

УДК 628.4.043

© Коцюба І.Г.<sup>1</sup>, Лико С.М.<sup>2</sup>, Лефтер Ю.О.<sup>3</sup>**ДОСЛІДЖЕННЯ ОБСЯГУ НАКОПИЧЕННЯ ТА МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ТВЕРДИХ КОМУНАЛЬНИХ ВІДХОДІВ МІСЬКОГО ЗВАЛИЩА**

*В статті подано аналіз системи екологічної логістики твердих комунальних відходів (ТКВ), шляхи дослідження системи обсягу накопичення, поводження ТКВ, характеристики міського звалища відходів. Досліджено річну динаміку морфологічного складу ТКВ м. Житомира. Вивчений вплив різноманітних чинників на морфологічні властивості відходів міста. Проаналізовано сезону динаміку морфологічного складу відходів звалища ТКВ міста. Визначено заходи зменшення впливу на довкілля в зоні звалища ТКВ м. Житомира.*

**Ключові слова:** полігон, тверді комунальні відходи, звалище, накопичення, морфологічний склад.

*Коцюба И.Г., Лико С.М., Лефтер Ю.А. Исследование объемы накопления и морфологический состав твердых коммунальных отходов городской свалки. В статье представлен анализ системы экологической логистики твердых коммунальных отходов (ТКВ), пути исследования системы объема накопления, обращения ТКВ, характеристики городской свалки отходов. Исследовано годовую динамику морфологического состава ТКВ г. Житомира. Изучено влияние различных факторов на морфологические свойства отходов города. Проанализирована сезонная динамика морфологического состава отходов свалки ТКВ города. Определены мероприятия для уменьшения влияния на окружающую среду в зоне свалки ТКВ г. Житомира.*

**Ключевые слова:** полигон, твердые коммунальные отходы, свалка, накопления, морфологический состав

*I.G. Kotsiuba, S.M. Luko, Y.O. Lefter. Study of accumulation and morphological composition of solid municipal waste municipal landfills. The paper presents an analysis of environmental logistics of solid municipal waste (SMW), the way research system volume accumulation, SMW handling characteristics municipal landfill waste. Studied the annual dynamics of morphological SMW Zhytomyr. The influence of various factors on the morphological properties of the waste of the city. Season analyzed morphological dynamics of landfill waste SMW city. The measures reduce the environmental impact in the area of the landfill SMW Zhytomyr. The aim of this work is a system of solid waste management system by analyzing the primary accumulation of solid waste in the city dump, and reduce the burden on the environment. To achieve this goal the following objectives are formulated article: to analyze the main problems of the system to provide services of solid waste (waste collection), characterized dump solid waste city; explore the accumulation of solid waste (quantity, structure, etc.), taking into account environmental factors; assess and identify morphological composition of solid waste and their options in the city dump. Object is a process management system of municipal solid waste at all stages of their existence is to improve the environmental, economic and social benefits. This article is the subject of research life cycle and solid waste handling system.*

**Keywords:** landfill, municipal solid waste, landfill, storage, morphological structure.

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі в усьому світі сфера поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) знаходиться в певному кризовому становищі. Ця криза має кілька аспектів, головними з яких є накопичення ТПВ, які безупинно зростають як в абсолютних ве-

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доцент, Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир, [chaszmin30@gmail.com](mailto:chaszmin30@gmail.com)

<sup>2</sup> канд. с.-г. наук, доцент, Рівненський державний гуманітарний університету, м. Рівне

