

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»

ЛОЗИНСЬКИЙ ВІКТОР АДАМОВИЧ



УДК 528.92, 528.71, 528.42

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ
ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

05.24.01 — Геодезія, фотограмметрія та картографія

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів 2019

Дисертація є рукопис

Робота виконана в Національному університеті «Львівська політехніка»
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник – доктор географічних наук, доцент

Сосса Ростислав Іванович,

Національний університет «Львівська політехніка», завідувач
кафедри картографії та геопросторового моделювання

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Лященко Анатолій Антонович,

Київський національний університет будівництва і
архітектури, професор кафедри геоінформатики і
фотограмметрії, м. Київ

кандидат технічних наук, доцент

Янчук Руслан Миколайович,

Національний університет водного господарства та
природокористування, завідувач кафедри геодезії та
картографії, м. Рівне

Захист відбудеться « 27 » червня 2019 р. о 13.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.052.12 у Національному університеті «Львівська політехніка» за адресою: 79013, м. Львів, вул. Карпінського, 6, ауд. 502 II навч. корп.

З дисертацією можна ознайомитись у науковій бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» за адресою: 79013, м. Львів, вул. Професорська, 1.

Автореферат розісланий «27» травня 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

к.т.н., доцент



Паляниця Б.Б.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. Нині 94,1 % побутових відходів в Україні захоронюються на полігонах та сміттєзвалищах, лише 2,7 % спалюється та 3,2 % потрапляє на заготівельні пункти та сміттєпереробні комплекси. Після остаточного розміщення відходів на полігонах твердих побутових відходів (ТПВ) відбувається забруднення повітряного середовища, ґрунту, підземних та поверхневих вод і прилеглих до нього територій. Низька культура суспільства щодо поводження з відходами уможливорює ймовірність появи нових (не) санкціонованих сміттєзвалищ.

Не кращою є ситуація у Львівській області, де станом на 01.09.2017 р. захоронення відходів відбувалося на 20 діючих санкціонованих звалищах/полігонах, з яких 4 потребують паспортизації та 10 рекультивації. Дані об'єкти здебільшого є перевантаженими та не відповідають нормам екологічної безпеки, що може призвести до надзвичайних ситуацій з екологічними наслідками. Така ситуація, а саме пожежа і зсув відходів, спостерігалися на Львівському міському полігоні ТПВ (ЛМП ТПВ) у травні 2016 р. Це загостило проблеми не лише у сфері поводження з відходами, а й питання доцільності ведення геоінформаційного моніторингу об'єктів розміщення відходів (сміттєзвалищ та полігонів ТПВ).

Оскільки полігони ТПВ є інженерними спеціалізованими спорудами, то для ефективної експлуатації та попередження екологічних катастроф потрібне опрацювання комплексу робіт з ведення геоінформаційного моніторингу об'єктів розміщення відходів. Разом з багатофункціональними можливостями географічних інформаційних систем (ГІС) це дозволить інтегрувати різного роду дані (топографічні плани, карти, аерофотознімки, дані знімання з БПЛА, результати інженерно-геодезичних вимірювань) для побудови цифрових моделей рельєфу (ЦМР), візуалізації, прогнозування, моделювання та аналізу параметрів об'єктів розміщення відходів.

При виконанні дисертаційного дослідження автором враховано досвід провідних вітчизняних та закордонних науковців різних галузей науки, що досліджували місця захоронення відходів. Дослідженням об'єктів розміщення відходів в історичній ретроспективі за аерофотознімками присвячені праці Pore P., Garofalo D., Brilis G., Erb T., Slonecker E., використання аерофотознімків та даних ДЗЗ є науковим доробком Philipson W., Sangrey D., Titus S., Lyon J. Stohr C. Досвід використання аерофотознімків для вирішення правових колізій висвітлено в працях вчених Latin H., Slonecker E. Використання даних космічного знімання опрацьовували Kwarteng A., Al-Enezi A., Seker D., Qingsheng L., Dewan A., Manzo C., Faisal K., Iacoboaia C., Karathanassi V., Shaker A., Foody G., Brivio P. (динаміка змін параметрів полігону ТПВ, зміна площі та об'єму, визначення температури тіла полігону ТПВ). Географічний розподіл і кількісні параметри об'єктів розміщення ТПВ досліджували вітчизняні (Доманська М., Греков Л., Бутенко О., Красовський Г., Красовська І., Новохацька Н., Тишаєва А., Томченко О. та інші) і вчені з країн пострадянського простору (Ліпілін Д., Рябов Ю., Бровкіна О., Зайцев А., Kaliaskarova K. та інші). Розроблення технологій, методик аерознімання для оперативного картографування полігонів ТПВ з використанням різного типу безпілотних літальних апаратів опрацьовували Gasperini D., Mudura R., Nienow Z., Urbančić T., Mayr W., Mudura R.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Тема дисертації відповідає науковому напряму кафедри картографії та геопросторового моделювання: «*Геоінформаційне картографування. Математичне моделювання в картографії, геодезії, астрономії, геофізиці.*» Дисертація виконана в межах науково-дослідної роботи «*Теоретичні та методичні засади створення картографічних моделей*» (державний реєстраційний номер 0118U001676), а також наукової тематики робіт галузевої науково-дослідної лабораторії «*Геодезичного моніторингу та рефрактометрії*» (ГНДЛ-18). Окремі положення дисертаційної роботи були опрацьовані при виконанні низки госпдоговірних робіт по ЛМП ТПВ (2016-2017 рр., відповідальний виконавець), а також при виконанні автором гранту для молодих вчених ГЛП 5/2016 «*Геоінформаційний моніторинг Львівського полігону твердих побутових відходів*» (державний реєстраційний номер 0116U008629, 2016 р.).

Мета і завдання досліджень. Метою дисертаційної роботи є обґрунтування та розроблення системи геоінформаційного моніторингу територій розміщення відходів функціонуючих урбосистем та її апробація на прикладі Львівського міського полігону ТПВ.

Реалізація мети роботи передбачала виконання таких завдань:

- аналіз сучасного стану досліджень територій з об'єктами розміщення відходів функціонуючих урбосистем;
- розроблення класифікації методів і способів отримання даних для визначення площ та об'ємів об'єктів розміщення відходів і надання рекомендацій щодо технологій їх використання;
- здійснення ретроспективно-географічного аналізу параметрів стану Львівського міського полігону ТПВ і проведення комплексу досліджень з використанням аерознімання та фотограмметричного опрацювання отриманих матеріалів для оцінки сучасного стану полігону ТПВ;
- розроблення методики визначення об'єму об'єктів розміщення відходів з використанням архівних картографічних матеріалів і знімків з БПЛА;
- розроблення технології створення великомасштабних топографічних планів об'єктів розміщення відходів при виникненні надзвичайних ситуацій на них (пожежа, зсув тощо);
- визначення точності обчислення об'єму тіла полігону за квадратурними формулами;
- обґрунтування технології проведення геодезичного моніторингу зсувонебезпечних ділянок.

Об'єктом дослідження є сміттєзвалища та полігони ТПВ, зокрема Львівський міський полігон ТПВ.

Предметом дослідження є розроблення теоретико-методичних засад проведення геоінформаційного моніторингу та оцінювання параметрів об'єктів розміщення ТПВ функціонуючих урбосистем.

Методи дослідження. У ході виконання дисертаційної роботи автором використано такі методи: *аналізу та порівняльно-аналітичний* – при вивченні відповідного доробку вчених, що стосуються об'єктів розміщення відходів та їх моніторингу; *геоінформаційний* – у процесі збору, опрацювання та зберігання даних про об'єкт дослідження; *ієрархічний метод класифікації* – при узагальненні методів

та способів отримання даних для визначення параметрів об'єктів розміщення відходів; *математичні методи інтерполяції* – при виконанні моделювання ЦМР; *абстрактно-логічний* – для обґрунтування висновків; *описовий та історичного аналізу* – при вивченні архівних картографічних творів та різного роду документів з початку функціонування Львівського міського полігону ТПВ і до сьогоднішнього. У роботі в якості основного ГІС-інструментарію використано ПП «ArcGIS» з його додатками, а допоміжним засобом слугував ПП «Golden Software Surfer 13».

Наукова новизна одержаних результатів.

Уперше:

- розроблено теоретико-методичні засади та комплексний підхід до ведення геоінформаційного моніторингу об'єктів розміщення ТПВ, що охоплює всі періоди функціонування полігону;
- розроблено та апробовано методику визначення об'єму об'єктів розміщення відходів з використанням архівних картографічних матеріалів і матеріалів знімань БПЛА;
- проведено ретроспективно-географічне дослідження Львівського міського полігону ТПВ, встановлено зміни його кількісних параметрів упродовж 1972-2016 рр. (площа, об'єм, висота складування відходів);
- розроблено методику оцінки точності визначення об'єму за квадратурними формулами.

Удосконалено:

- використання методів і способів отримання даних для визначення площ та об'ємів об'єктів розміщення відходів;
- технологію створення топографічного плану комбінованим способом в умовах надзвичайних ситуацій (пожежа, зсув тощо).

Набули подальшого розвитку:

- порівняння різних методів інтерполяції при визначенні об'ємів тіл;
- технологія виконання геодезичного моніторингу зсувонебезпечних ділянок об'єктів розміщення відходів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що дані методики, рекомендації, технологічні схеми можуть бути використані:

органами виконавчої влади та місцевого самоврядування при: розробленні програм поводження з відходами; забезпеченні комплексного соціально-економічного розвитку територій; екологічного захисту населення; реалізації природоохоронних заходів;

спеціалістами житлово-комунального господарства, комунальними та приватними підприємствами, що займаються експлуатацією полігонів ТПВ, науково-дослідними, проектними організаціями: на стадії проектування елементів полігону ТПВ; в активній фазі для ефективної організації, управління захоронення відходів з подальшим збільшенням терміну експлуатації; при оцінці теплоенергетичного потенціалу та отриманні біогазу; при розробленні проекту рекультивациі; при розробленні першочергових заходів зі стабілізації полігонів ТПВ.

Розроблена та апробована методика укладання великомасштабних планів для полігону ТПВ дає змогу виконати: проектування нових карт для складування ТПВ, розрахунок обсягу земляних робіт, складання робочих креслень для укріплення та

побудови нової дамби, розроблення плану розташування дренажної системи фільтрату.

