УДК 624:528:004 **DOI 10.33042/2522-1809-2021-1-161-134-140**

О.Є. Поморцева

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ПРОЕКТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАСОБАМИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

У статті досліджується актуальна на сьогоднішній день проблема утилізації твердих побутових відходів та використання геоінформаційних технологій при проектуванні подібних екологічно небезпечних об'єктів. Детально описано послідовність дій у разі реконструкції земельної ділянки для побудови полігону твердих побутових відходів та наведено яким чином можна використовувати геоінформаційні системи для прискорення та найкращого виконання цього завдання.

Ключові слова: *техногенний об'єкт, геоінформаційна система, геопросторові дані, база геоданих, санітарно-захисна зона, тривимірна модель.*

Постановка проблеми

Зростання кількості твердих промислових та побутових відходів, які щодня накопичуються у результаті життєдіяльності є невід'ємною частиною економічного розвитку суспільства. Протягом багатьох століть людство знищувало відходи досить простими і невибагливими способами, ефективність яких підтверджувалася екологічною чистотою довкілля. З появою автомобілів, поїздів, промислових підприємств і багатьох інших досягнень науково-технічного прогресу людство зіткнулося з новими викликами. Тверді промислові і побутові відходи (ТП і ПВ) засмічують і захаращують навколишній нас природний ландшафт, а також є джерелом надходження шкідливих хімічних, біологічних і біохімічних сполук у навколишнє природне середовище. Це створює певну загрозу здоров'ю і життю населення а також майбутнім поколінням. Тобто ці ТПВ порушують екологічну рівновагу. Вельми важливо, щоб процеси утилізації побутових відходів не порушували екологічну безпеку міста, нормальне функціонування міського господарства з точки зору гігієни, а також умови життя населення в цілому.

Одна з сучасних проблем будь-якого міста світу полягає в утилізації твердих побутових відходів (відходи господарської діяльності населення – прибирання, приготування їжі, великогабаритні предмети домашнього вжитку, відходи поточного ремонту квартир, упаковка, сміття з дворових територій, площ, вулиць, відходи догляду за зеленими насадженнями). Зі збільшенням чисельності населення, розвитком економіки і підвищенням життєвого рівня збільшується обсяг утворення відходів виробництва та споживання. Видалення твердих побутових відходів забезпечує санітарне очищення міст і створює необхідні санітарно-екологічні умови існування населеного пункту. Полігони ТПВ (твердих побутових відходів) представляють собою спеціалізовані підприємства, призначені для знешкодження та захоронення відходів. ТПВ забезпечують захист від забруднення ґрунту, атмосфери, перешкоджають поширенню комах, хвороботворних мікроорганізмів і гризунів. Полігони ТПВ широко використовуються у всьому світі. Одні з головних переваг технології поховання полягають в простоті, малих капітальних і експлуатаційних витратах, а також відносній екологічній безпеці для навколишнього середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

За даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства у 2017 році близько 75% населення країни було охоплено послугами з вивезення твердих побутових відходів, що на 1% більше, ніж у 2016 році [1].

У 185 населених пунктах країни впроваджено роздільне збирання побутових відходів (на 40% більше, ніж у 2016 році та у 3,5 рази більше, ніж у 2015 році), внаслідок чого заготівельними пунктами вторинної сировини зібрано макулатури 58 тис. т, полімерів – 6 тис. т, скла – 4 тис. т, металу – 3 тис. т. У 8 населених пунктах країни у 2016 році працювало 12 сміттєсортувальних ліній, зокрема: у Запоріжжі, Чернівцях, Білгород-Дністровському (Одеська область), м. Буча та у с. Погреби (Київська область); у м. Києві працювало п'ять таких ліній [2].

На чотирьох сміттєспалювальних заводах (м. Київ, Дніпропетровськ, Харків та Люботин (Харківська область) перероблено та утилізовано 4,2% обсягу твердих побутових відходів, які утворилися в 2016 році, а 3,8% направлено на

 © Поморцева О.Є.

заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні заводи. Для вирішення проблем розміщення твердих побутових відходів в країні необхідно побудувати не менше, ніж 650 полігонів ТПВ. Екологічний податок за розміщення відходів у спеціально відведених місцях та об’єктах, пред’явлений підприємствам, організаціям, установам у 2017 році, становив 491,6 млн. грн. (24,7% від усіх податків за забруднення довкілля), з нього 80% припало на регіони: Дніпропетровську область (94,7 млн. грн.), Запорізьку (39,5 млн. грн.), Львівську (18,0 млн. грн.), Полтавську (69,3 млн. грн.) області [3].

Згідно з офіційною статистикою, обсяги утворення побутових відходів в Україні у 2015 р склали 48 млн. м^3 або близько 11,8 млн. т. Але оскільки тільки 78% населення в країні користується послугами зі збору побутових відходів, то загальні обсяги утворення відходів насправді набагато більше [4] (рис. 1).

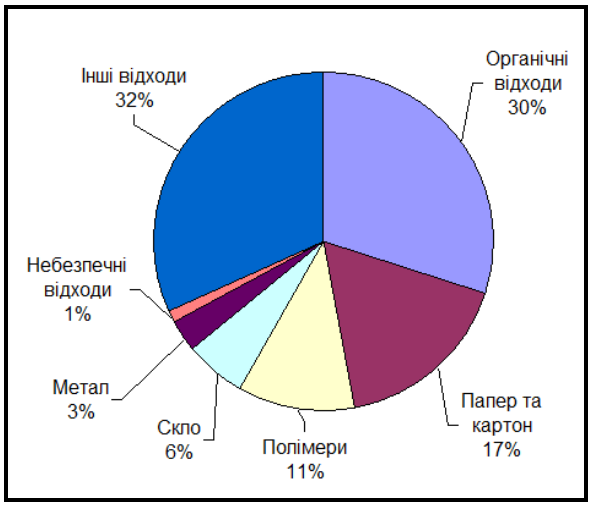

Рис. 1. Орієнтовна структура побутових відходів в Україні

У 2015 р. тільки 5,93% наявних побутових відходів було утилізовано, в тому числі 2,73% (1,3 млн. м^3) – спалені, 3,2% (1,55 млн. м^3) – спрямовані на сміттєпереробні заводи і близько 17 тис. м^3 (0,003%) компостовані. Решта (близько 94%) спрямовані на звалища і полігони.

Постановка завдання

Важливою складовою частиною оцінки впливу будь-якого будівельного об'єкта на навколишнє середовище, не кажучи про екологічно небезпечні об’єкти (саме яким і є полігон ТПВ), є визначення екологічного навантаження, яке буде ним спричинено. Оцінка екологічного навантаження повинна провадитися для кожної стадії життєвого циклу об'єкта, в тому числі проектно-вишукувальних робіт, земляних робіт, будівництва і монтажу обладнання, експлуатація. Також відомо, що для таких виробів як будівельний об'єкт, обсяги розробляється документації виключно великі. Відповідно, традиційне паперове документування у вигляді сотень томів вимагає величезних витрат на підтримку архівів, коригування документації, а також знижує експлуатаційну привабливість і екологічну безпеку будівельного об'єкта. Рішення цих проблем можливо тільки за допомогою ефективної інформаційної підтримки, тобто застосуванням геоінформаційних систем (ГІС). Геоінформаційна система (ГІС, також географічна інформаційна система) – інформаційна система, призначена для збору, зберігання, аналізу та графічної візуалізації просторових даних і пов'язаної з ними інформації. ГІС включають в себе можливості систем керування базами даних (СКБД), редакторів растрової та векторної графіки і аналітичних засобів і застосовуються в картографії, геології, метеорологія, землеустрій, екології, муніципальному управлінні, транспорті, економіці, обороні і багатьох інших областях. ГІС мають такі характеристики, які з повним правом дозволяють вважати цю технологію прийнятною для вирішення поставленого завдання з проектування полігону ТПВ. Засоби ГІС набагато перевершують можливості звичайних картографічний систем, хоча, природно, включають і всі основні функції отримання високоякісних карт і планів. У самій концепції ГІС закладені всебічні можливості збору, интеграції та аналізу будь-яких розподілених в просторі або прив'язаних до конкретного місця даних. При необхідності візуалізувати наявну інформацію у вигляді карти з графіками або діаграм, створити, доповнити або видозмінювати базу даних просторових об'єктів, інтегрувати її з іншими базами. Тільки з появою ГІС реалізується можливість створення системи, яка б визначали комплексні проблеми навколишнього середовища та екології, що виникають у будівництві.

