



original article | UDC 351.777.613:502.174](477.53) | doi: 10.31210/visnyk2022.02.20

POSSIBILITIES OF USING GEO-INFORMATIONAL SYSTEMS AND REMOTE LAND SOUNDING TECHNOLOGIES IN ENVIRONMENTAL MONITORING OF MAKUKHIVKA DUMP IN POLTAVA REGION

S. Shevchuk^{1*}
O. Pudenko²

ORCID  [0000-0002-8155-8326](https://orcid.org/0000-0002-8155-8326)

¹ Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine

² Poltava Lyceum named after A. S. Makarenko, 1, Makarenko Str., Kovalivka, 38701, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: serhii.shevchuk@pdaa.edu.ua

How to Cite

Shevchuk, S., & Pudenko, O. (2022). Possibilities of using geo-informational systems and remote land sounding technologies in environmental monitoring of Makukhivka dump in Poltava region. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (2), 165–174. doi: 10.31210/visnyk2022.02.20

Makukhivka dump has been functioning since 1953. According to the methods of audit assessment of the environmental danger of municipal solid waste (MSW) grounds and dumps, this object has exhausted all possible resources, is overloaded, and belongs to the group of extremely dangerous. Unsatisfactory condition of the natural complex in the dump's zone is connected with the fact that the place of waste disposal does not correspond to the sanitary and hygienic standards, it has no filtration screen, filtrate purification and removal system; it has been operated without using preventive and reliable measures for groundwater isolation. The use of geo-informational systems (GIS) and remote land sounding (RLS) methods allowed to monitor the dump's territory with implementing the following stages: distinguishing the territory; spectral characteristics of natural objects; establishing the biggest differences and classification of the dump's surface images; conducting different time comparison of the received raster pictures and composing thematic maps and diagrams of the dump's effect on the environment; finding out the ground's increase in the area and the lack of correspondence between the satellite photographs and the data of regulatory documents; establishing the dependence of fires starting on the dump's territory upon the concentration of the dump gases in the atmosphere. To assess the ecological condition of Makukhivka dump, the GIS functional cross-platform was applied, namely, Quantum GIS (QGIS) 3.16., and its supplements: DZetsaka; MapSwipeTool; QvickMapServices. The photographs of low and medium distribution capacity from 10 to 30 m were analyzed as well as multi-spectral ones (up to 12 channels depending on the year of receiving), and those got from satellites: Sentinel 2 L2A of July 15, 2021 with using channels 12, 11, 8; Landsat 8 L2 of June 14, 2013 (channels 2, 3, 4, and 5); Landsat 4-5 TM L2 of July 12, 2000 (channels 1, 2, 3); Sentinel 5P. The studies of Makukhivka dump as a result of human anthropogenic activity were presented in the paper. The attempt was made to evaluate several characteristics of the MSW ground by means of GIS and RLS, and substantiate measures to increase environmental security in the zone of the dump's impact. The research results present the conducted environmental assessment of Makukhivka dump territory taking into account constant and emergency environmental risks; the comparative analysis of the ground's characteristics was made (total area, the peculiarities of soil-plant cover, some indicators of atmospheric air) using RLS means during the period from 2000 to 2021; the measures aimed at decreasing the level of the dump's environmental danger were proposed.

Key words: municipal solid waste ground, Makukhivka dump, environmental monitoring, remote land sounding, geo-informational systems and technologies.

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ГІС ТА ДЗЗ ПРИ ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ МАКУХІВСЬКОГО СМІТТЄЗВАЛИЩА В ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

С. М. Шевчук¹, О. Р. Пуденко²

¹ Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

² Полтавський ліцей імені А. С. Макаренка, с. Ковалівка, Полтавська область, Україна

Макухівське сміттєзвалище функціонує з 1953 р. За методиками аудиторської оцінки екологічної небезпеки полігонів та звалищ твердих побутових відходів цей об'єкт вичерпав усі можливі ресурси і є перевантаженим, належить до групи надзвичайно небезпечних. Незадовільний стан природного комплексу в зоні впливу сміттєзвалища пов'язаний з тим, що місце видалення відходів не відповідає санітарно-гігієнічним нормам, не має фільтраційного екрану, системи очищення та відводу фільтрату, експлуатується без застосування превентивних і надійних заходів ізоляції підземних вод. Використання методів геоінформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) дало змогу здійснити моніторинг території звалища з реалізацією таких етапів: розрізнення території; спектральна характеристика природних об'єктів; з'ясування найбільших відмінностей і класифікації зображень поверхні полігону; проведення різночасового порівняння отриманих растрів та побудови тематичних карт і графіків впливу полігону на довкілля; виявлення зростання площі полігону та невідповідності супутникових знімків із даними нормативних документів; встановлення залежності пожеж, що виникають на території звалища, від концентрації звалищних газів в атмосфері. Для оцінки екологічного стану Макухівського сміттєзвалища було застосовано функціональну крос-платформу ГІС, а саме – Quantum GIS (QGIS) 3.16. та її додатки: dzetsaka; MapSwipeTool; QvickMapServices. Були проаналізовані знімки низької та середньої розподільчої здатності від 10 до 30 м, мультиспектральні (до 12 каналів залежно від року отримання), отримані із супутників: Sentinel 2 L2A за 15 липня 2021 р. з використанням каналів 12, 11, 8; Landsat 8 L2 за 14 червня 2013 (канали – 2, 3, 4, 5); Landsat 4-5 TM L2 за 12 липня 2000 р. (канали – 1, 2, 3); Sentinel 5P. У роботі представлені дослідження Макухівського сміттєзвалища як результату антропогенної діяльності людини, зроблено спробу оцінити деякі характеристики полігону твердих побутових відходів засобами ГІС та ДЗЗ, обґрунтувати заходи із підвищення екологічної безпеки в зоні впливу сміттєзвалища. Результати дослідження полягають у проведеній екологічній оцінці території Макухівського сміттєзвалища з огляду на постійні та аварійні екологічні ризики; виконано порівняльний аналіз характеристик полігону (загальна площа, особливості ґрунтово-рослинного покриву, деякі показники атмосферного повітря) засобами ДЗЗ за період з 2000 по 2021 р.; запропоновано заходи щодо зниження рівня екологічної небезпеки сміттєзвалища.