Результати дисертаційної роботи впроваджено та використано департаментом з питань поводження з відходами Львівської міської ради.

Отримані результати теоретичних і практичних напрацювань можуть бути використані фахівцями широкого кола спеціальностей, зокрема: картографії, геодезії, географії, екології та інших, при викладанні таких навчальних дисциплін як «Топографічне картографування», «Картографічний метод досліджень», «Геоінформаційне картографування» для студентів Інституту геодезії Національного університету «Львівська політехніка» та інших вищих навчальних закладів.

Особистий внесок здобувача. Результати виконаної дисертаційної роботи отримані автором особисто, що підтверджено одноосібними публікаціями (5, 10, 13, 15). У публікаціях у співавторстві автору належить: (1) – методика визначення об'єму з використанням архівних картографічних матеріалів та БПЛА; (2) – планування, виконання польових та камеральних робіт зі створення топографічного плану ЛМП ТПВ; (3) – встановлення тенденції зміни просторово–часових особливостей функціонування ЛМП ТПВ із використанням архівних матеріалів з 1950 по 2006 рр.; (4) – надання рекомендацій при використанні наземних лазерних сканерів; (6) – розроблення технології сканування зсувонебезпечної ділянки ЛМП ТПВ з використанням роботизованого тахеометра в безрефлекторному режимі, вибір методу знімання, опрацювання результатів та побудова ЦМР зсувонебезпечної ділянки; (7) – встановлення динаміки руху схилу зсувонебезпечної ділянки ЛМП ТПВ упродовж серпня–грудня 2017 р.; (8) – аналітичні вирази для знаходження об'єму з використанням TIN-моделі; (9) – збір, систематизація даних про кількість утворення ТПВ для побудови карт забруднення у Львівській області у 2011–2014 рр.; (11) – визначення числових характеристик наслідків зсуву ЛМП ТПВ; (12) – вибір матеріалів для оцінки наслідків зсуву і їх інтерпретація; (14) – технологія створення топографічного плану на територію ЛМП ТПВ, оцінка точності та відповідність плану до вимог з інструкції з топографічного знімання; (16) – розроблення та апробація методики математичного визначення об'єму ярів, встановлення максимальної відносної похибки; (17) – методика оцінки квадратурної формули.

Апробація результатів роботи. Основні положення та результати наукових досліджень доповідались на міжнародних і всеукраїнських конференціях та форумах: XX міжнародній науково-технічній конференції «GEOFORUM 2015» (Львів-Яворів-Брюховичі, 2015); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Геодезія. Землеустрій. Природокористування» (Рівне, 2016); Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених «GeoTerrace-2016» (Львів, 2016); 6th International Youth Science Forum «LITTERIS ET ARTIBUS» (Lviv, 2016); Міжнародній науково-практичній конференції «ЕКОГЕОФОРУМ-2017. Актуальні проблеми та інновації» (Івано Франківськ, 2017); XXII міжнародній науково-технічній конференції «GEOFORUM 2017» (Львів, 2017); VIII Międzynarodowa konferencja Naukowa z cyklu Innowacyjne technologie geodezyjne - zastosowania w roznych dziedzinach gospodarki (Polska, 2017); VIII всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Наукова весна 2017» (Дніпро, 2017); VIII міжнародній науково-технічній конференції «Моніторинг довкілля,

фотограмметрія, геоінформатика – сучасні технології та перспективи розвитку» (Львів – Східниця, 2017); Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених «GeoTerrace-2017» (Львів, 2017), ІХ міжнародній науково-практичній конференції «Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні, лісовпорядкуванні та природокористуванні» (Ужгород, 2018), а також на наукових семінарах кафедри картографії та геопросторового моделювання (2015-2018 рр.)

Публікації. Результати досліджень за темою дисертації оприлюднені в 17 публікаціях, серед яких: 7 статей у наукових фахових виданнях України, з яких 3 статті у виданнях, які включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus, 10 матеріалів конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота обсягом 181 сторінку складається зі вступу, 4 розділів, висновків та списку використаних джерел. Робота містить 88 рисунків, 25 таблиць та 3 додатки. Список використаних джерел містить 206 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі «Сучасні методи дослідження розміщення відходів» проаналізовано нормативно-правове забезпечення поводження з відходами, сучасний стан досліджень розміщення відходів, встановлено, що найефективнішим засобом для аналізу, управління та планування діяльності у сфері поводження з відходами є використання ГІС-технологій. Проведено аналіз методів отримання даних для визначення параметрів об'єктів розміщення відходів на основі цього розроблено їх класифікацію методів і визначено переваги та недоліки.

Розроблено структурну схему моніторингу об'єктів розміщення відходів ТПВ (Рис.1) для різних періодів життєвого циклу (**пасивний, активний, постексплуатаційний**).

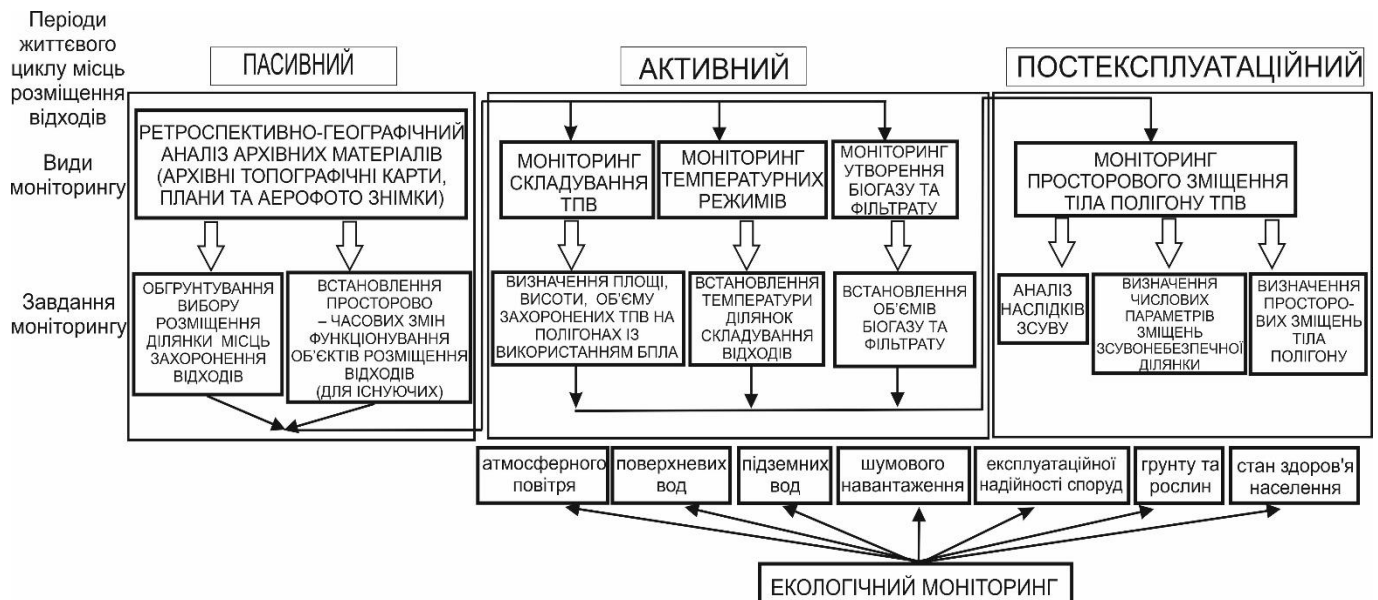


Рис. 1. Структурна схема моніторингу об'єктів розміщення відходів ТПВ

У пасивний період життєвого циклу об'єктів розміщення відходів передбачається *проведення ретроспективно-географічного аналізу архівних картографічних матеріалів*, що полягає у проведенні збору та аналізу архівних картографічних матеріалів на територію досліджуваного об'єкту. В активний період функціонування полігону слід проводити такі види моніторингу: *моніторинг*

захоронення ТПВ, моніторинг температурних режимів, моніторинг утворення біогазу та фільтрату. Для сучасного документування полігонів ТПВ слід застосувати знімання з БПЛА, а для покращення візуалізації об'єктів розміщення відходів є представлення їх у вигляді 3D-моделей. У постексплуатаційний період проводять **моніторинг просторового зміщення тіла полігону ТПВ**, який передбачає вивчення наслідків зсуву, оцінку ризиків та небезпек утворення нових зсувів, встановлення зсувонебезпечної ділянки та її числових характеристик зміщення, де найкраще використати дистанційні методи.

Розроблено систему геоінформаційного моніторингу об'єктів розміщення ТПВ (Рис. 2). Структурними елементами блоку «Збирання даних» є архівні матеріали, аерофотознімки, інформаційні ресурси, дані геодезичного знімання. Блок «Первинне опрацювання» складається з систематизації зібраних матеріалів, його фотограмметричного опрацювання, імпорту даних у ГІС, просторової прив'язки, трансформації системи координат, векторизації, внесення атрибутивної інформації. Також важливим блоком буде застосування методів геопросторового аналізу, який включає в собі побудову ЦМР, обчислення геометричних параметрів полігонів ТПВ, виконання картометричних операцій, застосування функцій картографічної алгебри, просторового моделювання, оверлейного аналізу даних, побудова буферних зон, обчислення горизонтальних та вертикальних зміщень тіла полігону. Відповідно до цих блоків розроблено концептуальна модель баз даних системи геоінформаційного моніторингу об'єктів розміщення відходів, що складається із *БГД цифрової топографічної основи, БГД меж землевідведення ділянки, БГД просторово-часових даних*. Така модель БГД структуризує, формалізує інформацію та включатиме: набори топографічних даних, архівні матеріали, аерофотознімки, дані ДЗЗ, растрові та векторні моделі даних, ЦМР, табличні дані, текстові файли, нормативно –правові документи та інші. Тому для ведення геоінформаційного моніторингу об'єктів розміщення відходів слід залучити широке коло спеціалістів.