Виклад основного матеріалу

Перш за все при проектуванні будь-якого будівельного об'єкта, це стосується і полігону з ТПВ необхідно проведення польових робіт з подальшою камеральною обробкою матеріалів вишукувань з метою своєчасного контролю якості робіт і при необхідності обрання програми та напрямку вишукувальних робіт з більш оптимальним результатом. Остаточна обробка матеріалів полягає в аналізі, проведенні необхідних розрахунків і узагальненні всієї сукупності польових і лабораторних даних з оформленням текстових, графічних додатків і складанням звіту відповідно до вимог нормативної документації. У результаті геологічних та гідрологічних вишукувань будуть одержані графічні матеріали, представлені

геологічними перерізами, побудованим по інформації з свердловин. Результати топографічних знімань можуть бути представлені у вигляді цифрового або електронного топографічного плану. Цифровий топографічний план – це цифрова модель місцевості, що сформована з урахуванням законів картографічної генералізації у прийнятих для планів проекціях, розграфленнях, системі координат та висот і записана на магнітних чи оптичних носіях. Цифровий топографічний план, створений з використанням програмних і технічних засобів у прийнятій системі умовних знаків, називають електронним топографічним планом.

Застосування цифрових та електронних топографічних планів дає змогу автоматизувати:

– складання топографічних планів у різних масштабах, їх оновлення і тиражування (видання);

– розв'язання прикладних задач із використанням додаткової інформації.

Цифрові топографічні плани місцевості повинні задовольняти таким вимогам:

– створюватися із занесенням інформації на номенклатурні планшети, що покривають місцевість у рамках топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500;

– створюватися у системі координат 1942 р. у проекції Гаусса і Балтійській 1977 р. системі висот.

Технологія створення цифрових топографічних планів передбачає такі основні процеси:

– збір цифрової інформації;
– цифрову обробку;
– накопичення і зберігання інформації;
– графічне відображення інформації;
– редагування інформації.

Для формування топопланів в AutoCAD Civil 3D передбачені наступні можливості:

– Введення й обробка даних зйомки.

– Дані можна вводити з приладів, за записами в польовому журналі, порівнювати їх методом найменших квадратів. Є можливість автоматичного відтворення об'єктів ситуацій за описами точок об'єктів.

– Створення точок.

Точки Civil 3D можна створювати вручну, за непрямими даними (напрям, відстань від об'єктів, кути, ухили, зміщення), розбиваючи і помічаючи об'єкти створені у програмному продукті AutoCAD Civil 3D (відрізки, полілінії, траси, горизонталі, характерні лінії коридору), імпортуючи з зовнішніх файлів різного формату і розширення. За допомогою налаштувань стилів точок і стилів міток точок в креслення вставляються умовні позначення. Точки можна об'єднувати в групи за параметрами (опис, номер, відмітки). Зміна стилів дозволяє змінювати вид на кресленні всіх точок у групі, що різко скорочує час при оформленні топоплану.

Для розрахунку обсягу земляних мас було запропоновано використовувати додаток Autocad Civil 3D «Картограма земляних мас». Картограма земляних мас – це графічне представлення земляних робіт для здійснення розрахунку обсягів цих робіт методом найменших квадратів. Метод найменших квадратів набув поширення в епоху відсутності програмованих обчислювальних засобів і передставляє собою навмисну дискретизацію для отримання можливості здійснення розрахунку вручну. Можна використовувати два різних методи розрахунку: Триангуляція або Метод квадратів. При виборі методу «Триангуляція», обсяги будуть розраховані з використанням команди Civil 3D «Обмежені обсяги». Точність розрахованих таким чином обсягів відповідає точності вихідної моделі (точності поверхонь існуючої та проектної). Метод найменших квадратів не може давати таку точність, оскільки цей метод використовує середню позначку чарунки сітки. Відмітка чарунки усереднюється за значеннями відміток у кутах цієї чарунки, що відповідним чином знижує точність розрахунку тим більше, чим більше розмір чарунки.