<sup>3</sup> аспірант, Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир

личинах, так і на душу населення; склад ТПВ змінюється, поповнюючись усе більшою кількістю екологічно небезпечних компонентів; населення до традиційних методів розміщення сміття на смітниках ставиться негативно; економіка поводження з відходами ускладнюється, вартість переробки і розміщення відходів стрімко зростає, сучасне поводження з відходами із суто економічних причин потребує великих інвестицій приватних підприємств [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Практичний досвід П.Ю. Куркіна, Т.Б. Годовської, В.Г. Ларіонова, М.Н. Скрипнікова, Е.С. Шершнева засвідчив: якщо під час складування на полігонах та звалищах морфологічний склад ТПВ суттєво не впливає (або майже не впливає) на технологію робіт і технічні показники, то в процесі промислової переробки він набуває важливого значення [2-6]. Основними показниками стають морфологічний склад, вологість ТПВ та співвідношення органічних і неорганічних речовин. Зрозуміло, що з кожним роком змінюється морфологічний склад ТПВ. У сучасний період збільшується кількість полімерів, зокрема ПЕТФ, картону, і значно поменшало харчових відходів.

Нинішня система поводження з ТПВ в Україні не відповідає сучасним вимогам і потребує вдосконалення. Аналіз використання вторинних ресурсів в Україні, здійснений за допомогою системи показників, свідчить про наявність тенденції до зростання рівня використання макулатури, пластмаси, склобою та брухту, а також можливостей підвищення показників використання вторинних ресурсів через залучення до утилізації значних обсягів ТПВ.

**Метою даної роботи** є система поводження з ТПВ, першочерговим шляхом, аналіз системи накопичення, поводження з твердими побутовими відходами на міському звалищі, а також зменшення навантаження на навколишнє природне середовище.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі завдання статті:

1. Провести аналіз основних проблем надання послуг функціонування системи поводження з ТПВ (збирання відходів), охарактеризувати звалище ТПВ міста.

2. Дослідити процес накопичення твердих побутових відходів (кількість, структура тощо) з врахуванням екологічних чинників.

3. Оцінити та визначити морфологічний склад твердих побутових відходів та їх параметрів на міському звалищі.

**Виклад основного матеріалу.** *Матеріали та методи дослідження.* З традиційних загальнонаукових методів застосовувалися: аналіз і синтез (дослідження властивостей і факторів впливу обсяг накопичення ТПВ); порівняння та аналогія; узагальнення та абстрагування; математичне програмування, теорія графів і теорія множин (розробка системи збирання та транспортування ТПВ); управління проектами (планування і здійснення проекту транспортування ТПВ); моделювання і прогнозування (перевірка розроблених концепцій і верифікація запропонованих моделей). Також для вирішення поставлених завдань у дослідженні використовувалися методи математичного моделювання (математична статистика). Формування баз даних накопичення та транспортування ТПВ здійснювалося у середовищах Mathcad 7.0, Microsoft Excel, Borland C++, а при прогнозі і моделюванні системи транспортування ТПВ використовувалися географічні інформаційні системи у середовищі MapInfo.

*Результати роботи.* Однією з основних екологічних проблем в м. Житомира є проблема зберігання, утилізації та знешкодження відходів, які негативно впливають на навколишнє природне середовище. Розрахункові обсяги щорічного утворення ТПВ, проведені відповідно до затверджених Міністерством будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства норм утворення твердих побутових відходів (ТПВ) для населених пунктів України, для м. Житомира становлять приблизно 20 тис. тонн у рік [1, 7, 8]. Дослідження проводились у відповідності з Методичними рекомендаціями з визначення морфологічного складу твердих побутових відходів [7].

На промислових підприємствах, в установах, організаціях, комерційних структурах, у житловому фонду міста щорічно утворюється понад 1,4 тис. м<sup>3</sup> твердих побутових відходів. Лише частина зазначених відходів обсягом, який не перевищує 10-12% їх утворення, застосовується як вторинні ресурси, решта складається на полігоні.

На сьогодні в Житомирі в сфері управління та поводження з твердими побутовими відходами постали ряд проблем, а саме: збільшилась кількість стихійних сміттєзвалищ (які з кожним роком зростає, хоч комунальні служби і прибирають); недостатня кількість сучасних контейнерів для збору побутових відходів та відсутність контейнерів для роздільного збирання відходів;

неналежна якість надання послуг з вивезення твердих побутових відходів; відсутність сміттєпереробного заводу; велика кількість побутових відходів на території міського звалища та не проведення моніторингу його впливу на довкілля. З цього постає проблема впровадження екологічної логістики ТПВ як комплексної системи управління та поводження з відходами на прикладі середнього міста України – Житомир.