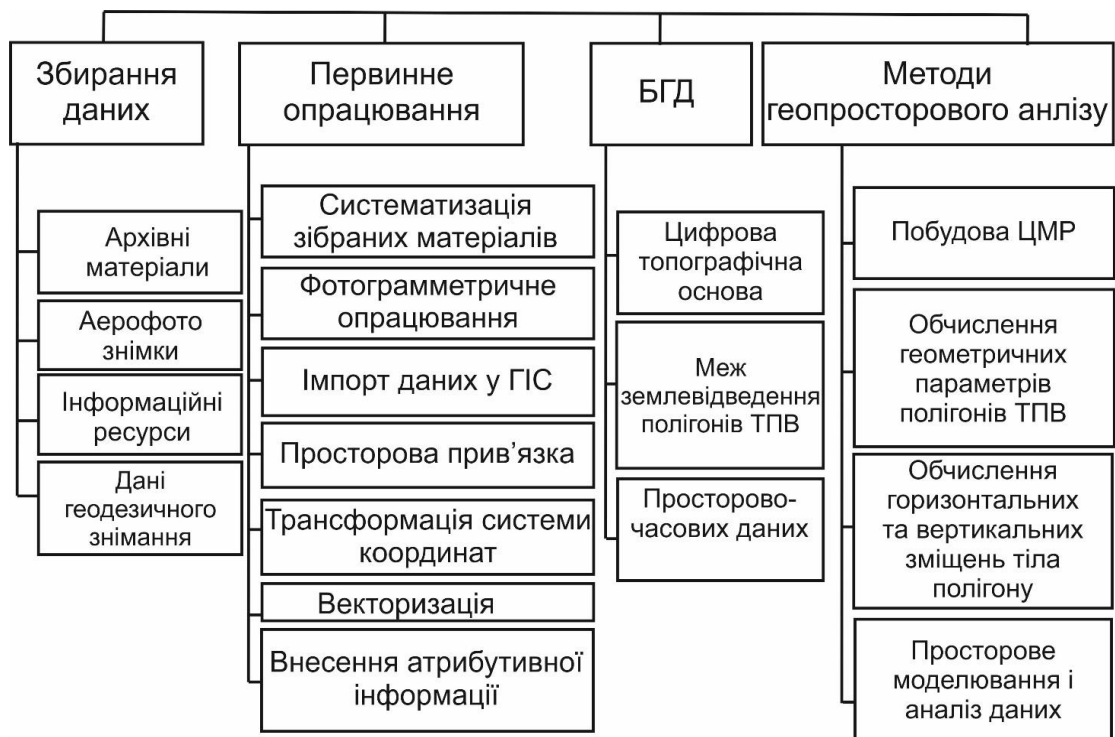


Рис. 2. Структурна схема системи геоінформаційного моніторингу об'єктів розміщення ТПВ

У другому розділі «Ретроспективно-географічний аналіз параметрів ЛМП ТПВ за архівними аеро- та картографічними матеріалами» приведена загальна характеристика та історія експлуатації ЛМП ТПВ, що почав функціонувати як стихійне сміттєзвалище, а з 1959 р. функціонує як полігон ТПВ. Полігон знаходиться біля с. Вел. Грибовичі, на віддалі 4-6 км в північному напрямку від межі м. Львова.

Досліджувана нами територія представлена на довоєнних польських топографічних картах, виданих Військовим інститутом географічним у 1919-1939 рр.: топографічна тактична карта масштабу 1:100 000 «Pas 49 - Slup 38 Lwow» (1921 р.) і «Pas 49-Slup 38 Lwow» (1939 р.); масштабу 1:25 000 «Mara okolic Lwowa» (1920 р.) і «Pas 49-Slup - 38 E Lwow-Dublany» (1930 р.). Нами встановлено, що використання цих карт для моделювання початкового рельєфу неможливе як через їх низьку точність, так і через недостатньо докладне відображення рельєфу. Крім того карти видані більше ніж за 20 років до створення сміттєзвалища.

Докладна інформація про рельєф місцевості міститься на радянській топографічній карті масштабу 1:25 000 М-35-73-А-в (Рис. 3) зі станом місцевості на 1957 р. та перерізом рельєфу 5 м. На карті відсутня будь-яка інформація про сміттєзвалище і тому вона використана для моделювання початкової поверхні та структури рельєфу. Особливістю полігону є те, що він був утворений на двох ярах. Для моделювання структури ярів було додано характерні точки, а також проведено додаткові інтерполяції. На основі цієї карти створено цифрову векторну модель ізоліній та ярів станом на 1957 р. і побудовано TIN-модель (Рис. 4).



Рис. 3. Фрагмент топокарти масштабу 1:25 000 з перерізом рельєфу 5 м (ГУГК, 1957 р.)

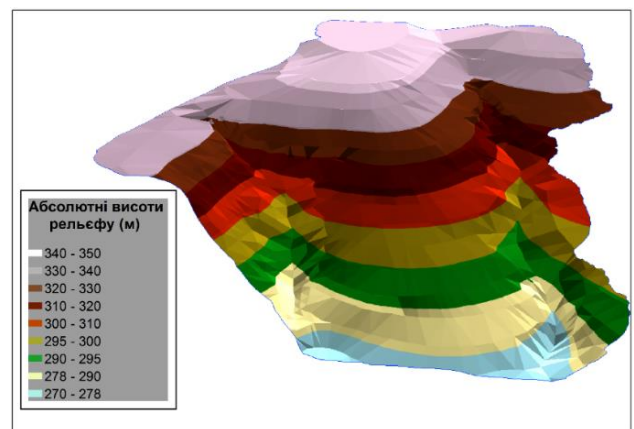


Рис. 4. TIN-модель початкового рельєфу ЛМП ТПВ станом на 1957 р.



Рис. 5. Фрагмент топокарти масштабу 1:25 000 з перерізом рельєфу 5 м (ГУГК СРСР, 1972 р.)

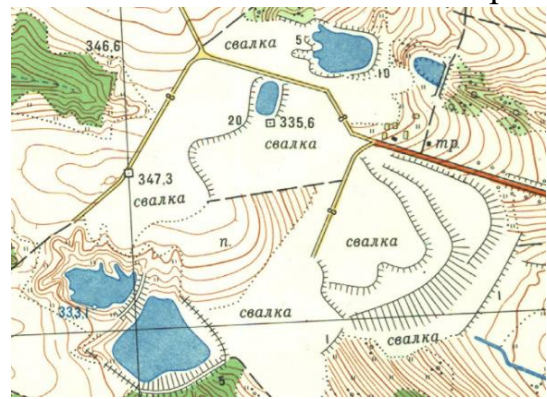


Рис. 6. Фрагмент топокарти масштабу 1:10 000 з перерізом рельєфу 2 м (ГУГК СРСР, 1985 р.)

На виданій у 1972 р. топографічній карті масштабу 1:25 000 М-35-73-А-в «Львов» з перерізом горизонталей через 5 м позначено сміттєзвалище, що має чіткі контури. Другий відсутній яр, що вочевидь на той час був заповнений відходами є позначення водойми, в якій зберігався фільтрат (Рис.5). Для цього періоду можемо виділити одну ділянку для захоронення відходів, а також два озера-гудрони. На топографічній карті масштабу 1:10 000 М-35-73-А-в-1 (1985 р.) з перерізом рельєфу 2 м показано фактично чотири ділянки (карти) складування відходів. З 1972 по 1985 рр. в південній частині сміттєзвалища з'явилися два нові озера-гудрони, декілька пунктів знімальної мережі із висотними відмітками, на карті відсутнє позначення першого яру, що на той час був засипаний відходами (Рис.6). Топографічна карта масштабу 1:10 000 (1985 р.) була перевидана у 1991 р. без суттєвих змін.

Для моніторингу ділянки складування відходів за координатною сіткою здійснено реєстрацію архівних картографічних матеріалів в програмному продукті ArcGis. Максимальні похибки реєстрації відповідають точності масштабу карти. Визначено площу ділянок складування відходів, яка становить на 1972 р. – 85 265 кв. м, 1985 р. – 185 690 кв. м, 1991 р. – 177 690 кв. м.

В якості вихідних даних для моделювання поверхні території ЛМП ТПВ нами використано також архівні аерофотознімки станом на 5 жовтня 1988 р.

Сформована наземна опорна мережа, що передбачала виконання ГНСС-знімання з метою забезпечення маршруту аерознімків опорними та контрольними точками. Опорна наземна мережа складається з 18 точок, серед яких обрано як тверді контури – кути збережених та зруйнованих будинків, електротрансформатор, так і просторово однозначно визначені контури – перехрестя доріг.

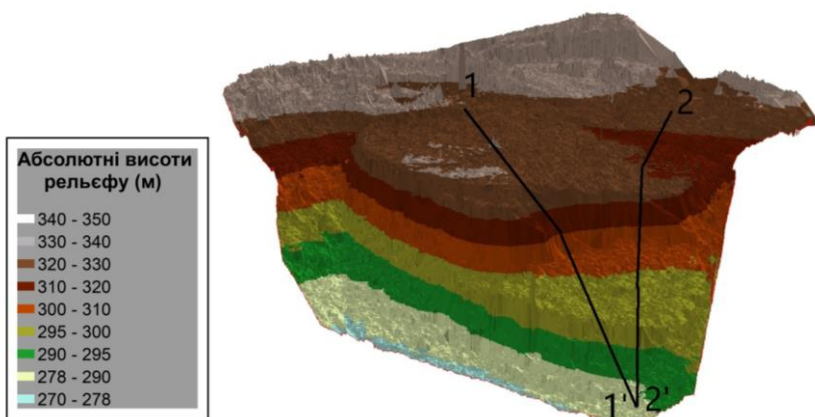


Рис. 7. TIN – модель ЛМП ТПВ 5 жовтня 1988 р. та профільні лінії 1-1' та 2-2'

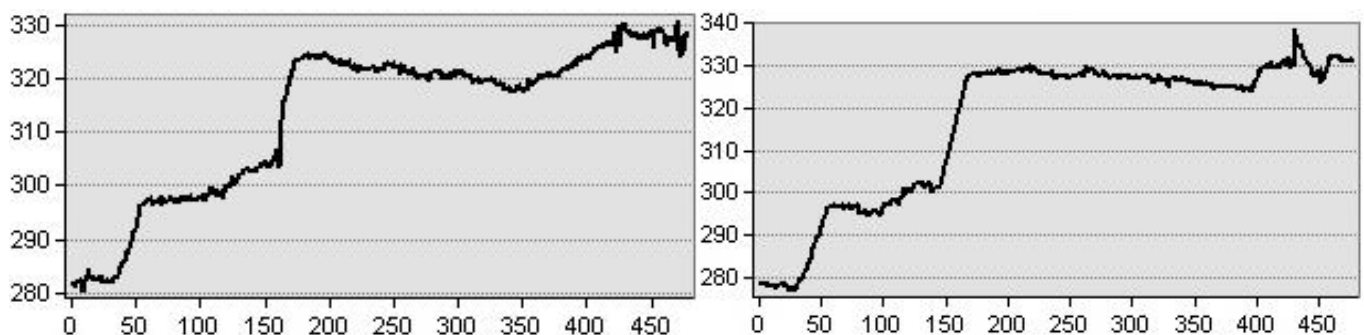


Рис. 8. Профільні лінії 1-1' та 2-2'

На основі знімків побудовано TIN – модель ЛМП ТПВ (Рис. 7) та прилеглих територій і побудовано профільні лінії (Рис. 8).

