

^{1*} Кафедра картографії та геопросторового моделювання, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, тел. 098-71-31-398, ел. пошта viktor.lozynskyi@gmail.com

² Кафедра фотограмметрії та геоінформатики, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013.

РЕТРОСПЕКТИВНО-ГЕОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ ЛЬВІВСЬКОГО МІСЬКОГО ПОЛІГОНУ ТПВ

Мета. Щорічне зростання об'ємів сміття, що захоплюються на полігонах твердих побутових відходів (ТПВ), призводить до необхідності контролювати діяльність таких комунальних та приватних підприємств та проводити як екологічний, так і інженерний моніторинг їхньої діяльності. Серед контрольованих параметрів під час інженерного моніторингу є геометричні розміри земельних ділянок, розміри та динаміка тіла складу відходів, контроль поширення стічних вод та інші числові параметри, що їх можна отримати геодезичним методом та за допомогою неконтактних вимірювань. Для встановлення особливостей функціонування ТПВ у минулому важливим джерелом даних є архівні паперові карти та матеріали аерофотозйомки. Ці матеріали можна застосувати для вирішення низки наукових і практичних задач, а отже є потреба у побудові коректного представлення архівних даних у геоінформаційних системах та створення технології добування геоданих з архівних карт і знімків сучасними засобами. Основною метою роботи є встановлення просторово-часових особливостей функціонування Львівського міського полігону ТПВ за останні 60 років його діяльності.

Методика та результати роботи. Відповідно до поставленої мети ми зібрали та проаналізували архівні картографічні матеріали, які створені впродовж 1950–2006 рр. на території Львівського міського полігону ТПВ. Використовуючи топографічні карти станом на 1972, 1985, 1991 рр., створені в масштабі 1: 10 000, 1: 25 000, встановлено площі ділянки складування відходів на відповідний період, виявлено просторово-часові особливості функціонування полігону. Опрацьовано архівні аерофотознімки 1988 р., на основі яких планується в подальшому побудувати цифрову модель рельєфу. На основі топографічного плану 2006 р. побудовано цифрову модель рельєфу, визначено кількісні параметри Львівського полігону ТПВ, а саме: площу та об'єм.

Наукова новизна та практична значущість. Вперше в Україні проведено ретроспективно-географічний аналіз Львівського міського полігону ТПВ у період з 1950–2006 рр. на основі архівних матеріалів. Результати цього аналізу дають змогу встановити тенденції зміни просторово-часових особливостей функціонування, яка містить побудову цифрових моделей рельєфу та встановлення геометричних параметрів полігону ТПВ. Отримані результати геоінформаційного моделювання, які подані в цій роботі, можуть слугувати фахівцям у сфері поводження з відходами (спеціалісти житлово-комунального господарства, екологічної інспекції та науково-дослідних організацій) для контролю за дотриманням правил експлуатації полігонів ТПВ.

Ключові слова: полігон твердих побутових відходів, архівні карти і плани, архівні матеріали аерофотознімання, цифрова модель рельєфу, порівняння топографічних поверхонь.

Вступ

Темпи утворення твердих побутових відходів (ТПВ) з кожним роком зростають, а захоплення ТПВ в Україні здебільшого відбувається на (не) санкціонованих сміттєзвалищах, що в подальшому може призвести до спричинення техногенних катастроф локального характеру. Для контролю захоплення ТПВ слід встановити всю тенденцію функціонування полігону ТПВ, починаючи з етапу планування і аж до його рекультиваци. Використання сучасних геоінформаційних технологій сьогодні надає широкі можливості для опрацювання, зберігання, моделювання та аналізу різного роду картографічних матеріалів та даних дистанційного зондування, перевагою яких є інтегрування просторово-часових даних з різного роду джерел в єдину систему координат.

Ретроспективно-географічні дослідження в Україні набувають все більшої популярності, зокрема Сосою Р. І. в підручнику «Історія картографування території України» представлено основні картографічні твори, на яких відображені українські землі та розглянуто особливості загальногеографічного та тематичного картографування [Сосса, 2007]. Гулик С.В., провівши роботу зіставлення різночасових карт на 1780, 1855, 1925 рр., побудував картосхеми ландшафтів західного Поділля у різні періоди, обчислив дані площі та показав їх скорочення протягом зазначеного періоду

[Гулик, 2004]. Антропогенна трансформація природи заповідника „Медобори” та прилеглих територій впродовж двох часових періодів у 20-х і 80-х рр. ХХ ст. подана у дослідженні [Волік, 2008]. В праці виконано обчислення і порівняння площ окремих лісових масивів, сільськогосподарських угідь, забудованих земель, тощо на основі різночасових одномасштабних карт і встановлено зменшення лісистості регіону. Проведення ретроспективно-географічного аналізу забудови в межах Волинської області для с. Мишів впродовж сторіччя виконав Ничая О. О. Для побудови цифрової векторної моделі динаміки забудови авторами опрацьовано топографічні карти різних часових періодів (1910 р., 1933 р., 1975-1988 рр.) та космічні знімки (2014 р.), на підставі яких встановлено відмінності площі та рисунка селитебного ландшафту [Ничая, 2015].

Також використання архівних картографічних матеріалів (топографічні карти, аерофотознімки, космічні знімки, топографічні плани, описова інформація про об'єкт) може бути корисною для створення історичних цифрових моделей місцевості на прикладі ансамблю оборонних споруд «Цитаделі» у м. Львів [Четверіков, 2014], визначення місць масових поховань часів Другої світової війни [Четверіков, 2015], дослідження динамічних процесів на гірничо-промислових об'єктах [Грицьків, 2014].

Що стосується методів місць захоронення відходів, то отримання даних для визначення площ та об'ємів можливо здійснювати **методами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ)** та **контактними методами** [Лозинський, 2015].