Для створення картограми потрібні наступні дані:

– замкнута полілінія, що задає кордони розрахунку;

– точка, що задає будь-яке перехрестя сітки картограми;

– розмір сторони квадрата сітки картограми;
– стиль штрихування для області зрізання;
– стиль штрихування для області насипу.

У разі використання методу «Триангуляція» і чарунок розміром 10 х 10 метрів, картограма буде складатися з наступних елементів:

– кордон майданчики (межа розрахунку);

– регулярна мережа, що розділяє майданчик на прямокутні чарунки, мережа відповідних напрямку вісей поточної системи координат;

– відмітки існуючого рівня земної поверхні в кожному кутку чарунків мережі;

– проектні позначки рівня земної поверхні в кожному кутку чарунків мережі;

– робочі позначки (різниця проектної та існуючої відміток) в кожному кутку чарунків мережі;

– значення обсягу накопичених відходів в кожній чарунці;

– «лінія нульових робіт» – кордон між областями зрізання і насипу;

– штрихування областей зрізання або насипу;
– зведена таблиця сумарних значень.

Вигляд чарунок отриманої картограми земляних мас наведено на рисунку 2.

Наведена методика може бути використана у програмному продукті Autodesk Civil 3D, розширення якого «Картограма земляних мас» використовує як об'єкти AutoCAD, так і об'єкти Civil 3D. Межі майданчика задаються замкнутої полілінією. Існуюча поверхня землі та проектна

поверхня задаються поверхнями Civil 3D. При розрахунках обсягів земляних мас у картограмі враховуються всі особливості поверхонь (межі, характерні лінії, ручні правки). Якщо поверхня відредагована і перебудована, всі внесені зміни автоматично відображаються в результатах розрахунку обсягів [5].

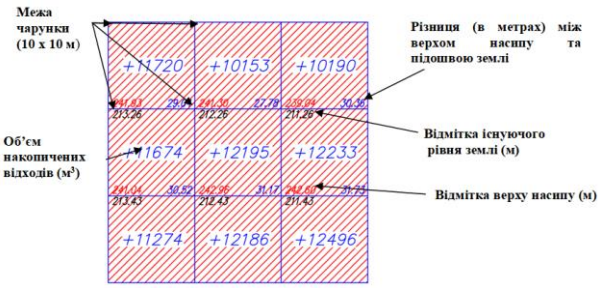

Рис. 2. Вигляд чарунок картограми обсягів земельних мас

У результаті обробки матеріалів інженерно-геодезичних та інженерно-геологічних вишукувань може бути побудована модель поверхні і насипу полігону ТПВ та отримана картограма земляних мас.

У зв'язку з тим, що на території полігонів ТПВ, в межах землекористування, можуть складуватися не тільки тверді побутові відходи, а й відвали суглинку та будівельного сміття, підрахунок проводився для накопичених побутових відходів та перевідкладеного суглинку. За допомогою програмного модуля «Картограма земляних мас» для Autocad Civil 3D можна отримати дані по накопиченню ТПВ та вийнятого ґрунту в межах землевідведення і за межами землевідведення.

Так як полігон складування твердих побутових відходів є екологічно небезпечним, то виникає необхідність визначення санітарно-охоронних зон та визначення їх впливу на внутрішню структуру розташування будівель і споруд у межах землевідведення. Насамперед необхідно згідно діючої нормативно-правової документації, визначити обмеження на використання території земельної ділянки.

Особливістю розміщення полігону твердих побутових відходів є те, що згідно ДБН В.2.4-2-2005 п.2.2, від наявної житлової та громадської забудови санітарно-захисна зона повинна становити 0,5 км. Згідно цього ж пункту, необхідно розміщувати полігони твердих побутових відходів на відстані, не менше 0,05 км від межі лісу і лісопосадок, не призначених для використання з метою рекреації. Враховуючи ці умови, можна позначити зони, на котрих не можливе розміщення безпосередньо ділянки складування твердих побутових відходів, біогазової станції, будівлі у котрій була б розміщена сортувальна лінія. За допомогою ГІС на топографічному плані місцевості слід визначити місце розташування об'єктів, біля котрих неможливе розташовувати об'єктів екологічної небезпеки і від них побудувати санітарні зони.