За останніми встановлено, що сформована перша тераса складування відходів з відмітками 290-300 м, а також відбувається активна фаза формування другої тераси, яка має абсолютні висоти 318-332 м.

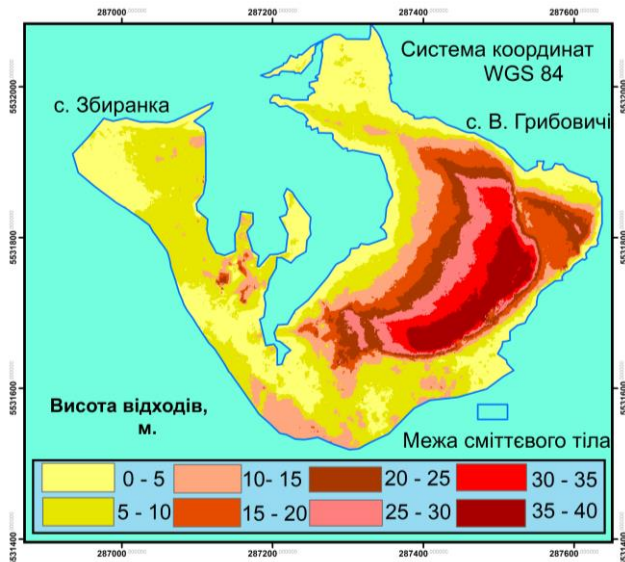


Рис. 9. Ізопахіти відходів ЛМП ТПВ (жовтень 1988 р.)

Встановлено, що перша тераса знаходиться на відмітках 290-300 м, друга – 300-330 м. Відбувається активний процес формування третьої тераси, що мала відмітки 330-350 м. Об'єм відходів на відповідний період, становить 2 835 756 куб. м, а площа ділянки складування відходів – 242 441 кв. м. На Рис. 11 представлено карту ізопахітів відходів ЛМП ТПВ на 2006 р. Товщина відходів змінюється від 0 до 40 м.

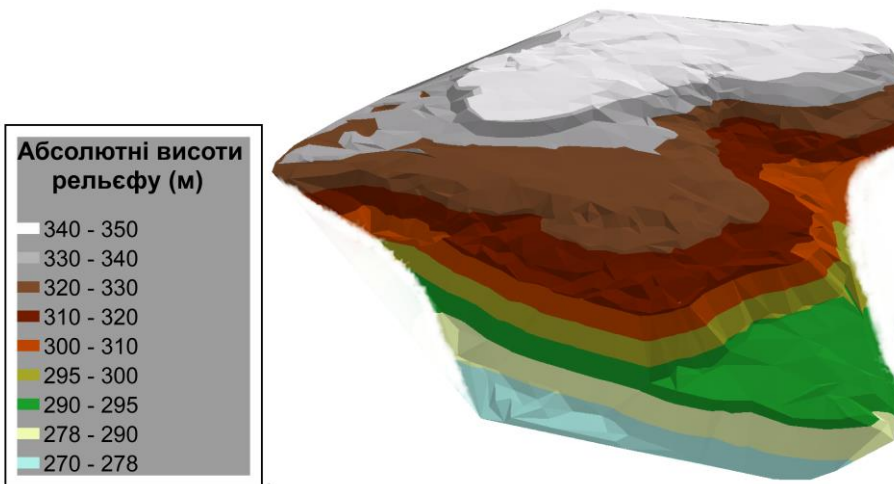


Рис. 10. TIN-модель, побудована на основі топографічного плану 2006 р.

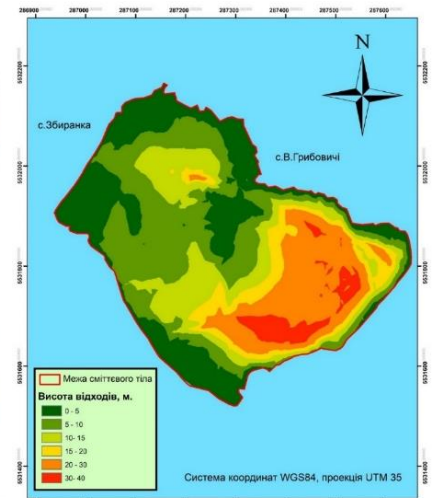


Рис. 11. Ізопахіти відходів ЛМП ТПВ (2006 р.)

Третій розділ «Дослідження параметрів ЛМП ТПВ за матеріалами аерознімання з БПЛА» присвячений розробленню методики визначення об'єму об'єктів розміщення відходів з використанням архівних картографічних матеріалів і знімків з БПЛА.

У жовтні 2015 р. нами виконано аерофотознімання БПЛА TRIMBLE UX- 5 з проведенням польових і камеральних робіт. Для зменшення похибки за рельєф нами було заплановано 3 проекти на 3 різних висотах з поперечним та повздовжнім перекриттям, а також здійснено розрахунок апріорної оцінку точності.

На основі опрацювання результатів аерознімання в ПП Trimble Business Center Photogrammetry створено ортофотоплан (Рис. 12) та хмару точок (Рис. 13), обчислено об'єм сміттевого тіла (4 072 357 куб. м) та площу (274 527 кв. м). Для

контролю висоти складування відходів на полігоні створено ізопахіти висоти складання сміття, де в південній частині висота більше 50 м (Рис. 14).

Після пожежі на території ЛМП ТПВ у червні 2016 р. виникла потреба оновлення картографічних даних про полігон і прилеглі до нього території шляхом створення топографічного плану масштабу 1:500 з перерізом рельєфу через 0,5 м.

При цьому здійснено обґрунтування вибору методу знімання в умовах надзвичайних ситуацій, де враховано: конфігурація полігону та прилеглих територій, вибір методу та межі їх знімання; поодинокі загоряння сміття, що можуть суттєво вплинути на отримані результати при побудові ортофотоплану та ЦМР; небезпека повторного зсуву сміття обумовлює застосування методу знімання з використанням БПЛА. На основі створеного ортофотоплану (Рис. 19) та хмари точок (Рис. 15) укладено топографічний план (Рис.16).

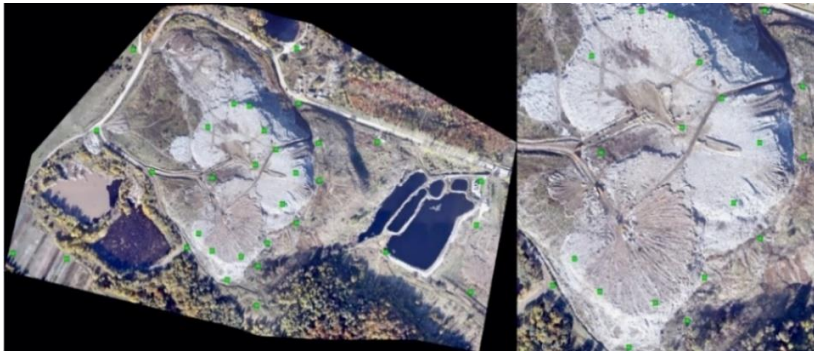


Рис. 12. Ортофотоплан з розташуванням опорних точок (жовтень 2015)



Рис. 13. Хмара точок з накладанням ортофотоплану

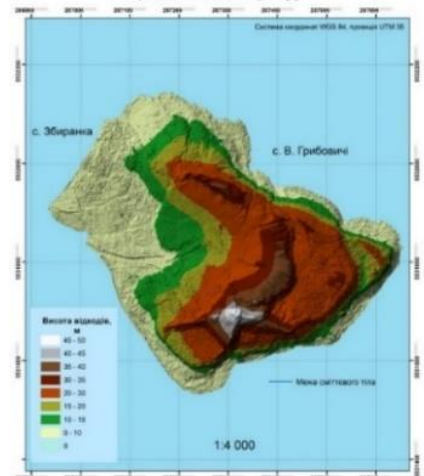


Рис. 14. Ізопахіти відходів ЛМП ТПВ (жовтень 2015)



Рис. 15. Хмара точок з накладанням ортофотоплану (червень 2016р.)

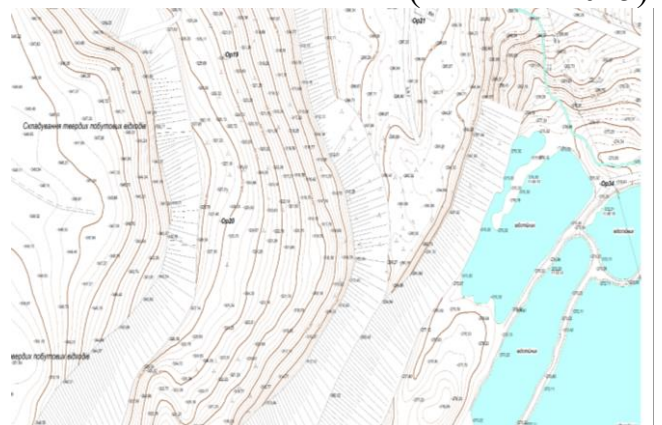


Рис. 16. Фрагмент топоплану ЛМП ТПВ (червень 2016 р.)

