

DOI: 10.18372/2310-5461.51.15995

УДК 528.9:628.4:629

Ю. І. Великодський, канд. фіз.-мат. наук, ст. досл.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-8219-128X
e-mail: yuri.velikodsky@gmail.com;

І. Л. Трофімов, канд. техн. наук, доц.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0001-5539-1166
e-mail: troffi@ukr.net;

С. В. Бойченко, д-р техн. наук, проф.
Національний авіаційний університет,
Український науково-дослідний та навчальний центр
хімотології та сертифікації ПММ і ТР,
Спілка хімотологів
orcid.org/0000-0002-2489-4980
e-mail: chemmotology@ukr.net;

МОНІТОРИНГ, КАРТОГРАФУВАННЯ ТА ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ЗВАЛИЩ М. КИЄВА ТА КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ, ЩО МІСТЯТЬ ВІДХОДИ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Вступ

Надвисока концентрація об'єктів транспортної інфраструктури у м. Києві та Київській області, на додачу до великої кількості промислових об'єктів, збільшує ймовірність виникнення техногенних надзвичайних ситуацій. Одним з проявів техногенного впливу на навколишнє середовище є звалища відходів, як офіційні, так і стихійні. Техногенні відходи створюють хімічну небезпеку для екології регіону. Зокрема відходи транспортної інфраструктури містять специфічні для цієї галузі хімічні речовини. Тому надійний екологічний контроль подібних об'єктів є важливим та актуальним завданням.

Постановка проблеми

З огляду на зазначене вище, є нагальним питання моніторингу та інвентаризації звалищ як техногенних відходів взагалі, так і відходів транспортної інфраструктури, що дозволить оцінити ступінь небезпеки подібних об'єктів, вплив їх на екологію регіону та запропонувати рекомендації щодо оптимального розміщення таких звалищ у майбутньому та удосконалення поводження з відходами у транспортній галузі. Зокрема, в Україні взагалі відсутнє поняття авіаресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Першим джерелом даних про звалища регіону є офіційна інформація органів місцевої влади [3]. Додаткову інформацію містять неофіційні інтер-

нет-ресурси, наприклад [4]. Але повний пошук звалищ, включно зі стихійними, можна здійснити лише засобами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з використанням космічних знімків високої роздільної здатності (наприклад, [2; 6; 7; 9]). Такі засоби дозволяють розробляти методи мультифакторного аналізу за допомогою геоінформаційних систем (ГІС) для оцінки ймовірності існування звалищ, зокрема стихійних, на певній ділянці місцевості [6; 9]. Також засоби ДЗЗ дозволяють моніторити розвиток звалищ протягом часу. Зокрема, дані інфрачервоного знімання дозволяють вимірювати зміну температури поверхні звалищ у просторі та часі [7]. Окремим напрямком досліджень є розробка ГІС-методів вибору оптимального розміщення звалищ за даними ДЗЗ та іншими векторними та растровими даними [5; 8].

Використовуючи дані ДЗЗ, можна здійснювати інвентаризацію звалищ, метою якої є створення та наповнення бази геоданих та реєстру, що містять інформацію про розміщення звалищ, джерела та тип відходів, ступінь небезпеки та ін. [2]. Доповненням до бази даних та реєстру є картографування звалищ, що дозволяє візуально досліджувати розміщення та ступінь загрози об'єктів, а також виконувати геопросторовий аналіз [1].

Метою даної роботи є створення реєстру та картографування звалищ м. Києва та Київської області, що містять відходи транспортної інфраструктури. Наразі такого реєстру не існує, тому

дана робота є «піонерською» та буде корисною для аналізу та подальшого моніторингу таких об'єктів.

Пошук звалищ

У рамках виконання грантового проекту було поставлено завдання знайти як відомі (офіційні), так і невідомі (стихийні) звалища, що містять або можуть містити відходи транспортної інфраструктури. Перш за все, було враховано, що такі відходи можуть міститись у твердих побутових відходах (ТПВ). Тому було проаналізовано інформацію про офіційні місця захоронення та знешкодження ТПВ, що вивозяться з м. Києва. На офіційний запит 2016 р. Департамент житлово-комунальної інфраструктури Київської міської державної адміністрації надав відповідь [3], із якої відомо, що ТПВ з м. Києва вивозяться до таких об'єктів захоронення та знешкодження:

1. Полігон твердих побутових відходів №5 ПрАТ «Київспецтранс», с. Підгірці Обухівського району Київської області.

2. Полігон великогабаритних та будівельних відходів № 6 ПрАТ «Київспецтранс», м. Київ, вул. Пирогівський Шлях, 94-96.

3. Сміттеспалювальний завод «Енергія» ПАТ «Київенерго», м. Київ, вул. Колекторна, 44.

4. Сміттєзвалища Київської області (Бориспільський, Бородянський, Броварський, Васильківський райони, згідно адміністративно-територіального устрою, що діяв до 2020 р.).

Усі ці об'єкти, окрім полігону великогабаритних та будівельних відходів (п. 2), можуть отримувати відходи транспортної інфраструктури, тому далі ми проаналізували територію навколо них методами ДЗЗ. З районів Київської області, що перелічені у п. 4, ми обрали, як приклад, Бориспільський, враховуючи, що саме там знаходиться значний транспортний об'єкт — Міжнародний аеропорт «Бориспіль».

