

О.С. Бутенко<sup>1</sup>, О.В. Барабаш<sup>2</sup>, С.І. Горелик<sup>1</sup>, А.А. Нікітін<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Національний аерокосмічний університет імені М.С. Жуковського «ХАІ», Харків

<sup>2</sup> Державний університет телекомунікацій, Київ

<sup>3</sup> Національний університет оборони імені Івана Черняховського, Київ

## СИСТЕМА КОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЗА СМІТТЄЗВАЛИЩАМИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

В статті представлені основні засади, щодо створення системи космічного моніторингу за сміттєзвалищами з метою оперативного виявлення несанкціонованих звалищ. Показаний техногенний вплив звалищ твердих побутових відходів (ТПВ) на підземні й поверхневі води, ґрунти та атмосферне повітря. Приведені можливі наслідки для здоров'я людини від забруднюючих речовин, що виділяються зі сміттєзвалищ та концентруються не тільки у повітрі, а й в ґрунтах та підземних водах. Проаналізовані останні дослідження в області ідентифікації та локалізації полігонів ТПВ. Приведена методика створення такої системи космічного моніторингу сміттєзвалищ. Наведені основні вимоги до даних ДЗЗ з метою найбільш точного знаходження та ідентифікації законних та незаконних сміттєзвалищ. Описані прямі та непрямі дешифрувальні ознаки санкціонованих та несанкціонованих звалищ ТПВ. Для підтвердження правильності представленої методики проведений порівняльний аналіз результатів її роботи з реальними даними та показана практична реалізація запропонованої системи космічного моніторингу на прикладі Золочівського району Львівської області. Побудовані картографічні моделі забруднення підземної та поверхневої гідросфери від сміттєзвалищ ТПВ дозволяють оперативно приймати рішення щодо попередження негативних наслідків, які можуть бути визвані цими видами забруднень. В тому числі показаний вплив компонентів фільтрату на розвиток різних видів хвороб, які визивають накопичення забруднюючих речовин, що є результатом забруднення навколишнього середовища від сміттєзвалищ, як санкціонованих так і несанкціонованих. Показано, що розроблена система космічного моніторингу законних та несанкціонованих сміттєзвалищ дозволяє оперативно локалізувати та ідентифікувати ці звалища ТПВ для своєчасного прийняття рішення щодо недопущення забруднення навколишнього середовища.

**Ключові слова:** ДЗЗ, звалища ТПВ, забруднення, космічний моніторинг, підземні води, поверхневі води, Золочів.

### Вступ

В наш час проблема забруднення навколишнього середовища від сміттєзвалищ стоїть дуже гостро. За даними Державної служби статистики України [1] щорічно утворюється 35-40 млн м<sup>3</sup> твердих відходів. Загальна маса накопичених відходів в Україні становить 25 млрд. т [1], що у перерахунку на одного громадянина складає близько 600 т. Слід зазначити, що ці відходи знаходяться на санкціонованих сміттєзвалищах та складуються згідно вимог ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування» [2]. Цей нормативний документ дозволяє зменшити можливе антропогенне навантаження на навколишнє середовище, але не є досконалим. В свою чергу за останні десятиріччя з'явилася тенденція щодо збільшення несанкціонованих місць звалення ТПВ. Так, станом на 2015 р. в Україні [3] виявлено більш 28 тис. незаконних звалищ ТПВ, в яких знаходиться 20,5 млн м<sup>3</sup> відходів. Несанкціоновані сміттєзвалища є найнебезпечнішим джерелом забруднення. Отже, своєчасне виявлення несанкціонованих сміттєзвалищ та моніторинг за динамікою законних та незаконних звалищ ТПВ є досить актуальною задачею.

**Постановка проблеми.** Звалища ТПВ є активними забруднювачами навколишнього середовища.

Неправильна їх експлуатація призводить до забруднення атмосферного повітря, підземних і поверхневих вод та ґрунту (рис. 1).