У подальшому за допомогою ГНСС-приймача у режимі RTK визначено координати 55 точок, які були використані для контролю побудови ортофотоплану та ЦМР. Результати обчислених СКП представлені в табл.1.

Таблиця 1

Значення СКП створеного топографічного плану ЛМП ТПВ

Значення СКП	Кількість контрольних точок	Ортофотоплан		ЦМР
		$m_x, м$	$m_y, м$	$m_z, м$
Допустиме для масштабу 1:500		0.10	0.10	0.16
Створеного плану	55	0.07	0.08	0.095

Значення СКП за контрольними точками свідчать, що створений топографічний план масштабу 1:500 на територію ЛМП ТПВ відповідає вимогам «Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500». Технологічну схему створення великомасштабного топографічного плану на територію ЛМП ТПВ представлено на Рис. 17.

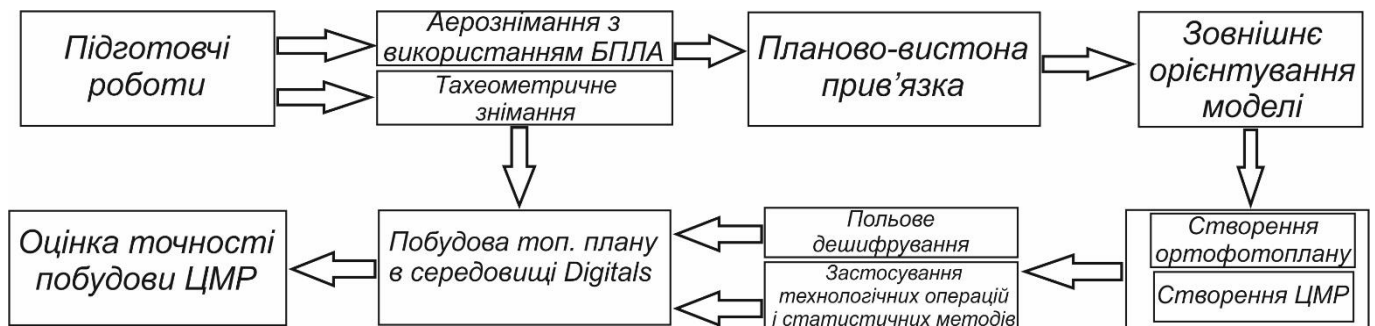


Рис. 17. Технологічна схема створення великомасштабного топографічного плану на територію ЛМП ТПВ в умовах надзвичайних ситуацій

Згідно з теорією інтегрального числення об'єм тіла можна обчислити за допомогою визначеного інтеграла.

$$V = \int_a^b S(z) dz; \quad (1)$$

де a, b – верхня та нижня межа змінної z , яку трактуємо як зміну глибини, $S(z)$ – площа поперечного перерізу, що обмежений на карті ізолініями.

Оскільки аналітичний вираз $S(z)$ невідомий, але для кожного z значення площ поперечних перерізів можна знайти по карті в дискретних точках, то для визначення об'єму застосуємо наближені методи обчислення інтегралів. Розбивши проміжок інтегрування на $2n$ відрізків, та застосувавши формулу чисельного інтегрування до кожного з них для інтеграла (1) отримаємо:

$$V_{2n} = \frac{h}{3} \left[S(z_0) + 4 \sum_{i=1}^n S(z_{2i-1}) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} S(z_{2i}) + S(z_{2n}) \right] \quad (2)$$

де $h = \frac{b-a}{2n}$, $z_i = a + hi$, $0 \leq i \leq 2n$, $z_0 = a$, $z_{2n} = b$;

Похибка обчислення об'єму за формулою (2) задається умовою:

$$\Delta = R_{2n} \approx \frac{|Q_{2n} - Q_n|}{15} \quad (3)$$

де Q_n – значення квадратурної формули для n інтервалів, Q_{2n} – значення

квадратурної формули для $2n$ інтервалів, R_{2n} – оцінка похибки числового інтегрування. Тоді уточнене значення об'єму згідно екстраполяції за Річардсоном можна знайти за формулою:

$$V_{n,m} = V_m + \frac{n^4}{m^4 - n^4} \cdot (V_m - V_n), \quad (m > n). \quad (4)$$

З іншого боку, значення функції $S(z)$ в фіксованих точках z_i обчислюється з карт з певною похибкою $\Delta S_i = S(z_i) - S_i$. Ця похибка ΔS_i з'являється, якщо площу, обмежену ізолініями на карті, обчислювати як площу N -кутника:

$$S = 0.5 \sum_{i=1}^N X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1}) \text{ або } S = 0.5 \sum_{i=1}^N Y_i (X_{i-1} - X_{i+1}); \quad (5)$$

і залежатиме від точності визначення координат точок на карті, кількості вершин багатокутника та складності конфігурації тіла. Ця похибка також впливає на загальну точність визначення об'єму за квадратурною формулою і при підстановці її у (2) дає другу частину похибки обчислення об'єму:

$$\Delta_2 = \frac{h}{3} \left(\Delta S_0 + 4 \sum_{i=1}^n \Delta S_{2i-1} + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \Delta S_{2i} + \Delta S_{2n} \right) \quad (6)$$

Отримане тіло сміттєзвалища було поділене на n січень з кроком h і відповідні значення об'єму подані в табл. 2.

Таблиця 2

Значення об'єму, які отримані для різного кроку перерізів

Значення перерізів	кроку	$V(h=10)$	$V(h=5)$	$V(h=4)$	$V(h=2)$	$V(h=1)$
Об'єм тіла визначений за формулою Сімпона		3984119,5	4077901,8	4077971,3	3832389,5	3830000,2

Отже, остаточне значення об'єму сміттєвого тіла $V_1 = 3829840,9$, де абсолютна похибка 16 372 куб. м або 6,0 %. Це загальне значення похибки зумовлено похибками при обчисленні площ поперечних перерізів та значень висот, а також відкиданням залишкового члена квадратурної формули. Звідси зрозуміло, що ця формула дає результат менший від істинного значення. Очевидно, що це наближене геометричне тіло, з точки зору об'єму, не тотожне загальному тілу і їх різниця - похибка апроксимації об'єму загального тіла. Загальну точність обчислення об'єму тіла можна характеризувати величиною

$$m^2 = m_{Va}^2 + m_{Vs}^2,$$

де m_{Va}^2 точність апроксимації тіла; m_{Vs}^2 - точність визначення об'єму за квадратурною формулою. Похибка m_{Va}^2 залежить від низки факторів: форми поверхні тіла, морфології. Компонент m_{Vs}^2 буде залежати від відстані між визначальними перерізами. Враховуючи формулу (2) та знайшовши часткові похідні, отримаємо формулу СКП цього методу:

$$m_{Vs}^2 = \frac{1}{9(2n)} \left[\left(S(z_0) + 4 \sum_{i=1}^n S(z_{2i-1}) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} S(z_{2i}) + S(z_{2n}) \right)^2 m_h^2 + h^2 \left(m_{S(z_0)}^2 + 16 \sum_{i=1}^5 m_{S(z_{2i-1})}^2 + 4 \sum_{i=1}^4 m_{S(z_{2i})}^2 + m_{S(z_{2n})}^2 \right) \right] \quad (7)$$

де $h = 5$, $n = 5$, $m_h = \frac{1}{3}h = 1.666 \text{ м}$ – (оскільки дані отримано з карти, де переріз рельєфу 5 м). Крім цього, СКП площ поперечних перерізів з врахуванням формули (5) обчислені наступним чином:

$$m_{S(z_i)} = \frac{m^2}{8N} \left(\sum_{i=1}^N (\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2) \right), \quad (8)$$

де $\Delta X_i = X_{i+1} - X_{i-1}$, $\Delta Y_i = Y_{i+1} - Y_{i-1}$, де N – кількість вершин багатокутника; $m = m_x = m_y = 5 \text{ м}$ – похибки визначення координат, які отримано з карти масштабу 1:25 000.

Отримавши дві складові похибки (m_h висоти та $m_{S(z_i)}$ площі) за формулою (7), нами встановлено, що СКП обчислення об'єму за формулою (2) $m_{Vs} = 306517,55$ куб. м або 7,52 %. Для обчислення СКП об'єму враховано максимальні значення планових та висотних похибок згідно масштабу (1:25 000) та перерізу рельєфу (5 м) карти. Для інших масштабів знімачь похибки обчислення об'єму за формулою парабол значно змінюються: від 1,5 % для масштабу 1: 5 000 до 0,75 % для масштабів 1: 2 000, 1: 1 000, 1: 500. Аналіз результатів СКП обчислення об'єму за квадратурною формулою показав, що найбільш значущим параметром є похибка визначення висотної складової.

У четвертому розділі «Геодезичний моніторинг зсувонебезпечної ділянки ЛМП ТПВ» обґрунтовано технологію виконання геодезичного моніторингу зсувонебезпечних ділянок об'єктів розміщення відходів. Для кількісного аналізу об'єму зсуву відходів на основі створених ЦМР побудовано два паралельні профілі (Рис. 18) вздовж напрямку руху відходів (Рис. 19). На основі аналізу профілів встановлено, що товщина накопичених відходів досягала 8 м, натомість товщина зсунутих - 10 м.