Ключові слова: полігон твердих побутових відходів, Макухівське сміттєзвалище, екологічний моніторинг, дистанційне зондування Землі, геоінформаційні системи та технології.

Вступ

Однією із екологічних проблем Полтавської області є погіршення якості довкілля, нераціональне та небезпечне поводження з твердими побутовими відходами. У Полтавській області щорічно утворюється близько 3 млн м³ твердих побутових відходів (ТПВ).

Місця захоронення твердих побутових відходів є земельними угіддями, вилученими із сільськогосподарського обігу. За даними Екологічного паспорту Полтавської області станом на 01.01.2020 р. в області налічували понад 530 звалищ, під які вилучено 439,95 га землі [1]. Станом на 01.01.2021 р. в Полтавській області функціонувало 771 місце захоронення/видалення полігонів твердих побутових відходів (ПТПВ) [2]. Згідно з даними Головного управління Держгеокадастру в Полтавській області, 2018 р. втрачено 0,025 тис. га земель сільськогосподарських угідь [3], які потребують значних капіталовкладень з метою рекультивації та відновлення. Значна частина цих земель знаходиться під ПТПВ.

За даними Управління житлово-комунального господарства Полтавської ОДА, станом на 01.01.2021 р. 200 полігонів із 537 не відповідають нормам. Наявні полігони експлуатуються без необхідного інженерного забезпечення, постійних моніторингових досліджень їх впливу на природу та стан здоров'я населення, що проживає в безпосередній близькості [2].

Макухівське сміттєзвалище є найбільшим полігоном побутових відходів у Полтавській області, що створює високий ступінь ризику для здоров'я населення, яке мешкає поблизу. Потребує об'єктивної оцінки і стан екологічної безпеки цієї території. Традиційні методи отримання інформації про техногенні об'єкти є мало оперативними і об'ємними. Саме тому застосування геоінформаційних систем (ГІС) та методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), сучасних програмних засобів обробки інформації дає змогу в короткі терміни отримати інформацію, проаналізувати її та спрогнозувати можливі наслідки.

Аналіз досліджуваної проблеми свідчить, що різні її аспекти, починаючи від доцільності використання дистанційних методів для обґрунтування місця розташування нового ПТПВ, закінчуючи упровадженням цих же методів для моніторингу стану полігонів, вивчення їх впливу на навколишні території, а також обґрунтування подальших заходів із відновлення і рекультивациі висвітлені у роботах вітчизняних та зарубіжних авторів [4–12].

Мета дослідження – оцінка характеристик Макухівського ПТПВ засобами ГІС та ДЗЗ і обґрунтування заходів із підвищення екологічної безпеки в зоні впливу сміттєзвалища.

Завдання дослідження: провести аналітичну оцінку можливостей використання технологій ГІС та ДЗЗ при екологічному моніторингу території звалища.

Матеріали і методи досліджень

Нині в Україні відсутня система ефективного поводження з промисловими і побутовими відходами, тому існує загроза зростання обсягів їх накопичення (на 7,2 млрд т або 20–25 % до 2030 р.) і збільшення площі території, необхідної для їх складування [13]. Так, за звітами Міністерства розвитку громад та територій України, за 2020 р. було акумульовано понад 54 млн м³, або понад 10 млн т., що захоронені на шести тисячах українських сміттєзвалищ та полігонах загальною площею 9 тисяч га.

Найкращим вирішенням означених проблем є застосування засобів сучасних технологій одержання даних – використання ГІС та ДЗЗ. Така система моніторингу в майбутньому забезпечить організацію необхідних інформаційних потоків і поліпшить спостереження за основними процесами та явищами у географічній оболонці над потенційно небезпечними об'єктами [14]. За їх допомогою можна виявити критичні ситуації та фактори впливу і найбільш чутливі до них елементи геосистеми. Під час здійснення моніторингу є можливість отримати дані як про абіотичний складник середовища, так і про стан біоти, а також отримати інформацію про функціонування екосистем і спрогнозувати її реакції на можливі збурення [15].

Практична реалізація таких спостережень базується на архіві космічних знімків оптичного та інфрачервоних діапазонів, векторних та растрових електронних топографічних карт масштабного ряду до 1 : 100000, картографічного програмного забезпечення на зразок ArcGIS ESRI. Під час дослідження території Макухівського ПТПВ було застосовано функціональну крос-платформу ГІС – Quantum GIS (QGIS) 3.16.

Для виконання завдань залучені космічні знімки низької та середньої просторової розрізненості від 10 до 30 м і мультиспектральні (до 12 каналів залежно від року отримання).

Моніторинг полягав у реалізації таких етапів:

- розрізнення – підбір та деталізація наявних топографічних карт, створення за їхньою допомогою перших растрових шарів у координатних системах. Використано плагін QvickMapServices, застосовано інтернет-сервіси TMS та WMS і тайли XYZ;

- спектральна характеристика – створення растрових шарів полігону у природних кольорах. Застосовано плагін MapSwipeTool як інструмент гортання активних шарів проекту з метою попереднього їхнього порівняння і виявлення змін та відмінностей;

- вибір найбільших відмінностей – текстурних (загальні зміни поверхні території полігону) та яскравісних (зміни альбедо);

- класифікація зображень поверхні полігону проведена плагіном Dzetsaka за ступенем антропогенного навантаження та різними типами рослинно-грунтового покриву;

- різночасове порівняння отриманих растрів;

- побудова тематичних карт впливу полігону на довкілля.