Всі відходи міста без попереднього сортування завозяться на міське звалище, яке було засновано стихійно в 1957 р. без будь-якого проекту спеціальних заходів і рішень щодо запобігання негативного впливу на навколишнє середовище. Площа звалища складає 21,56 га, висота накопичення відходів – 30 м, з трьох боків (а саме з півночі, півдня і сходу) навколо звалища створений земляний вал заввишки 0,4 м. У кінці 1998 році вилучено 10 га земель ПАТ «Крошенського цегельного заводу» й надано управлінню житлово-комунального господарства під розширення міського звалища. Зараз тіло полігона – це кар'єр зі сміттям глибиною від 15 до 18 м, дно якого має природну гідроізоляцію – шар глини глибиною 10 м. Звалище розділено на 6 карт, по периметру яких знаходяться дренажні канали для збору фільтрату до відстійників (2 шт.), які розміщені в південній частині звалища. Окремих майданчиків для розміщення різних видів відходів не зроблено. Пошарове складування відходів здійснюється частково за наявності будівельних відходів і дорожнього змету. Дезбар'єри для запобігання виносу забруднювачів транспортними засобами за територію звалища відсутні [9-12].

Полігон перевантажений, відсутнє огороження по периметру, немає санітарно-технічного паспорта, не знешкоджується фільтрат. Полігон потребує невідкладної санації та рекультиватії. Через фінансові причини не розв'язано проблему розширення існуючого та будівництва нового полігона.

До полігона прокладено під'їзну дорогу з твердим покриттям, організовано пропускну систему. Він розміщений у північній частині міста по вулиці Андріївській. Відстань від території полігона до житлових одноповерхових індивідуальних будинків – 500 м. Щовесни полігон різко збільшує об'єм рідкого фільтрату, який стікає до накопичувачів, які розташовані в найнижчій точці звалища, й загрожує, прорвавши штучно створену дамбу, витекти до р. Крошенки. Для обмеження шкідливого впливу полігона на навколишнє природне середовище й здоров'я людей, а також для забезпечення контролю за полігоном щодо захоронення відходів передбачається зменшити обсяги захоронення побутових відходів шляхом упровадження сміттєсортувальної лінії.

Накопичення побутових відходів значною мірою залежить від погодних умов, сезону року, ступеня благоустрою жилих будинків, рівня життя населення тощо. У м. Житомирі щороку накопичується близько 90 тис. тон твердих побутових відходів. На звалищі захоронено близько 44 млн. т відходів. Густина ТПВ складає 190-230 кг/м<sup>3</sup>. Звалище експлуатується без дотримання необхідної технології, відсутня пошарова ізоляція заповнених карт, не пробурені спостережні свердловини та свердловини виведення звалищного газу, звалище не має водонепроникної основи. Таким чином, застосування екологічної логістики в системі звалищ твердих побутових відходів має об'єднати в собі відомості про місце складування, транспортування та переробки відходів, моніторингу впливу звалища на довкілля та рекомендації щодо шляхів його зменшення.

Накопичення ТПВ у Житомирській області і в усій Україні загалом характеризується тим, що в найбільш густо населених і промислово розвинутих регіонах з високим відсотком міського населення обсяги відходів, що накопичуються, значно вищі, ніж у сільськогосподарських. Тому переважна більшість зазначених відходів припадає на великі міста. Відповідно до норм утворення твердих побутових відходів, від кожного мешканця міста Житомира в середньому накопичується в рік 1,8 м<sup>3</sup> твердих побутових відходів (рис. 1) [1, 8].