Традиційне **аерофотознімання** є ефективним засобом проведення різного роду топографо-геодезичних і картографічних робіт, які забезпечують виконання низки завдань. Однією з перших робіт, в якій зустрічається застосування даних аерофотознімання для полігонів ТПВ, є праця, виконана Garofalo D. Запропоновано використання методики, що базується на візуальному аналізі територій, яка може надати такі дані як: межа та кількість відходів, що утворились; морфологічні характеристики та зберігається в базі даних і може бути використана для збільшення місткості захоронення відходів ТПВ на полігонах і сміттєзвалищах [Garofalo and Wobber, 1974]. Агентством з охорони навколишнього середовища США встановлено, що виконання топографічного знімання та аерофотознімання є одними із методів для визначення місцезнаходження, площі та історичних змін до об'єктів небезпечних відходів, зокрема аерофотознімки були використані в екологічних цілях ще з початку ХХ ст. [Brilis, 2000]. Аналіз історичних аерофотознімків, наданих з Національного архіву США на 1938, 1958, 1968 та 1978 рр. для полігону ТПВ, що в Сполучених Штатах Америки (США) виконаних в стерео режимі в масштабі до 1:20 000 висвітлено науковцями під керівництвом [Erb, 1981]. Однак авторами не встановлено важливі параметри полігону, такі як межа та об'єм.

Дані аерофотознімання застосовують і для з'ясування різного роду юридичних відносин [Lath, 1974, Slonecker, 2007]. Також дані аерофотознімання упродовж 1918–1927 рр. надали можливість отримати інформацію про зберігання, випробування та утилізацію небезпечних відходів, що подано в роботі [Slonecker, 2011].

Поєднання даних аерофотозніманням (1950, 1958 та 1964 рр.) та мультиспектральних знімків Landsat дало можливість розробити методику визначення та картографування несанкціонованих звалищ в історичному вимірі. Результати таких досліджень відображають морфологічні зміни ландшафту, територій прилеглих до полігону небезпечних відходів [Slonecker, 2010].

Ще однією сферою використання даних ДЗЗ є отримання цифрових моделей рельєфу (ЦМР), які можна використати під час розрахунку прогнозу стоків поверхневих вод, вимірювання об'єму води, який може зберігатися в спеціально відведених місцях та на поверхні полігону, а також для розрахунку об'ємів ТПВ [Vincent, 1994].

З розвитком технологій аерофотознімання виявилось нерентабельним для створення дрібномасштабних карт і на зміну йому здебільшого почали використовувати **космічне знімання**. Однією з перших робіт такого роду, в якій висвітлено використання даних космічного знімання для моніторингу полігону Ал- Курейн (Al-Qurain, Кувейт), є дослідження, виконані в [Kwarteng, 2004]. Використовуючи знімки Landsat Multispectral Scanner, Landsat Thematic Mapper, IKONOS, і synthetic aperture radar (SAR), авторами визначено динаміку змін параметрів полігону ТПВ упродовж 1972–2000 рр.

Подібну методику використали турецькі вчені Seker D., і Кауа для моніторингу полігону ТПВ в Стамбульській агломерації. На основі супутникових знімків IRS 1C PAN (просторова роздільна здатність 5×5 м., 2000 р.) та IKONOS MS (просторова роздільна здатність 4×4 м., 2004 р.) визначено зміну площі та об'єму полігону ТПВ у період з 2000 до 2004 р. Дослідниками створена цифрова модель рельєфу, яка надала можливість проаналізувати тенденцію розвитку полігону. Виявлено просторові та тимчасові зміни полігону ТПВ [Seker, 2011].

На основі різночасових супутникових стереознімків китайський вчений [Qingsheng, 2010] провів аналіз динаміки зміни площі полігону міста Цзяочжоу (Jiaojiapo Waste Landfill, Китай). Результати дослідження показали, що площа полігону збільшується з кожним роком. Встановлено, що використання даної методики, яка базується на використанні супутникових знімків CBERS, є корисною для оперативного моніторингу динамічної зміни сміттєзвалищ ТПВ.

Слід зауважити, що в більшій частині досліджених публікацій простежується тенденція до збільшення площ та об'ємів, які зайняті під полігонами ТПВ, (не) санкціонованими сміттєзвалищами. Однак протилежна тенденція прослідковується в дослідженні казахських вчених, яким використання супутникових знімків, отриманих з сервісу SAS PLANET, надало можливість встановити зміни меж двох існуючих та одного закритого полігонів ТПВ за період 2003–2016 рр., що знаходяться в м. Алмати (Казахстан). В дослідженні побудовано карти зміни меж 5 несанкціонованих сміттєзвалищ, а отримані авторами дані свідчать про необхідність контролювати та здійснювати цільові заходи щодо визначення тенденцій забруднення та збільшення буферної зони полігонів ТПВ. Цікавим є той факт, що для полігону Карасай (Алмати, Казахстан) простежується тенденція до зменшення площі, що зайнята ним відтак у 2002 р. його площа становила 45,5 га, в 2012 р. – 27,8 га, а в 2016 р. – 10,65 га. За цей період площа полігону ТПВ набула динаміки скорочення на 34,35 га за рахунок тощо, що він знаходився в безпосередній близькості до міста і у зв'язку з цим був закритий як такий, що не відповідає санітарним нормам [Kaliaskarova, 2017].

На основі проведеного огляду літературних джерел можна стверджувати, що архівні картографічні матеріали, супутникові та аерознімки, топографічні карти та різного роду описові матеріали можуть бути корисним джерелом даних для отримання достовірної інформації під час дослідження об'єктів в ретроспективно-географічному контексті. Що стосується Львівського міського полігону ТПВ, то варто зазначити, що обрана тематика для даного об'єкту є мало вивченою і потребує проведення різного роду теоретичних та експериментальних досліджень.

Мета

Основною метою роботи є встановлення тенденції зміни просторово-часових особливостей функціонування Львівського міського полігону ТПВ із використанням архівних матеріалів 1950–2006 рр..

Для досягнення поставленої мети слід виконати наступні етапи:

- ❖ збір та аналіз архівних матеріалів, які були створені впродовж 1950–2006 рр. на територію Львівського міського полігону ТПВ;
- ❖ на підставі аналізу різночасових топографічних карт встановити зміни ділянки складування відходів Львівського міського полігону ТПВ;
- ❖ опрацювати архівні аерофотознімки станом на 1988 р. для побудови цифрової моделі рельєфу Львівського міського полігону ТПВ;
- ❖ на основі топографічного плану 2006 р. побудувати цифрову модель рельєфу та встановити числові характеристики зміни площі та об'єму складування відходів впродовж 1950–2006 рр. для Львівського міського полігону ТПВ.

Методика та результати роботи

В 1950 р. із різким збільшенням чисельності населення для м. Львова постала необхідність визначення місця, де буде відбуватися захоронення відходів, відтак таким місцем стала ділянка, яка знаходилась у с. В. Грибовичі. На тодішній період не було виконано спеціального підбору ділянки під полігон, а вибрано місцевість, що характеризується складними формами рельєфу – ярами та перепадом висот, що становить близько 80 м. В офіційних документах своє функціонування Львівський міський полігон ТПВ розпочав у 1959 р., і тому аналіз архівних картографічних матеріалів розпочнемо від цього періоду.

