

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ГЕОСИСТЕМ

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)

Отримано: 08.12.2025; Прийнято: 10.02.2026; Опубліковано: 30.03.2026;

УДК 528.8.04/528.087

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.01.08>

АНАЛІЗ ТЕХНОГЕННО-НАВАНТАЖЕНИХ ТЕРИТОРІЙ НА ПОЛТАВЩИНІ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ

С.В. НЕСТЕРЕНКО,

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою*

E-mail: NesterenkoS2208@gmail.com,

ORCID: 0000-0002-2288-3524

К.В. БУЛИГА,

студентка,

E-mail: buligakarina4@gmail.com,

ORCID: 0009-0004-2426-5326

А.М. ТРАЧУК,

студентка,

E-mail: angelatrachuk05@gmail.com,

ORCID: 0009-0000-7723-7565

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Анотація. У Полтавській області протягом останніх десятиліть унаслідок інтенсивної господарської діяльності природні комплекси зазнали суттєвих трансформацій. Це призвело до формування потенційно небезпечних територій, де активізуються екзогенні геоморфологічні процеси та зростає екологічна небезпека для регіону. Систематичний моніторинг змін в агроландшафтах під впливом техногенно-трансформуючих чинників дає змогу своєчасно виявляти проблемні ділянки, оцінювати масштаби деградаційних процесів та оперативно вживати заходів для їх стабілізації й відновлення.

У статті проведено аналіз техногенно-навантажених територій Полтавської області, зокрема Полтавського та Біланівського гірничо-збагачувальних комбінатів, хвостосховищ, ставка-випарника Кременчуцького нафтопереробного заводу, греблі Кременчуцької ГЕС, Макухівського та Дейвського сміттєзвалищ, а також місць пожеж у заказниках. Охарактеризовано інструменти дистанційного моніторингу для оцінки впливу техногенно-трансформуючих

чинників на довкілля, зокрема технології синтезу каналів та інтерферометрію InSAR, визначення модифікованого нормованого диференційованого індексу вологості (MNDWI), а також обробку даних у програмних продуктах Google Earth Pro, Surfer та QGIS. Для досліджень використано дані супутникових місії Sentinel-1, Landsat-7 та Sentinel-5P, отримані з платформи Copernicus Open Access Hub, а також радарні знімки Sentinel-2, вивантажені через вебінтерфейс Vertex.

Методи дистанційного зондування Землі продемонстрували високу ефективність у виявленні та аналізі змін довкілля під впливом техногенно-трансформуючих чинників. Супутникові спостереження дають змогу детально оцінювати широкий спектр параметрів: деформації земної поверхні, вегетаційні індекси, температурні аномалії, зміни вологості, а також характеристики ґрунтів і водних об'єктів. Геоматичний підхід є ключовим елементом інтеграції цих даних. Він дозволяє поєднувати різномірні супутникові та наземні дані в єдиному аналітичному середовищі, виконувати просторовий та часовий аналіз процесів, візуалізувати динаміку розвитку техногенно зумовлених явищ.

Ключові слова: аналіз територій, техногенно-трансформуючі чинники, техногенно-навантажені території, методи ДЗЗ, супутникові спостереження, геоматика.

Вступ

Просторова організація Полтавщини сформувалася під впливом взаємодії природних умов, економічної діяльності, демографічних процесів і соціально-економічних трансформацій. Ландшафт області вирізняється переважно рівнинним рельєфом, розвиненою гідрографічною мережею, наявністю численних річок та озер, а також значними площами сільськогосподарських земель. Однак упродовж останніх десятиліть внаслідок інтенсивної господарської діяльності природні комплекси зазнали суттєвих трансформацій, унаслідок чого сформувалися потенційно небезпечні території з активними екзогенними процесами, що становлять екологічну загрозу для регіону. Систематичний моніторинг змін в агроландшафтах дає змогу своєчасно виявляти проблемні ділянки та вживати необхідних заходів для їх стабілізації й відновлення.

