

УДК 504+628.381.1

С. В. СКРИЛЬНИК¹, д-р с-г. наук, с.н.с., **Н. В. МАКСИМЕНКО²**, канд. геогр. наук, доц.,
Я. С. РИЖКОВА¹, канд. с-г.наук, **В. А. РИЖКОВ²**

¹Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»,
вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024

e-mail: orgminlab@gmail.com

²Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
майдан Свободи, 6, м. Харків, Україна 61022

e-mail: nadezdav08@gmail.com

АГРОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД М. ХАРКОВА

Високі темпи урбанізації в другій половині минулого століття привели не тільки до зростання міського населення, але і як наслідок – до збільшення обсягів відходів техногенного походження. При вирішенні завдань з очищення міських стічних вод неминуче виникає проблема утилізації осадів, що утворюються. **Мета.** Надати агроекологічне обґрунтування можливості застосування осадів стічних вод м. Харкова у аграрному секторі. **Методи.** Аналітичні, лабораторно-модельні і статистичні. **Результати.** Надана агрохімічна та екологічна оцінка ОСВ з комплексу біологічної очистки «Безлюдівський» м. Харкова та встановлена їх відповідність вимогам нормативних документів з обґрунтуванням можливості застосування у аграрному секторі. **Висновки.** Встановлено, що ОСВ містять достатньо високий вміст органічної речовини (більше 52 %) та основних елементів живлення (загальних форм азоту і фосфору), а також допустиму концентрацію мікроелементів та важких металів за вимогами нормативних документів, що обумовлює перспективи їх застосування як добрива.

Ключові слова: агрохімічні показники, біотестування, фітотоксичність, важкі метали, мікроелементи

Skrylnyk Ye.V.¹, Maksymenko N. V.², Ryzhkova Ya.S.¹, Ryzhkov V.A.²

¹National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky»

²V. N. Karazin Kharkiv National University

AGROECOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SEWAGE SLUDGE OF KHARKOV

The high rate of urbanization in the second half of the last century led to not only to the growth of urban population, but also as a result to increasing of amount of production wastes. During solving problems with municipal wastewater treatment inevitably the problem of disposal of sewage sludges is arised. **Purpose** is to provide agroecological substantiation of possibility of application of sewage sludge of Kharkov in the agricultural sector. **Methods.** Analytical, laboratory modeling and statistics. **Results.** Agrochemical and ecological assessment of sewage sludge of WWTP "Bezlutskiy" at Kharkov are given, compliance with the requirements of normative documents and substantiation of possibility of application of sewage sludge in the agricultural sector are established. **Conclusions.** It is found that sewage sludge contain sufficiently high amount of organic matter (more than 52 %) and major nutrients (total nitrogen and phosphorus) as well as acceptable concentrations of micronutrients and heavy metals according to the requirements of normative documents. Prospects of sewage sludge application as fertilizer is established.

Key words: sewage sludge, agrochemical properties, phytotoxicity, heavy metals and trace elements

Скрыльник Е. В.¹, Максименко Н. В.², Рыжкова Я. С.¹, Рыжков В. А.²

¹Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені А.Н. Соколовського»

²Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

АГРОЕКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД Г. ХАРЬКОВА

Высокие темпы урбанизации во второй половине прошлого века привели не только к росту городского населения, но и как следствие - к увеличению объемов отходов техногенного происхождения. При решении задач по очистке городских сточных вод неизбежно возникает проблема утилизации образующихся осадков. **Цель.** Предоставить агроэкологическое обоснование возможности применения осадков сточных вод г. Харькова в аграрном секторе. **Методы.** Аналитические, лабораторно-модельные и статистические. **Результаты.** Дана агрохимическая и экологическая оценка ОСВ из комплекса биологической очистки «Безлюдовский» г. Харькова, и установлено их соответствие требованиям нормативных документов с обоснованием возможности применения в аграрном секторе. **Выводы.** Установлено, что ОСВ

содержат достаточно высокое содержание органического вещества (более 52%) и основных элементов питания (общих форм азота и фосфора), а также допустимую концентрацию микроэлементов и тяжелых металлов по требованиям нормативных документов, что обуславливает перспективы их применения в качестве удобрения.