Використання технологій ГІС та ДЗЗ дозволяє відслідковувати ретроспективні зміни екологічних компонентів території звалища, виявляти та прогнозувати можливі надзвичайні ситуації. Оцінка зміни

площі території, рівня антропогенного навантаження, характеристики ґрунтово-рослинного покриву та розрахунок індексу NDVI відбувались шляхом порівняння знімків супутників Landsat 4-5 TM L2 за 12 липня 2000 р. (канали 1, 2, 3, 4); Landsat 8 L2 за 14 червня 2013 р. (канали 2, 3, 4, 5); Sentinel 2 L2A за 15 липня 2021 р. з використанням каналів 12, 11, 8, 4, 3, 2. Для оцінки концентрації метану та оксиду карбону над територією звалища застосовано дані супутника Sentinel 5P із 2018 по 2021 р.

Результати досліджень та їх обговорення

Макухівський ПТПВ – типовий приклад сучасної антропогенної діяльності, найбільше у Полтавській області сміттєзвалище. Варто зазначити, що офіційно це не полігон, а саме сміттєзвалище, оскільки жодної проектною документації та архівних даних щодо його використання немає. Макухівське сміттєзвалище виникло стихійно на місці вибірки піщаної гори спочатку як міське звалище промислових відходів полтавських заводів ГРЛ та ПТРЗ, а згодом – і побутових відходів. Офіційно використовується з 1953 р. Відповідно до Закону України «Про відходи», ПТПВ мають бути спеціальними спорудами, призначеними для ізоляції і знешкодження комунального сміття, що насамперед мають гарантувати санітарно-епідеміологічну безпеку населення. На полігонах повинна забезпечуватися статична стійкість відходів з урахуванням динаміки ущільнення, мінералізації, газовиділення, максимального навантаження на одиницю площі, можливості раціонального використання ділянки після закриття полігону [16]. Комплекс факторів негативного впливу, які здійснюють ПТПВ на довкілля, включає: забруднення поверхневого стоку; забруднення ґрунтів; забруднення порід зони ненасиченої фільтрації і ґрунтових водоносних горизонтів; виділення токсичних газів, які забруднюють приземний шар атмосфери, негативно впливаючи на стан біосфери та безпеку життєдіяльності людини.

Згідно з «Державним актом на право постійного користування земельною ділянкою П – ПЛ № 003481» від 02.01.1996 р. та встановлених меж у природі, територія Макухівського сміттєзвалища повинна становити 17,4 гектара, але на початок 2019 р. площа зросла до 25 гектарів і продовжує збільшуватись. Звалище вичерпало свій ресурс понад 10 років тому та не відповідає санітарним нормам. При нормі навантаження 10 тонн і проектній висоті 20 метрів, фактичне навантаження становить 45 тонн на м² при висоті 45 метрів. 2014 р. сюди було вивезено 770 тисяч тонн побутових відходів, 33 % з яких є органічною вторинною сировиною [17].

Село Макухівка розташоване на відстані 300 метрів на північ від звалища, що також є порушенням «Закону про відходи», адже відстань до найближчого населеного пункту має бути не менше ніж 500 метрів за умови виконання всіх превентивних дій. Сміттєзвалище розміщене на лівому березі р. Коломак, в місці, де вона впадає в р. Ворскла. У геоморфологічному відношенні – знаходиться в межах II–III надзаплавних терас р. Ворскли. Це переважно сучасні та серединно-верхочетвертинні відклади, представлені різнозернистими пісками, суглинками та супісками. Ці відклади вміщують водоносні горизонти. Глибина залягання ґрунтових вод коливається від 3,5 до 16,5 метрів. Потік підземних вод спрямований у південному та південно-західному напрямку до основних річкових артерій – Дніпра та його притоки Ворскли, де і відбувається розвантаження водоносних горизонтів у зоні активного водообміну. Оскільки тут відсутні глинисті товщі, то ґрунтові води мають гідравлічний зв'язок з поверхневими та відносяться до незахищених. Забруднення водоносних горизонтів відбувається через потрапляння шкідливих речовин під час інфільтрації атмосферних опадів через комунальні відходи за відсутності донного екрану. Характер інфільтрації є постійним [18].

При визначенні якості питної води по вул. Озерна у с. Макухівка було встановлено: забарвленість питної води перевищує гранично допустимі показники відповідно до ГОСТУ 3351-74 на 5⁰; вміст заліза у 2,5 рази перевищує допустиму норму (відповідно до ГОСТУ 4011-72); через годину вода стає темно-сірого кольору та має неприємний запах. Забруднення ґрунтів у районі звалища перевищує нормативні значення за показниками ГДК у 2,5–10 разів, забруднення важкими металами – у 10–30 разів. За бактеріологічними показниками досліджені проби води та ґрунтів у 76 % випадків відносяться до забруднених та дуже забруднених [19].

Від 35 до 40 % відходів, що потрапляють на звалище – це органічні рештки. При анаеробному розкладі вони утворюють суміш газів – біогаз, або так званий «звалищний газ». Емісія біогазу при потраплянні до атмосфери створює як локальні, так і глобальні негативні ефекти. Основним компонентом цієї суміші є метан. Він провокує парниковий ефект, спричиняє забруднення атмосфери прилеглих територій через токсичні домішки, призводить до пожеж.

Отже, за методиками екологічної аудиторської оцінки екологічної небезпеки ПТПВ та вибіркового показників Макухівське сміттєзвалище потрібно вважати надзвичайно небезпечним.