Постановка проблеми

Картографування змін агроландшафтів під впливом техногенно-трансформуючих чинників є важливим інструментом раціонального природокористування, охорони навколишнього середовища, оцінювання та прогнозування розвитку природних і антропогенних процесів, а також запобігання їхнім негативним наслідкам.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) забезпечує можливість безперервного моніторингу змін земного покриву, стану рослинності, гідрологічних процесів, температурних і атмосферних коливань, а також фіксації стихійних лих на великих територіях. Завдяки багатоспектральним супутниковим знімкам можна отримувати високоточну інформацію про об'єкти та явища на земній поверхні. Для виявлення динаміки змін сучасне програмне забезпечення дозволяє аналізувати метадані супутникових спостережень, виконаних у різні

часові періоди. Поєднання методів дистанційного зондування із геоінформаційними системами (ГІС) дає змогу оперативно отримувати, обробляти та візуалізувати просторову інформацію про стан навколишнього середовища, оцінювати природні ресурси, визначати потенційно небезпечні ділянки (пожежі, зсуви, несанкціоновані звалища тощо) і прогнозувати екологічні ризики.

Метою статті є аналіз територій, що зазнають впливу техногенно-трансформуючих чинників, за даними дистанційного зондування Землі.

Матеріали і методи наукового дослідження

У дослідженні техногенно-навантажених територій Полтавської області застосовано комплекс методів дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій. Використано супутникові дані місій Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-5P та Landsat-7, отримані з платформ Copernicus Open Access Hub і Vertex. Для забезпечення просторового і часового аналізу процесів обробки даних застосовано програмні продукти Google Earth Pro, Surfer. Основними інструментами виступили інтерферометрія InSAR, синтез каналів, розрахунок модифікованого нормованого диференційованого індексу вологості (MNDWI). Класифікація супутникових знімків виконана в DZetsaka (плагіні QGIS) з використанням алгоритму Random Forest з попереднім створенням полігонів Regions of Interest (ROI).

Такий комплексний підхід забезпечив можливість детально оцінювати деформації земної поверхні, зміни вологості, температурні аномалії

та характеристики ґрунтів, лісових і водних об'єктів, що є ключовим для своєчасного моніторингу й стабілізації агроландшафтів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Техногенно-трансформуючі чинники – це фактори, пов'язані з людською діяльністю, передусім промисловим виробництвом та використанням технологічних процесів, які впливають на довкілля, спричиняючи трансформацію природних і соціально-економічних систем. З метою захисту навколишнього природного середовища та забезпечення конституційних прав громадян у процесі здійснення потенційно шкідливої діяльності в Україні ухвалено низку нормативно-правових актів. Загальне регулювання відносин у сфері охорони, використання та відтворення природних ресурсів, а також запобігання негативному впливу людської діяльності здійснюється відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього середовища» [1]; контроль за промисловими викидами регламентується Законом України «Про інтегроване запобігання та контроль промислового забруднення» [2] та Методикою розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря [3]. Забезпечення радіаційної безпеки регулюється Державними санітарними правилами «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України» [4] та Законом України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» [5]. Питання запобігання утворенню відходів і управління

ними врегульовано Законом України «Про управління відходами» [6].

Наукові дослідження [7–9] підтверджують, що техногенно-навантажені території потребують особливої уваги суспільства. Зокрема, кар’єрна діяльність, функціонування об’єктів металургійної, машинобудівної та нафтопереробної промисловості спричиняють ерозію ґрунтів, забруднення територій, порушення гідрологічного режиму та погіршення якості води. Такі процеси супроводжуються значною вирубкою лісів, зменшенням площ родючих земель і, відповідно, загрозою екологічній стійкості регіонів. Підвищені рівні пилового, шумового й газового забруднення створюють небезпеку для живих організмів і здоров’я населення. Дослідженням впливу техногенних чинників на стан ґрунтів і рослинності займаються українські науковці, зокрема Д. О. Семенов, А. І. Фатєєв, К. В. Смірнова, А. М. Шемет, О. А. Ликова [10]; аналізом вмісту домішок в атмосферному повітрі – О.В. Єгорова, В.С. Бахарєв, О.А. Мислюк, О.М. Хоменко [11]; дослідженням технологій екологічного захисту та управління відходами – О. Е. Ілляш, Ю. С. Голік [12]. Крім того, вчені Національного університету «Львівська політехніка» під керівництвом К.Р. Третяка здійснюють геодезичний моніторинг енергетичних, у тому числі гідротехнічних, споруд [13].

