насиченості ґрунту основами;

$B_{\text{в.м.}}$ – бонітет за вмістом сполук металів у ґрунті;

$B_{\text{б.з.}}$ – бонітет ґрунту за буферною здатністю до забруднення металами.

Вміст металів у зональному та антропогенно порушеному ґрунтах визначали після їх кислотної обробки на атомно-абсорбційному спектрофотометрі. Поліелементне забруднення небезпечними

сполуками металів (Cd, Pb, Zn, Cu, Ni) ґрунту оцінювали за сумарним показником забруднення (Z_c) згідно з методикою Ю.Є. Саста [12]. Сутність показника Z_c ґрунтується на визначенні суми коефіцієнтів концентрації металів (K_c), які своєю чергою свідчать про перевищення вмісту катіонів металів у досліджуваному ґрунті порівняно до їх фонові концентрації в зональному ґрунті. Тому з огляду на принципи, закладені в методику визначення бонітету згідно з ЦНДІАО, формула встановлення бонітету ґрунту за вмістом сполук металів ($B_{в.м.}$) набуває такого вигляду (2)

$$B_{в.м.} = (1 / Z_c) \times 100, \quad (2)$$

Показники буферної здатності ґрунту визначали вміст глинистих часток методом сухого просіювання за Н.А. Качинським у модифікації агрофізичного інституту, гумусу методом І.В. Тюріна в модифікації ЦНДІАО, карбонатів та R_2O_3 гравіметричним методом, $pH_{водн.}$ ґрунту на іонімірії універсальному. Буферну здатність ґрунту до забруднення сполуками металів встановлювали за методикою В.Б. Ільїна (1995) [10]. Для переведення значення буферної здатності в бали використовували відношення одержаних значень у міських ґрунтах до її значення в зональному ґрунті – чорноземі звичайному згідно з формулою (3)

$$B_{б.з.} = (B_{з.г.} / B_{з.г.}) \times 100, \quad (3)$$

де $B_{б.з.}$ – бонітет буферної здатності ґрунту;

$B_{з.г.}$ – буферна здатність міського ґрунту в балах за В.Б. Ільїним (1995);

$B_{з.г.}$ – буферна здатність зонального ґрунту в балах за В.Б. Ільїним (1995).

Виклад основного матеріалу. Антропогенний вплив на зональні ґрунти – чорноземи звичайні призвів до утворення в межах урбоєкосистеми м. Дніпро урбаноземів перемішаного, насипного та агрогенного типів – висотна забудова та приватний сектор, а також техноземів – у межах санітарно-захисних зон промислових підприємств, екраноземів – ґрунтів, запечатаних асфальто-дорожнім покриттям.

Найбільший внесок у поліелементне забруднення ґрунтів урбоєкосистеми м. Дніпро здійснювали Zn, Pb та Cu (табл. 1), значне варіювання їх коефіцієнтів концентрації, на основі яких розраховується Z_c , свідчило про направленість діяльності промислових підприємств-забруднювачів. Навколо промислових зон міста утворилися ареали забруднення Zn та Cu, в той час як на підвищення вмісту катіонів Pb у ґрунті здійснювали вплив викиди тетраетилсвинцю від автотранспорту, внаслідок розгалуженої системи автошляхів у центральній частині міста.

Поліелементне забруднення ґрунтів урбоєкосистеми м. Дніпро сполуками металів мало дещо строкатий характер і коливалось у досить широких межах від дуже слабкого до сильного за Z_c (табл. 1). Дуже слабкий рівень забруднення був притаманний урбанозему агрогенного типу (приватна забудова периферійних зон міста). Стосовно урбаноземів, що сформувались на території висотної забудови, спостерігалась тенденція, а саме: з віддаленням її від промислових зон та автомагістралей з інтенсивним рухом сумарний показник забруднення знижувався від помірного до слабкого незалежно від типу порушення ґрунтового профілю. Слабкий рівень забруднення екранозему пояснювався інтенсивним аерогенним забрудненням перед облаштуванням дороги та запечатуванням асфальто-дорожнім покриттям.