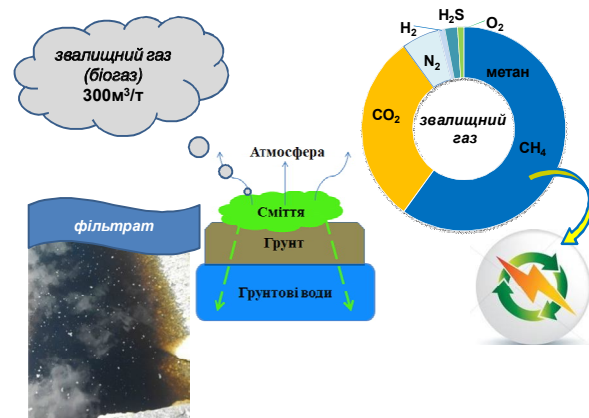


Рис. 1. Вплив сміттєзвалища на навколишнє середовище

На звалищах ТПВ в результаті гниття сміття за рахунок бактерій утворюється звалищний газ (біогаз), який складається з [4]: метану (CH<sub>4</sub>) – 50-75%, вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) – 25-50%, азоту (N<sub>2</sub>) – 0-10%, водню (H<sub>2</sub>) – 0-1%, сірководню (H<sub>2</sub>S) – 0-3%, кисню (O<sub>2</sub>) – 0-2%.

Більшість з цих газів негативно впливають на довкілля. Так, метан та вуглекислий газ є «парнико-

вими газами», які спричиняють глобальне потепління на планеті. Слід відзначити, що метан в 23-25 разів сильніше впливає на глобальну зміну клімату ніж вуглекислий газ. Сірководень може спричинити кислотні дощі, які призводять до підвищення кислотності рік та озер, загибелі флори та фауни, погіршення якості сільськогосподарської продукції, питної води, атмосферного повітря, а також призводять до руйнування будівель та споруд [5].

В результаті проникнення атмосферних вод у тіло полігону утворюється фільтрат, який може потрапляти у ґрунт, підземні і поверхневі води та забруднювати їх. Фільтрат утворюється при проходженні через товщу відходів та збагачується токсичними речовинами, що входять до їхнього складу, а також продуктами їх розкладення. Як правило, на санкціонованих звалищах існують споруди, які захищають навколишнє середовище від фільтрату, тоді як на стихійних звалищах цей токсичний роз-

чин проникає у ґрунт, підземні води та може стікати до найближчих ярів, річок, ставків тощо.

Розчин фільтрату є дуже токсичним, так як в ньому концентрація амонію може перевищувати гранично допустимі концентрації (ГДК) у 1000 разів, фенолів у 400 разів, нафтопродуктів у 150 разів, хлоридів у 30 разів, тяжких металів (свинець, кадмій, мідь, цинк, нікель, хром, марганець та ін.) у 10-60 разів. Концентрація заліза та ртуті може перевищувати ГДК у 2500 разів. В загалом, у фільтраті спостерігається перевищення наступних показників: арсен, манган, мідь, цинк, кадмій, кобальт, свинець, нікель, нітрати, хром, ртуть, берилій, залізо, сульфати поверхнево-активні речовини (ПАВ), нафтопродукти, феноли [5].

Усі вищевказані показники є дуже отруйними та небезпечними для здоров'я людини. У таблиці 1 показаний вплив цих компонентів на виникнення різних типів захворюваності у людини [6].

Таблиця 1

Вплив компонентів фільтрату на розвиток різних видів хвороб

Компонент	Тип захворювань
Арсен	судоми, гіперкератоз, рак шкіри, легенів, сечового міхура, діабет ін.
Манган	анемія, хвороби кістково-м'язової сечостатевої, нервової системи, шкіри
Мідь	розлади рухомого апарату
Цинк	хвороби серця, крові, ракові захворювання
Кадмій	гіпертонія, ішемічна хвороба, ниркова недостатність
Кобальт	склероз легень, кардіоміопатія, дерматит, хвороби щитовидної залози, гіпертонія,
Свинець	анемія, хвороби нирок, нервової системи
Нікель	хвороби нирок, легень, ракові захворювання
Нітрати	гіпоксія, порушення роботи ендокринної, травневої, серцево-судинної, нервової системи, рак шлунка
Хром	алергія, астма, ракові захворювання
Ртуть	ураження нервової системи,
Берилій	саркоїдоз, фіброз, хвороби серця, печінки, ракові захворювання
Залізо	хвороби печінки, імунної системи, серцево-судинні захворювання, алергія
Сульфати	жовчо- и сечокам'яної хвороби, серцево-судинні захворювання,
ПАВ	погіршення імунітету, алергія, ураження мозку, печінки, нирок, легенів.
Нафтопродукти	хвороби серцево-судинної системи
Феноли	ураження нервової та дихальної системи, хвороби печінки, серця, крові, головного мозку, ракові захворювання

Проникнення фільтрату у ґрунт, підземні та поверхні води призводить до повного знищення флори й фауни та до неможливості її використання у народному господарстві.