Наступний клас об'єктів, які ми розглянули, — це об'єкти захоронення транспортної техніки. Аналізуючи публічну інформацію в інтернеті, ми виявили чотири таких об'єкти у м. Києві:

1. Кладовище військової техніки на території Київського бронетанкового заводу.

2. Кладовище підйомних кранів у Голосіївському районі м. Києва на березі Дніпра.

3. Кладовище автобусів і тролейбусів КП «Київпастрас» у Дарницькому районі м. Києва на території автобусного парку, вул. Бориспільська, 15.

4. Кладовище кинутих автомобілів у Деснянському районі м. Києва (житловий масив Троєщина, вул. Милославська).

Ну і нарешті, важливий клас об'єктів — це власне територія об'єктів транспортної інфраструктури (авіаційної, залізничної, автомобільної). Ми розглянули значну кількість таких об'єктів у межах м. Києва, а також територію Міжнародного аеропорту «Бориспіль».

Далі територію всіх знайдених об'єктів та навколо них ми проаналізували методами ДЗЗ.

Дослідження, що наведені у цій статті, проведені за підтримки Національного фонду досліджень України у рамках виконання проекту № 2020.01/0242 «Експериментально-аналітичні засади гарантування безпеки людини та суспільства удосконаленням технологій поводження з відходами у техносфері».

Аналіз супутникових знімків та картографування

Усі досліджувані території було проаналізовано за допомогою актуальних супутникових знімків *Maxar* високої роздільної здатності (30 см). Для аналізу було використано мозаїку *Maxar* [10], отриману шляхом ортотрансформування та зшивання первинних знімків. Аналіз проводився у програмному забезпеченні JOSM [11]. Планову прив'язку мозаїки було здійснено за даними публічних GPX-треків, доступних у JOSM. Для сумісності з картою OpenStreetMap [14] (див. нижче) прив'язка знімків виконувалась у проєкції WGS 84 / Pseudo-Mercator (EPSG:3857) [12; 13]. Зазначимо, що зміщення мозаїки *Maxar* є різним для різних територій, тому прив'язка мозаїки виконувалась незалежно для кожного з досліджуваних об'єктів.

Знімки *Maxar* містять три спектральні канали (RGB), тому дешифрування знімків виконувалось за кольором, яскравістю та морфологією об'єктів. Кожен досліджуваний об'єкт було знайдено на карті OpenStreetMap [15] за поштовою адресою або описом, де він знаходиться. Далі було проаналізовано супутникові знімки навколо знайденої точки. Території звалищ ідентифікувались за характерними для них ознаками. Результатом аналізу знімків є реєстр звалищ, представлений нижче, а також карти цих звалищ.

Для складання карт було використано дані та базову карту OpenStreetMap [15], а також програмне забезпечення QGIS [16]. Проєкт OpenStreetMap — це відкритий проєкт, спрямований на збір, збереження та розповсюдження загальнодоступних геопросторових даних силами спільноти волонтерів [14, 15]. Тому дані про деякі офіційні звалища вже були присутні у базі даних проєкту.

Для нових, стихійних звалищ, інформація про які була відсутня в OpenStreetMap, автKeywords:

landfill; waste; transport; cartography) додали геометрію полігонів звалищ до бази даних OpenStreetMap. Крім цього, вказану базу даних було доповнено інформацією про територію навколо звалищ (типи землекористування, дороги), яку було отримано шляхом дешифрування космічних знімків, а також з Публічної кадастрової карти України [17]. Це дозволило скласти детальні карти навіть для тих територій, про які було мало інформації у базі даних OpenStreetMap (у першу чергу це знадобилось для околиць Міжнародного аеропорту «Бориспіль» та для міста Бориспіль).

Окрім даних OpenStreetMap на карти також додано векторну інформацію про полігони сміт-

тезвалищ: вони позначені на рисунках темним кольором та підписані. Вказані полігони було побудовано шляхом оцифрування мозаїки *Maxar*.

Результати

Автори проаналізували територію навколо всіх об'єктів, що описано у розділі «Пошук звалищ», використовуючи аналіз супутникових знімків та картографування (див. розділ «Аналіз супутникових знімків та картографування»), та побудували карту для кожної з них. Загальна карта розташування досліджуваних об'єктів показана на рис. 1. Перелік усіх об'єктів наведено у підпису до рис. 1.