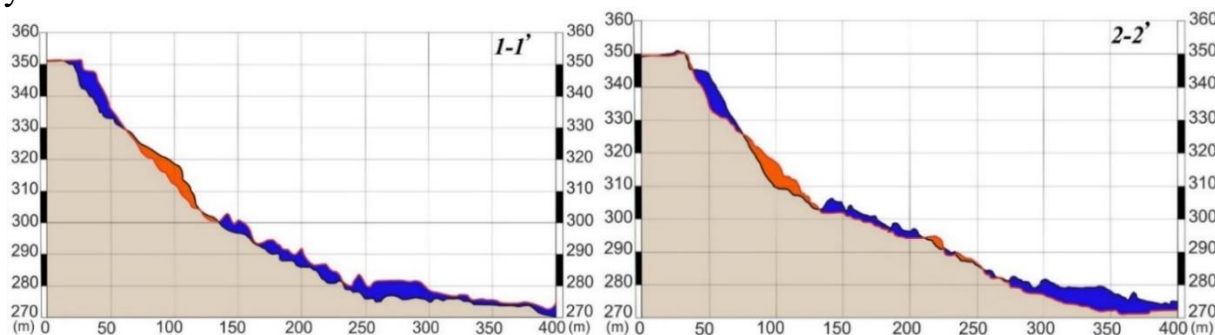
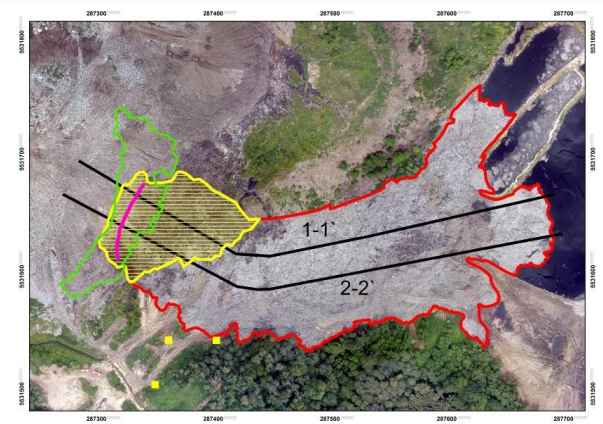


Рис. 18. Профільні лінії 1–1' та 2–2': — до зсуву в жовтні 2015 р.; — після зсуву в червні 2016 р.; ■ зсунуті відходи; ■ накопичені відходи.

Для проведення моніторингу на відстані 150-200 м від зсувонебезпечної ділянки ЛМП ТПВ було закладено 3 базові пункти. Їх координати визначено в режимі RTK двочастотним ГНСС-приймачем Trimble R7 від мережі базових станцій GeoTerrace (Україна).

Рис. 19. Ортофтоплан ЛМП ТПВ відходів у червні 2016 р.:

- межа ділянки, засипаної відходами після зсуву;
- межа ділянки складування відходів з жовтня 2015 по червень 2016 р.;
- тріщина, утворена в результаті зсуву;
- ▤ зсувонебезпечна ділянка ЛМП ТПВ;
- профільні лінії.



Використовуючи закладені пункти, в період з 11 по 30 червня 2016 р. виконано 10 циклів моніторингу зсувонебезпечної ділянки. Моніторинг виконували роботизованим тахеометром Topcon IS-301 у режимі сканування з дискретністю вимірювань 1 м у горизонтальному та вертикальному напрямках. Для візуалізації результатів період дослідження було поділено на 3 часові інтервали – 11-17 червня, 17-23 червня та 23-30 червня 2016 р., результати яких представлено на рис. 20. На основі аналізу різниць ЦМР зсувонебезпечної ділянки встановлено, що найактивніше зсувні процеси спостерігалися з 11 до 17 червня 2016 р. (Рис. 20 а). Протягом цього інтервалу у центральній частині зсувонебезпечної ділянки можна виділити значну зону накопичення відходів (близько 2 400 кв. м) із накопиченням від +0.4 до +4.1 м (зелений колір), а також значні осідання відходів в межах ідентифікованої тріщини від –0.5 до –2.5 м. (чорний колір).

Упродовж 17–23 червня 2016 р. (див. Рис. 20 б) простежується значне зменшення зони накопичення відходів у центральній частині, а також починає відбуватися процес формування однієї великої стабільної зони (червоний колір).

Упродовж цих двох часових інтервалів простежується також рівномірне зменшення значень осідань відходів в межах тріщини (від –0.4 до –1.3 м). З часом зсувні процеси слабшали і протягом 23-30 червня 2016 р. (Рис. 20 в) можна простежити відносну стабільність більшої частини зсувонебезпечної ділянки на площі 4 280 кв. м. Різниці ЦМР 11-30 червня 2016 р. бачимо на Рис. 20 г.

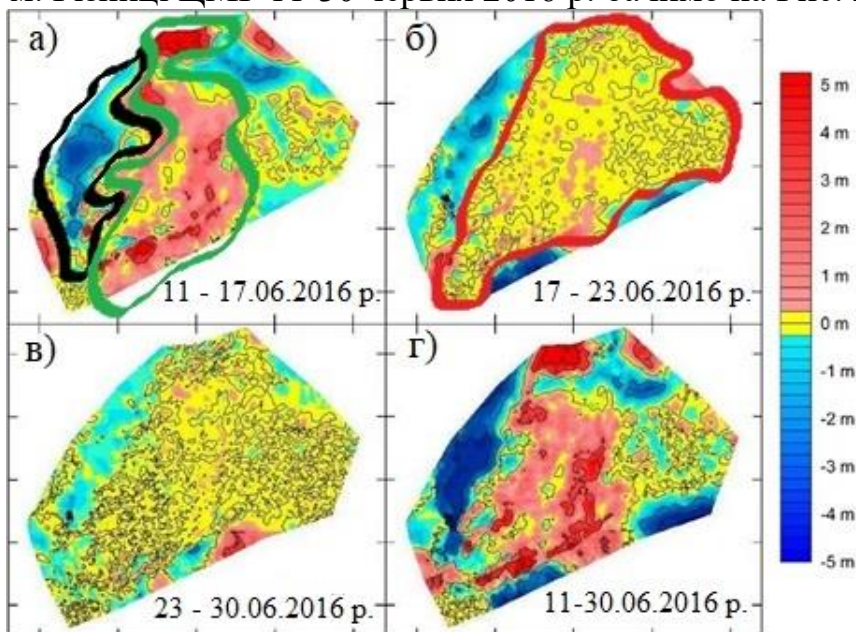


Рис. 20. Різниці ЦМР зсувонебезпечної ділянки ЛМП ТПВ

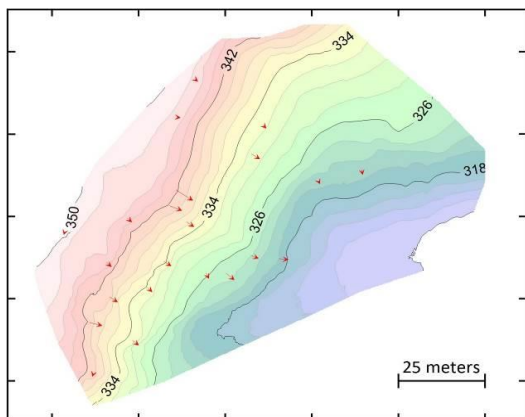


Рис. 21. Карта розподілу напрямків відносних горизонтальних рухів зсувонебезпечної ділянки ЛМП ТПВ упродовж 11-30.06.2016 р.

З метою отримання інформації про стан зсувонебезпечної ділянки ЛМП ТПВ 25 березня 2017 р. проведено повторне сканування. За знайденими різницями ЦМР у період з 30 червня 2016 р. по 25 березня 2017 р. бачимо осідання відходів в межах тріщини від -0.4 до -2.3 м, а також рівномірне накопичення відходів на решті зсувонебезпечної ділянки в межах від $+0.6$ до $+2.8$ м (Рис. 22 а).

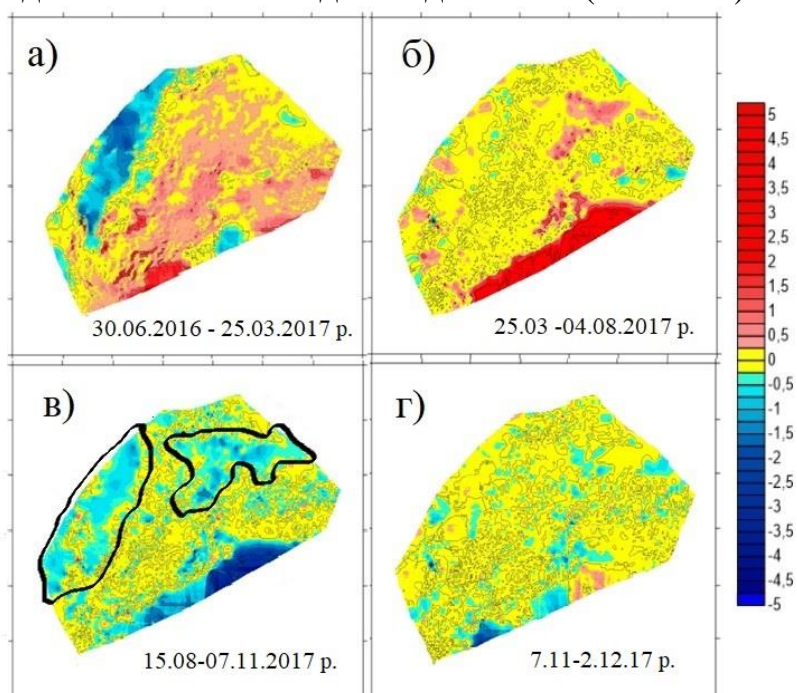


Рис. 22. Різниці ЦМР зсувонебезпечної ділянки ЛМП ТПВ

Аналізуючи різниці ЦМР на 25 березня 2017 р. та 15 серпня 2017 р. (4 місяці), у центральній частині зсувонебезпечної ділянки можна виділити один стабільний блок зі значеннями, близькими до нуля, а на решті ділянки простежується відносна стабільність від -0.4 до $+0.6$ м (Рис. 22 б). З 15 серпня по 7 листопада 2017 р. спостерігаємо осідання відходів в межах тріщини від -0.3 до -1.3 м, а також нерівномірне осідання відходів на решті зсувонебезпечної ділянки від -0.3 до -1.1 м. Для даного періоду спостережень можна стверджувати про перехід від одного стабільного блоку з попереднього циклу до незначної активації процесів осідання на схилі (чорний колір на Рис. 22 в). Це ділянка, в якій сформувалася тріщини, та ділянка, що знаходиться на рівні другої тераси складування відходів.

Для останнього циклу сканування 2 грудня 2017 р. (Рис. 22 г), більша частина зсувонебезпечної ділянки схилу жовтого та голубого кольору, що свідчить про стабілізацію схилу та незначне осідання відходів. На схилі відбувається здебільшого поступове фрагментарне осідання у межах від -0.5 м до +0.5 м.

Розроблено технологічну схему проведення інженерно-геодезичного моніторингу зсувонебезпечної ділянки (Рис. 23).