Аналіз архівних картографічних матеріалів впродовж 1950–1991 рр. на територію Львівського міського полігону ТПВ

Значні зміни місцевості після Другої світової війни спричинили потребу оновлення топографічних карт, а й подекуди проведення нових топографічних зйомок. Відповідно до постанови Ради Міністрів СРСР № 760 від 7 квітня 1946 року на території СРСР було введено єдину систему геодезичних координат і висот, яка дістала назву «Система координат 1942 року». Для відліку висот було прийнято рівень висоти Балтійського моря. Водночас значного розвитку з середини 1950 рр. набули топографічні знімання в масштабі 1:10 000 та 1:25 000. Представником цього періоду є топографічна карта М-35-73-А-в (рис. 1) станом місцевості на 1957 р., виконана в масштабі 1:25 000 з перерізом рельєфу 5 м система координат СК-42, система висот Балтійська, проекція Гауса-Крюгера. Особливістю полігону є те, що він був утворений на 2 ярах з висотою бортів 10 м, а також на даній карті на той час відсутня будь-яка інформація про сміттєзвалище.

На основі карти 1957 р. побудовано TIN модель (рис. 2), що використана в якості початкової поверхні для визначення об'єму відходів Львівського міського полігону ТПВ та чітко відображає рельєф ярів [Лозинський, 2016].

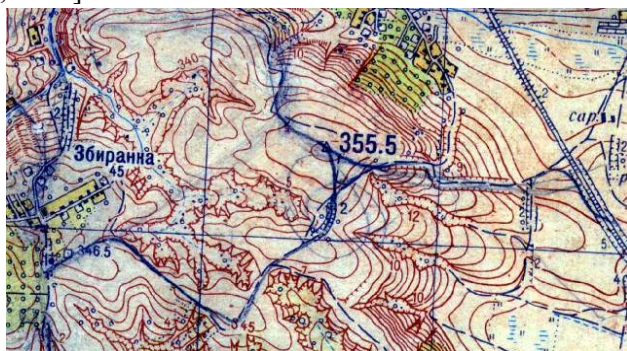


Рис. 1. Фрагмент топографічних карт масштабу 1: 25 000 з інтервалом контурів 5 м (1957 р.)

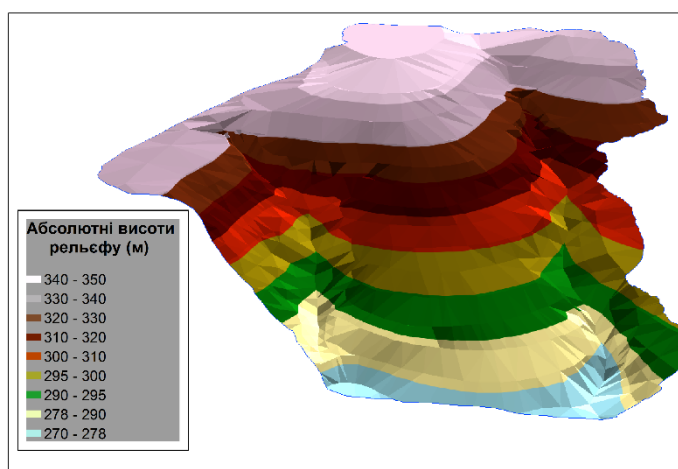


Рис. 2. TIN моделі початкового рельєфу Львівського полігону з 1957 р.

В 1972 р. видано топографічну карту в масштабі 1:25 000 з перерізом горизонталей через 5 м., система координат 1942 р., система висот Балтійська (рис.3). На даній карті бачимо позначення про сміттєзвалище, що має чітко встановлені контури і значення зростання та спадання висот складування відходів сягає 45 та 5 м. в пн.сх. та пн.зх. частині відповідно. На території сміттєзвалища на 1971 р. відсутній другий яр, що вочевидь на той час був заповнений відходами і є позначення водойми, в якій зберігалися кислі гудрони. Варто зазначити, що на даній топографічній карті є умовний знак дороги з асфальтним покриттям шириною 8 м., що проходить поруч зі сміттєзвалищем. З другої сторони дороги можемо побачити позначення будівель, що слугували господарською зоною, де розміщені адміністративні, побутові та виробничі будинки і споруди (8 шт.), а також є позначення двох водойм (озера гудрони).



Рис. 3. Фрагмент топографічних карт масштабу 1: 25000 з інтервалом контурів 5 м (1972 р.)

В 1985 році видано топографічну карту з номенклатурою М-35-73-А-в-1, що була укладена в масштабі 1:10 000 з перерізом рельєфу 2 м. (рис. 4). Враховуючи те, що дана карта укладена в більшому масштабі, можна виділити фактично дві карти складування відходів, між якими було прокладено під'їзну дорога шириною 8 м. Для однієї з ділянок складування відходів висота меж складає 20 м.. Що стосується змін, що відображені в карті в період з 1972 по 1985 рр., то бачимо, що в південній частині сміттєзвалища з'являються два нові озера гудрони, декілька точок знімальної мережі, що показують висоту місцеположення пункту в метрах над рівнем моря, а також на карті відсутнє позначення першого яру, що на даний період також був засипаний відходами.

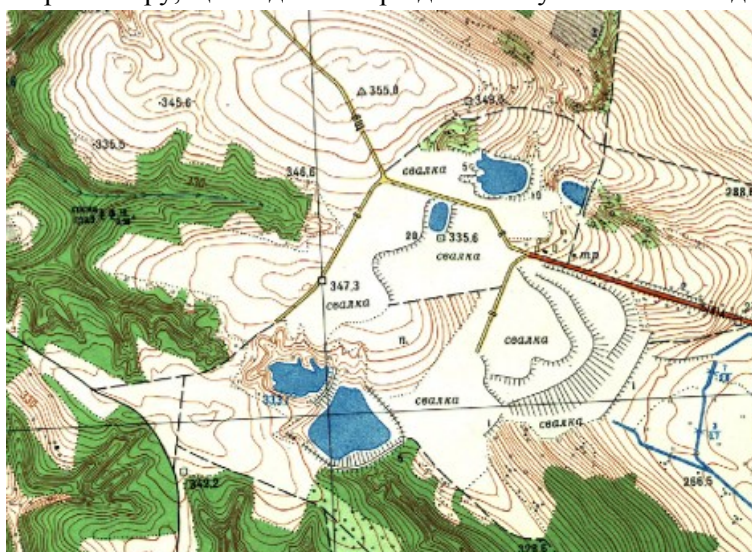


Рис. 4. Фрагмент топографічних карт масштабу 1:10 000 з інтервалом контурів 2 м (1985 р.)