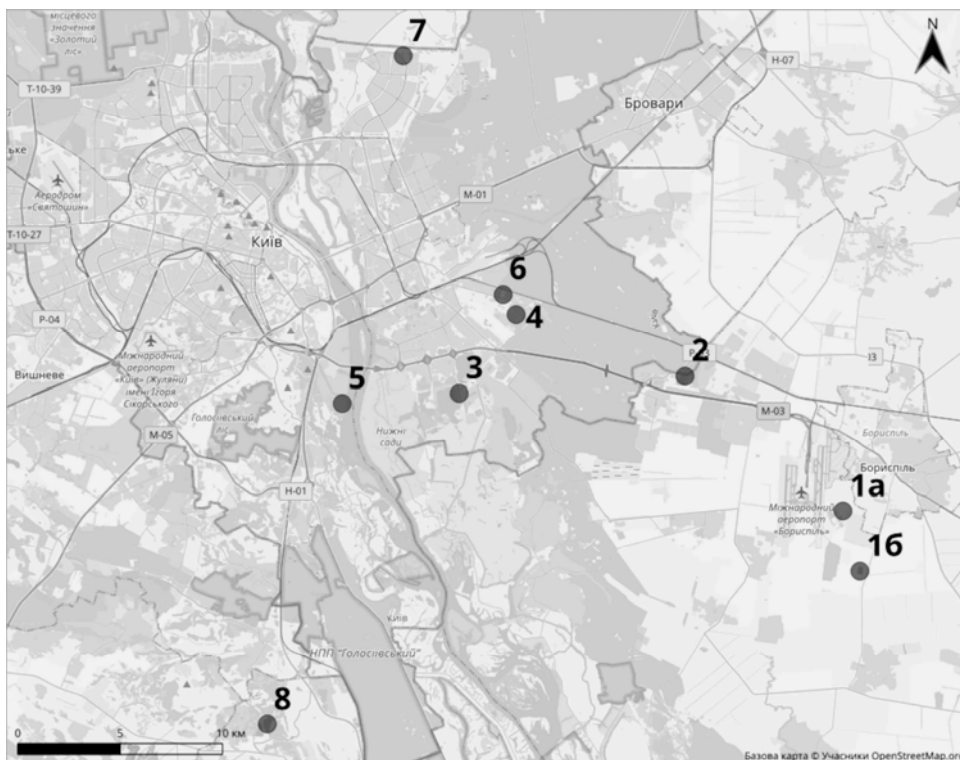


Рис. 1. Вивчені звалища транспортної інфраструктури м. Києва та Київської області:

- 1 – сміттєзвалища поблизу Міжнародного аеропорту «Бориспіль» (а – стихійне, б – офіційне);
- 2 – сміттєзвалище біля с. Проліски Бориспільського району Київської області;
- 3 – стихійне сміттєзвалище поруч із сміттєспалювальним заводом «Енергія»;
- 4 – кладовище військової техніки на території Київського бронетанкового заводу;
- 5 – кладовище підйомних кранів у Голосіївському районі м. Києва на березі Дніпра;
- 6 – кладовище автобусів і тролейбусів КП «Київпастранс» у Дарницькому районі м. Києва;
- 7 – кладовище кинутих автомобілів у Деснянському районі м. Києва;
- 8 – полігон твердих побутових відходів № 5, с. Підгірці Обухівського району.

Полігон ТПВ №5 ПрАТ «Київспецтранс» (с. Підгірці Обухівського району Київської області) — це найбільший полігон ТПВ Київської області. Він складається з двох ділянок, на яких проводиться захоронення відходів, загальна площа яких 39,5 га (станом на 2021 рік). Аналіз супутникових знімків за 2016 та 2021 рік показав,

що за останні 5 років площа полігону збільшилась на 1,5 га. Відповідні зміни було внесено авторами до бази даних OpenStreetMap. Нові межі полігону показано на карті (рис. 2).

На території сміттєспалювального заводу «Енергія» ПАТ «Київенерго» (м. Київ, вул. Колекторна, 44) ніяких звалищ на супутникових

знімках не виявлено. Проте поруч з його територією, на березі озера Тягле, виявлено стихійне звалище площею 7,9 га (рис. 3). Кладовище військової техніки знаходиться на території Київського бронетанкового заводу та має площу 1,0 га (рис. 4). Кладовище підйомних кранів у Голосіївському районі м. Києва знаходиться у промзоні на березі Дніпра та має площу 1,3 га (рис. 5).

Кладовище автобусів і тролейбусів КП «Київпастранс» знаходиться у Дарницькому районі м. Києва на території автобусного парку (вул. Бориспільська, 15). Загальна площа об'єкту — 8,2 га, площа критої споруди — 3,4 га (рис. 6).

Кладовище кинутих автомобілів знаходиться у Деснянському районі м. Києва (масив Троєщина, вул. Милославська, поруч з буд. 23). Кладовище утворено місцевою владою у 2015 р. на території недобудованого трамвайного депо (та поруч з ним). На нього звозяться кинуті автівки з усього міста. Площа об'єкту — 0,3 га (рис. 7).

На території транспортних підприємств м. Києва та Київської області звалищ не виявлено. Проте виявлено стихійне сміттєзвалище поруч з територією Міжнародного аеропорту «Бориспіль» площею 2,8 га (рис. 8, а). Останнє звалище розташовано лише у 3 км від офіційного

звалища ТОВ «Еко-Сервіс» (біогазова електростанція), площа якого складає 9,5 га (рис. 8, б). Також автори дослідили інші офіційні звалища у Бориспільському районі Київської області. На рис. 9 показано сміттєзвалища біля с. Проліски Бориспільського району загальною площею 20,6 га.