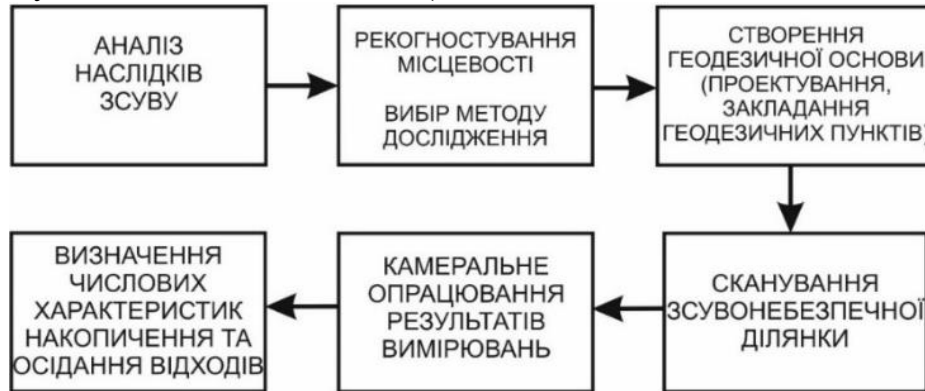


Рис. 23. Технологічна схема проведення інженерно-геодезичного моніторингу зсувонебезпечної ділянки ЛМП ТПВ

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дисертаційної роботи на основі теоретичних та експериментальних досліджень вирішено важливе завдання з розроблення методики проведення геоінформаційного моніторингу об'єктів розміщення відходів. Для забезпечення нормального, безпечного функціонування полігонів ТПВ необхідне розроблення комплексного підходу до ведення моніторингу на різних етапах життєвого циклу полігону – до початку створення, в активний період експлуатації та після його закриття. Вихідними даними для проведення моніторингу є архівні картографічні матеріали (топографічні плани та карти, аерофотознімки), дані знімання з БПЛА, результати інженерно-геодезичних вимірювань.

Основні результати дисертаційної роботи:

1. Проаналізовано сучасний стан дослідження об'єктів розміщення відходів (полігони ТПВ, (не) санкціоновані сміттєзвалища, відвали, хвостосховища (шлако-, шламо-, золосховище)). Встановлено, що найефективнішим засобом для аналізу, управління та планування діяльності у сфері поводження з відходами є використання ГІС-технологій. Використання таких технологій на основі різних джерел вхідних даних здійснюється широким колом спеціалістів з різних сфер діяльності: екології, географії, хімії, геодезії, картографії, містобудування, державної служби з надзвичайних ситуацій та ін.

2. Розроблено теоретико-методичні засади геоінформаційного моніторингу об'єктів розміщення відходів. Запропоновано:

– структурну схему моніторингу об'єктів розміщення відходів (сміттєзвалища, полігони ТПВ) відповідно до періодів їх життєвих циклів (пасивний, активний, постексплуатаційний). Для кожного з етапів сформовано такі види моніторингу: *ретроспективно-географічний аналіз архівних картографічних матеріалів, моніторинг складування ТПВ, моніторинг температурних режимів, моніторинг утворення біогазу та фільтрату; моніторинг просторового зміщення тіла полігону; екологічний моніторинг (атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод, шумового навантаження, експлуатаційної надійності споруд, ґрунту*

та рослин, стану здоров'я населення). Для кожного виду моніторингу сформульовано завдання, цілі та засоби реалізації;

– структурну схему системи геоінформаційного моніторингу об'єктів розміщення ТПВ із структурними блоками: збирання даних (*архівні матеріали, аерофотознімки, інформаційні ресурси, дані геодезичного знімання*), первинного опрацювання (*систематизація зібраних матеріалів, фотограмметричне опрацювання, імпорт даних у ГІС, просторова прив'язка, трансформація системи координат, векторизація, внесення атрибутивної інформації*), створення бази геопросторових даних, застосування методів геопросторового аналізу (*побудова ЦМР, обчислення геометричних параметрів полігонів ТПВ, виконання картометричних операцій, застосування функцій картографічної алгебри, просторового моделювання, оверлейного аналізу даних, побудова буферних зон, обчислення горизонтальних та вертикальних зміщень тіла полігону*).

– концептуальну модель баз даних системи геоінформаційного моніторингу об'єктів розміщення відходів, де складовими є: *БГД цифрової топографічної основи, БГД меж землевідведення ділянки та БГД просторово-часових даних*;

3. Розроблено класифікацію методів отримання даних для визначення площ та об'ємів, визначено їх переваги та недоліки, опрацювано рекомендації щодо їх використання.

4. Технологію геоінформаційного моніторингу апробовано на функціонуванні ЛМП ТПВ. Вона передбачає комплексний підхід із використанням архівних аеро- та картографічних матеріалів з першої половини ХХ ст. до 2006 р. (збір картографічної джерельної бази, моделювання початкової поверхні рельєфу, аналіз геометричних параметрів, встановлення тенденції до збільшення кількісних характеристик площі складування відходів упродовж 1972-1991 рр.). На основі побудованих ЦМР на 1988 та 2006 рр. визначено об'єми відходів ЛМП ТПВ, що становить відповідно 2 076 683 та 2 835 756 куб. м на площі 203 445 і 242 441 кв. м. Встановлено просторово-часові особливості функціонування ЛМП ТПВ, зокрема етапи формування терас складування відходів, а також появу господарських будівель, автошляхів, озер-гудронів та інших об'єктів. Дані матеріали дають змогу інтерпретувати зміну полігону та прилеглих територій для відслідковування тенденцій змін ландшафту місцевості, екологічних цілей, ефективності використання земель тощо.

5. Розроблено та апробовано:

– методику визначення об'єму об'єктів розміщення відходів з використанням архівних картографічних матеріалів і матеріалів знімань БПЛА, що передбачає виконання комплексу робіт з аерознімання та фотограмметричного опрацювання (підбір параметрів аерознімання, розрахонки апріорної оцінки точності визначення координат для БПЛА, камеральне опрацювання) для отримання сучасної просторової інформації (ортофотоплан та ЦМР) досліджуваного об'єкту;

– методику оцінки точності визначення об'єму за квадратурними формулами, де СКП становить у нашому випадку 7,52 % і залежить від двох значень похибок: площ поперечних перерізів і висотної складової. Дана методика є універсальною і може бути використана при дослідженні об'єктів розміщення відходів ((не) санкціоновані сміттєзвалища, відвали, хвостосховища (шлако-, шламо-, золосховище).

– технологію створення великомасштабного топографічного плану комбіно-

ваним методом в умовах надзвичайних ситуацій (пожежа, зсув тощо) з використанням БПЛА та електронного тахеометра, точність якого відповідає вимогам Інструкції з топографічного знімання у масштабі 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1 500.

– технологію геодезичного моніторингу зсувонебезпечної ділянки з використанням роботизованого тахеометра в безрефлекторному режимі, що включає в собі такі процеси: рекогностування місцевості та вибір методу дослідження, створення геодезичної основи (проектування, закладання пунктів), сканування зсувонебезпечної ділянки, камеральне опрацювання результатів вимірювань, визначення числових характеристик накопичення та осідання відходів. Завдяки даній технології впродовж червня 2016 – грудня 2017 р. (14 циклів моніторингу) встановлено відсутність критичних рухів, а дані результати застосовано для усунення та попередження подальших надзвичайних ситуацій.

6. Розроблено рекомендації щодо проведення геоінформаційного моніторингу для різних періодів життєвого циклу об'єктів розміщення відходів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних

1. Лозинський В. А. Методика визначення об'єму Львівського полігону ТПВ з використанням архівних картографічних матеріалів та БПЛА Trimble UX-5 / В. А. Лозинський, В. І. Нікулішин, К. Р. Третяк, К. Р. Шило // Геодезія, картографія і аерознімання. – 2016. – № 83. – С. 64–82.

2. Lozynskiy V. A. Technological features of creation of a large-scale topographical plan of Lviv city landfill using combined method / V. A. Lozynskiy, V. I. Nikulishyn, T. J. Ilkiv // Geodesy, Cartography and Aerial Survey. – 2016. – Volume 84. – pp. 65–75.

3. Lozynskiy V. A. Retrospective-geographical analysis of Lviv city landfill / V. A. Lozynskiy, I. Z. Kolb, T. J. Ilkiv // Geodesy, Cartography and Aerial Survey. – 2017. – Volume 86. – pp. 45–57.

Статті у фахових виданнях України:

4. Маліцький А. Аналіз наземних лазерних 3D-сканерів та сфера їх застосування / А. Маліцький, В. Лозинський // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2014. – № 27. – С. 21-25.

5. Лозинський В. А. Аналіз сучасних методів отримання даних для визначення об'ємів відходів та донних відкладів / В. А. Лозинський // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2015. – № 30. – С. 87–97.

6. Лозинський В. А. Моніторинг зсувонебезпечної ділянки Львівського міського полігону твердих побутових відходів (червень 2016 - березень 2017 років) / В. А. Лозинський, О. В. Ломпас // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2017. – № 34. – С. 92–97.

7. Ломпас О. В. Дослідження динаміки схилу зсувонебезпечної ділянки Львівського міського полігону твердих побутових відходів / О. В. Ломпас, В. А. Лозинський // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2018. – № 35. – С. 107–112.