Ключевые слова: агрохимические показатели, биотестирование, фитотоксичность, тяжелые металлы, микроэлементы

Вступ

Обсяги накопичення осадів стічних вод (ОСВ) значні: у США утворюється 7 млн т ОСВ, в Японії – 2,3 млн т [1]. В Україні утворюється близько 1,8 млн т сухої речовини ОСВ на рік [2]. Вони займають значні приміські території.

У м. Харків комплекси з обробки стічних вод і осаду "Диканівський" (КБОД) і "Безлюдівський" (КБОБ) є найбільшими в Україні [3]. Кількість ОСВ вологістю 97 – 98 %, яка щорічно утворюється на обох станціях – більше 1 млн м³. На комплексах розташовані три ділянки мулових майданчиків, площею більше 120 га (за потреби 260 га), де відбувається природне зневоднення та підсушування ОСВ, оскільки не оснащені ні дренажною системою, ні покриттям від опадів, ні системою з уловлювання летючих сполук тощо. Такий процес зневоднення є застарілим і вимагає постійного розширення мулових майданчиків [3].

За більш ніж п'ятдесят років функціонування КБОБ, на мулових майданчиках

накопичився значний обсяг ОСВ, що створює екологічну та соціальну напруженість на прилеглих територіях. Сухий осад розповсюджується вітром на сусідні угіддя та ділянки рекреації поблизу р. Уди, продукти згоряння в результаті численних пожеж викидаються в атмосферу.

З іншого боку, дослідженнями доведено значний потенціал ОСВ для впровадження у сільське господарство. Доведено позитивну дію ОСВ на покращення водно-фізичних, фізико-хімічних та агрохімічних показників, підвищення біологічної активності ґрунтів [4, 5, 6]. Крім цього, ОСВ характеризуються високим вмістом органічної речовини, що говорить про перспективу його використання для поповнення запасів гумусу та покращення його якості у ґрунті, тим самим збільшуючи секвестрацію вуглецю, що сприятиме поліпшенню екологічного стану навколишнього природного середовища.

Методика дослідження

Дослідження виконували у Національному науковому центрі «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» у лабораторії органічних добрив і гумусу (свідоцтво про атестацію №100-154/2014).

Аналіз осадів стічних вод проводили за діючими нормативними документами: відбір та підготування до аналізування за ГОСТ 26712–85 [7]; визначення гравіметричним методом масової частки сухої речовини за ГОСТ 26713-85 [8]; визначення масової частки золи за ГОСТ 26714-85 [9]; визначення титрометричним методом сумарної масової частки азоту та масової частки амонійного азоту за ДСТУ 7911:2015 [10]; визначення фотометричним методом масової частки загального фосфору за ГОСТ 26717-85 [11]; визначення полум'янофотометричним методом масової частки загального калію за ДСТУ 7949:2015; водний показник рН за ГОСТ 27979-88 [12]; визначення

термогравіметричним масової частки органічної речовини за ДСТУ 8454:2015 [13]; визначення вмісту мікроелементів та важких металів атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі Сатурн-4 після озонення з послідовним розчиненням у солянокислій витяжці (10 % HCl) [14].

Визначення фітотоксичності ОСВ проводили методом біотестування в лабораторно-модельних умовах [15]. У водних витяжках з ОСВ (співвідношення речовина : розчин - 1 : 10) замочували на добу насіння крес-салату (*Lepidium sativum L.*). Потім у чашках Петрі розміщували по 25 насінин на фільтрувальному папері, попередньо зволоженому дистильованою водою та пророщували 5 діб за температури 22-24 °С. Повторність досліду шестикратна. Тест-параметри для оцінки токсичності: схожість насіння, морфометричні параметри проростків та їх загальна маса. Фітотоксичний

ефект (ФЕ) визначали у відсотках до довжини кореневої системи за формулою [16] :

$$\text{ФЕ} = \frac{L_0 - L_x}{L_0} \times 100,$$

де L_0 – середня довжина кореня рослини, що вирощена на контрольному середовищі, см;

Результати дослідження

За отриманими аналітичними даними щодо складу осадів стічних вод (ОСВ) з мулових майданчиків комплексу біологічної очистки «Безлюдівський» м. Харкова можна зробити висновок, що достатньо високий вміст органічної речовини (більше 52 %) та основних елементів живлення (загальних форм азоту, фосфору) обумовлює перспективи застосування досліджуваних ОСВ як добрива. Низька вологість зразків (42 %) є дуже важливим фактором для економії витрат на транспортування та значно спрощує агроприйоми щодо внесення ОСВ у ґрунт.