Висновки

За даними супутникового знімання високої роздільної здатності систематизовано дані та створено реєстр звалищ м. Києва та Київської області, що містять відходи транспортної інфраструктури, а також побудовано карти територій цих звалищ. Оцінено площу та інші характеристики звалищ.

Виявлено два стихійних звалища площею 7,9 та 2,8 га. Автори планують використати отримані дані для подальших досліджень проблеми поводження з відходами у техносфері, зокрема виконанням біохімічного аналізу зразків зі звалищ. Отримані дані будуть використані для удосконалення технологій поводження з відходами у техносфері, зокрема в авіації, задля підвищення рівня гарантування екологічної та біологічної безпеки людини та суспільства в цілому.

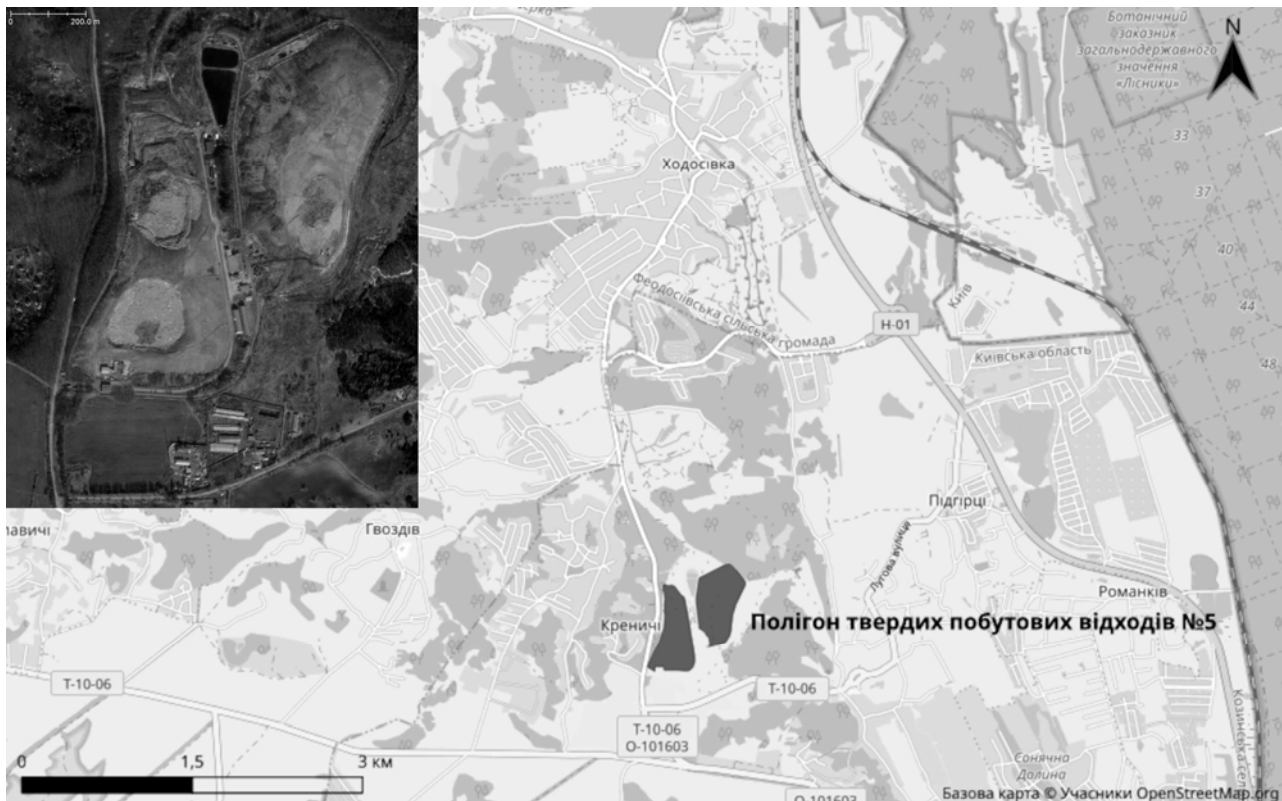


Рис. 2. Полігон твердих побутових відходів № 5 ПрАТ «Київспецтранс»