Згідно з санітарними нормами спочатку приступати до розробки котловану під висотний полігон, лоток для збору та відведення фільтрату, канави для збору і відводу незабруднених поверхневих вод і переміщення отриманого обсягу земляних мас в північну частину земельної ділянки. Після цих заходів необхідно встановити штучний профільтраційний екран з бентонітових матів в котловані висотного полігону і в лотку для збору та відведення фільтрату. Потім необхідно встановити в котловані висотного полігону каналізаційної мережі для відведення фільтрату. Останнім у першій черзі побудови полігону ТПВ є встановлення захисту штучного профільтраційного екрану від механічних пошкоджень шляхом штучного насипу з дрібного піску та подрібненого суглинку.

Після виконання всіх цих робіт можна приступати до другої черги – а саме до почергового переміщення сміття та земельних мас на територію, виділену для висотного полігона (викладання сміття та земляних мас проходить пошарово). Після цього необхідно організувати боковий зовнішній ізолюючий шар, по якому буде здійснюватися рух автотранспорту для завезення на висотний полігон сміття та земляних мас з прилеглих територій. Розроблений алгоритм реконструкції земельної ділянки для побудови полігону ТПВ наведена на рисунку 3.

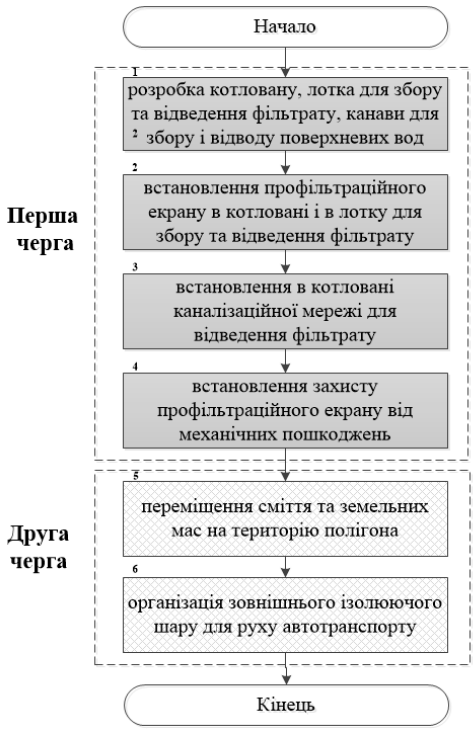

Рис. 3. Вигляд алгоритму реконструкції земельної ділянки для побудови полігону ТПВ

Будівництво полігону ТПВ вимагає відповідального підходу і розуміння всіх аспектів навколишнього середовища. Екологічне законодавство України чітко регламентує вимоги до проектування полігонів ТПВ. Основні вимоги до проектування наведені в ДБН 2.4-2-2005. У зв'язку з тим, що полігон ТПВ це комплекс споруд, призначених для розміщення та знешкодження побутового сміття, на обмеженій території концентрується значна кількість забруднюючих речовин. І з цієї точки зору даний об'єкт створює високу небезпеку для навколишнього середовища, як об'єкт її потенційного забруднення великої потужності. Для нейтралізації цієї загрози, в проекті полігону передбачаються захисні пристрої, які перешкоджають проникненню в навколишнє середовище забруднюючих речовин. Їх наявність є визначальним для появи у полігону природоохоронних функцій, що принципово відрізняє полігон ТПВ від традиційної сміттєзвалища.

Основними природоохоронними функціями полігону ТПВ є:

– запобігання проникнення забруднюючих речовин разом зі стоками полігону в грунтові та поверхневі води;

– захист від забруднення атмосферного повітря пилогазовими викидами і різними продуктами горіння ТПВ;

– захист місцевості навколишнього полігону від неприємних запахів і від розносу вітром легких фракцій сміття;

– запобігання поширенню комах, хвороботворних мікроорганізмів і гризунів.

Виходячи з вищесказаного зрозуміло, що комплексний облік всіх цих факторів, створення конкретних заходів поводження з відходами неможливий без використання сучасних інформаційних технологій. Разом з тим, завдання, пов'язані з оптимальним плануванням такої складної системи, як полігон ТПВ має універсальний, що не залежить від зовнішніх і внутрішніх вимог, характер.