Аналіз процесу накопичення ТПВ у місті Житомирі дозволив виявити залежність їхньої структури і об'ємів від основних чинників. Під контроль узято ті чинники, які істотно впливали на вихід досліджуваного об'єкта, якщо кількість була великою, вдавалися до відсіювання менш істотних чинників. При дослідженні врахували, якщо виключити з обліку хоча б один чинник, то це негативно позначиться на результатах дослідження. Отже, на об'єм утворення ТПВ у місті впливають такі фактори, як кліматичні умови, рівень життя населення тощо, кількість яких обмежимо найбільш вагомими.

Відходи є важливим місцевим фактором забруднення та основним джерелом довготрива-

лої негативної дії на довкілля. Низький рівень використання відходів для переробки призводить до накопичення їх у навколишньому природному середовищі і спричиняє його забруднення.

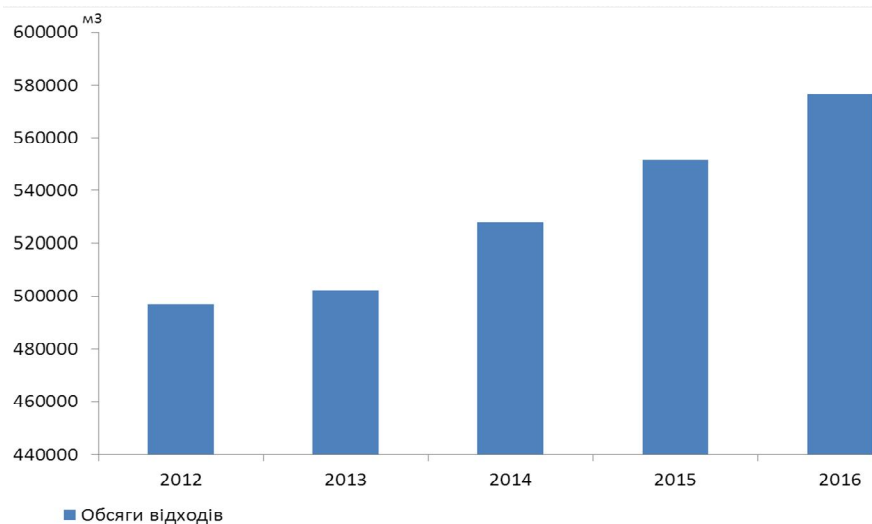


Рис. 1. – Обсяги накопичення твердих комунальних відходів міста Житомир

Річні зміни складу ТПВ звалища міста характеризуються збільшенням вмісту харчових відходів протягом років на 29-35%, що пов'язане зі збільшенням споживання овочів і фруктів у раціоні населення. З рис. 2 видно, що на дослідних ділянках в різні роки основну частину ТПВ за масою становлять макулатура – 16-20%; пластмаса – 21-23%.