Виклад основного матеріалу

Оцінка територій, що зазнають впливу техногенно-трансформуючих чинників, здійснювалася на основі аналізу супутникових знімків. Дані місії Sentinel-1, Landsat-7 та Sentinel-5P були отримані з платформи

Copernicus Open Access Hub, тоді як радарні знімки Sentinel-1 завантажено через вебінтерфейс Vertex Архівного центру розповсюдження супутникових даних ASF DAAC (Alaska Satellite Facility Distributed Active Archive Center).

Найпростішим способом моніторингу територіальних змін упродовж тривалого періоду є використання сервісу Google Earth Pro. Таким чином, було здійснено оцінку впливу трансформації агроландшафтів на просторову організацію територій Горішньоплавнівської, Пришибської та Новогалещинської територіальних громад Кременчуцького району, де зосереджена гірничодобувна промисловість Полтавської області.

У період з 1985 року до сьогодення на цих територіях відбулися суттєві просторові зміни. Порівняння супутникових знімків за 1985 і 2025 роки дає змогу візуально визначити розширення площ, зайнятих Полтавським гірничо-збагачувальним комбінатом, приблизно на 60%, з яких близько 30% припадає на розробку Єристівського родовища, що розпочалася у 2006 році (рис. 1–2).

Ще донедавна на території Кременчуцького району існували села Остапці, Василенки та Бондарі, які, у зв’язку з розбудовою Біланівського гірничо-збагачувального комбінату, були повністю знищені, а їхні мешканці – переселені. Згідно з планом організації території під будівництво Біланівського ГЗК передбачено відселення чотирнадцяти населених пунктів (рис. 3). Станом на сьогодні площа гірничих виробок становить близько 70 га, тоді як у 2011 році вона не перевищувала 5 га.

Однак ця проблема стосується не лише жителів населених пунктів,

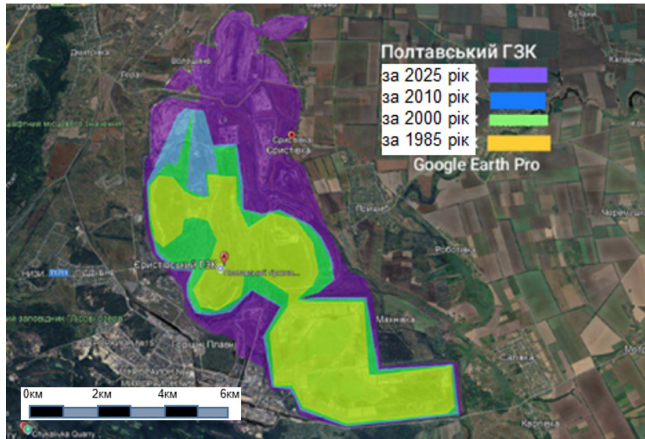


Рис. 1. Динаміка зміни площ Полтавського гірничо-збагачувального комбінату у 1985–2025 роках (за даними сервісу Google Earth Pro)

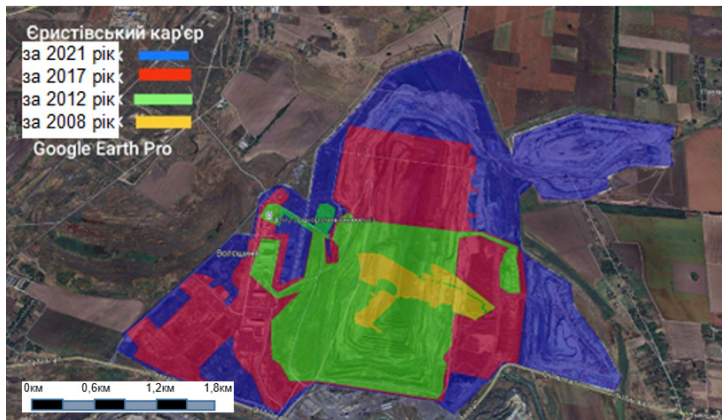


Рис. 2. Динаміка розростання Єристівського кар'єру в період 2008–2021 рр. (за даними сервісу Google Earth Pro)

запланованих під розселення. Гірничодобувна промисловість становить значну небезпеку і для прилеглих територій. Кількість населення в селах, що межують з кар'єрами, помітно скоротилася. Причинами цього є не лише розширення зони видобутку, а й погіршення екологічного стану довкілля, зокрема забруднення атмосфери та водних ресурсів. У районах відкритих гірничих розробок спостерігається вирубування лісів і пору-