Зручність використання географічних інформаційних систем (ГІС) при плануванні таких завдань, як інформаційно-довідкової системи з точно нанесеними на місцевість інженерними мережами, вулицями, шляхами та будинками, очевидно [6 – 8]. Доцільність використання ГІС при проведенні робіт, пов'язаних з плануванням полігону ТПВ обумовлена наступними факторами:

– Самою природою наявних даних, які являють собою приклад рівноправного сполучення даних графічних, просторових, і даних описових – атрибутивних.

– Комплексною природою завдання, що потребує залучення додаткових просторових даних. Саме ГІС надасть можливість використовувати в комплексі дані за принципом їхнього просторового положення.

У ГІС застосовуються моделі даних для забезпечення як створення, перевірки так і корегування інформації.

Переходячи до вибору конкретного програмного продукту, що реалізує ГІС-технології, необхідно врахувати всі специфічні вимоги, що складаються в тім, що програмний продукт повинен:

– мати ефективні засоби створення й підтримки сучасного користувальницького інтерфейсу;

– підтримувати потужні засоби програмування, що дозволяє створювати програмне забезпечення для рішення специфічних завдань, що виникають при керуванні розглянутим об'єктом;

– мати засоби впровадження нової й/або розширення існуючої моделі предметної області;

– забезпечувати багатокористувальницький режим.

База геоданих (БГД) використовує модель даних на основі топологічних зв'язкових класів просторових об'єктів. База геоданих визначає узагальнену модель даних для географічної інформації. Ця модель може бути використана для створення різних проблемно-орієнтованих моделей даних, спрямованих на рішення конкретних користувальницьких завдань. У ГІС дані є основним чинником, на основі яких створюються інформаційні продукти. У процесі планування, на етапі концептуальної розробки системи, необхідно виконати аналіз предметної області, визначити мету створення та вимоги до бази даних, основні об'єкти та зв'язки між ними, інформаційні потреби користувача (аналіз запитів), а також уточнити послідовність дій майбутніх користувачів при роботі з базою даних і задачі, що будуть вирішуватися. На основі отриманої інформації розробляється схема бази даних. У ГІС дані є основним чинником, на основі яких створюються інформаційні продукти.

Виходячи із цього, а також з огляду на наявні вхідні дані були визначені наступні класи об'єктів БГД:

– крапкові (дерева);

– лінійні (межі земельних ділянок, струмок, дороги);

– полігональні (будинки, санітарні зони).

Карта, отримана після векторизації, може бути використана в процесі побудови підрахунку площ санітарних зон навколо полігону ТПВ. У результаті за допомогою програмного продукту ArcMap та створеної цифрової моделі місцевості можна визначити площі санітарно-захисної зони, та земельної ділянки самого полігону ТПВ.

Створення БГД також дозволить побудувати тривимірну модель полігону ТПВ. Це можна зробити за допомогою програмного продукту від компанії ESRI – ArcScene. Для більш наявного

подання місцевості необхідне створення TIN мережі, яка в свою чергу, будується за допомогою точок рельєфу. TIN будується з тривимірних точок, ліній перегину і полігонів [9]. Таким чином можна співвіднести всі шари, створені у додатку ArcCatalog, до TIN моделі, та отримати тривимірну модель висотного полігону твердих побутових відходів.

У подальшому отримані тривимірні моделі можуть бути відображені в ГІС і інтерпретовані високоточними інженерними системами, які дають можливість проводити будь-які геометричні вимірювання, будувати розрізи і профілі, а також проводити моніторинг діяльності на полігоні ТПВ. За цими даними можна проводити вимірювання обсягів (в тому числі насипів і виїмок окремо) ТПВ, площ, висоти полігону щодо висоти фактичного рельєфу і рівня підземних вод, висотних характеристик звалища і укосів для порівняння їх з нормативними показниками [10 – 11]. Також тривимірна модель дозволить виявляти невідповідності фактичних меж полігону з кадастровими межами відведеної для цих цілей ділянки. Тобто за допомогою ГІС забезпечується простота, швидкість та наочність при формуванні висновків та прийнятті рішень.