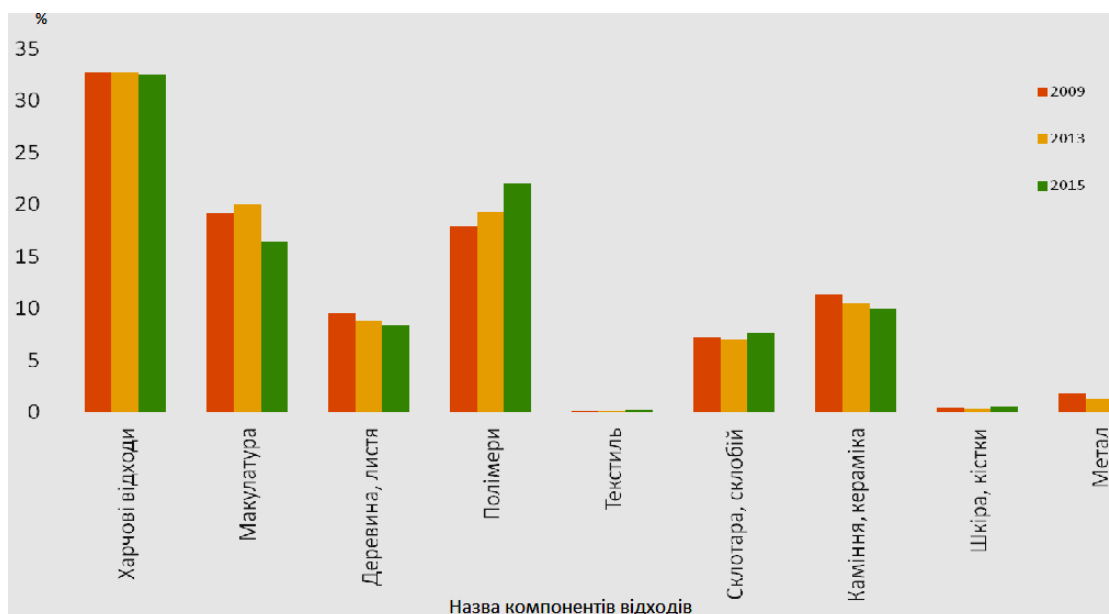


Рис. 2 – Зміни морфологічних властивостей твердих комунальних відходів міста, %

Якщо розглядати еколого-геологічний вплив сміттєзвалища ТПВ [9-12], його подальшу реконструкцію, рекультивацию, будівництво, необхідно враховувати техногенні зміни річкових басейнів та басейнів підземних вод, склад ґрунтів. В цілому проведений аналіз стану екологічної логістики та безпеки міського сміттєзвалища дозволяє сформулювати наступні рекомендації щодо природоохоронних заходів:

- 1) обґрунтування системи моніторингу, логістики зони впливу сміттєзвалища ТКВ з використанням ГІС технологій;

2) дослідження обліку обсягів та морфологічного складу ТКВ звалища, впровадження їх первинного сортування та утилізації на підприємствах міста з метою використання як вторинних сировинних ресурсів;

3) еколого-технологічна реконструкція міського сміттєзвалища ТКВ (обладнання системами водоперехватними канавами, фільтраційними екранами та завісами);

4) на основі розроблених технічних рішень треба сприяти підвищенню рівня екологічної культури населення міст.

### Висновки

Сучасна технологія формування твердих комунальних відходів у процесі функціонування міст має тенденцію до збільшення негативного впливу на екологічну безпеку в цілому. Запровадження розроблених природоохоронних заходів дасть можливість скоротити кількість твердих комунальних відходів шляхом їх переробки, вести контроль за станом полігонів, зменшити вплив на навколишнє середовище та збільшити площі природоохоронних та рекреаційних територій.