шення природної рослинності внаслідок проведення розкривних робіт та складування гірських порід на поверхні ґрунту. Значні площі родючих земель, придатних для сільськогосподарського використання, виводяться з обігу. Біланівський кар'єр є найглибшим у Полтавській області, тому під час його експлуатації на поверхню вивозиться значна кількість гірських порід, а площі, зайняті відвалами, у кілька разів перевищують



Рис. 3. Зміна площі Біланівського гірничо-збагачувального комбінату протягом 1990-2020 роки. Ресурс - Google Earth Pro



Рис. 4. Порівняння територіальних змін Біланівського ГЗК за період 2011–2021 рр. за супутниковими знімками Sentinel-2 (а – 04.06.2017; б – 07.06.2025)

саму площу кар'єру. У результаті порушуються не лише родючі шари ґрунту в межах виробок, а й території відведені під відвали. Такі трансформаційні процеси чітко простежуються на оптичних супутникових знімках Sentinel-2, де область розробок добре помітна навіть неозброєним оком (рис. 4).

Гірничі розробки спричиняють інтенсивне надходження рудникових і шахтних вод, які містять значні концентрації забруднювальних речовин – хлоридів, сульфатів, сірчаної кислоти, розчинних сполук заліза, мар-

ганцю, міді тощо. Порушення земної поверхні призводить до погіршення її біологічних, ерозійних та естетичних властивостей. Відкритий спосіб розробки родовищ здійснює найбільш виражений геотоксикологічний вплив гірничого виробництва на людину та навколишнє середовище.

Не менш небезпечними є хвостосховища – штучні накопичувачі відходів гірничодобувної та переробної промисловості. Їхній вплив є комплексним і тривалим: вони спричиняють забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод важкими

металами, токсичними елементами та кислотами; створюють ризик аерозольного забруднення внаслідок вітрової ерозії висохлих карт хвостів; підвищують небезпеку руйнування огорожувальних валів і проривів дамб, що може призвести до потрапляння токсичних шламів у водойми та ґрунти. Тривка природа такого забруднення безпосередньо впливає на погіршення якості життя у прилеглих громадах.

Об'єктом моніторингу, що становить екологічний ризик через хімічне навантаження, є штучне техногенне водоймище – відстійник Кременчуцького нафтопереробного заводу (НПЗ) на річці Рудька поблизу села Бондарі. Цей промисловий ставок-випарник використовується для накопичення стічних вод, зокрема тих, що містять залишки нафтопродуктів. Частина води випаровується, утворюючи пилову хлоридно-сульфатну суміш, яка може переноситися повітряними потоками на значні відстані та уражати великі площі.

Щоб визначити масштаби небезпеки, дистанційними методами

досліджено зміну гідрологічного режиму відстійника Кременчуцького НПЗ за останні сім років. Для цього виконано синтез каналів 3 і 11 за супутниковими знімками Sentinel-2A від 10 квітня 2018 року та 18 квітня 2025 року. Карти зволоженості (рис. 5) побудовано на основі розрахунку модифікованого нормованого диференційованого індексу вологості (Modified Normalized Difference Water Index – MNDWI), який визначався за формулою [14]:

$$\text{MNDWI} = (\text{канал 3} - \text{канал 11}) / (\text{канал 3} + \text{канал 11}).$$

На тематичних картах відкрита вода відображається темно-синім кольором, зволожені ділянки – блакитним, а інші поверхні – світло-сірим. Візуальний аналіз демонструє значне осушення ставка-випарника, що свідчить про підвищення екологічного ризику розвитку небезпечних явищ, а отже, потребує негайного втручання екологічних служб для нейтралізації ситуації.