Висновки

Як відомо, переважна маса ТПВ в світі поки складується на сміттєзвалищах, стихійних або спеціально організованих у вигляді «сміттєвих полігонів». Зарубіжний досвід показує, що раціональна організація переробки ТПВ дає можливість використовувати до 90% продуктів утилізації в будівельній індустрії, наприклад як заповнювач бетону. За даними спеціалізованих підприємств, які здійснюють в даний час навіть малоперспективні технології прямого спалювання твердих побутових відходів, реалізація термічних методів при спалюванні 1000 кг ТПВ дозволить отримати теплову енергію, еквівалентну спалюванню 250 кг мазуту. Однак реальна економія буде ще більше, оскільки не враховується сам факт збереження первинної сировини і витрати на його видобуток.

На сьогоднішній день доцільним є розвивати та відновлювати утилізацію відходів. А використання ГІС технологій зробить процес проектування екологічно небезпечних об’єктів більш рентабельним, швидким і ефективним. Застосування геоінформаційних технологій для моделювання полігону ТПВ дозволить з мінімальними часовими витратами запроектувати та створити тривимірну модель висотного полігону, що надасть змогу виконати всі необхідні розрахунки.

Література

1. *Сайт «Все, что нужно знать сегодня» [Электронный ресурс]. – Режим доступу:* https://www.segodnya.ua/economics/enews/kto-zaplatit-za-musor-v-ukraine-pridumali-strategiyu-obrashcheniya-s-othodami-792900.html
2. *Сайт «Карта Украины со спутника» [Електронний ресурс]. – Режим доступу:* https://www.obl-map.com.ua/848330
3. *Сайт «Минпром. Информационное агенство» [Електронний ресурс]. – Режим доступу:* https://www.minprom.ua
4. *Kontokosta, C. E., Hong, B., Johnson, N. E., & Starobin, D. (2018). Using machine learning and small area estimation to predict building-level municipal solid waste generation in cities. Computers, Environment and Urban Systems, 70, 151–162.*
5. *Поморцева О.Є., Пілічева М.О., Анопрієнко Т.В. Технологія використання геоінформаційних систем при обробці геодезичних даних / Технічні науки та технології. – 2019. – № 4 (18). – С. 229–236.*
6. *O. Pomortseva, O. Kobzan, S. Yevdokimov, A. Kukhar Use of geoinformation systems in environmental monitoring, The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020) Kryvyi Rih, Ukraine, E3S Web Conf. Volume 166 (2020).*
7. *Поморцева О.Є. Моделювання розташування екологічно небезпечних об’єктів за допомогою геоінформаційних систем / Вчені записки таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського Серія: Технічні науки. – 2018. – Том 29 (68), № 6. – С. 222–227.*
8. *Elhamdouni, D., Arioua, A., El Hmaidi, A., Aba, B., Mansour, D., Karaoui, I., & Ait Ouhamchich, K. (2017). Geomatics tools and AHP method use for a suitable communal landfill site: Case study of khenifra region - morocco. Journal of Materials and Environmental Science, 8(10), 3612–3624. Retrieved from www.scopus.com*
9. *Поморцева О.Є. Використання геоінформаційної системи у проектуванні інфраструктури міста / Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні методики, інновації та досвід практичного застосування у сфері технічних наук» м. Люблін, Республіка Польща 2017. – С. 223–226.*
10. *Mahmood, S., Sharif, F., Rahman, A. & Khan, A. U. (2018). Analysis and forecasting of municipal solid waste in nankana city using geo-spatial techniques. Environmental Monitoring and Assessment, 190(5).*
11. *Adedotun, A. A., Sridhar, M. K. C., & Coker, A. O. (2020). Improving municipal solid waste collection system through a gis based mapping of location specific waste bins in ibadan metropolis, nigeria. Journal of Solid Waste Technology and Management, 46(3), 360–371.*