На основі карти масштабу 1:10 000 (1985 р.) у 1991 р. видано топографічну карту в масштабі 1:25 000 і тому суттєвих відмінностей між ситуацією не можливо побачити.

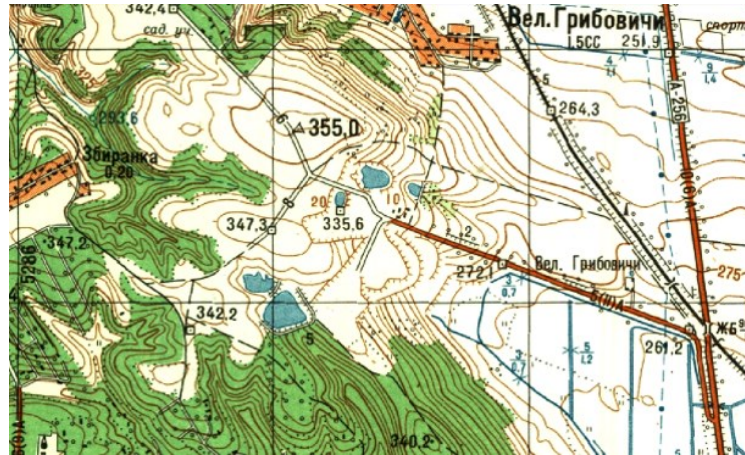


Рис. 5. Фрагмент топографічних карт масштабу 1: 25000 з інтервалом контурів 2 м (1991 р.)

Опрацювання архівних топографічних карт для моніторингу ділянки складування відходів Львівського міського полігону ТПВ

Для моніторингу ділянки складування відходів за координатною сіткою здійснено реєстрацію архівних картографічних матеріалів, що виконано в програмному продукті ArcGis. При виконанні реєстрації для кожної з карти вибрано не менше 6 точок, і для трансформації вибрано поліноміальну модель трансформації 2-го порядку. Максимальні похибки реєстрації архівних картографічних матеріалів надано в табл. 1., що дає можливість стверджувати про використання цих матеріалів в подальших дослідженнях для змін ділянки складування відходів.

Таблиця 1

Максимальні похибки реєстрації архівних картографічних матеріалів

	Масштаб	Максимальна похибка, м
Топографічна карта (1957 р.)	1:25 000	4,89
Топографічна карта (1972 р.)	1:25 000	4,78
Топографічна карта (1985 р.)	1:10 000	1,85
Топографічна карта (1991 р.)	1:25 000	4,76

Наступний крок – створення share файлів полігонального типу з відповідними межами для кожної карти. Збережені файли накладено на топографічну карту станом на 1957 р. (рис. 6) та визначено площу ділянок складування відходів, яка становить на 1972 р. – 85 265,67 м.кв., 1985 р. – 185 690,44 м. кв., 1991 р. – 177 690,44 м. кв.

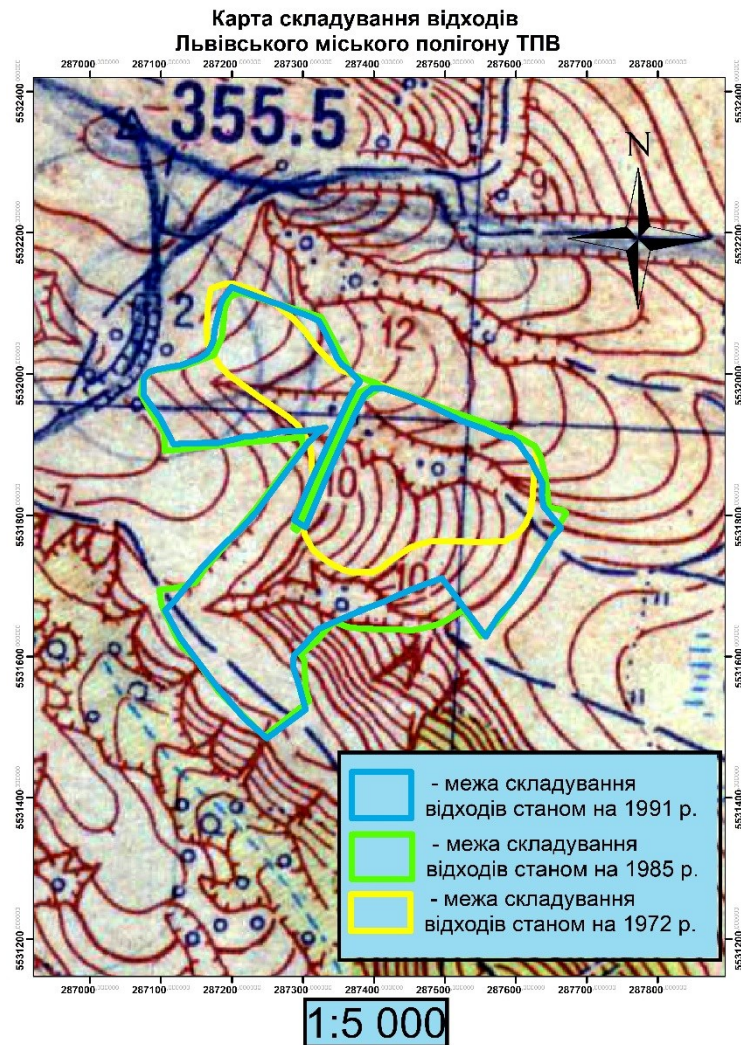


Рис. 6. Фрагмент топографічних карт масштабу 1: 25000 з інтервалом 2 м (1991 р.)

Опрацювання архівних аерофотознімків станом на 1988 р. для побудови цифрової моделі рельєфу Львівського міського полігону ТПВ

Моделювання топографічної поверхні території Львівського міського полігону ТПВ виконане нами із застосуванням маршруту із чотирьох аерознімків (рис. 7), виконаних 5 жовтня 1988 р., що отримано аналоговою аерофотокамерою АФА ТЕ 100, для яких нами визначено 3 стереопари для фотограмметричного опрацювання. В подальшому фотоматеріали відскановано з роздільною здатністю 1200 dpi.