Незадовільний стан гідрогеологічного і суміжних з ним середовищ у зоні впливу пов'язаний з тим, що місце видалення відходів не відповідає санітарно-гігієнічним нормам, не має фільтраційного екрану, системи очищення та відводу фільтрату, експлуатуються без застосування превентивних і надійних заходів ізоляції підземних вод. Як результат, забруднення від полігону твердих побутових відходів має можливість поширюватись у ґрунт стічними, інфільтраційними та підземними водами, адже очисні споруди як фактор попередження забруднення відсутні. Характер інфільтрації є постійним. Ситуація особливо погіршується у весняно-літній період, оскільки із підвищенням температури повітря вплив процесів забруднення на довкілля зростає. Атмосферні опади, просочуючись крізь необроблені відходи, утворюють особливо токсичний інфільтрат, у якому поряд з органічними речовинами наявні залізо, ртуть, цинк, свинець та інші метали з консервних бляшанок, батарейок тощо. Це призводить до зниження вмісту розчинного кисню у воді, що є небезпечним для живих організмів; різкого зниження інтенсивності біохімічних процесів та може мати негативний вплив на здоров'я місцевого населення, зокрема населених пунктів Макухівка та Терешки.

Останніми роками розроблено багато підходів до визначення та встановлення можливих наслідків діяльності людини для довкілля. Системний підхід є методологічною базою, що дозволяє вивчати полігеокомпонентні природні системи регіонального та локального рівнів. Ландшафтно-екологічний підхід як варіант системного ґрунтується на основі ландшафтного (горизонтального) та екологічного (вертикального) аналізів. Використання засобів ДЗЗ надає можливість провести спостереження екосистеми та отримати вихідну інформацію, що підлягає картуванню, аналізу та обробці. Так само ГІС та технології дозволяють забезпечити оперативну обробку інформації про дослідний об'єкт: розробити картографи, проаналізувати їх, об'єктивно оцінити стан на певний час і спрогнозувати розвиток досліджуваної території.

Для порівняння було обрано знімки супутників Sentinel 2 L2A за 15 липня 2021 р. та Landsat 4-5 TM L2 за 12 липня 2000 р. У результаті злиття каналів 4, 3, 2 (Sentinel) та 3, 2, 1 (Landsat) було побудовано два растрових шари у природних кольорах. Як видно із рис. 1, основні дешифрувальні ознаки території звалища – текстура та яскравість. Текстура – зрідження деревостану, неоднорідна структура поверхні полігону. Дешифрувальні ознаки яскравості пов'язані зі збільшенням коефіцієнту спектральної яскравості завдяки зміні вологості поверхні Землі та видалення ґрунтово-рослинного покриву. При візуальній оцінці відмічено зростання площі 2021 р. порівняно з 2000 р.



Рис. 1. Територія Макухівського сміттєзвалища станом на 2000 та 2021 рр.

Для встановлення зміни площі техногенно спотворених земель були використані ознаки, пов'язані з варіаціями альбедо та наявністю і станом ґрунтово-рослинного покриву, що впливає на них. З цією метою було створено тематичні растрові шари у штучних кольорах (синтез каналів 4, 3, 2 для Landsat 4-5 TM L2 та 8, 4, 3 для Sentinel 2 L2A) з подальшим нанесенням полігональних векторних шарів. Це допомогло ідентифікувати класи на тематичних шарах та обрахувати максимально урбанізовану територію (рис. 2).

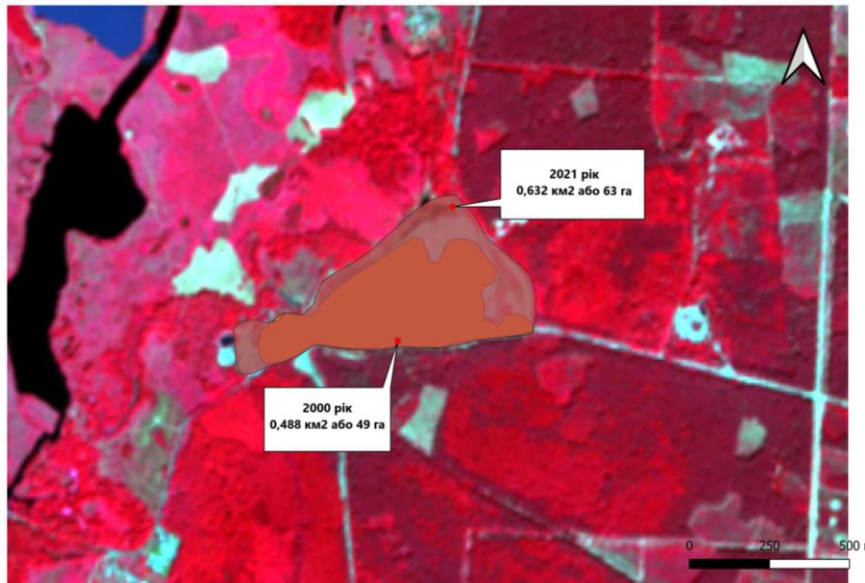


Рис. 2. Порівняння полігонів максимально урбанізованих територій Макухівського сміттєзвалища

Розрахунок площі звалища з використанням програмного забезпечення крос-платформи Quantum GIS, не збігається з офіційними даними. Згідно з «Державним актом на право постійного користування земельною ділянкою П – ПЛ № 003481», ця територія становить лише 25 га, а за нашими результатами станом на 2021 р. – майже 63 га.

Лісові масиви – це складні та динамічні природні системи, межі яких постійно змінюються під впливом факторів навколишнього середовища. Макухівське сміттєзвалище розташоване в межах Чалівського лісового масиву і безпосередньо впливає на місцеву рослинність. Було проведено порівняння ґрунтово-рослинного покриву, що оточує полігон за 2000 та 2021 р. Тематичний растр знімків Sentinel було створено в результаті злиття каналів 11, 8, 4, а для Landsat – 5, 4, 3. Отримані шари обрізані по екстенду карти та класифіковані за допомогою плагіна dzetsaka. Для визначення характеристики ґрунтового покриву було обрано чотири класи (рис. 3, 4).