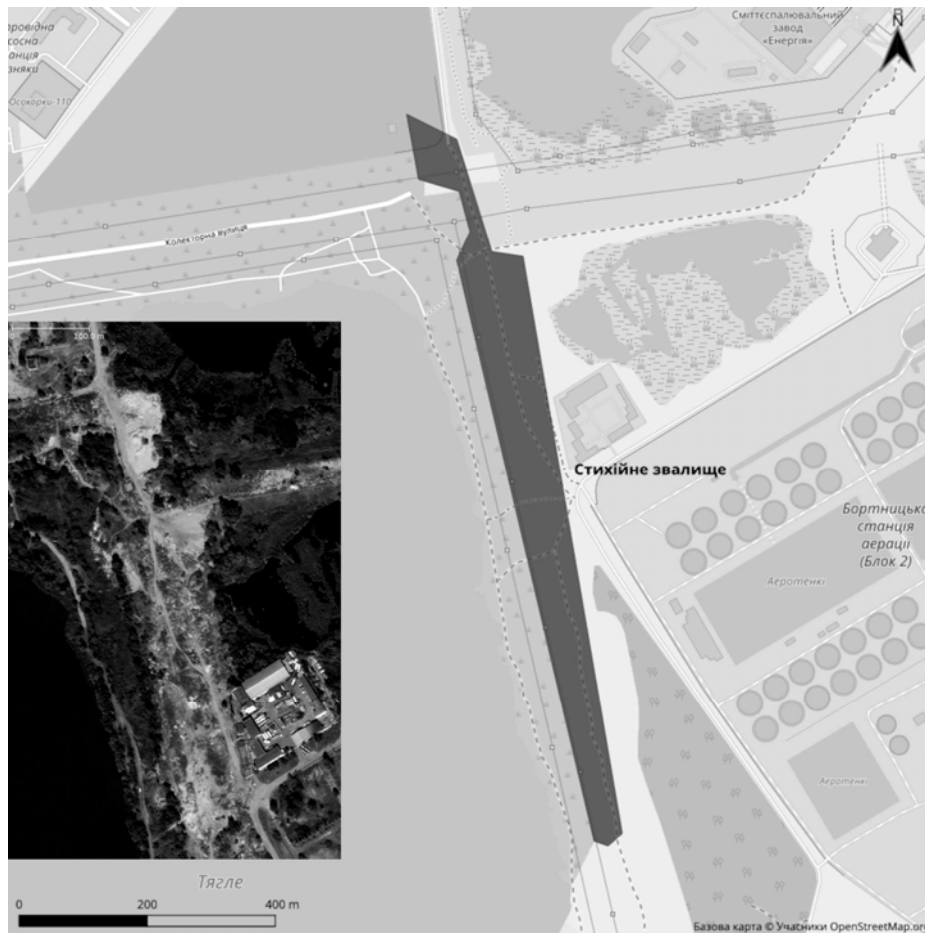


Рис. 3. Сміттєзвалище поруч із сміттєспалювальним заводом «Енергія» ПАТ «Київенерго». Ліворуч — космічний знімок північної частини звалища



Рис. 4. Кладовище військової техніки на території Київського бронетанкового заводу



Рис. 5. Кладовище підйомних кранів (м. Київ)

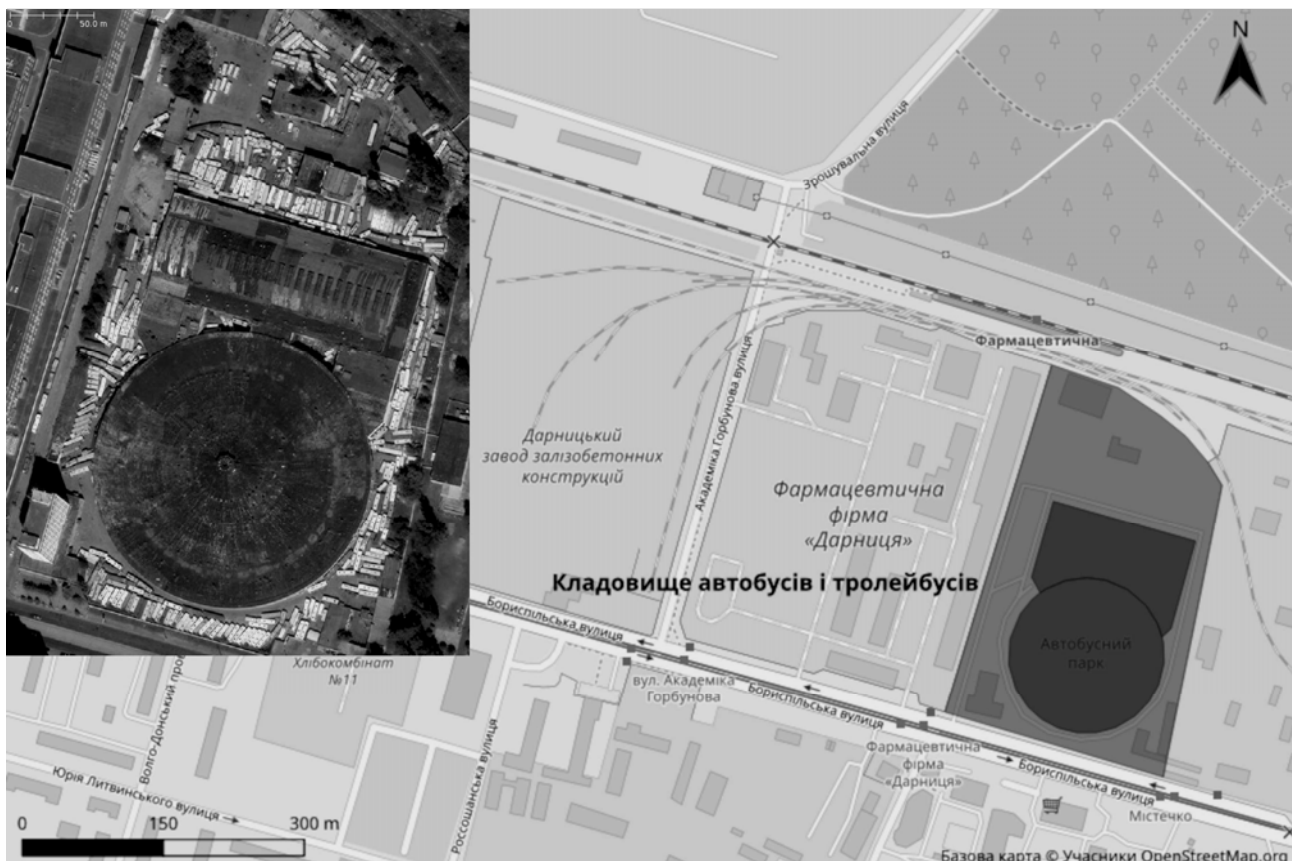


Рис. 6. Кладовище автобусів і тролейбусів КП «Київпаstrан»