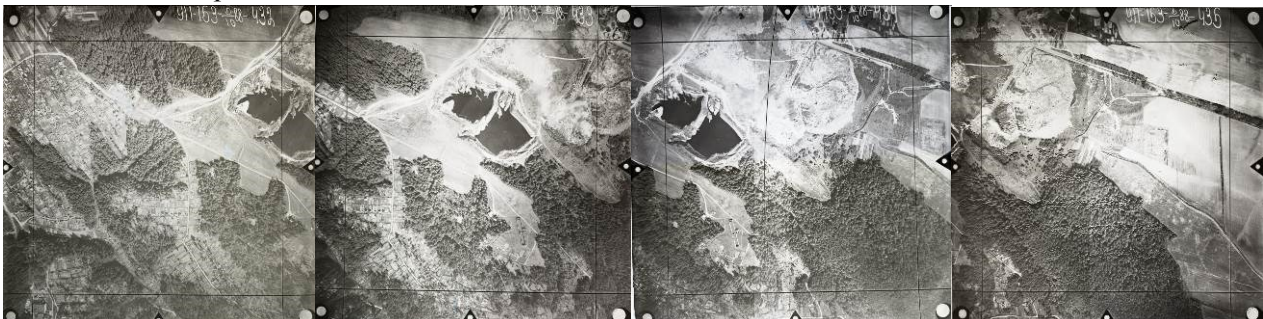


Рис. 7. Аерофотознімки муніципального полігону Львова 5 жовтня 1988 р

Знімки мають посередню візуальну якість, малоконтрастні. Паспортні дані АФА та елементи орієнтування знімків невідомі. Тому обрано наступну послідовність фотограмметричного оброблення:

- 1) Формується наземна опорна мережа (рис. 8) з наявних матеріалів геодезичних вимірювань та великомасштабних ортофотопланів;
- 2) Виконується аеротріангуляція методом зв'язок;
- 3) На ділянку дослідження формується щільна хмара 3D точок.

На території дослідження виконане GPS знімання з метою забезпечення маршруту аерознімків опорними та контрольними точками. Всього опорна наземна мережа складається з 18 точок, просторові координати яких визначено з точністю $\pm 0,05\text{м}$. Враховуючи, що з дати аерознімання до дати геодезичного прив'язування аерознімків пройшов значний час – 29 років, складним виявилось відібрати необхідну кількість контурів, які збереглися на місцевості протягом цього часу. В якості таких контурів обрано як тверді контури – кути збережених та зруйнованих будинків, електротрансформатор, так і у меншій мірі просторово однозначно визначені контури – перехрестя доріг.

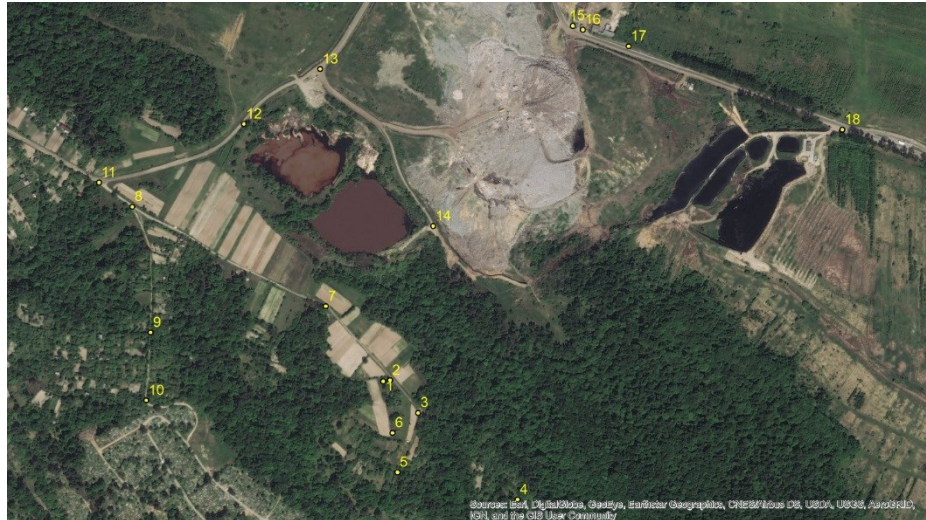


Рис. 8. Розташування опорних та контрольних точок на знімку Google Eath

Опізнавання зображень точок опорної мережі на архівних аерознімках виконувалось з допомогою космічного зображення сервісу Google Eath, отриманого на проміжний час між датами аерознімання та створенням опорної мережі (аерознімання – 5.10.1988, космічний знімок – 3.11.2005, GPS знімання – 5.11.2017). З виїздом на місцевість полігону ТПВ та прилеглих територій виконано дешифрування таких характерних точок (рис. 9).



Рис. 9. Процес польового дешифрування та координування опорної мережі

На вказаній території ведеться інтенсивна господарська діяльність, змінюються склад і контури рослинності, характер використання земель в цілому. Тому відшукати достатню кількість збережених контурів місцевості, які можна використати як опозначки? не вдалось. Нами пропонується в такому випадку застосувати комбіновану опорну мережу (рис. 10):

- Точки сучасного GPS знімання на твердих, надійно опізнаних контурах використовуються як планово-висотні опозначки;

- Точки сучасного GPS знімання на ненадійно опізнаних контурах використовуються як висотні опознаки;
- Точки, необхідні для якісного забезпечення маршруту опознаками на кутах знімків, отримуємо з наявних ортофотопланів масштабу 1:5000.