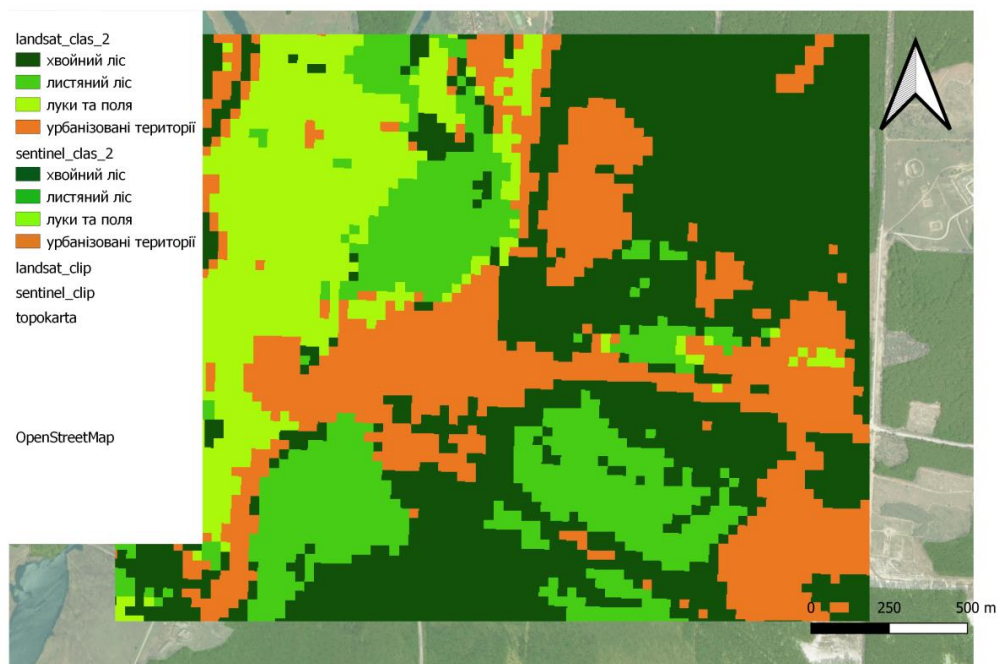


Рис. 3. Рослинний покрив території Макухівського сміттєзвалища, 2000 р.

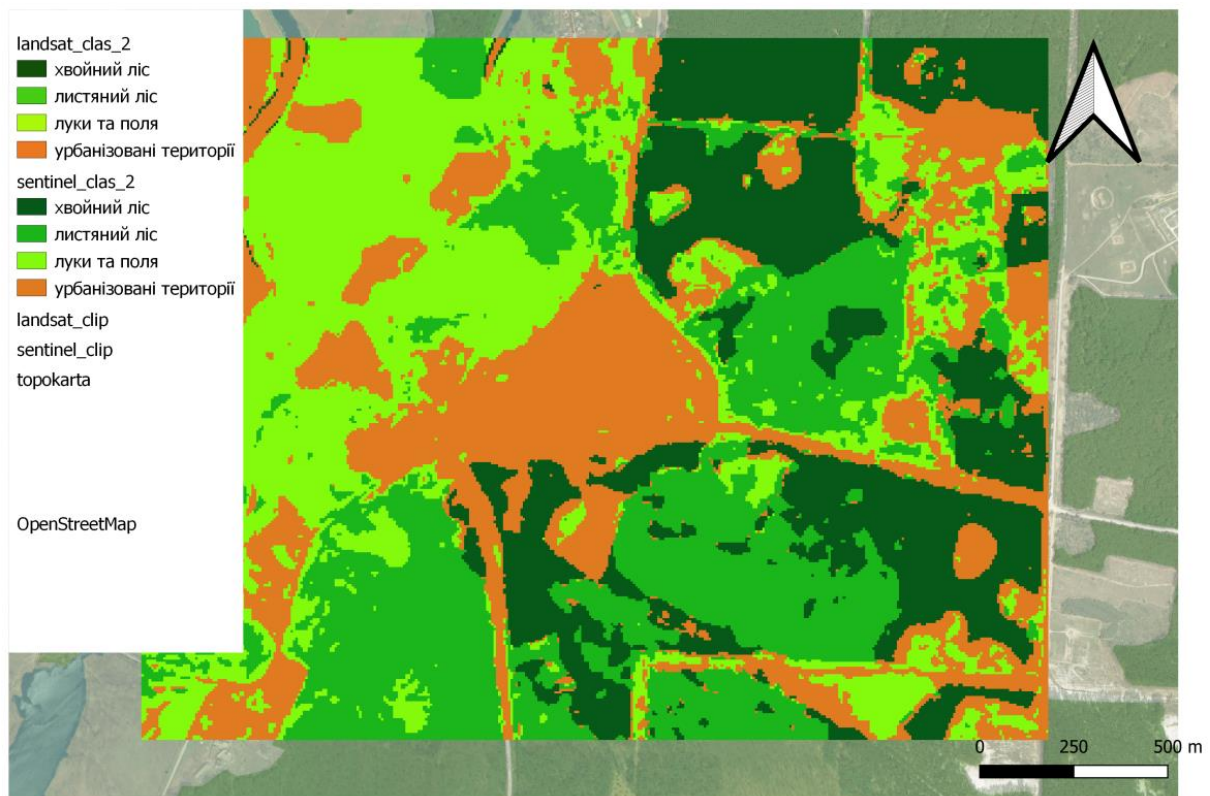


Рис. 4. Рослинний покрив території Макухівського сміттєзвалища, 2021 р.

Спектральна відбивна здатність рослин у різних діапазонах дозволяє за допомогою математичних комбінацій виміряти такі характеристики: кількість біомаси, інтенсивність росту, зміну густоти рослинного покриву. Нормалізований рослинний індекс (NDVI) було прораховано за допомогою растрового калькулятора (з використанням каналів: для Sentinel 2 L2A– 8 та 4 і для Landsat 4-5 TM L2 – 4 та 3) за формулою $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$.