Оцінку територій, будівель та споруд під впливом техногенно-трансформуючих чинників можна здійс-

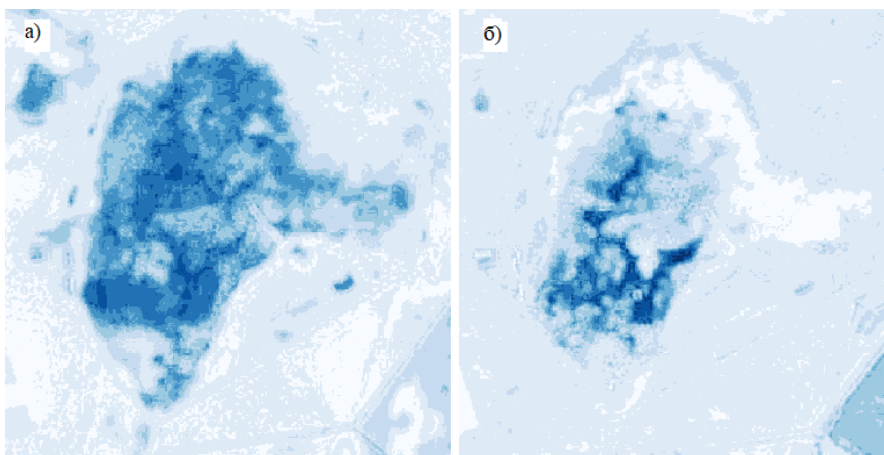


Рис. 5. Порівняння рівня зволоженості відстійника Кременчуцького НПЗ за 10.04.2018 (а) і 18.04.2025 (б)

нювати також інтерферометричними методами InSAR. Точність радіолокаційних спостережень залежить від обраної технології InSAR і може досягати 1 мм. Використання диференціальної інтерферометрії DInSAR дає змогу попиксельно визначати вертикальні деформації поверхні. На основі отриманих даних у програмному середовищі SNAP формується карта вертикальних зміщень [15]. Застосування радарної технології PSInSAR, що базується на аналізі стійких відбивачів – точок, які зберігають стабільні радіолокаційні характеристики упродовж тривалого часу [16], – дозволяє визначати деформації окремих пунктів за даними супутникових SAR-знімків. Отримані показники дають можливість проаналізувати просторову динаміку руху всієї досліджуваної поверхні.

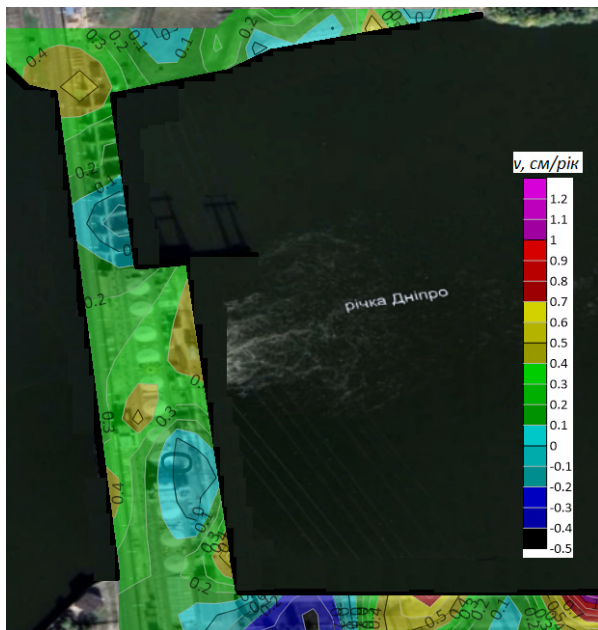


Рис. 6. Карта ізоліній середньорічних вертикальних швидкостей зміщень греблі Кременчуцької ГЕС за 2024 рік

Для моделювання карти ізоліній середньорічних вертикальних швидкостей зміщень було обрано греблю Кременчуцької ГЕС. У результаті опрацювання супутникових знімків методом PSInSAR за період з 08.01.2024 по 02.01.2025 отримано набір оцифрованих точок із даними про вертикальні зміщення. Подальше моделювання виконано у спеціалізованому програмному забезпеченні для геоінформаційного та картографічного моделювання Surfer (рис. 6), яке дозволяє створювати тривимірні поверхні, карти ізоліній і контурні карти, моделювати рельєф та здійснювати аналіз просторових даних. В результаті аналізу радарних даних отримані горизонталі середньорічних вертикальних швидкостей зміщень, де найбільше значення на бетонній частині дамби становить 5 мм/рік, а на насипній – до 1 см/рік. Це свідчить про високу стійкість гідротехнічної споруди. Проте для отримання більш вагомих результатів з характеристикою тенденції рухів греблі необхідно виконати дослідження за період, що становить не менше трьох років.