Антропогенний вплив на міські ґрунти призвів до зниження їх стійкості щодо забруднення сполуками металів, що проявлялось через показники буферної здатності.

Механізм протекторних властивостей гумусу в буферній здатності полягає у взаємодії катіонів металів з органічною речовиною ґрунту, яка відбувається завдяки іонообмінним процесам, адсорбції на поверхні, хелатуванню, реакціям коагуляції та пептизації. За ступенем забезпеченості гумусом технозем належав до дуже слабо забезпеченого, а екранозем і урбаноземи різних типів – до слабо забезпечених ґрунтів (табл. 2).

Гранулометричний склад урбанозему наслідував ознаки зонального ґрунту – чорнозему звичай-

Таблиця 1

Забруднення сполуками металів ґрунтів урбоєкосистеми м. Дніпро

Ґрунт	K_c					Z_c
	Pb	Cu	Zn	Cd	Ni	Рівень забруднення
Урбанозем перемішаного типу	6,61	1,84	13,46	2,08	1,88	<u>21,87</u> Помірний
Урбанозем насипного типу	1,46	1,72	5,51	1,79	2,56	<u>9,04</u> Слабкий
Урбанозем агрогенного типу	2,85	1,32	3,22	1,14	1,32	<u>5,85</u> Дуже слабкий
Технозем	12,91	5,16	21,34	2,04	2,73	<u>40,18</u> Сильний
Екранозем	4,93	2,56	5,83	1,67	1,38	<u>12,37</u> Помірний

ного, антропогенний вплив позначався через збільшення включень будівельного сміття та пиловатих часток розміром менш за 0,01 мм, за виключенням агрогенного типу, де протягом більш ніж півстоліття створювався штучний гумусовий горизонт, складений агрономічно цінними ґрунтовими агрегатами при зменшенні вмісту включень. Чорнозем звичайний відносився до важкосуглинкових ґрунтів, водночас втручання людської діяльності при розбудові урбоєкосистеми суттєво збільшувало фракцію 0,01–0,001 мм і за вмістом фізичної глини їх можна було зарахувати до легкоглинистих ґрунтів. Варто також зазначити, що вміст фізичної глини впливає на закріплення катіонів металів та запобігає можливості утворення сполук, здатних до мігрування.

Закріплення катіонів металів відбувається також внаслідок неспецифічної сорбції катіонів шляхом обміну катіонів дифузного шару колоїдної міцели (Fe^{3+} , Al^{3+}) на еквівалентну кількість катіонів металу, що знаходиться в ґрунтовому розчині. Збільшення вмісту оксидів Fe, Mn і Al істотно знижує здатність до мігрування сполук металів у ґрунті [11; 14]. Вміст полуторних оксидів зменшувався в межах 9,6–31,7% від значення у зонального ґрунту, найбільшою мірою у техноземі.

Карбонат кальцію сприяє закріпленню металів за реакцією обміну шляхом утворення сполук із низьким добутком розчинності ($\text{CdCO}_3 - 2,8 \cdot 10^{-6}$, $\text{PbCO}_3 - 1,1 \cdot 10^{-5}$, $\text{ZnCO}_3 - \text{CdCO}_3$ г на 100 мл води). Вміст карбонатів у міських ґрунтах визначався напрямами впливу будівельної діяльності, а саме: знижувався в процесі проведення земляних робіт через перемішування з нижніми підстилаючими породами та підвищувався внаслідок включень артиндустратів та артиурбістратів, проте значення, притаманного зональному чорнозему звичайному, не досягав.

Реакція ґрунтового середовища взаємопов'язана з окислювально-відновлювальним потенціалом, їх сукупність визначає міграційну здатність сполук практично всіх металів. Високі значення окислювально-відновлювального потенціалу сприяють зниженню активності електронів у ґрунті, щільності електронної хмари і заряду ацидоїдів. Збільшення окислювально-відновлювального потенціалу позначається на селективному поглинанні ґрунтом катіонів із меншою щільністю заряду. Високі значення окислювально-відновлювального потенціалу та лужна реакція ґрунтового середовища ініціює осадження катіонів металів у вигляді слабо розчинних у воді оксидів та гідроксидів.