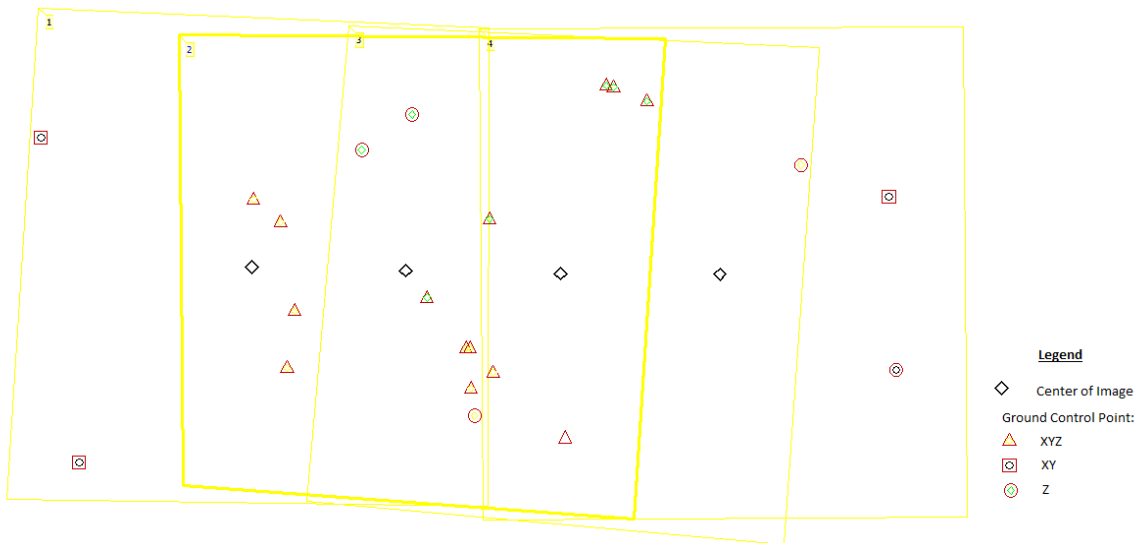


Рис. 10. Проект опорної мережі, сформованої комбінуванням точок GPS знімання та точок, отриманих з ортофотоплану

Для визначення достатності мережі для фотограмметричного опрацювання виконане створення незалежних фотограмметричних моделей. Точність взаємного орієнтування знімків наведена в таблиці

Таблиця 2

Точність взаємного орієнтування архівних знімків

Номер стереопари	Кількість точок	Остаточний поперечний паралакс, пікс.			Різниця кутів капа, °	Рівномірність розподілу
		СКП	середнє (модуль)	max		
1 — 2	13	0.350	0.295	0.765	0.743753	нерівномірний
2 — 3	12	0.597	0.516	0.936	0.686162	рівномірний
3 — 4	10	0.401	0.297	0.879	0.147152	нерівномірний

Як бачимо з таблиці, кількість точок в робочих площинах стереопар достатня для створення моделей, розподіл точок в площині крайніх стереопар маршруту нерівномірний, середні значення залишкових поперечних паралаксів складають 0.3–0.5 піксела. Це говорить про задовільну точність отриманих фотограмметричних моделей і отже, немає потреби в додатковому вимірюванні зв'язкових точок.

Наступним кроком фотограмметричної обробки є фототріангуляція. Мережа фототріангуляції будувалась способом зв'язок в середовищі пакету програм PHOTOMOD. Додаткове вимірювання зв'язкових точок не виконувалось через дві обставини:

- 1) висока щільність наявної опорної мережі, наявність опорних точок в зонах подвійного та потрійного перекриття знімків;
- 2) недостатня зображувальна якість знімків, що впливає негативно на роботу автокорелятора.

Результатом фототріангуляції є визначення елементів орієнтування аерофотознімків та оцінка точності урівнювання за шістьма контрольними точками. Отримано середні квадратичні помилки визначення координат на шести контрольних точках: $m_x=0.39$ м., $m_y=0.62$ м., $m_z=0.82$ м.,

Перспектива подальших досліджень полягає у моделюванні ЦМР в автоматичному режимі в спеціалізованих фотограмметричних пакета та в ручному режимі на цифровій фотограмметричній станції «Дельта».

Створення цифрової моделі рельєфу на основі топографічного плану Львівського міського полігону ТПВ станом місцевості на 2006 р.

На замовлення Львівської міської ради у 2006 р. «Львівдіпрокомунбуд» створено топографічний план (рис. 11) в масштабі 1:1 000 з перерізом рельєфу 0,5 м. у Балтійській системі висот. Даний топографічний план охоплює територію Львівського міського полігону ТПВ і містить інформацію про рельєф в вигляді горизонталей, пікетів і умовних позначень уступів з відмітками висоти. Також відображені такі об'єкти як озера-відстійники фільтрату, озера гудрони, ситуацію на місцевості (будівлі, споруди, дороги, лінії електропередач та їхні характеристики).

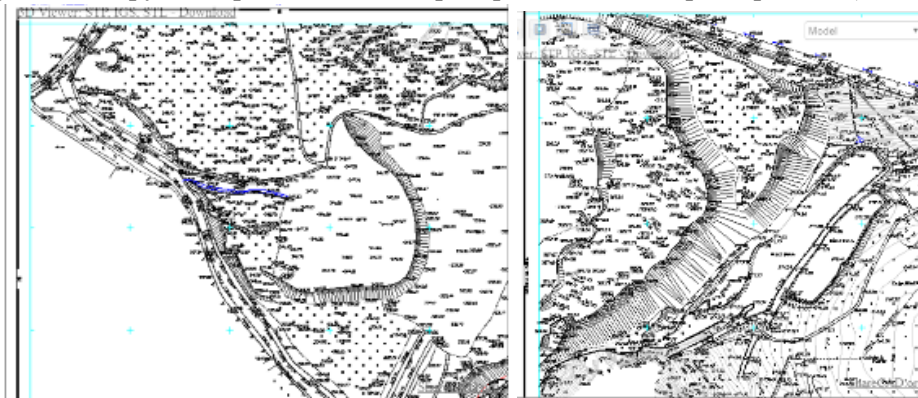


Рис. 11. Фрагмент топографічного плану станом на 2006 р.

Для опрацювання даного картографічного матеріалу було обрано 10 опорних точок з жорсткими контурами, які збереглися на теперішній день, що отримані в режимі реального часу (RTK), в системі координат WGS84, та в подальшому використано для реєстрації топографічного плану. Що стосується точності реєстрації топографічного плану то максимальні похибки становлять 0,17 м.

Наступним кроком в камеральних умовах було створення shape файлу точкового типу, що містить інформації про висоти на тілі складування відходів (1200 точок), на основі яких побудовано TIN-модель (рис. 12). За результатами моделювання встановлено, що перша тераса знаходиться на відмітках 290-300 м., площа якої становить 15 717,65 м. кв. Також можна стверджувати про те, що друга тераса знаходиться у відмітках 300–330 м., а також у 2006 р. вже розпочався активний процес формування третьої тераси, що знаходилась у відмітках 330–350 м.. Для визначення висоти складування відходів станом на 2006 р. використавши TIN моделі на 1957 р. (рис. 2) та 2006 р. (рис. 12), побудовано карту ізопахітів відходів Львівського міського полігону ТПВ (рис. 13), товщина яких змінюється від 0 до 40 м. А також з використанням інструменту Surface Difference визначено об'єм відходів на відповідний період, що становить 2 835 756 м. куб., а площа ділянки складування відходів становить 242 441,46 м. кв.