Серйозною екологічною та антропогенною небезпекою є сміттєзвалища, які є джерелами забруднення ґрунту, підземних, поверхневих і повітряних вод, а також негативно впливають на ландшафт і біорізноманіття. Більшість українських сміттєзвалищ не відповідають екологічним вимогам і є перевантаженими,

що підвищує ризики поширення інфекційних захворювань, забруднення вод та утворення звалищного газу, а також самозаймання відходів. Ситуацію ускладнює війна, унаслідок якої значно збільшуються обсяги будівельних та інших відходів. За даними Департаменту екології та природних ресурсів Полтавської обласної військової адміністрації на Полтавщині налічується 334 сміттєзвалища [17].

Одним із найбільших сміттєзвалищ регіону є Макухівське, розташоване за 1,5 км на схід від м. Полтави та приблизно за 600 м від с. Макухівка Полтавської області. Нині площа полігону становить 17,34 га, а щомісячний обсяг відходів, що надходять на нього, досягає близько 12 тис. тонн [18]. Макухівське сміттєзвалище створює значні екологічні та техногенні ризики для регіону, тому до вирішення питання його рекультивації необхідне постійне спостереження за розвитком процесів на території полігону. Викиди небезпечних речовин у повітря, зокрема діоксинів, фуранів, метану та інших токсичних газів, становлять серйозну загрозу для здоров'я населення. Метан, який

утворюється в результаті анаеробного розкладання органічних відходів [19], накопичується в товщі сміття й може прориватися на поверхню, спричиняючи вибухи та пожежі. Не менш небезпечним є забруднення ґрунту та підземних вод, що негативно впливає на місцеві екосистеми та сільське господарство. Це відбувається внаслідок утворення фільтрату – рідини, що просочується крізь шари відходів і концентрує токсичні речовини [19]. За відсутності належних захисних систем, таких як протифільтраційні екрани чи установки очищення, фільтрат проникає в ґрунт та ґрунтові води, а також може потрапляти до річок Коломак і Ворскла.

Біля м. Кременчука Полтавської області також розташоване сміттєзвалище на Дівській горі, яке експлуатується вже понад 50 років – із 1960-х років (рис. 7).

Площа звалища становить понад 28 га, з яких близько 18 га вже заповнені відходами (станом на листопад 2024 року), тобто приблизно 60% території полігону. Полігон щодоби приймає в середньому 260 тонн відходів. Через значне навантаження ви-

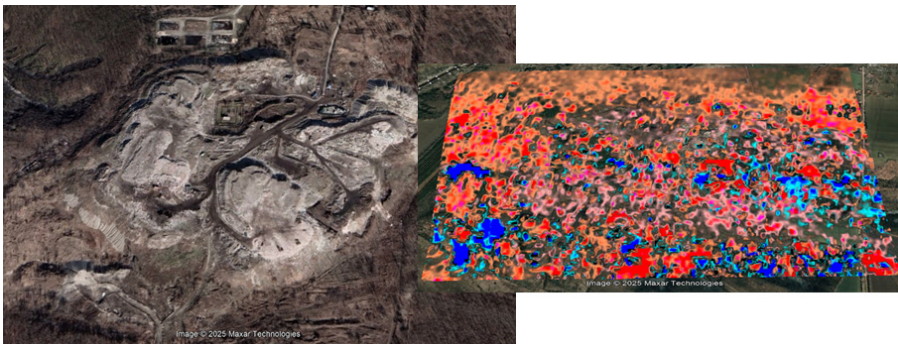


Рис. 7. Сміттєзвалище на Дівській горі біля м. Кременчука Полтавської області і карта вертикальних деформацій полігону за 2019-2021 роки (візуалізовано за допомогою ресурсу Google Earth Pro)

никають обґрунтовані сумніви щодо його подальшої експлуатаційної довговічності.

Для оцінки стану сміттєзвалища були використані космічні знімки супутника Sentinel-1 у режимі SLC IW за період 2016–2019 років. Отриману карту вертикальних деформацій поверхні перенесено до програмного забезпечення Google Earth Pro. Зображення (рис. 7) демонструє складну структуру деформацій на території полігону. Переважають процеси підняття (позначені червоним кольором), що, ймовірно, зумовлено активним накопиченням біогазу. Водночас наявність локальних зон осідання (синім кольором) свідчить про неоднорідність процесів, які відбуваються всередині сміттєзвалища.