Реакція ґрунтового середовища міських ґрунтів визначалась напрямами господарської діяльності людини, а саме тенденція до підкислення була притаманна технозему (промислова зона) та урбанозему перемішаного типу внаслідок переваження процесів осадження на його поверхню фізіологічно кислих викидів підприємств, навпаки, ґрунти, з домінуючим впливом будівельної діяльності, характеризувались збільшенням лужності через включення карбонатів антропогенного походження. Однак варто зазначити, що коливання рН в усіх досліджуваних типах урбаноземів порівняно до значення зонального чорнозему звичайного були досить незначними (табл. 3), а це свідчить про здатність порушених ґрунтів ще підтримувати свої протекторні властивості. Значення рН чорнозему звичайного – 6,75, що відповідало родючому ґрунту, в той час як технозем та урбаноземі з насипним і агрогенним типами ґрунтового профілю належали вже до потенційно родючих ґрунтів. На ділянці з урбаноземом перемішаного типу за рахунок своєї різноспрямованої дії

Таблиця 2

Буферна здатність ґрунтів урбоєкосистеми м. Дніпро

Показник	Урбанозем перемішаного типу	Урбанозем насипного типу	Урбанозем агрогенного типу	Технозем	Екранозем
Гумус, %	1,47	1,88	2,96	1,18	2,43
Глинисті частки, %	59,1	60,3	58,8	48,3	55,8
Карбонати, %	0,36	0,47	0,41	0,35	0,52
R_2O_3 , %	3,6	3,0	3,7	2,8	3,3
pH	6,7	7,14	7,02	6,58	6,83
Буферна здатність, бали	<u>34</u> підвищена	<u>35</u> підвищена	<u>38</u> підвищена	<u>29,5</u> середня	<u>37,5</u> підвищена

Таблиця 3

Оцінка якості ґрунтів урбоєкосистеми м. Дніпро згідно зі значенням бонітету

Ґрунт	Бонітет, бали				Характеристика якості
	Б	Б _{в.м.}	Б _{б.з.}	Б _{м.г.}	
Урбанозем перемішаного типу	79,4	4,6	79,1	54,4	Середня якість
Урбанозем насипного типу	80,0	11,1	81,4	57,5	Середня якість
Урбанозем агрогенного типу	91,5	17,1	88,4	65,7	Висока якість
Технозем	69	2,5	68,6	46,7	Середня якість
Екранозем	85,5	8,2	87,2	60,3	Висока якість

та екраноземом внаслідок запечаткування асфальто-дорожнім покриттям антропогенний вплив майже нівелювався.

Згідно з визначеними за методикою В.Б. Ільїна (1995) балами, буферна здатність міських ґрунтів була середньою та підвищеною, що зумовлювалось наявністю ознак зонального ґрунту – чорнозему звичайного малогумусного важкосуглинкового, на тлі якого вони сформувались. Значення балів буферної здатності були практично на одному рівні для промислової та висотної забудови, виключення становили екранозем – запечатаний ґрунт, який здебільшого не сприймає техногенне навантаження, а також урбанозем агрогенного типу з приватного сектора, що пояснюється його окультуреністю та спробами власників підтримувати екологічні функції шляхом використання органічних та мінеральних добрив.

Здійснення оцінювання ґрунтів урбоекосистеми м. Дніпро шляхом їх бонітування надало змогу зарахувати їх до категорій із середньою та високою якістю (табл. 3). Найбільшою мірою зниження значень показника бонітету міських ґрунтів відбувалось саме у разі врахування рівня забруднення за Z_c , тому нехтувати ним в процесі оцінювання екологічної безпеки ґрунтів урбоекосистеми не можна, втім, як і бонітетом, що відбиває буферну здатність, адже саме їх поєднання дає характеристику мобільності небезпечних сполук металів у ґрунті.