L_x – середня довжина кореня рослини, що вирощена під впливом токсичного фактора, см.

Нетоксичними вважали проби, в яких пригнічення росту коренів не перевищувало 20 % відносно контролю [6].

Агрохімічні показники досліджуваних ОСВ відповідають вимогам чинного ДСТУ 7369:2013 [17]. Однак, відзначено низькій вміст калію, що притаманно для цього виду відходів, та має наступні шляхи вирішення: додавання калійних добрив до ОСВ (сульфат калію, хлористий калій тощо), застосування на ґрунтах з високою забезпеченістю калієм (чорноземі), або позиціонування ОСВ як азотно-фосфорного добрива з необхідністю додаткового внесення калію до ґрунту. Агрохімічний склад ОСВ з комплексу біологічної очистки «Безлюдівський» м. Харкова наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Агрохімічний склад осадів стічних вод з мулових майданчиків комплексу біологічної очистки «Безлюдівський» м. Харкова

Показники	Фактичний вміст, % на суху речовину		
	1	2	середнє
Масова частка сухої речовини	44,93	39,68	42,31±5,25
Масова частка <i>органічної речовини</i>	54,00	51,50	52,75 ±2,50
Масова частка <i>загального вуглецю, С_{заг}</i>	24,53	19,21	21,87 ±5,32
Масова частка загального <i>азоту, N</i>	3,65	2,89	3,27±0,76
Масова частка загального <i>фосфору, P₂O₅</i>	3,85	5,10	4,47±1,25
Масова частка загального <i>калію, K₂O</i>	0,22	0,37	0,29±0,15
<i>pH_{вод}</i>	6,2	6,9	6,6±0,7
<i>Співвідношення C:N</i>	7	7	7

Більшість авторів [18, 19] вказують, що найбільшою перешкодою на шляху використання ОСВ у сільському господарстві є підвищені концентрації ВМ. Відмічається значна варіабельність складу ОСВ за вмістом мікроелементів і важких металів.

Установлено, що вміст важких металів (**Pb** – 7 г/т; **Cr** – 63 г/т; **Cd** – 16,7 г/т) у досліджуваних ОСВ з комплексу біологічної очистки «Безлюдівський» м. Харкова не перевищує допустимих концентрацій згідно ДСТУ 7369:2013 [17]. Відповідно до груп, виділених на основі вмісту важких металів в ОСВ досліджувані осади відносяться до першої (за вмістом свинцю та хрому) та до

третьої (за вмістом кадмію) групи, що не зобов'язує проводити переробку або очистку та дозволяє застосовувати ОСВ у сільському господарстві з обов'язковою регламентацією періодичності та доз внесення (табл. 2).

З 1 т сухих ОСВ з мулових майданчиків комплексу біологічної очистки «Безлюдівський» м. Харкова у ґрунт може бути внесено у середньому 746,9 г міді, 17148,7 г заліза, 1093,9 г цинку, 8,9 г кобальту, 64,5 г нікелю, 625,7 г марганцю. Під час удобрення сільськогосподарських культур ОСВ можуть розглядатися як джерело мікроелементів.

Порівняльний аналіз агрохімічних показників ОСВ, який використовували у

Таблиця 2

Відповідність вимогам нормативних документів осадів стічних вод з мулових майданчиків м. Харкова за вмістом мікроелементів та важких металів

Елемент	Вміст, мг/кг	ГДК, ЄС [20]	Допустимі величини вмісту ВМ в ОСВ, Україна [17]		
			Група 1 ¹	Група 2 ²	Група 3 ³
Cd	16,7	20-40	3-5	5-15	15-30
Co	8,9	-	5-20	20-50	50-100
Cr	63,0	-	100-400	400-600	600-750
Cu	746,9	1000-1750	100-300	300-700	700-1500
Mn	625,7	-	250-750	750-1500	1500-2000
Ni	64,5	300-400	50-75	75-150	150-200
Pb	7,0	750-1200	100-200	400-600	600-750
Zn	1101,9	250-4000	300-1000	1000-2000	2000-2500