Публікації, у збірниках матеріалів та тез конференцій

8. Фис М. М. Метод визначення об'єму у випадку апроксимації поверхні TIN-моделлю / М. М. Фис, М. І. Юрків, В. І. Нікулішин, В. А. Лозинський // Збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції «Геодезія. Землеустрій. Природокористування: Присвячується пам'яті П. Г. Черняги». м. Рівне, 9-10 листопада 2016 р. – 2016. – С. 54–55.
9. Ярема Н. П. Картографування забруднення навколишнього природного середовища Львівщини твердими побутовими відходами / Н. П. Ярема, Т. І. Марко, В. А. Лозинський // Збірник Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених "GeoTerrace-2016". м. Львів, 15-17 грудня 2016 р. – 2016. – С. 166–167.
10. Lozynskiy V. A. Classification of methods and techniques for determining the volumes of waste and sediments / V. A. Lozynskiy // 6th International Youth Science Forum «LITTERIS ET ARTIBUS». Lviv, Ukraine, November 26-28, 2016. – pp. 119–122.
11. Нікулішин В. І. Застосування БПЛА Trimble UX-5 для моніторингу наслідків зсуву на Львівському міському полігоні ТПВ / В. І. Нікулішин, І. Р. Савчин, О. В. Ломпас, В. А. Лозинський // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «ЕКОГЕОФОРУМ-2017. Актуальні проблеми та інновації». м. Івано Франківськ, 22-25 березня 2017 р. – С. 302–303.
12. Lozynskiy V. A. The catastrophic waste-slide at Lviv Municipal Solid Waste Landfill on May 30, 2016 / V. A. Lozynskiy, V. I. Nikulishyn, O. V. Lompas, I. R. Savchyn // Book of Abstract VIII Miedzynarodowa konferencja Naukowa z cyklu Innowacyjne technologie geodezyjne - zastosowania w roznych dziedzinach gospodarki. Kamionka Poland 7-9 czerwca 2017 – pp. 75–76.
13. Лозинський В. А. Аналіз архівних картографічних матеріалів на територію Львівського міського полігону ТПВ з 1950 по 1990 роки / В. А. Лозинський // Збірник праць матеріалів восьмої всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Наукова Весна 2017» м. Дніпро, 26-27 квітня 2017 р. – С. 27–28.
14. Лозинський В. А. Технологічні особливості створення великомасштабного топографічного плану Львівського міського полігону твердих побутових відходів комбінованим методом / В. А. Лозинський, В. І. Нікулішин, Т. Я. Ільків, О. В. Ломпас // Матеріали Восьмої міжнародної науково-технічної конференції «Моніторинг довкілля, фотограмметрія, геоінформатика – сучасні технології та перспективи розвитку» м. Львів – Східниця, 2017 – С. 86 – 90.
15. Lozynskiy V. A. Analysis of archival cartographic materials for the modeling of digital terrain model of the Lviv city landfill during 1988-2008 / V. A. Lozynskiy // 7th International Youth Science Forum «LITTERIS ET ARTIBUS». Lviv, Ukraine, November 23-25, 2017. – pp. 208–209.
16. Фис М. М. Обчислення об'єму, що визначається рельєфом та описується картографічними даними / М. М. Фис, М. І. Юрків, В. А. Лозинський // Збірник міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених "GeoTerrace-2017". м. Львів, 14-16 грудня 2017 р. – 2017. – С. 134–136.
17. Фис М. М. Оцінка точності визначення об'єму за формулою Сімпсона для Львівського міського полігону твердих побутових відходів / М. М. Фис, М. І. Юрків, В. А. Лозинський // Матеріали ІХ міжнародної науково-практичної конференції «Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні, лісовпорядкуванні та природокористуванні». м. Ужгород, 4-6 жовтня 2018 р. – 2018. – С. 124–127.

АНОТАЦІЯ

Лозинський В.А. Геоінформаційний моніторинг полігонів твердих побутових відходів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.24.01 – «Геодезія, фотограмметрія та картографія». – Національний університет «Львівська політехніка», Міністерство освіти і науки України, Львів, 2019.

Дисертаційна робота присвячена обґрунтуванню теоретико-методичних засад проведення геоінформаційного моніторингу територій розміщення відходів функціонуючих урбосистем та її апробація на прикладі Львівського міського полігону ТПВ. Розроблено комплексний підхід до ведення геоінформаційного моніторингу таких об'єктів, що охоплює всі періоди функціонування полігону ТПВ.

У дисертаційній роботі розроблено класифікацію методів і способів отримання даних для визначення площ та об'ємів об'єктів розміщення відходів. Геоінформаційний моніторинг об'єктів розміщення відходів відповідно до періодів їх життєвих циклів включає такі види моніторингу: ретроспективно-географічний аналіз архівних картографічних матеріалів, моніторинг складування ТПВ, температурних режимів, утворення біогазу та фільтрату; моніторинг просторового зміщення тіла полігону; екологічний моніторинг. Розроблено технологію проведення геоінформаційного моніторингу динаміки функціонування ЛМП ТПВ, яка передбачає застосування комплексного підходу з використанням архівних аеро- та картографічних матеріалів. Розроблено та апробовано універсальну методику визначення об'єму об'єктів розміщення відходів з використанням архівних картографічних матеріалів і матеріалів знімань БПЛА. Розроблено методику оцінки точності обчислення об'єму тіла полігону та ярів за квадратними формулами. Розроблено технологію геодезичного моніторингу зсувонебезпечних ділянок об'єктів розміщення відходів.

Ключові слова: геоінформаційний моніторинг, картографічні матеріали, безпілотний літальний апарат, сміттєзвалище, полігон твердих побутових відходів

АННОТАЦИЯ

Лозинский В.А. Геоинформационный мониторинг полигонов твердых бытовых отходов. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.24.01 - «Геодезия, фотограмметрия и картография». - Национальный университет «Львовська політехніка», Министерство образования и науки Украины, Львов, 2019.

Диссертация посвящена обоснованию теоретико-методических основ проведения геоинформационного мониторинга территорий размещения отходов функционирующих урбосистем и ее апробация на примере Львовского городского полигона твердых бытовых отходов (ТБО). Разработан комплексный подход к ведению геоинформационного мониторинга таких объектов, который охватывает все периоды функционирования полигона ТБО.

В диссертационной работе разработана классификация методов и способов

получения данных для определения площадей и объемов объектов размещения отходов. Геоинформационный мониторинг объектов размещения отходов в соответствии с периодами их жизненных циклов включает следующие виды мониторинга: ретроспективно-географический анализ архивных картографических материалов, мониторинг складирования ТБО, температурных режимов, образования биогаза и фильтрата; мониторинг пространственного смещения тела полигона; экологический мониторинг. Разработана технология проведения геоинформационного мониторинга динамики функционирования ЛГП ТБО, которая предусматривает применение комплексного подхода с использованием архивных аэро- и картографических материалов. Разработана и апробирована универсальная методика определения объема объектов размещения отходов с использованием архивных картографических материалов и материалов съемок БПЛА. Разработано методике оценки точности вычисления объема тела полигона и оврагов по квадратурным формулам. Разработана технология геодезического мониторинга оползневых участков объектов размещения отходов.

Ключевые слова: геоинформационный мониторинг, картографические материалы, беспилотный летательный аппарат, свалка, полигон твердых бытовых отходов

ANNOTATION

Lozynskiy V. A. Geoinformational monitoring of municipal solid waste landfills –On the rights of manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences on specialty 05.24.01 – «Geodesy, photogrammetry and cartography». – Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2019.

The thesis is devoted to the substantiation of the theoretical and methodological foundations for conducting geoinformational monitoring of waste disposal sites of functioning urban systems and its approbation on the example of the Lviv city MSW landfill site. An integrated approach to the maintenance of geoinformational monitoring of such objects has been developed, covering all periods of the functioning of the MSW landfill.

A classification of ways and methods for obtaining data to determine the areas and volumes of waste disposal facilities was developed. It has been established that the most effective means for analyzing, managing, and planning activities in the field of waste management is the use of GIS technologies. The main directions of modern technologies application to achieve the effective use and management of waste disposal facilities were identified. Geoinformational monitoring of waste disposal facilities in accordance with the periods of their life cycles includes the following types of monitoring: a retrospective-geographical analysis of archival cartographic materials, monitoring of MSW storage, temperature regimes, formation of biogas and filtrate; monitoring the spatial displacement of the landfill body; ecology monitoring (air, surface and groundwater, noise load, operational reliability of structures, soil and plants, public health status). For each type of monitoring, objectives, goals and means of implementation were formulated.

Presents a general description and history of the operation of the Lviv city MSW landfill. Technology was developed for conducting geo-information monitoring of the dynamics of the operation of LCL, which provides for the application of an integrated

approach using archival aero- and cartographic materials. Studies of archival cartographic materials on the territory of LCL from the beginning of the twentieth century to 2006 were carried out. The initial surface relief of LCL was modeled on the basis of a topographic map on 1:25 000 scale in 1957. Interpretation of cartographic materials was carried out, which allowed to determine chronologically the areas of waste storage sites from 1972 to 2006 as well as the volumes of LCL wastes for 1988 and 2006. Recommendations on conducting a retrospective-geographical analysis of the parameters of waste disposal facilities with using archival aero- and cartographic materials were processed.

Highlights the implementation of a set of works on aerial survey and photogrammetric processing of its materials to obtain modern geospatial information about the landfill. A universal method for determining the volume of waste disposal facilities using archival cartographic materials and UAV survey materials was developed and tested, which includes the following steps: planning and aerial survey, calculating the mean square error of determining the points' coordinates from aerial survey with UAV, planned-altitude reference for aerial surveys materials, creating an orthophotomap and DTM. The technology for creating a topographic plan using a combined method in emergency situations (fire, displacement, etc.) was improved. Technique was developed for estimating the accuracy of calculating the volume of a landfill body and ravines using a quadrature formula. Recommendations were prepared for monitoring in the active period of the operation of MSW landfills.

Presents the results of conducting trial measurements by remote and contact methods. It was established that the use of a robotic total station in the reflex-free mode is an effective tool for observing processes in landslide- hazardous areas. The technology of geodetic monitoring of landslide areas of waste disposal facilities was developed. During June 2016 - December 2017, 14 monitoring cycles were performed, the absence of critical movements was recorded, and the results were used to eliminate and prevent further emergency situations. Using of this technology is a justified means for collecting geospatial information over long distances (1 200 m) in difficult meteorological conditions and, most importantly, it is safe from the point of view of occupational safety in the event of a risk of re-landslide. Recommendations were developed for monitoring the spatial displacement of landfill body and environmental monitoring.

Key words: geoinformational monitoring, cartographical materials, unmanned aerial vehicle, landfill, municipal solid waste landfill.

Підписано до друку 22.05.2019 р.
Формат 60x90 1/16. Папір офсетний.
Друк на різнографі. Умовн. друк. арк. 1,5. Обл.-видав. арк. 0,89.
Тираж 120 прим. Зам. 190862
Поліграфічний центр
Видавництва Національного університету “Львівська політехніка”
вул. Ф.Колесси, 4, 79013, Львів
Реєстраційне свідоцтво серії ДК № 4459 від 27.12.2012 р.