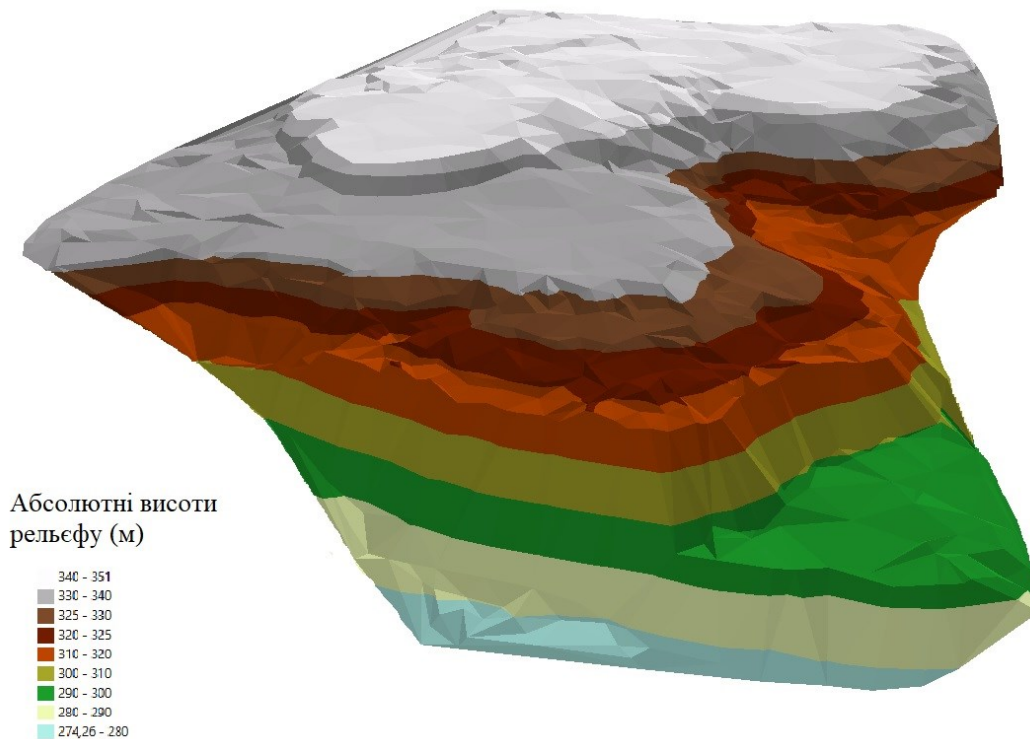


Рис. 12. TIN моделі на 2006 р.

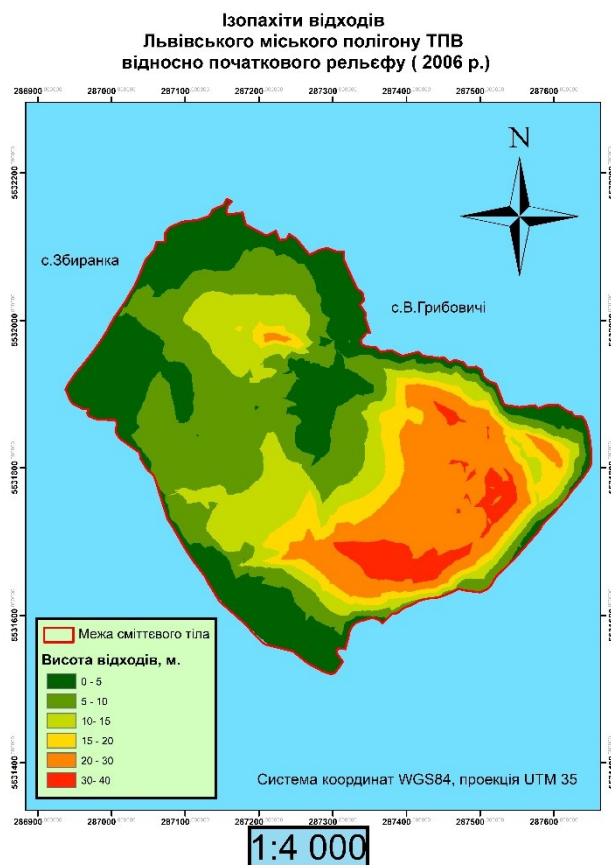


Рис. 13. Ізопатити відходів Львівського полігону на 2006 р.

Для порівняння об'єму визначеного за топографічним планом та на основі вагового методу [Лозинський, 2016], який для цього періоду становив 1 301 739 м. куб., можна стверджувати про невідповідність даних цих двох методів і на 2006 р.

Наукова новизна і практична значущість

Вперше в Україні запропоновано технологію геоінформаційного моделювання динаміки функціонування полігону ТПВ. За цією технологією проведено ретроспективно-географічний аналіз Львівського міського полігону ТПВ у період з 1950–2006 рр. на основі архівних матеріалів. Результати цього аналізу дають змогу встановити тенденції зміни просторово-часових особливостей функціонування, які включають в собі побудову цифрових моделей рельєфу та встановлення геометричних параметрів полігону ТПВ. Отримані результати просторового моделювання, які наведені в цій роботі, можуть слугувати фахівцям у сфері поводження з відходами (спеціалісти житлово-комунального господарства, екологічної інспекції та науково-дослідних організацій) для контролю дотримання правил експлуатації полігонів ТПВ. Дані напрацювання можуть використати органи місцевого самоврядування для контролю діяльності сміттєзвалищ з попередження екологічних катастроф та моніторингу прилеглих територій.