### Перелік використаних джерел:

1. Лотоцький О.Б. Національна стратегія поводження з твердими побутовими відходами в Україні – шляхи до стабільного майбутнього / О.Б. Лотоцький, Й. Бістром // ЭТЕВК-2005: сборник докладов международного конгресса (Ялта, 24-27 мая 2005 г.) / Держ. ком. України з питань житлово-комунального госп-ва, НАНУ. – К. : ВПЦ «Три крапки», 2005. – С. 47-51.
2. Impact of the Municipal Solid Waste Lubna Landfill on Environmental Pollution by Heavy Metals [Електронний ресурс] / В. Gworek [et al.]. // Water. – 2016. – Vol. 8. – Pp. 1-16. – Mode of access : DOI: 10.3390/w8100470.
3. Sharmaa D. Parametric Analysis of Leachate and Water Resources around Municipal Solid Waste Landfill area in Solan [Electronic resource] / D. Sharmaa, R. Ganguly // MATEC Web of Conferences (4th International Conference on Advancements in Engineering & Technology (ICAET-2016)). – 2016. – Vol. 57. – Pp. 1-4. – Mode of access : DOI: 10.1051/mateconf/20165703011.
4. Nigro A. Hydrogeochemical characterization of Municipal Solid Waste landfill [Electronic resource] / A. Nigro, M. Barbieri, G. Sappa // Rendiconti online della societa geologica italiana. – 2015. – Vol. 35. – Pp. 304-306. – Mode of access : DOI: 10.3301/rol.2015.126.
5. Кульчицька-Жигайло Л. Стандарти ЄС та чинні в Україні норми і правила проектування та експлуатації полігонів твердих побутових відходів / Л. Кульчицька-Жигайло // Полігони твердих побутових відходів: проектування та експлуатація, вимоги Європейського Союзу, Кіотський протокол : матеріали міжн. наук.-техн. конф. (Славсько Львівської обл., 16-18 квітня 2008р.) / Ін-т геології і геохімії горючих копалин НАН України, Ін-т нафти і газу. – Л. : Тріада плюс, 2008. – С. 145-155.
6. Проектування. Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування : ДБН В.2.4-2-2005. – Затв. і введ. 2005-17-06, №101. – Київ : Держбуд України, 2005. – 40 с. – (Державні будівельні норми України). – Режим доступу : <http://www.stroynote.com.ua/construction-regulations/document-395.html>.
7. Про затвердження Методики розроблення оцінки впливу на навколишнє природне середовище для об'єктів поводження з твердими побутовими відходами : Наказ Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 10 січня 2006 року № 8. – Київ : Держбуд України, 2006. – 21 с. – Режим доступу : <http://ua-info.biz/legal/basert/ua-dmpwje.htm>.
8. Коцюба І.Г. Використання програмного забезпечення з метою оптимізації системи поводження з твердими побутовими відходами міста Житомира / І.Г. Коцюба, А.В. Єльченко // Екологічна безпека : наук. журн. – Кременчук, 2011. – Вип. № 1/2011 (11). – С. 13-16.
9. Коцюба І.Г. Прогнозування обсягів утворення твердих побутових відходів в місті Житомирі / І.Г. Коцюба, А.Ф. Щербатюк, Т.Б. Годовська // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» : зб. наук. пр. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 7 (1179). – С. 95-100. – (Серія : Механіко-технологічні системи та комплекси).
10. Ільченко А.В. Математичне прогнозування об'ємів утворення твердих побутових відходів в місті Житомирі / А.В. Ільченко, І.Г. Коцюба, І.В. Давидова // Збірник наукових

праць Уманського національного університету садівництва. – Умань, 2011. – Вип. 76. – Ч. 2. – С. 118-125.

11. Коцюба І.Г. Математичне прогнозування обсягів утворення твердих побутових відходів у місті Житомирі / І.Г. Коцюба // Вісник Полтавської державної аграрної академії: науково-виробничий фаховий журнал. – Полтава, 2014. – Вип. № 1 (72). – С. 102-106.
12. Годовська Т.Б. Еколого-гігієнічний аналіз впливу полігону твердих побутових відходів на підземну гідросферу / Т.Б. Годовська, В.П. Фещенко // Меліорація і водне господарство. – 2010. – Вип. 98. – С. 198-208.