Виявлення звалищ ТПВ, наявними на сьогодні методами, пов'язане з великими витратами часу і коштів. У зв'язку з цим використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) дозволить своєчасно виявляти і контролювати як санкціоновані, так і стихійні звалища ТПВ для прийняття оперативних рішень. У зв'язку з цим необхідно негайно впровадження космічного моніторингу для локалізації незаконних звалищ і контролю за санкціонованими звалищами ТПВ.

**Аналіз останніх досліджень.** Розробкою сучасних методів визначення сміттєзвалищ присвячено роботи М.Л. Азаряна, М.А. Шахраманьяна, А.А. Рихтера та ін., які за допомогою даних ДЗЗ дозво-

ляють їх доволі точно локалізувати, але не мають можливості ідентифікувати несанкціоновані звалища ТПВ. Локалізації незаконних сміттєзвалищ ТПВ присвячені роботи О.В. Бровкиної, С.С. Тимофєєвої, А.І.Філатова та ін.

Оцінка впливу сміттєзвалищ на навколишнє середовище проаналізовано в багатьох дослідженнях сучасних та закордонних авторів (І.С. Єфремов, І.Л. Трофімов, М. Персон, М. Алжардин та ін), але в умовах недостатньої кількості апріорних даних оцінити ступінь їх впливу на підземну гідросферу майже неможливо. Тому, тема розробка методики оцінки впливу несанкціонованих сміттєзвалищ на підземну та поверхневу гідросферу на основі даних ДЗЗ є досить актуальною та новою.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є створення системи космічного моніторингу за сміттєзвалищами ТПВ для виявлення несанк-

ціонованих місць звалення ТПВ та оперативного прийняття рішень стосовно зміни динаміки їх площ, оцінки впливу на навколишнє середовище та геодинамічної ситуації. В статі розглянуті наступні завдання для досягнення поставленої мети:

- розроблення системи космічного моніторингу за сміттєзвалищами ТПВ;
- розроблення методики оцінки впливу забруднюючих речовин від звалищ ТПВ на навколишнє середовище;
- розроблення методики оцінки геодинамічної ситуації в місці розташування законних та незаконних сміттєзвалищ.

### Структура системи космічного моніторингу за санкціонованими та несанкціонованими сміттєзвалищами твердих побутових відходів

Система космічного моніторингу за сміттєзвалищами ТПВ включає наступні етапи (рис. 1):

1. Пошук і систематизація різночасових космічних знімків. В ході аналізу даних ДЗЗ визначені необхідні параметри для точної локалізації та іден-

тифікації сміттєзвалищ:

- спектральні канали. Найбільш інформативними каналами для даних завдань є червоний (R), зелений (G) та синій (B). Їх синтезування дозволяє доволі точно дешифрувати місця звалищ ТПВ;
- роздільна здатність. Відіграє основну роль при підборі знімків. Так, для великих сміттєзвалищ, як правило санкціонованих, оптимальна роздільна здатність становить 1-10 м/піксель. Для незаконних звалищ ТПВ, які мають невелику площу, необхідні знімки з роздільною здатністю менш 1 м/піксель.
- вартість знімків. З метою здешевлення моніторингу слід використовувати безкоштовні знімки, які знаходяться у вільному доступі.

До вищезазначених вимог відносяться наступні супутники, які знаходяться у вільному або частково у вільному доступі: Sentinel-2 (просторове розрізнення 10 м/піксель), QuickBird 1-2 (0,6-2,4 м/піксель), Worldview-1,2,3 (0,3-1,84 м/піксель), Geoeye-1,2 (0,4-1,7 м/піксель).

2. Визначення за дистанційними даними санкціонованих та стихійних звалищ виконується за допомогою дешифрувальних ознак наведених у табл. 1.