Таблиця 3

Нормативи агрохімічних показників у складі ОСВ за використання їх як добрива

Назва показника	Норма за ДСТУ 7369	Фактичний вміст в ОСВ
Масова частка органічної речовини, % на суху речовину, не менше	40	59,1
Реакція середовища (рН)	6,5 - 7,5	6,9
Масова частка загального азоту (N), % на суху речовину, не менше	1,5	3,27
Масова частка загального фосфору (P ₂ O ₅), % на суху речовину, не менше	0,7	4,47

дослідженнях, з вимогами чинних нормативних документів України [17] та ЄС [20] у галузі використання їх як добрива довело відповідність цим вимогам, майже за всіма показниками (табл. 3). Слід відмітити, що європейською директивою ці показники не обмежуються конкретним рівнем, існують тільки рекомендації щодо контролю агрохімічних властивостей ОСВ, які використовують для удобрення сільськогосподарських культур

Вміст органічної речовини, загальних форм азоту і фосфору в досліджуваних ОСВ відповідає вимогам ДСТУ 7369 : 2013 [17].

Санітарно-гігієнічне нормування ОСВ проводиться за наявністю бактерій групи кишкової палички і патогенної мікрофлори. Заборонено внесення ОСВ, що містять патогенні мікроорганізми, зокрема сальмонели, життєздатні яйця геогельмінтів

та, якщо індекс бактерій групи кишкової палички перевищує 50000 од./дм³. Відповідні аналізи потрібно проводити для кожної партії ОСВ. Знезараження може бути досягнуто шляхом витримки ОСВ на мулових майданчиках протягом трьох років (для кліматичної зони І, до якої відноситься територія комплексу експлуатації очисних споруд каналізації лівого берега) або за допомогою цілого ряду різних методів. В дослідженнях використовували зразки ОСВ тривалого зберігання на мулових майданчиках, що згідно [21] забезпечило стабілізацію санітарно-бактеріологічних та санітарно-паразитологічних параметрів добрива.

Для оцінки рівня екологічної безпеки у сучасній концепції нормування якості об'єктів довкілля велике значення надається біотичним показникам. Отримати загальну токсикологічну оцінку компонентів приро-

дного середовища дозволяють методи біотестування [22, 23]. Серед найпоширеніших біологічних методів оцінки стану довкілля є фітоіндикація. В основі методу лежить чутливість рослин до екзогенного впливу, що виявляється в зміні морфологічних характеристик. Біотестування на рослинах тест-культури - крес-салату (*Lepidium sativum* L.) дозволяє оцінити рівень токсичності як у разі забруднення ґрунту важкими металами, вуглеводнями, радіоактивними речовинами тощо, так і в разі дії комплексного забруднення

[15], крім цього метод дозволяє оцінити дію цілого комплексу токсинів.

Відомо, що крес-салат *Lepidium sativum* L., як тест-культура, характеризується високими показниками схожості (близько 100 %), що які знижуються під впливом токсинів у процесі біотестування [15].

Результати впливу витяжок з ОСВ з комплексів біологічної очистки «Безлюдівський» м. Харкова на схожість насіння крес-салату, морфометричні параметри проростків та їх масу з обчисленням фітотоксичного ефекту наведено у таблиці 4.

Таблиця 4

Вплив осадів стічних вод з комплексу біологічної очистки «Безлюдівський» м. Харкова на схожість насіння та морфометричні параметри проростків тест-культури (крес-салат)

Варіант	Схожість, %	Довжина коріння, см	Довжина проростка, см	Маса рослини, г	ФЕ, %
	середнє з 6-ти повторень				
Контроль (дистильована вода)	99	3,1±0,5	1,1±0,3	2,4±0,2	-
Витяжка з ОСВ з комплексу біологічної очистки «Безлюдівський» м. Харкова (співвідношення речовина: вода 1 : 10)	97	2,8±0,3	1,1±0,3	2,3±0,1	9

Відомо, що ОСВ токсичну дію можуть проявляти важкі метали, які містяться в підвищених концентраціях, але на думку деяких дослідників [15], фітотоксичність ОСВ зазвичай не виявляється, тому що органічні сполуки, що містяться в ОСВ, зв'язують метали у форми із низькою біодоступністю.