Висновки

На підставі проведених досліджень сформулюємо такі висновки:

1. Виконаний збір архівних картографічних матеріалів підтвердив можливість їх застосування від початкового етапу функціонування полігону ТПВ для встановлення зміни межі складування відходів з 1950–1990 рр.;
2. Інтерпретація картографічних матеріалів дала змогу встановити площу ділянки складування відходів, що становить: 1972 р. – 85 265,67 м.кв., 1985 р. – 185 690,44 м.кв., 1991 р. – 177 690,44 м.кв.;
3. Запропонована методика опрацювання архівних аерофотознімків (1988 р.) з використанням сучасних фотограмметричних пакетів, що в подальшому планується виконати в автоматичному та в ручному режимі на цифровій фотограмметричній станції «Дельта»;
4. На основі топографічного плану (2006 р.) визначено кількісні параметри Львівського полігону ТПВ, а саме: площу та об'єм, який становить 242 441,46 м. кв. та 2 835 756 м. куб. відповідно. Також створено ізопахіти висоти складання відходів відносно початкової поверхні, згідно якої висота складування відходів змінюється від 0 до 40 м.;
5. Аналізуючи дані про кількість утворення відходів, що захоронені на Львівському міському полігоні ТПВ, ще в цей період необхідно було б проводити періодичні топографо-геодезичні спостереження (топографічне, аеро та наземне цифрове знімання), які б дали змогу не тільки попередити утворення зсувів чи інших небезпечних явищ, а могли бути корисними для збільшення терміну експлуатації;
6. Перспектива подальших досліджень полягає у використанні архівних космічних знімків надвисокого розрізнення (Ikonos, Landsat) в період 2006–2015 рр. для картографування зміни межі складування відходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Волік О. В. Антропогенна трансформація природи заповідника „Медобори” та прилеглих територій впродовж ХХ ст. / О. В. Волік, Й. М. Свинко, П. М. Дем'янчук // Охорона і менеджмент об'єктів неживої природи на заповідних територіях. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, (Гримайлів, 21–23 трав. 2008 р.). – Гримайлів-Тернопіль: Джура, 2008. – С. 54-57.
- Грицьків Н. З. Дослідження динамічних процесів на гірничо-промислових об'єктах методами геоінформаційного моделювання / Н. З. Грицьків, В. О. Горлатова // Геодезія, картографія і аерофотознімання. - 2014. - Вип. 80. - С. 91-100. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Geodez_2014_80_11.
- Гулик С. Методичні підходи до вивчення ландшафтів на підставі різночасових карт / С. Гулик // Екологічна географія: історія, теорія, практика: Матеріали II міжнар. наук. конф. – Тернопіль, 2004. – С. 43 – 45.
- Лозинський В. Аналіз сучасних методів отримання даних для визначення об'ємів відходів та донних відкладів. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Випуск II (30), 2015, с. 87-97.

- Лозинський В. 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, С.О. Шило // Геодезія картографія та аерофото знімання. – Львів, 2016. – № 82 (1). – С.61-82.
- Сосса Р. І. Історія картографування території України: Підручник / Р. І. Сосса. – К.: Либідь, 2007. – 336 с.
- Ничая О. О. Ретроспективно-географічний аналіз забудови як виду природокористування на території Волинської височини (на прикладі волинської області) [Текст] / О. О. Ничая // Актуальні проблеми сучасної науки. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Львів, 16-17 жовтня 2015 року). – У 2-х частинах. – Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2015. – Ч. II. – С. 20-22.
- Четверіков Б. В. Технологія створення цифрової моделі місцевості на прикладі ансамблю оборонних споруд "Цитадель" (м. Львів) / Б. В. Четверіков, Х. І. Бідюк // Геодезія, картографія і аерофотознімання. - 2014. - Вип. 80. - С. 111-119. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Geodez_2014_80_13.
- Четверіков Б. В. Визначення місць масових поховань часів Другої світової війни за допомогою ГІС-технологій / Б. В. Четверіков, М. Т. Процик // Геодезія, картографія і аерофотознімання. - 2015. - Вип. 81. - С. 104-111. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Geodez_2015_81_12.
- Brilis, G.M., Gerlach, C.L., van Waasbergen, R.J., 2000. Remote sensing tools assist in environmental forensics. Part I: traditional methods. J. Environ. Forensics №1, pp.63-67.
- Garofalo, D. Solid Waste and Remote Sensing / D. Garofalo, F. Wobber // Photogrammetric Engineering. – 1974. – V. 40. – № 1. – P. 45–59.
- Erb, T.L.; Philipson, W.R.; Teng, W.L. Analysis of landfills with historic airphotos. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 1981, 47 (3), 190–203.
- Kaliaskarova K Modern condition of locations of municipal solid waste in a residential buffer suburb of the city of Almaty режим доступу http://uest.ntua.gr/athens2017/proceedings/pdfs/Athens2017_Kaliaskarova_Ikanova_Aliyeva_Bekkuliev.pdf
- Kwarteng A. Assessment of Kuwait's Al-Qurain Landfill Using Remotely Sensed Data / A. Kwarteng, A. Al-Enezi // Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering. – 2004. – Volume 39, Issue 2, pp.351 – 364.
- Lath, H. A., G. W. Tannehill, and R- E. White, 1976. Remote Sensing Evidence and Environmental Law. California Law Review, Vol. 64, represent. pp. 1300-1446.
- Seker, D.Z., Kaya, S., Musaoglu, N., Demirel, H., Tanik, A., Sertel E. (2011). Spatial Analyses for Environmental Impacts of Landfill Areas. Survival and Sustainability , Environmental Earth Sciences, Chapter: Spatial Analyses for Environmental Impacts of Landfill Areas, 691-697. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-95991-5_63
- Slonecker, E.T. Remote Sensing Investigations of Fugitive Soil Arsenic and Its Effects on Vegetation Reflectance: Ph.D. Dissertation / Slonecker E.Terrence. – Fairfax, USA, 2007. – 240 p.
- Slonecker, E. T. "The Use of Historical Imagery in the Remediation of an Urban Hazardous Waste Site," in IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 4, no. 2, pp. 281-291, June 2011. doi: 10.1109/JSTARS.2010.2049254
- Slonecker, T. Visible and Infrared Remote Imaging of Hazardous Waste: A Review / T. Slonecker, G.B. Fisher, D.P. Aiello, B. Haack // Remote Sensing. – 2010. – № 2 – P. 2474–2508.
- Vincent R.K. Remote sensing for solid waste landfills and hazardous waste sites / R.K. Vincent // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. – 1994. – № 60. – P. 979–982.
- Qingsheng, L. Gaohuan, L.(2010). Using CBERS CCD Images to Monitor Dynamic Change of Jiaojiapo Waste Landfill Site, Environmental Sanitation Engineering.18 (5),17-20.

Надійшла 12.05.2017 р.