Головні висновки. Удосконалено методологію бонітування ґрунтів урбаноземів шляхом врахування особливостей її функціонування через залучення додаткових показників, а саме: інтегрального

показника забруднення небезпечними сполуками металів та їх буферної здатності відносно можливості сприйняття техногенного навантаження. На основі порівняння результатів розрахунків бонітету ґрунтів м. Дніпро (технозем, екранозем та урбаноземі перемішаного, насипного і агрогенного типів), здійснених за рекомендаціями ЦНДІАО та згідно із запропонованим методологічним підходом переконливо доведена доцільність врахування особливостей впливів на ґрунти, що виникають у процесі функціонування урбоекосистеми, для оцінювання ступеня їх екологічної безпеки методом бонітування. Обґрунтовано переведення значення сумарного показника забруднення (Z_c) в бальний коефіцієнт ($B_{в.м}$) для врахування ступеня екологічної небезпеки, яку спричиняє надлишковий вміст сполук металів у ґрунті. Запропоновано визначати оціночний бал бонітету за буферною здатністю міських ґрунтів до забруднення небезпечними сполуками металів як відношення вмісту гумусу, глинистих часток, карбонатів R_2O_3 та рН у міських ґрунтах до аналогічних показників у зональному чорноземі звичайному, дотримуючись єдиного методологічного принципу бонітування.

Перспективи використання результатів дослідження. Варто зосередитись на розробці показників, що характеризують забруднення міських ґрунтів радіонуклідами, нафтопродуктами та іншими небезпечними речовинами, ґрунтуючись на принципах, закладених у методологію визначення бонітету для оцінювання ступеня їх екологічної безпеки для населення урбоекосистем.

Література

1. Смага И.С. Методологические основы бонитетной оценки почв и их усовершенствование. *Грунтознавство*. 2013. Том. 14, № 3-4. С. 63–75.
2. Медведев В.В., Плisko I.B. Бонітування ґрунтів в Україні: підсумки і перспективи. *Вісник ХНАУ. Сер. Грунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів*. 2011. № 1. С. 22–28.
3. Verheye W.H. Use of land evaluation techniques to assess the market value of agricultural land. *Agropedology*. 2000. № 10. Р. 88–90.
4. Карманов И.И., Булгаков Д.С., Шишконокова Е.А. Система оценки природно-антропогенных воздействий на изменение плодородия почв пахотных земель на основе почвенно-агроклиматического индекса. *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. 2013. Вып. 72. С. 65–83.
5. Канаш О.П. Бонітування ґрунтів: пропонуються зміни, чого вони варті? *Землепорядний вісник*. 2008. № 5. С. 46–50.
6. Плisko I.B. Просторово-диференційована система управління якістю ґрунтів (на прикладі ріллі України) : автореферат дис. ... докт. с.-госп. наук : 06.01.03 «Агрогрунтознавство і агрофізика». 49 с.
7. Серый А.И. К методике бонитировки почв на агроэкологической основе. *Почвоведение*. 1981. № 7. С. 5–17.
8. Панас Р.М., Маланчук М.С. Особливості бонітування техногенних ґрунтів. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2013. Вип. 77. С. 74–80.
9. Иванцова Е.А., Водолазко А.Н. Влияние загрязнения почв сельскохозяйственных земель тяжелыми металлами на их бонитировочную оценку (на примере Волгоградской области). *Проблемы региональной экологии*. 2019. № 4. С. 111–115.
10. Долгова Т.И. Риск-анализ деградации почв. *Экология и природокористування*. 2010. Вип. 13. С. 21–26.
11. Ильин В.Б. Система показателей для оценки загрязненности почв тяжелыми металлами. *Агрохимия*. 1995. № 1. С. 94–99.
12. Яковишина Т.Ф., Соболев Т.О., Тур А.І. Оцінка буферності міських ґрунтів щодо забруднення важкими металами в системі екологічного моніторингу. *Актуальні проблеми дослідження довкілля : Збірник наукових праць за матеріалами VI Міжнародної наукової конференції, 20–22 травня 2015 р. Суми, 2015. Т. 2. С. 104–107.*
13. Саєт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды Москва : Недра. 1990. 335 с.
14. Zawadzki J., Magiera T. Fabianczyk Geostatistical evaluation of magnetic indicators of forest soil contamination by heavy metals. *Studia Geophysica et Geodetica*. 2009. Vol. 53. № 1. Р. 133–149.