Встановлено, що досліджувані зразки характеризуються слабо вираженим фітотоксичним ефектом, адже для досліджуваного варіанту досліду, пригнічення росту коренів крес-салату не перевищувало 20 % порівняно з контролем. Лабораторний метод біотестування показав, що досліджувані ОСВ не містять фітотоксичних сполук та їх застосування не завдасть шкоди рослинам.

Висновки

За отриманими аналітичними даними щодо складу осадів стічних вод (ОСВ) з мулових майданчиків комплексу біологічної очистки «Безлюдівський» м. Харкова доведено, що вони містять достатньо високий вміст органічної речовини (більше 52 %) та основних елементів живлення (загальних форм азоту, фосфору) і це обумовлює перспективи застосування досліджуваних ОСВ як добрива.

Основним фактором, який обмежує використання ОСВ в якості добрива, є вміст

в їх складі солей важких металів. Установлено, що вміст важких металів (**Pb** – 7 г/т; **Cr** – 63 г/т; **Cd** – 16,7 г/т) у досліджуваних ОСВ з комплексу біологічної очистки «Безлюдівський» м. Харкова не перевищує допустимих концентрацій згідно ДСТУ 7369:2013. Лабораторний метод біотестування показав, що досліджувані ОСВ не містять фітотоксичних сполук та їх застосування не завдасть шкоди рослинам.

Література

1. Никовская Г. Н., Калиниченко К. В. Биотехнология утилизации осадков муниципальных сточных вод. // *Biotechnologia Acta*. 2014. № 3. С. 21–32.
2. Нездойминов В. И., Чернышева А. В. Миграция ионов тяжелых металлов при использовании осадков городских сточных вод в качестве удобрения. // *Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури*. 2010. № 2. С. 150 – 157.

3. Сучкова Н. Г. Анализ состояния проблемы рекультивации иловых площадок очистных сооружений городов и перспективы для Харьковского региона. // ЭТЭВК–2007: Экология, технология, экономика водоснабжения и канализации: междунар. конгресс, 22–26 мая 2007 г.: сб. докладов – Ялта, 2007. С. 279 – 284.
4. Барановский И. Н., Гладких Д. П. Осадок сточных вод в земледелии Нечерноземной зоны. / Тверь: «АГРОСФЕРА», 2007. 98 с.
5. Дрозд Г. Я., Зотов Н. И. Осадки сточных вод как удобрение для сельского хозяйства // Водоснабжение и санитарная техника. 2001. №12. С. 33–35.
6. Иванов И. А., Иванова В. Ф., Кравчук Е. И. [и др.] О возможности использования осадка городских сточных вод в качестве органического удобрения // Агрохимия. 1996. № 3. С. 85–91.
7. Удобрения органические. Общие требования к методам анализа: ГОСТ 26712–85. – [Введ. 1987-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 3 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).
8. Удобрения органические. Метод определения влаги и сухого остатка: ГОСТ 26713-85. – [Введ. 1987-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 3 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).
9. Удобрения органические. Метод определения золы: ГОСТ 26714-85. – [Введ. 1987-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. 2 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).
10. Добрива органічні та органо-мінеральні. Метод визначення сумарної масової частки азоту та масової частки амонійного азоту: ДСТУ 7911:2015. - [Чинний від 2016–07–01]. – ДП «УкрНДНЦ», 2016. 12 с. – (Національний стандарт України).
11. Удобрения органические. Метод определения общего фосфора: ГОСТ 26717-85. – [Введ. 1987-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. 6 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).
12. Удобрения органические. Метод определения pH: ГОСТ 27979-88. – [Введ. 1990–01–01]. – М.: Изд-во стандартов, 1990. 7 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).
13. Добрива органічні. Метод визначення органічної речовини: ДСТУ 8454:2015.- [Чинний від 2017–07–01]. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 16 с. – (Національний стандарт України).
14. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів / [упорядкув. С. А. Балюк, В. О. Баракхтян, М. Є. Лазебна] Кн. 2. Харків: Друкарня № 13, 2005.– 224 с.
15. Рыбакова З. П. Методы отбора микробов – стимуляторов по их влиянию на семена: [методические рекомендации] / З. П. Рыбакова– Ленинград: РАН, 1982. С. 31–35.
16. Терехова В. А. Биотестирование в оценке безопасности искусственных почвогрунтов из органосодержащих отходов. // Экология производства. 2010. – № 2. – С. 56–59.
17. Стічні води. Вимоги до стічних вод і їхніх осадів для зрошування та удобрення: ДСТУ 7369:2013 – [Чинний від 2014–01–01]. – К. : Мінекономрозвитку України. 2014. 7 с. (Національний стандарт України).
18. Котюк Ф. А. Технология удаления тяжелых металлов из осадков городских сточных вод // Научный вестник строительства. 2005. № 32. С.104–108.
19. Tsadilas C., Matsi T., Barbayiannis N. [and other] Influence of sewage sludge application on soil properties and on the distribution and availability of heavy metal fractions // Communications in Soil Science and Plant Analysis ,1995. № 15. P. 2603–2619.
20. Council Directive of 12 June 1986 concerning the protection of the environment and in particular of the soil when sewage sludge is used in agriculture: Directive 86/278/EEC.– Official Journal. 1986. 6 с.
21. Пахненко Е. П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 311 с.
22. Бешлей С. В., Баранов В. І., Ващук С. П. Оцінка токсичності субстратів відвалів вугільних шахт методом біотестування. //Научный вестник Нац. лісотехнічного ун–ту України. 2011.– № 21. С. 98–102.
23. Крайнюкова А. М., Ульянова І. П. Біотестування в охороні довкілля від токсичного забруднення: нові розробки та перспективи розвитку. // Проблеми охорони навколишнього середовища та техногенної безпеки. Харків, 2001. С.105–139.