Це дало змогу виявити аномальні зміни в рослинному покриві території звалища. Для визначення ділянок, що зазнали найбільших трансформацій, за допомогою растрового калькулятора було створено карту різниці показників NDVI (рис. 5). Виявлено, що сучасна територія звалища зазнала суттєвої зміни рослинного покриву. Показники, близькі до одиниці, відмічають ділянки з найвищим рівнем падіння вегетаційного індексу 2021 р. відносно 2000 р.

Отже, при порівняльному аналізі знімків було виявлено загальне зменшення площі хвойних лісів, що оточують територію полігону; встановлено, що соснові ліси частково заміщені на листяні; відмічено зростання територій, не вкритих лісовою рослинністю та загальне збільшення урбанізованих земель.

Ці спостереження частково підтверджують таксономічні описи Чалівського лісництва Полтавського лісового господарства. Так, у 52 кварталі, де під час дослідження відмічено найвищий рівень падіння вегетаційного індексу, 2000 р. основна лісоутворююча порода – сосна, а 2021 – сосна звичайна (*Pinus strobus*) зі значними домішками робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia*) та клену татарського (*Acer tataricum*).

Аеробні та анаеробні процеси, які відбуваються у товщі сміття Макухівського сміттєзвалища, призводять до численних загорянь. За даними ДСНС Полтавщини, за останні 6 років полігон горів 69 разів [18]. У результаті горіння до довкілля потрапляє значна кількість токсичних речовин та продуктів неповного згорання. Прогнозування та оцінювання стану атмосфери є важливою частиною екологічного моніторингу території полігону із метою раціонального управління якістю навколишнього середовища.

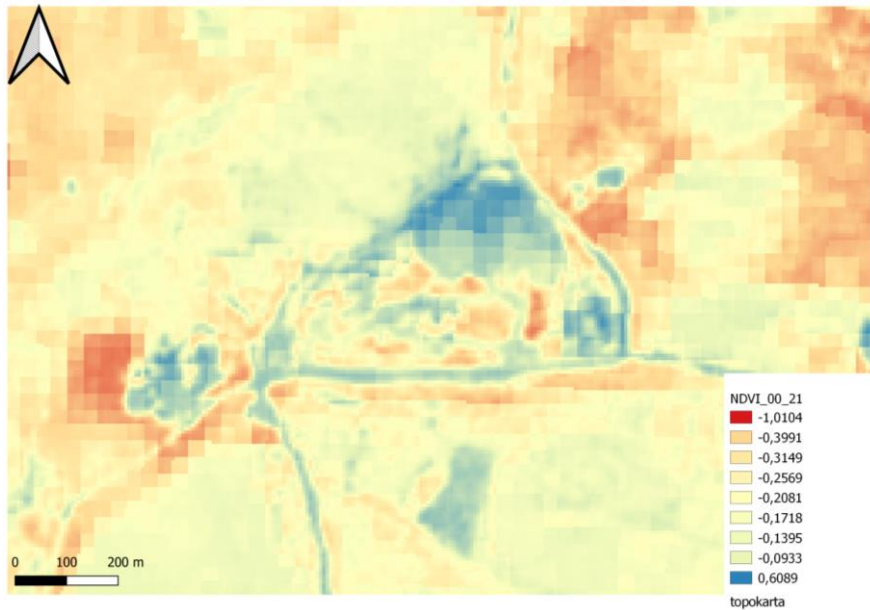


Рис. 5. Порівняльний аналіз індексу NDVI території Макухівського сміттєзвалища за 2000 та 2021 рр.

Аналіз складу повітря за допомогою методів ДЗЗ у режимі реального часу має багато переваг, адже дає можливість оперативно почати ліквідацію джерел або наслідків пожеж та дає змогу дослідити динаміку і провести ранжування змін якості атмосферного повітря [20]. Недоліками такого моніторингу є вплив на індекс якості повітря значної кількості факторів, як-то: час доби, температурний режим, рух повітряних мас та вологість атмосфери.

Для аналізу атмосфери над територією Макухівського сміттєзвалища було обрано показники концентрації метану та оксиду карбону як основних компонентів «звалищного газу». З цією метою застосовано EO browser, супутник Sentinel 5P, опрацьовані дані з 2018 по 2021 рр. (рис 7, 8).

Аналіз дат пожеж (за звітами ДСНС), що характеризувалися значними площами загоряння й інтенсивністю горіння дозволив установити певну залежність із піковими коливаннями показників метану і оксиду карбону в атмосферному повітрі.