Таблиця 1

Дешифрувальні ознаки санкціонованих та несанкціонованих сміттєзвалищ

№	Дешифрувальні ознаки	Санкціоновані сміттєзвалища	Несанкціоновані сміттєзвалища
Прямі дешифрувальні ознаки			
1	Границя	Чітка	Розмита
2	Форма	Багатокутник з закругленими кутами	Неправильна, округла чи лінійно витягнута вздовж узбіч автомобільних та залізничних доріг
3	Тінь	Є, падаюча від уступів	Відсутня
4	Колір	Переважно світло-сірий, білий, сірий, темно-сірий	Переважно світло-сірий, білий, сірий, темно-сірий
5	Структура	Зернисті, плямиста	Плямиста
Непрямі дешифрувальні ознаки			
6	Захисне покриття (рекультивация)	присутня, світло-коричневого кольору (суглинок, глина)	Відсутня
7	Рослинність в місці звалення сміття	Спостерігається через декілька років після рекультивациі	Спостерігається як правило закономірність: заростання з центру до периферії сміттєзвалища; відсутня у випадку постійного надходження сміття
8	Головна під'їзна дорога	Є, як правило двусмугова	Відсутня, існують пішохідні тропи чи ґрунтові односмугові дороги
9	Огорожа	Присутня	Відсутня
10	Робоча техніка	Присутня	Відсутня
11	КПП та адміністративні будівлі	Присутній	Відсутній
12	Водовідні канали (дренаж)	Видні, якщо поверхневі; не виявляються, якщо підземні	Відсутні
13	Місце розташування	Землі, що відведені під полігони ТПВ мають цільове призначення 11.02 «Для розміщення та експлуатації основних, підсобних і допоміжних будівель та споруд підприємств переробної, машинобудівної та іншої промисловості». Просторову інформацію щодо полігонів ТБО мається на Публічній кадастровій карті [7]	Околиці населених пунктів, промислові зони. Часто зустрічаються на околиці населених пунктів з забудовою сільсько-го типу, вздовж доріг. Незаконні звалища часто розташовані в ярах та балках та лісосмугах

3. Аналіз різночасових знімків з метою визначення динаміки зміни площ сміттєзвалищ, який полягає в порівнянні геометричних характеристик складування ТПВ за певний проміжок часу. В результаті аналізу визначається щорічна динаміка, а

також вихід місць звалення сміття за контури ліцензійної ділянки.

4. Спостереження за виконанням робіт по засипанню глиною чи будівельними матеріалами ділянки сміттєзвалища для забезпечення гідроізоляції

грунтових вод від фільтрату. Даний етап простежується на різночасових знімках або даних з безпілотних літальних апаратів.

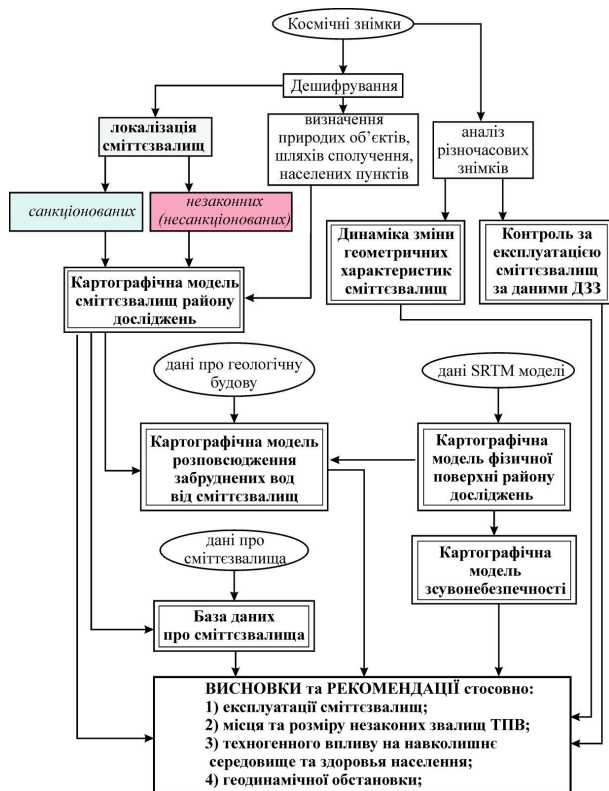


Рис. 2. Структурна схема системи космічного моніторингу за сміттєзвалищами ТПВ

5. Побудова картографічних моделей виявлених санкціонованих та не санкціонованих сміттєзвалищ. Полягає в створенні в геоінформаційному програмному продукті ArcGIS картографічних матеріалів з нанесенням шарів доріг, гідрографії, рослинності, населених пунктів тощо. На оглядових картах масштабу 1:100 000-1:500 000 сміттєзвалища позначаються умовними позначками, а на детальних картах та планах (масштаб 1:2000-1:10 000) виносяться контури сміттєзвалища з зонуванням.