References

1. Nikovskaya, G. N., Kalinichenko, K. V.(2014). Biotechnologiya utilizacii osadkov municipal'nyh stochnyh vod. [Biotechnology of municipal wastewater sludge utilization]/ Biotechnologia Acta, 3, 21–32.
2. Nezdoinov V. I., Chernysheva A. V. (2010). Migraciya ionov tyazhelyh metallov pri ispol'zovanii osadkov gorodskih stochnyh vod v kachestve udobreniya. [Migration of heavy metal ions from municipal sewage sludge in case its using as a fertilizer]. Visnik Donbas'koї nac. akademii budivnictva i arhitekturi, 2, 150 – 157.
3. Suchkova, N. G. (2007). Analiz sostoyaniya problemy rekul'tivacii ilovyh ploschadok ochistnyh sooruzhenij gorodov i perspektivy dlya Har'kovskogo regiona [Analysis of the state of the problem of re-cultivation of sludge treatment facilities and prospects for the Kharkiv region]. ЕНТЕНВК-2007-Еhkologiya, tekhnologi-

- ya, ehkonomika, vodosnabzheniya i kanalizacii- International Congress-22-26 March 2007- Yalta, 279 – 284.
4. Baranovskij, I. N., Gladkih, D. P. (2007). Osadok stochnyh vod v zemledelii Nechernozemnoj zony. [Sewage sludge in agriculture of non-Chernozem zone]. Tver. AGROSFERA. 98.
 5. Drozd, G. YA., Zotov, N. I. (2001). Osadki stochnyh vod kak udobrenie dlya sel'skogo hozyajstva. [Sewage sludge as fertilizer for agriculture]. Vodospabzhenie i sanitarnaya tekhnika. 12, 33–35.
 6. Ivanov, I. A., Ivanova, V. F., Kravchuk, E. I.(1996). O vozmozhnosti ispol'zovaniya osadka gorodskih stochnyh vod v kachestve organicheskogo udobreniya [About possibility of use of municipal sewage sludge as organic fertilizer]. Agrohimiya, 3, 85–91.
 7. Udobreniya organicheskie. Obshchie trebovaniya k metodam analiza: GOST 26712–85. (1986). [Organic fertilizers. General requirements for analysis methods: GOST 26712-85]. [intr. with 1987–01–01]. – M.: Publishing Standards, 3.
 8. Udobreniya organicheskie. Metod opredeleniya vlagi i suhogo ostatka: GOST 26713-85. (1986). [Organic fertilizers. Method for determination of moisture and dry residue: GOST 26713-85]. [intr. with 1987–01–01]. – M.: Publishing Standards, 3.
 9. Udobreniya organicheskie. Metod opredeleniya zoly: GOST 26714-85. (1986). [Organic fertilizers. Method for ash determination: GOST 26714-85]. [intr. with 1987–01–01]. – M.: Publishing Standards, 2.
 10. Dobryva orhanichni ta orhano-mineralni. Metod vyznachennia sumarnoi masovoi chastky azotu ta masovoi chastky amoniinoho azotu. DSTU 7911:2015.. (01.06.2016) [Organic and organo-mineral fertilizers. Method of total mass part and mass part ammonium nitrogen determination: DSTU 7911:2015], Kyiv: DP «UkrNDNTs»..
 11. Udobreniya organicheskie. Metod opredeleniya obshchego fosfora: GOST 26717-85. (1986). [Organic fertilizers. Method for determination of total phosphorous: GOST 26717-85]. [intr. with 1987–01–01]. – M.: Publishing Standards, 6. .