#### References:

1. Lototsky O.B., Bistrom J. Natsional'na strategiia povodzhennia z tverdimi pobutovimi vidkhodami v Ukraїni – shliakhi do stabil'nogo maibutn'ogo. *Sbornik dokladov mezhd. kongressa «ETE VK-2005»* [The National Solid Waste Management Strategy in Ukraine is the way to a stable future. Collection of reports of the Int. Congress «ETE VK-2005»]. Yalta, 2005, pp 47-51. (Ukr.)
2. Gworek B., Dmuchowski W., Koda E., Osinski P. Impact of the Municipal Solid Waste Łubna Landfill is Environmental Pollution by Heavy Metals. *Water*, vol.8, pp. 1-16. **doi: 10.3390/w8100470**.
3. Sharmaa D., Ganguly R. Parametric Analysis of Leachate and Water Resources in the Municipal Solid Waste Landfill area in Solan. *MATEC Web of Conferences (4th International Conference on Advancements in Engineering & Technology (ICAET-2016))*. Vol. 57, pp. 1-4. **doi: 10.1051/mateconf/20165703011**.
4. Nigro A., Barbieri M., Sappa G. Hydrogeochemical characterization of Municipal Solid Waste Landfill. *Rendiconti online della societa geologica italiana*, vol.35, pp. 304-306. **doi: 10.3301/rol.2015.126**.
5. Kulchytska-Zhigailo L. Standarti ES ta chinni v Ukraїni normi i pravila proektuvannia ta ekspluatatsii poligoniv tverdikh pobutovikh vidkhodiv. *Materialy Mizhn. nauk.-prakt. konf. «Poligoni tverdikh pobutovikh vidkhodiv: proektuvannia ta ekspluatatsiia, vimogi Єvropeis'kogo Soiuzu, Kiots'kii protokol»* [Standards of the EU and the rules and rules in place for the design and operation of solid household waste landfills in Ukraine. Materials of the Int. sci-techn. conf. «Polygons of solid domestic wastes: design and operation, requirements European Union, Kyoto Protocol]. Slavsko, 2008, pp. 145-155. (Ukr.)
6. *DBN V.2.4-2-2005. Proektuvannia. Poligoni tverdikh pobutovikh vidkhodiv. Osnovni polozhennia proektuvannia* [DBN B.2.4-2-2005. Designing. Polygons of solid household waste. Main design provisions]. Kiev, 2005. 40 p. (Ukr.)
7. *Nakaz Ministerstva budivnitstva, arkhitekturi ta zhitlovo-komunal'nogo gospodarstva Ukraїni. Pro zatverdzhennia Metodiki rozroblennia otsinki vplivu na navkolishne prirodne seredovishche dlia ob'ektiv povodzhennia z tverdimi pobutovimi vidkhodami* [Order of the Ministry of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of Ukraine. Methodology for developing an environmental impact assessment for solid waste management facilities]. Kiev, 2006. 21 p. (Ukr.)
8. Kotsyuba I.G., Ilchenko A.V. Viktoristannia programnogo zabezpechennia z metoiu optimizatsii sistemi povodzhennia z tverdimi pobutovimi vidkhodami mista Zhitomira [Use of software to optimize the management of solid household waste in the city of Zhytomyr]. *Ekologichna bezpeka – Environmental Safety*, 2011, no.1/2011(11), pp. 13-16. (Ukr.)
9. Kotsyuba I.G., Shcherbatyuk A.F., Godovskaya T.B. Prognozuvannia obsiagiv utvorennia tverdikh pobutovikh vidkhodiv v misti Zhitomiri [Forecasting of solid waste generation in the city of Zhytomyr]. *Visnik Natsional'nogo tekhnichnogo universitetu «KhPI». Serii: Mekhaniko-tekhnologichni sistemi ta kompleksi – Bulletin of the National Technical University «KhPI». Series: Mechanic-technological systems and complexes*, 2016, no.7(1179), pp. 95-100. (Ukr.)
10. Ilchenko A.V., Kotsyuba I.G., Davidova I.V. Matematichne prognozuvannia ob'emiv utvorennia tverdikh pobutovikh vidkhodiv v misti Zhitomiri [Mathematical forecasting of volumes of solid waste generation in Zhytomyr city]. *Zbirnik naukovikh prats' Umans'kogo natsional'nogo universitetu sadivnitstva – Collected Works of Uman National University of Horticulture*, 2011, no.76, vol.2, pp. 118-125. (Ukr.)
11. Kotsyuba I.G. Matematichne prognozuvannia obsiagiv utvorennia tverdikh pobutovikh vidkhodiv u misti Zhitomiri [Mathematical forecasting of solid waste generation in the city of Zhytomyr].

*Visnik Poltavs'koï derzhavnoï agrarnoi akademii – Bulletin of Poltava state agrarian academy, no.1(72), pp. 102-106. (Ukr.)*

12. Godovska T.B., Feshchenko V.P. Ekologo-gigienichni analiz vplivu poligonu tverdikh pobutovikh vidkhodiv na pidzemnu gidrosferu [Ecological-hygienic analysis of the impact of solid waste landfill on the underground hydrosphere]. *Melioratsiia i vodne gospodarstvo – Reclamation and water management*, 2010, no.98, pp. 198-208. (Ukr.)

Рецензент: Ю.О. Подчашинський  
д-р техн. наук, проф., ЖДТУ

Стаття надійшла 04.09.2017