6. Розробка карти зсувонебезпечності за даними SRTM моделі [8]. Методика створення геодинамічної карти полягає в обробці даних SRTM в ArcGIS. На початку, за допомогою функції Slope в ArcToolbox автоматично розраховується крутизна схилів. Далі визначається ризик виникнення зсувів за допомогою функції Symbology [9].

7. Оцінка впливу несанкціонованих сміттєзвалищ на підземну та поверхневу гідросферу. В умовах обмеженої апріорної інформації для оцінки негативного впливу звалищ ТПВ розроблена методика, яка дозволяє визначати час проникнення забруднення до підземних вод, глибини залягання першого від поверхні водоносного горизонту за даними ДЗЗ, зони потенційного забруднення підземних вод, місця розвантаження забруднених підземних вод, ділянки населених пунктів, що потрапляють в зону за-

бруднення поверхневими і підземними вод. Розроблена методика детально описана в роботах [10]

8. Результатом розробленої системи космічного моніторингу є рекомендації та висновки відносно експлуатації сміттєзвалищ, місця та розміру законних та незаконних звалищ ТПВ, відповідність контурам ліцензійної ділянки, техногенного впливу на навколишнє середовище, прогнозу захворюваності населення; геодинамічної обстановки.

## Результати

У якості тестової ділянки для проведення екологічного моніторингу сміттєзвалищ був вибраний Золочівський район Львівської області.

За наведеною вище методикою у Золочівському районі Львівської області локалізовано два сміттєзвалища: Єлиховське, що розташоване в 700 м на північний схід в м. Золочів, та Сасівське, яке розташоване в 0,5 км на схід від с. Сасів (рис. 3). Сасівське звалище ТПВ є незаконним. В період з 2006 по 2013 рр збільшилося на 58% (рис. 4). Єлиховське сміттєзвалище є санкціонованим, займає площу 6,7 га та обладнане лінією сортування сміття (рис. 5). Після спорудження лінії сортування сміття площа звалища не збільшувалася. Оцінка зсувонебезпечності за даними SRTM моделі показало, що ідентифіковані звалища розташовані в межах зони з низькою вірогідністю зсувів (рис. 6).

За розробленими моделями отриманий час проникнення забруднення зі сміттєзвалищ до рівня першого від поверхні водоносного горизонту. Так, для сміттєзвалища ТПВ неподалік с. Єлиховичі час фільтрації становить 9-12 діб, а для несанкціонованого Сасівського – 1-2 доби.

На рис. 7 показано розповсюдження забруднених підземних вод від сміттєзвалищ. Після досягнення отруйним фільтратом рівня ґрунтових вод від сміттєзвалища ТПВ біля с. Єлиховичі, забруднений потік підземних вод буде рухатися у південно-західному напрямку до балки, а потім змінить напрямку на захід та буди просуватися до Шевченківського водосховища, яке розташоване на р. Золочівка. Проведений моніторинг за сміттєзвалищами ТПВ Золочівського району показав гостру необхідність запровадження моніторингу не тільки цього району, а і Львівської області та й усієї території України.

Отримані результати були обговорені на круглому столі у м. Золочеві за темою: «Деякі аспекти експлуатації, моніторингу полігонів побутових відходів із застосуванням геоінформаційних технологій» [11]. Виражаємо подяку голові Золочівської РДА Недзельському В.Й. у сприянні досліджень та Захарчуку Є. за організацію круглого столу для донесення інформації до населення й створення науково-впроваджувальний консорціуму «ЕКОГІС-Л-Х» (ECOGIS-L-Kh).