 12. Udobreniya organicheskie. Metod opredeleniya rN: GOST 27979-88.(1990). [Organic fertilizers. pH determination method: GOST 27979-88.] [intr. with 1990–01–01]. – M.: Publishing Standards, 7.
 13. Dobryva orhanichni. Metod vyznachennia orhanichnoi rechovyny. DSTU 8454:2015. (01.01.2015) [Organic fertilizers. Method for determination of organic matter: DSTU 8454:2015. [intr. with 2017–07–01]. Kyiv: DP «UkrNDNTs»..
 14. Baliuk , S.A., Barakhtian , V.O., Lazebna, M.Y. (2005). *Metodyky vyznachennia skladu ta vlastyivostei gruntiv Kn. 2. Methods for determining the composition and properties of soils*] book 2, Harkiv – Drukarnya 13, 224.
 15. Rybakova, Z. P. (1982). Metody otbora mikrobov – stimulyatorov po ih vliyaniiu na semena: [metodicheskie rekomendacii]. [Methods for the selection of microbial stimulants on their impact on seed: [metodicheskie rekomendacii]. – Leningrad, RAS, 31–35.
 16. Terekhova V. A. The bioassay as safety assessment of artificial soils from organic waste / V. A. Terekhova // *Ekologiya proizvodstva*. – 2010. – № 2. – С. 56–59.
 17. Stichni vody. Vymohy do stichnykh vod i yikhnikh osadiv dlia zroshuvannia ta udobriuvanniany . DSTU 7369:2013 . (01.01.2014) [Waste water. Requirements for waste water and its sediments for irrigation and fertilization DSTU 8454:2015].Kyiv: Minekonomrozvytku Ukrainy.
 18. Terekhova, V. A. (2005). Biotestirovanie v ocenke bezopasnosti iskusstvennyh pochvogruntov iz organosoderzhashchih othodov. [Technology for removal of heavy metals from municipal sewage sludge]. *Naukovij vysnik budivnictva*, 32,104–108.
 19. Tsadilas, C., Matsi, T., Barbayiannis, N. (1995). Influence of sewage sludge application on soil properties and on the distribution and availability of heavy metal fractions . *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15, 2603–2619.
 20. Council Directive of 12 June 1986 concerning the protection of the environment and in particular of the soil when sewage sludge is used in agriculture: Directive 86/278/EEC. (1986). *Official Journal*, 6.
 21. Pahlenko, E. P. (2007). Osadki stochnyh vod i drugie netradicionnye organicheskie udobreniya. [Sewage sludge and other non-traditional organic fertilizers]. M. BINOM Laboratoriya znaniy, 311.
 22. Beshlei, S.V., Baranov, V.I., & Vashchuk , S.P. (2011). Otsinka toksychnosti substrativ vidvaliv vuhil-nykh shakht metodom biotestuvannia. [Evaluation of the toxicity of substrates of coal mine waste dumps method of biotesting]. *Scientific Bulletin of National University of forestry of Ukraine*, 21, 98–102.
 23. Krainiukova, A.M., Ulianova, I.P. (2001). Biotestuvannia v okhoroni dovkillia vid toksychnoho zabrudnennia: novi rozrobky ta perspektyvy rozvytku [Biotesting in environmental protection from toxic contamination: new developments and prospects].. *Problemy okhorony navkolyshnoho seredovyscha ta tekhnolohnoi bezpeky.*, Kharkiv, 105-139.

Надійшла до редколегії 02.04.2018