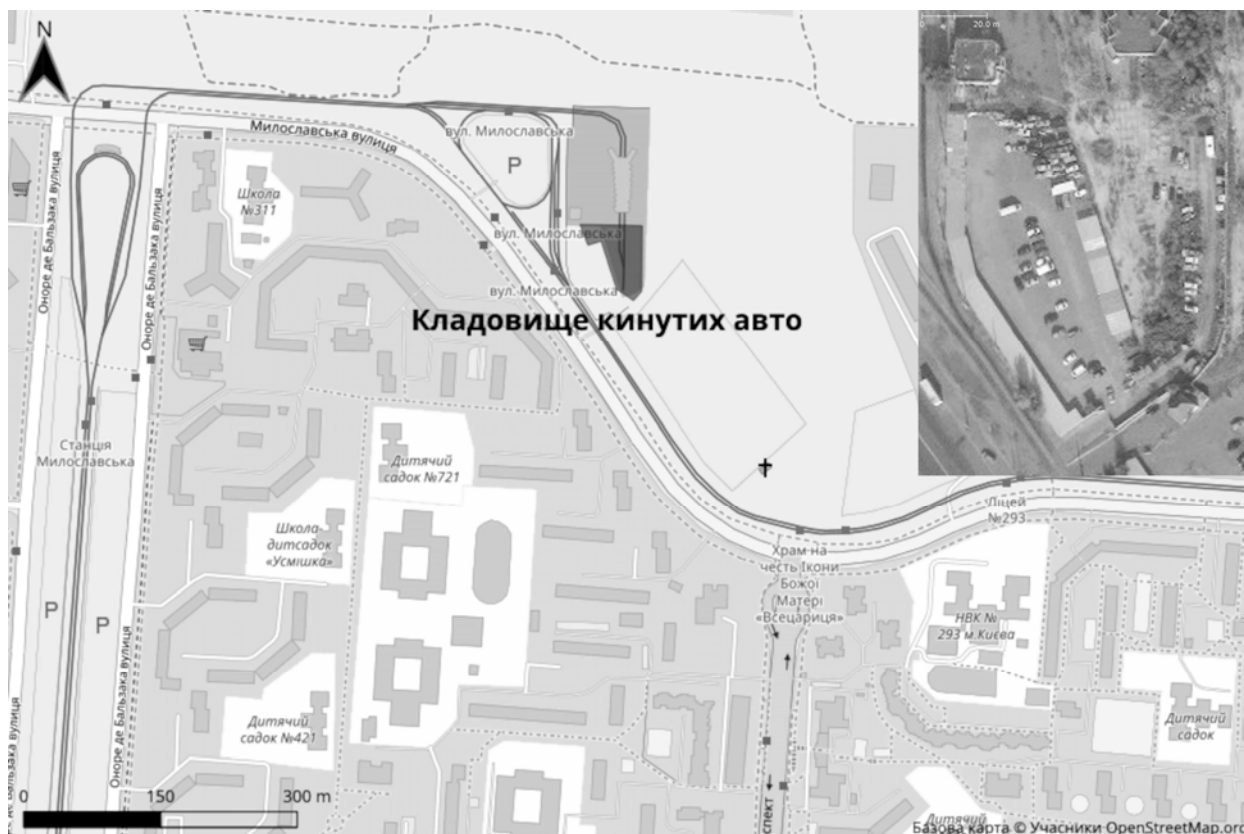


Рис. 7. Кладовище кинутих автомобілів на Троєщині (м. Київ)