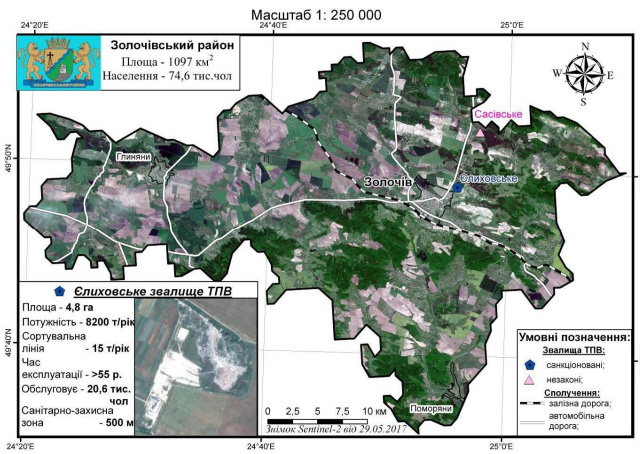
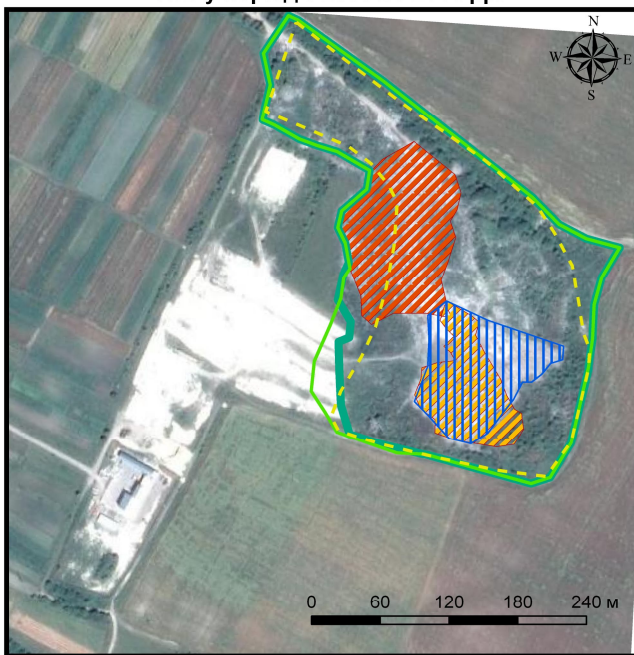


Рис. 3. Картографічна модель сміттєзвалищ Золочівського району

Динаміка зміни площі Єлиховського звалища ТПВ у період з 2006 по 2014 рр.



Умовні позначення:

- Контур звалища ТПВ 2006 р;
- Контур звалища ТПВ 2013 р;
- Контур звалища ТПВ 2014 р;
- Місце звалення ТПВ у 2006 р;
- Місце звалення ТПВ у 2013 р;
- Місце звалення ТПВ у 2014 р;