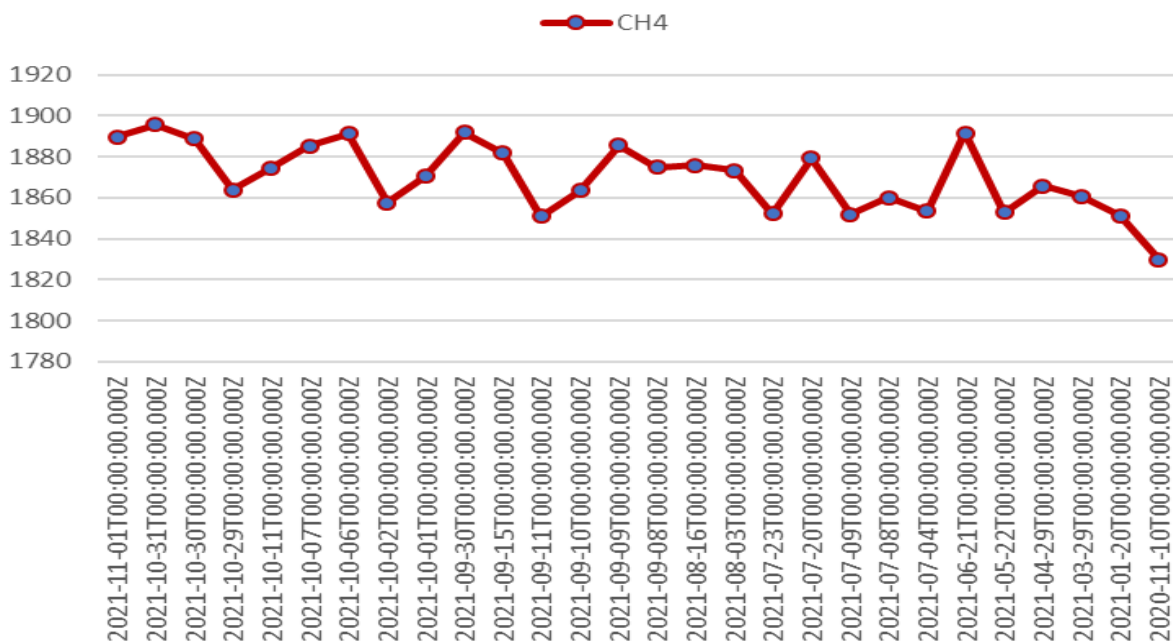


Рис. 7. Максимальні концентрації метану на території Макухівського сміттєзвалища за 2021 рік

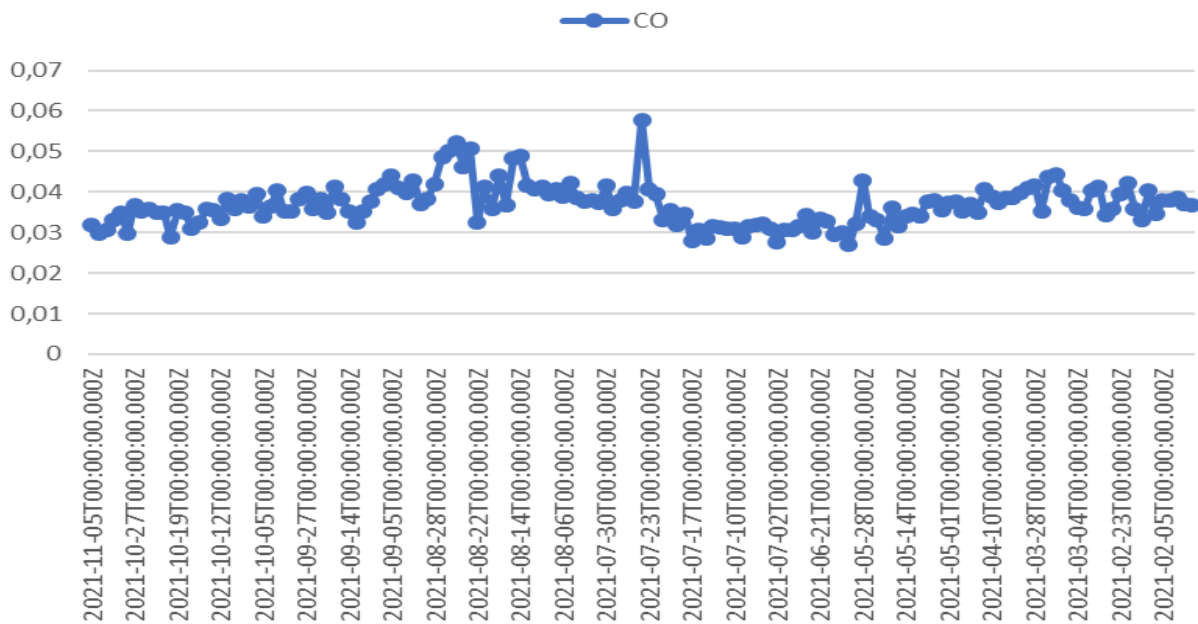


Рис.8 Максимальні концентрації оксид карбону на території Макухівського сміттєзвалища за 2021 рік

Наприклад, згідно з графіком (рис. 7), 28 березня 2021 р., за десять днів до великої пожежі, що трапилась 7 квітня 2021 р., було зареєстровано зростання концентрації СН₄ в атмосфері, а через дві доби – поступове зростання показників СО (рис. 8). Схожу тенденцію вдалося спостерігати у п’яти випадках із десяти пожеж, що відбулися 2021 р. 2020 р. такі збіги було встановлено у чотирьох випадках з шести, 2019 – двічі, а 2018 – один раз. Це можна пояснити тим фактом, що метан та оксид карбону як складники біогазу, що утворюється в нижніх шарах сміттєвих полігонів, під час накопичення спричиняють підвищення температури поверхні та самозапалення.

Висновки

За результатами проведеного дослідження було здійснено екологічну оцінку характеристик Макухівського сміттєзвалища засобами ГІС та ДЗЗ. Отримані результати можуть бути використані органами влади при розробці програм поводження з твердими побутовими відходами з метою попередження надзвичайних ситуацій на території полігону. Встановлено, що Макухівське сміттєзвалище є найбільшим ПТПВ у Полтавській області, що створює високий ступінь ризику для здоров’я населення, яке мешкає поблизу.

За допомогою ГІС технологій та ДЗЗ було проведено різночасове порівняння космічних знімків території полігону. На основі побудованих тематичних карт виявлено зміни площі сміттєзвалища та ґрунтово-рослинного покриву, виявлено залежність пожеж, що виникають на території звалища, від концентрацій газів метану в атмосфері.

Практична концепція реалізації космічного моніторингу територій ПТПВ на прикладі Макухівського сміттєзвалища дає змогу контролювати проблеми, проводити розрахунки щодо рекультиватії порушених земель, здійснювати раціональну політику в галузі видобутку біогазу, прогнозувати та попереджувати можливі екологічні та соціально-економічні наслідки досліджуваних територій.