References

1. Saijt “Vse, chto nujno znat' segodnya”, www.segodnya.ua/economics/enews/kto-zaplatit-za-musor-v-ukraine-pridumali-strategiyu-obrashcheniya-s-othodami-792900.html
2. Saijt “Karta Ukrainy so sputnika”, www.obl-map.com.ua/848330
3. Saijt “Minprom. Informacionnoe agenstvo”, https://www.minprom.ua
4. Kontokosta, C. E., Hong, B., Johnson, N. E., & Starobin, D. (2018). Using machine learning and small area estimation to predict building-level municipal solid waste generation in

cities. Computers, Environment and Urban Systems, 70, 151–162.
5. Pomortseva O.E., Pilicheva M.O., Anoprienko T.V. (2019), Tehnologiya vikoristannya geoinformaciijnih sistem pri obrobci geodezichnih danih [Technologies of use of geoinformation systems at production of geodetic means] / Technical sciences and technologies. – № 4 (18). – pp. 229–236.
6. O. Pomortseva, O. Kobzan, S. Yevdokimov, A. Kukhar Use of geoinformation systems in environmental monitoring, The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020) Kryvyi Rih, Ukraine, E3S Web Conf. Volume 166 (2020).
7. Pomortseva O.E. (2018), Modelyuvannya roztashuvannya ekologichno nebezpechnih ob`ektiv za dopomogoyu geoinformacijnih system [Modeling the location of environmentally hazardous objects using geographic information systems] / Scientific notes of the Tavriya National University. VI Vernadsky Series: Technical Sciences, – Volume 29 (68), № 6. – pp. 222–227.
8. Elhamdouni, D., Arioua, A., El Hmaidi, A., Aba, B., Mansour, D., Karaoui, I., & Ait Ouhamchich, K. (2017). Geomatics tools and AHP method use for a suitable communal landfill site: Case study of khenifra region - morocco. Journal of Materials and Environmental Science, 8(10), 3612–3624. Retrieved from www.scopus.com
9. Pomertseva O.E. (2017), Vikoristannya geoinformacijnoi sistemi u proektuvanni infrastrukturi mista [The use of the geoinformation system in the design of the city infrastructure] / International scientific and practical conference «Modern techniques, innovations and practical experience in the field of technical sciences» Lublin, Republic of Poland. – pp. 223–226.
10. Mahmood, S., Sharif, F., Rahman, A. & Khan, A. U. (2018). Analysis and forecasting of municipal solid waste in nankana city using geo-spatial techniques. Environmental Monitoring and Assessment, 190(5).
11. Adedotun, A. A., Sridhar, M. K. C., & Coker, A. O. (2020). Improving municipal solid waste collection system through a gis based mapping of location specific waste bins in ibadan metropolis, nigeria. Journal of Solid Waste Technology and Management, 46(3), 360–371.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К.А. Метешкін, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: ПОМОРЦЕВА Олена Євгенівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри земельного адміністрування та ГІС
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – elenapomor7@gmail.com
ID ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4746-0464

DESIGNING ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS OBJECTS BY MEANS OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

O. Pomortseva
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The article deals with the current problem of solid waste disposal. Also the use of geoinformation technologies in the design of environmentally hazardous facilities. The sequence of actions in case of reconstruction of a land plot for the construction of a solid waste landfill is described in detail. It shows how you can use geographic information systems to speed up and better accomplish the task. The convenience of using geographic information systems when planning such tasks is obvious. It is advisable to use geographic information systems when planning environmentally hazardous facilities. This is due to the complex nature of the problem. This requires the involvement of additional spatial data. It is the geographic information system that will allow the use of all data in the complex based on the principle of their spatial position. You can also use data models to support the creation, validation, and correction of information. In a geographic information system, you can create a geodatabase. This will create a 3D model of a solid waste landfill. The 3D model allows you to better represent the terrain. Creation of a triangulation network will allow to correlate all layers created in the geodatabase. The triangulation network is created from 3D terrain points. It allows you to get a three-dimensional model of a high-altitude polygon. This provides many possibilities in the future. It will be possible to interpret 3D models with high-precision engineering systems. This allows you to carry out any geometric measurements, build sections and profiles, as well as monitor activities at the solid waste landfill. Based on these data, it is possible to measure the volumes of household waste, areas, the height of the landfill in terms of the height of the actual relief and the level of groundwater, the altitude characteristics of the landfill and slopes to compare them with the standard indicators. The three-dimensional model will make it possible to identify inconsistencies between the actual boundaries of the polygon with the cadastral boundaries of the site allocated for these purposes. With the help of geographic information systems, simplicity, speed and clarity in the formation of conclusions and decision-making will be provided.

Keywords**:** *technogenic object, geoinformation system, geospatial data, geodatabase, sanitary zone, trivial model.*