Динаміка зміни площі звалення сміття та рослинності Єлиховського звалища ТПВ

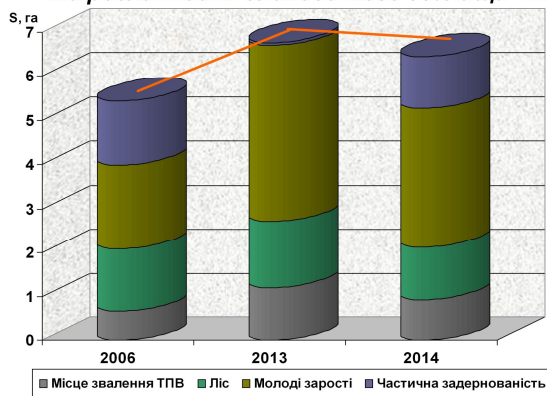


Рис. 5. Динаміка зміни площі санкціонованого Єлиховського сміттєзвалища

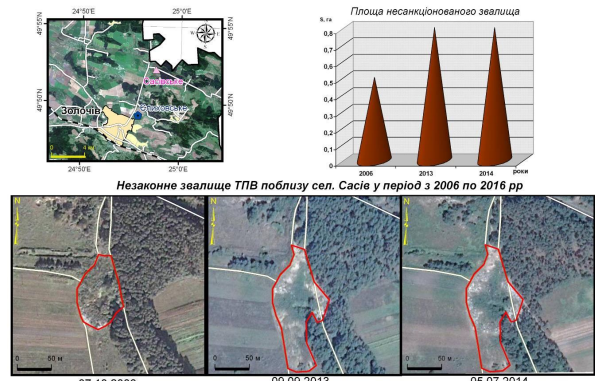


Рис. 4. Динаміка зміни площі незаконного звалища ТПВ поблизу с. Сасів

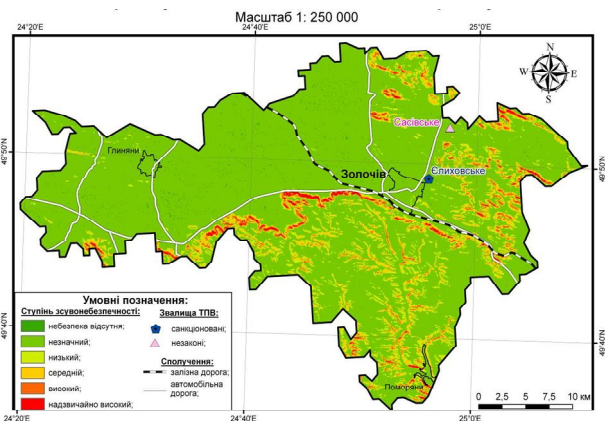


Рис. 6. Картографічна модель зсувонебезпечності Золочівського району

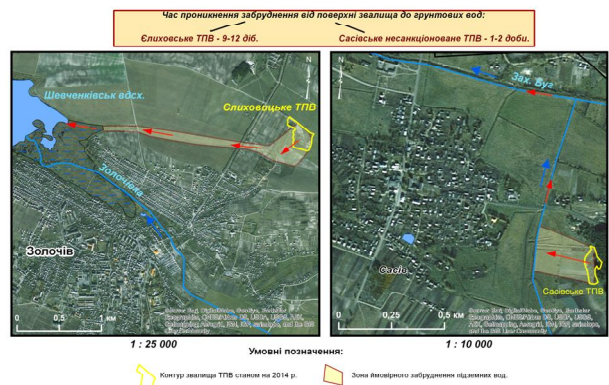


Рис. 7. Картографічна модель забруднення підземної та поверхневої гідросфери від сміттєзвалищ ТПВ

### Висновки

Розроблена система космічного моніторингу законних та несанкціонованих сміттєзвалищ дозволяє оперативно локалізувати та ідентифікувати звалища ТПВ для своєчасного прийняття рішення щодо недопущення забруднення навколишнього середовища. Практична реалізація на прикладі Золочівського району Львівської області показала нагальну впровадження системи космічного моніторингу за санкціонованими та несанкціонованими сміттєзвалищами в Україні.

## Список літератури

1. Державна служба статистики України. Утворення та поводження з відходами (1994-2016) [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2006/ns\\_rik/ns\\_u/orar\\_u2005.html](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2006/ns_rik/ns_u/orar_u2005.html). – Дата доступу: 27.01.2018.
2. ДБН В.2.4-2-2005. Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування [Текст]. – Київ : Держбуд України, 2005. – 67 с.
3. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2016 рік. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://blagoustriv.info/statistics/43/show/>. – Дата доступу: 29.0.2017.
4. Глухов В. В. Экономические основы экологии [Текст] : Учебник для вузов 3-е изд / В. В. Глухов, Т. П. Некрасова, Т. В. Лисочкина. – С. Петербург : Питер, 2003. – 384 с.
5. Ерошина Д. М. Экологические аспекты захоронения твердых коммунальных отходов на полигонах / Д.М. Ерошина, В.В. Ходин, В.С. Зубрицкий, А.Л. Демидов. – Минск: «Бел НИЦ «Экология», 2010. – 152 с.
6. Экология: природопользование, инженерная защита окружающей среды : Учеб./ И.Г. Мельцаев, А.Ф. Сорокин, С.Г. Андрианов, А.М. Осипов. – Иваново: ГОУВ-ПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 2008. – 552 с.

7. Публічна кадастрова карта [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta> – Дата доступу: 25.02.2018.

8. Earth Resources Observation and Science (EROS) Center [Electronic resource]. – Available: <http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version1/Eurasia/>.

9. Зыонг М.Х. Региональный прогноз оползневой опасности для района Ха Лонг – Кам Фа на северо-востоке Вьетнама / М.Х. Зыонг, И.К. Фоменко, В.В. Пендин // Инженерная геология. – 2013. – Вып. №1. – С. 46-54/

10. Горелик, С. И. Определение зон возможных подтоплений в условиях ограниченной априорной информации [Текст] / С. И. Горелик // Системы обработки информации : сб. науч. пр. Харк. ун-ту Повітряних сил ім. Івана Кожедуба. – 2014. – № 118. – С. 258-262.