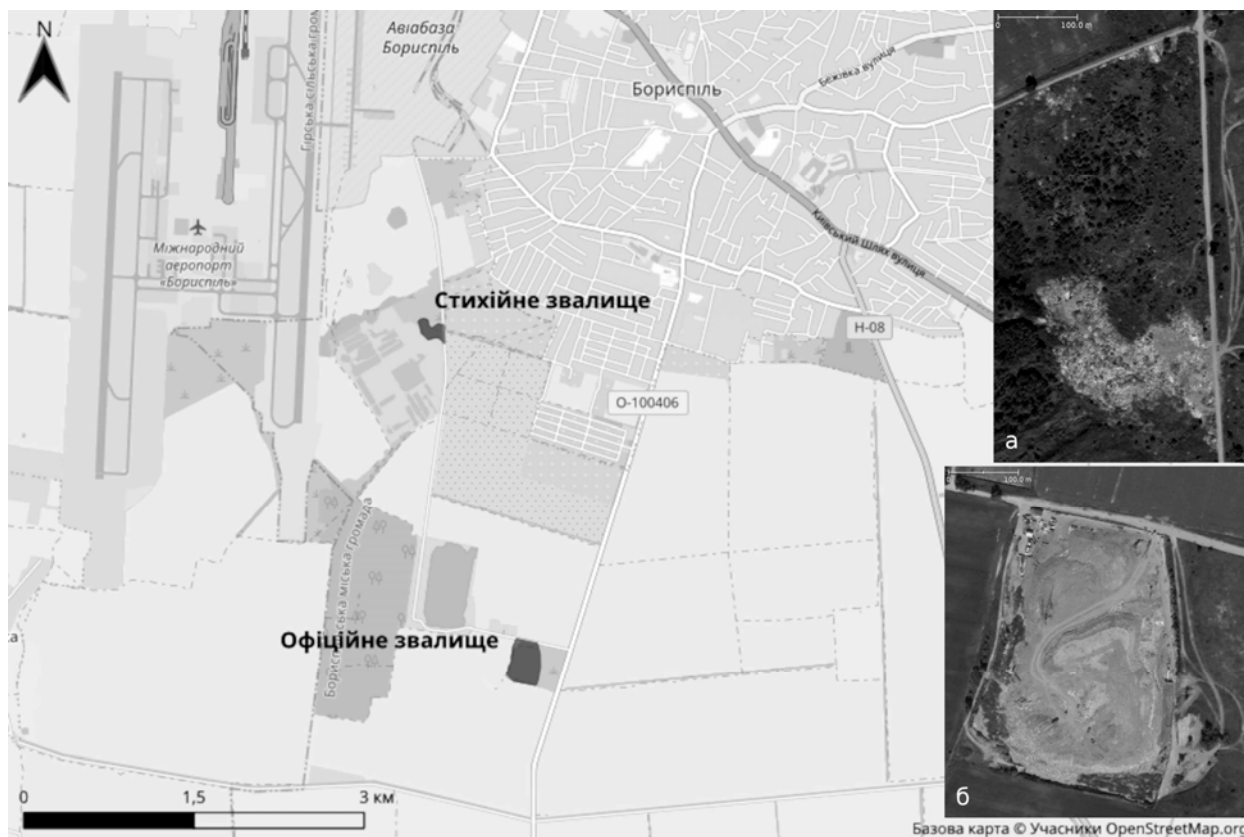


Рис. 8. Сміттєзвалища поблизу Міжнародного аеропорту «Бориспіль»:
 а — стихійне звалище (поруч з очисними спорудами); б — офіційне звалище (біогазова електростанція)



Рис. 9. Сміттєзвалище біля с. Проліски Бориспільського району Київської області

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Вишня М. М. Техногенні небезпеки Київської області: інвентаризація та картографування. *Український географічний журнал*. 2016. № 2. С. 57–63. <https://doi.org/10.15407/ugz2016.02.057>
- [2] Новохацька Н. А., Трофимчук О. М. Технологія інвентаризації місць видалення відходів методами дистанційного зондування Землі. *Екологічна безпека та природокористування*. 2014. Вип. 14. С. 31–40.
- [3] Сміттєві звалища. Департамент житлово-комунальної інфраструктури Київської міської державної адміністрації: офіційний запит. 2016. https://dostup.pravda.com.ua/request/smittievi_zvalishcha?nocache=incoming-18918
- [4] Сміттєві звалища в Києві та області. Інтерактивна карта. 2015. <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1tNSA4vJctKN3qPcGEioLW-6tpqk>
- [5] Alexakis D. D., Sarris A. Integrated GIS and remote sensing analysis for landfill sitting in Western Crete, Greece. *Environmental Earth Sciences*. 2013. Vol. 72(2). P. 467–482. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2966-y>
- [6] Biotto, G., Silvestri, S., Gobbo, L., Furlan, E., Valenti, S., Rosselli, R. GIS, multi-criteria and multi-factor spatial analysis for the probability assessment of the existence of illegal landfills. *International Journal of Geographical Information Science*. 2009. Vol. 23(10). P. 1233–1244. <https://doi.org/10.1080/13658810802112128>
- [7] Iacoboaia, C., Petrescu, F. Landfill monitoring using remote sensing: a case study of Glina, Romania. *Waste Management & Research*. 2013. Vol. 31(10). P. 1075–1080. <https://doi.org/10.1177/0734242x13487585>
- [8] Rahmat Z.G., Niri M.V., Alavi N., Goudarzi G., Babaei, A.A., Baboli, Z. and Hosseinzadeh, M. Landfill site selection using GIS and AHP: a case study: Behbahan, Iran. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2017. Vol. 21(1). P. 111–118. <https://doi.org/10.1007/s12205-016-0296-9>
- [9] Silvestri S., Omri M. A method for the remote sensing identification of uncontrolled landfills: formulation and validation. *International Journal of Remote Sensing*. 2008. Vol. 29(4). P. 975–989. <https://doi.org/10.1080/01431160701311317>