Перспективи подальших досліджень пов’язані із такими послідовними діями: моніторинг пожежонебезпечних ділянок звалища; проведення аналітико-кореляційного аналізу відповідності й закономірності зміни концентрацій звалищних газів та виникнення пожеж на певних ділянках; з’ясування метричності та точності інструментарного забезпечення з використанням математичного апарату; створення цифрової моделі карти екологічної безпеки території Макухівського ПТПВ.

References

1. Ekolohichnyi pasport Poltavskoi oblasti 2020 rik. (2021). Poltava Retrieved from: https://mep.gov.ua/files/docs/eco_passport/2021 [In Ukrainian].
2. Rehionalnyi plan upravlinnia vidkhodamy u Poltavskii oblasti do 2030 roku. (2021). Poltava [In Ukrainian]

3. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Poltavskii oblasti u 2020 rotsi. (2021). Poltava. 2021 Retrieved from: <https://mepr.gov.ua/content/> [In Ukrainian].
4. Pei, T., Xu, J., Liu, Y., Huang, X., Zhang, L., Dong, W., Qin, C., Song, C., Gong, J., & Zhou, C. (2021). GIScience and remote sensing in natural resource and environmental research: Status quo and future perspectives. *Geography and Sustainability*, 2 (3), 207–215. doi: 10.1016/j.geosus.2021.08.004
5. Gao, S (2020). A Review of Recent Researches and Reflections on Geospatial Artificial Intelligence[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 45 (12), 1865–1874. doi: 10.13203/j.whugis20200597
6. Zhu, A.-X., Zhao, F.-H., Liang, P., & Qin, C.-Z. (2020). Next generation of GIS: must be easy. *Annals of GIS*, 27 (1), 71–86. doi: 10.1080/19475683.2020.1766563
7. Khan, D., & Samadder, S. R. (2015). A simplified multi-criteria evaluation model for landfill site ranking and selection based on AHP and GIS. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 23 (4), 267–278. doi: 10.3846/16486897.2015.1056741
8. Nascimento, V. F., & da Silva, A. M. (2013). Identifying problems for choosing suitable areas for installation of a new landfill through GIS technology: A case study. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 64 (1), 80–88. doi: 10.1080/10962247.2013.833558
9. Malczewski, J., & Rinner, C (2015) Multi-criteria decision analysis in geographic information sciences, 1st edn. Springer, New York
10. Azimov, O., Schevchuk, O., Azimova, K., Dorofey, Y., & Tomchenko, O. (2020). Integration of GIS and RSE aiming to the effective monitoring of the surroundings of landfills. *Ukrainian journal of remote sensing*, (27), 4–12. doi: 10.36023/ujrs.2020.27.183
11. Jimoh, R., Moradeyo, A., Chuma, V., Olubukola, O., & Yusuf, A. (2019). A GIS based appraisal of waste disposal for environmental assessment and management in Mainland area of Lagos state, Nigeria. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 6 (1), 76–82. doi: 10.30897/ijegeo.476449
12. Singh, A. (2019). Remote sensing and GIS applications for municipal waste management. *Journal of Environmental Management*, 243, 22–29. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.05.017
13. Popovych, V. V., & Kucheriavii, V. P. (2012). Horinnia polihoniv tverdykh pobutovykh vidkhodiv yak zahroza zdoroviu liudyny ta faktor tekhnohennoho navantazhennia na dovkillia. *Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrarno-Ekonomichnoho Universytetu*, 1, 162–166. [In Ukrainian]
14. Zhukauskas, S. V. (2020). Udoskonalennia systemy upravlinnia ekolohichnoiu bezpekoiu iz zastosuvanniam bezpilotnykh aparativ ta aerokosmichnykh tekhnolohii. *Candidate's thesis*. Kyiv [In Ukrainian]
15. Ridii, N. M., Horbatenko, A. A., Strokal, V. P., Shofolov, D. L., & Rybalko, Yu. V. (2019). *Heoinformatsiyni monitorynh ekolohichnoho stanu lokalnykh ahrosystem. Monohrafiia*. Kherson. «Oldi-Plius» [In Ukrainian]
16. Herasymchuk, Z. V., & Oleksiuk, A. O. (2007). *Ekolohichna bezpeka rehionu: diahnozyka ta mekhanizm zabezpechennia. Monohrafiia*. Lutsk. «Nadstyria» [In Ukrainian]
17. Stan sfery povodzhennia z pobutovymy vidkhodamy v Ukraini za 2020 rik. Retrieved from: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sfery-povodzhennya-z-pobutovymy-vidhodamy-v-ukrayini-za-2020-rik-2/> [In Ukrainian]
18. Informatsiyni zvit pro rezultaty hidrokhimichnykh doslidzhen v raioni roztashuvannia mistsia vydalennia vidkhodiv «Miske zvalyshche komunalnykh vidkhodiv s. Makukhivky. (2014). Poltava: Publichne aktsionerne tovarystvo Natsionalna aktsionerna kompaniia «Nadra Ukrainy» (DP «Ukrnaukaheotsentr.») [In Ukrainian]
19. Molchanova, A. V. (2016). Ekolohichni aspekty vplyvu polihoniv tverdykh pobutovykh vidkhodiv na ahrolandschaft, vodne seredovysche ta atmosferne povitria. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 106–110. [In Ukrainian] doi: 10.31210/visnyk2016.04.23 [In Ukrainian]
20. Kostyuchenko, Y. V., Movchan, D., Kopachevsky, I., & Yuschenko, M. (2016). Approach to multi-disaster vulnerability analysis based on risk perception model. *Prace i Studia Geograficzne*, 61 (4), 63–84.

Стаття надійшла до редакції: 27.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Шевчук С. М., Пуденко О. Р. Можливості використання технологій ГІС та ДЗЗ при екологічному моніторингу Макухівського сміттєзвалища в Полтавській області. *Вісник ПДАА*. 2022. № 2. С. 165–174.

© Шевчук Сергій Миколайович, Пуденко Оксана Ростиславівна, 2022