11. Круглий стіл з проблем моніторингу полігонів відходів з застосуванням геоінформаційних технологій та космічної інформації. Західний науковий центр НАН України та МОН України [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://znc.com.ua/ukr/news/2016/201710\\_zolochiv.php](http://znc.com.ua/ukr/news/2016/201710_zolochiv.php). – Дата доступу: 05.11.2017.

Надійшла до редколегії 26.02.2018

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.І. Адаменко, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків.

## СИСТЕМА КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗА СВАЛКАМИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

О.С. Бутенко, О.В. Барабаш, С.И. Горелик, А.А. Никитин

В данной работе представлены основные принципы, по созданию системы космического мониторинга свалок, с целью оперативного выявления несанкционированных свалок. Показано техногенное воздействие свалок твердых бытовых отходов (ТБО) на подземные и поверхностные воды, почвы и атмосферный воздух. Приведены возможные последствия для здоровья человека от загрязняющих веществ, выделяемых из свалок, которые концентрируются не только в воздухе, но и в почвах и подземных водах. Проанализированы последние исследования в области идентификации и локализации полигонов ТБО. Приведена методика создания такой системы космического мониторинга свалок. Приведены основные требования к данным ДЗЗ с целью наиболее точного нахождения и идентификации законных и незаконных свалок. Описанные прямые и косвенные дешифрирующие признаки санкционированных и несанкционированных свалок ТБО. Для подтверждения правильности представленной методики проведен сравнительный анализ результатов ее работы с реальными данными и показана практическая реализация предложенной системы космического мониторинга на примере Золочевского района Львовской области. Построенные картографические модели загрязнения подземной и поверхностной гидросферы от свалок ТБО, позволяют оперативно принимать решения по предупреждению негативных последствий, которые могут быть вызваны этими видами загрязнения. В том числе показано влияние компонентов фильтрата на развитие различных видов болезней, которые вызывают накопление загрязняющих веществ, являющихся результатом загрязнения окружающей среды от свалок, как санкционированных так и несанкционированных. Показано, что разработанная система космического мониторинга законных и несанкционированных свалок позволяет оперативно локализовать и идентифицировать эти свалки ТБО для своевременного принятия решения по недопущению загрязнения окружающей среды.

**Ключевые слова:** ДЗЗ, свалки ТБО, загрязнения, космический мониторинг, подземные воды, поверхностные воды, Золочев.

## SPACE MONITORING SYSTEM FOR LANDFILL FOR OPERATIONAL DETECTION OF UNAUTHORIZED LANDFILLS

O.S. Butenko, O.V. Barabfsh, S.I. Gorelik, A.A. Nikitin

In this paper, the main principles for the establishment of a space monitoring system for landfill for operational detection of unauthorized landfills are presented. It is shown the technogenic influence of landfills of solid household waste (TPW) on underground and surface water, soils and atmospheric air. The possible consequences for human health from pollutants released from landfills are concentrated and concentrated not only in the air, but also in soils and underground waters. Recent researches on identification and localization of solid waste landfills have been analyzed. The technique of creation of such a system of space monitoring of landfills is given. The basic requirements for remote sensing data are given in order to find and identify legitimate and illegal landfills most precisely. Described are direct and indirect decoding signs of authorized and unauthorized landfill of solid waste. In order to confirm the correctness of the presented methodology, a comparative analysis of the results of its work with real data was carried out and the practical realization of the proposed space monitoring system on the example of Zolochivsky rayon of Lviv region is shown. The cartographic models of pollution of the underground and surface hydrosphere from waste landfills of the landfill are constructed allowing to make prompt decisions on preventing the negative consequences that can be caused by these types of pollution. Including shows the influence of the components of filtrate on the development of various types of diseases that cause the accumulation of pollutants, which is the result of environmental pollution from landfills, both sanctioned and unauthorized. It has been shown that the developed system of space monitoring of legal and unauthorized landfills allows for the rapid localization and identification of these landfills for timely decision-making on preventing environmental pollution.

**Keywords:** remote sensing, landfill, landfill, pollution, space monitoring, groundwater, surface water, Zolochiv.