- [10] Maxar Technologies: Imagery Basemaps. 2020. <https://www.maxar.com/products/imagery-basemaps>
- [11] JOSM. 2021. <https://josm.openstreetmap.de/>
- [12] Zinn, N. and Hydrometronics, L.L.C. Web Mercator: Non-Conformal, Non-Mercator. Hydrometronics LLC. 2010. [http://www.hydrometronics.com/downloads/Web Mercator — Non-Conformal, Non-Mercator \(notes\).pdf](http://www.hydrometronics.com/downloads/Web_Mercator_-_Non-Conformal,Non-Mercator_(notes).pdf)
- [13] EPSG:3857, WGS 84 / Pseudo-Mercator – Spherical Mercator, Google Maps, OpenStreet Map, Bing, ArcGIS, ESRI. 2015. <https://epsg.io/3857>
- [14] Haklay, M. and Weber, P. OpenStreetMap: User-generated street maps. IEEE Pervasive computing. 2008. 7(4). P. 12–18. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2008.80>
- [15] OpenStreetMap. 2021. <https://www.openstreetmap.org/>
- [16] QGIS: A Free and Open Source Geographic Information System. 2021. <https://qgis.org/>
- [17] Публічна кадастрова карта України. 2019. <https://map.land.gov.ua/>

Великодський Ю. І., Трофімов І. Л., Бойченко С. В.
МОНІТОРИНГ, КАРТОГРАФУВАННЯ ТА ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ЗВАЛИЩ М. КИЄВА ТА КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ, ЩО МІСТЯТЬ ВІДХОДИ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Висока концентрація об'єктів транспортної інфраструктури у м. Києві та Київській області створює ймовірність виникнення техногенних надзвичайних ситуацій. Тому є нагальним питання моніторингу та інвентаризації звалищ як техногенних відходів взагалі, так і відходів транспортної інфраструктури, що дозволить оцінити ступінь небезпеки подібних об'єктів, вплив їх на екологію регіону та запропонувати рекомендації щодо оптимального розміщення таких звалищ у майбутньому та удосконалення поводження з відходами у транспортній галузі.

Метою даної роботи є створення реєстру та картографування звалищ м. Києва та Київської області (як офіційних, так і стихійних), що містять або можуть містити відходи транспортної інфраструктури. Наразі такого реєстру не існує, тому дана робота є «піонерською» та буде корисною для аналізу та подальшого моніторингу таких об'єктів.

Перш за все, було враховано, що такі відходи можуть міститись у твердих побутових відходах. Тому було проаналізовано інформацію про офіційні місця захоронення та знешкодження таких відходів, що вивозяться з м. Києва. Наступний клас розглянутих об'єктів — це об'єкти захоронення транспортної техніки. Нарешті, важливий клас об'єктів — це власне територія об'єктів транспортної інфраструктури (авіаційної, залізничної, автомобільної). Автори розглянули значну кількість таких об'єктів у межах м. Києва, а також територію Міжнародного аеропорту «Бориспіль».

За даними дешифрування супутникових знімків високої роздільної здатності створено реєстр звалищ м. Києва та Київської області, що містять або можуть містити відходи транспортної інфраструктури. Побудовано карти території цих звалищ на основі даних OpenStreetMap, які було доповнено авторами. Оцінено площу та інші характеристики звалищ. Виявлено два стихійних звалища площею 7,9 та 2,8 га.

Ключові слова: звалище; відходи; транспорт; картографія; OpenStreetMap.

Velikodsky Yu. I., Trofimov I. L., Boichenko S. V.
MONITORING, MAPPING AND INVENTORY OF LANDFILLS OF KYIV CITY AND KYIV REGION CONTAINING WASTE OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

The high concentration of transport infrastructure in Kyiv city and Kyiv region creates the possibility of man-made emergencies. Therefore, there is an urgent issue of monitoring and inventory of landfills of both man-made waste, in general, and transport infrastructure waste, which will allow to assess the degree of danger of such facilities, their impact on the ecology of the region and to offer recommendations for optimal disposal of such landfills in the future and for improving the waste management in transport industry.

The purpose of this work is to create a register and to map landfills in Kyiv city and Kyiv region (both official and unofficial), which contain or may contain transport infrastructure waste.

There is currently no such register, so this work is "pioneering" and will be useful for the analysis and further monitoring of such facilities.

First of all, it was taken into account that such waste may be contained in the municipal solid waste. Therefore, information on official landfills and disposal of such waste exported from Kyiv was analyzed. The next class of considered objects is objects of burial of transport equipment.

Finally, an important class of objects is the actual territory of transport infrastructure objects (aviation, railway, automobile). The authors considered a significant number of such facilities within the city of Kyiv, as well as the territory of Boryspil International Airport.

According to the interpretation of high-resolution satellite images, a register of landfills in Kyiv city and Kyiv region that contain or may contain transport infrastructure waste has been created.

Maps of the territories of these landfills were built using OpenStreetMap data, which were supplemented by the authors. The area and other characteristics of landfills are estimated. Two unofficial landfills with an area of 7.9 and 2.8 hectares were identified.

Keywords: landfill; waste; transport; cartography; OpenStreetMap.

Стаття надійшла до редакції 14.07.2021 р.

Прийнято до друку 18.10.2021 р.