Дистанційні методи є потужним інструментом для оцінювання впливу сміттєзвалищ на довкілля. Завдяки супутниковим і аерознімальним даним можна отримувати детальні зображення великих територій без необхідності проведення безпосередніх польових вимірювань. За до-

помогою дистанційного зондування визначають ключові параметри техногенного навантаження, зокрема: розміри та конфігурацію сміттєзвалища, динаміку його змін у часі, деформації ґрунту, ступінь забруднення ґрунтів і водних об'єктів, рівень забруднення атмосфери, а також вплив на рослинний покрив. Крім того, дистанційні методи дають можливість виявляти зони самозаймання, що є надзвичайно актуальним завданням, оскільки пожежі на сміттєзвалищах у багатьох регіонах виникають майже щороку.

За допомогою супутникових спостережень можна також виявляти лісові пожежі, які є поширеним явищем у світі, зокрема й в Україні. На Полтавщині кількість лісових пожеж зростає порівняно з попередніми роками. Одна з останніх розпочалася 15 вересня 2024 року поблизу с. Мала Перещепина та, за офіційними даними, охопила близько 700 га. Унаслідок пожежі постраждали заказники місцевого та загальнодержавного значення.

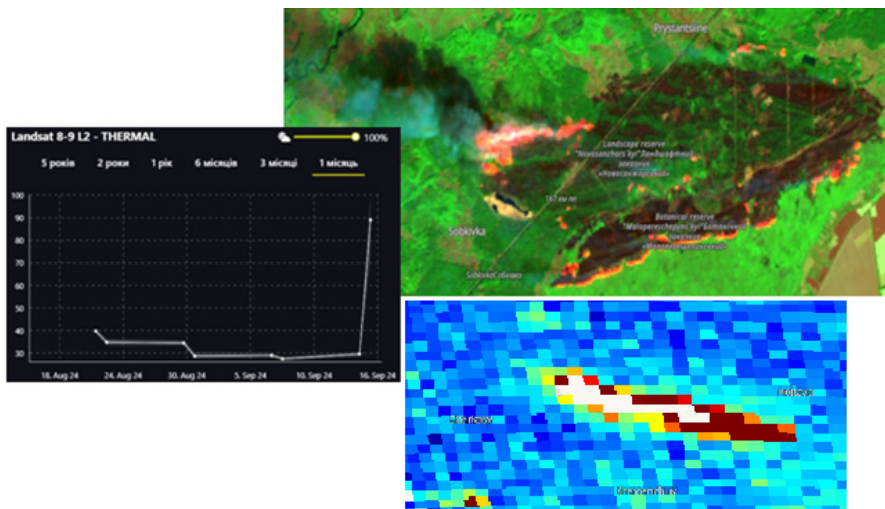


Рис. 8. Лісова пожежа на Полтавщині на космічному знімку Landsat 8–9

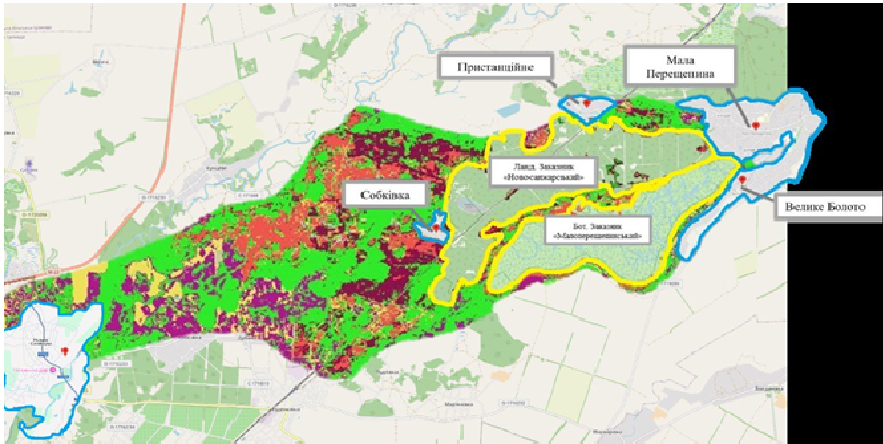


Рис. 9. Аналіз території, яка потрапила в зону стихійного лиха, методами дистанційного моніторингу

Супутникові дані дали змогу здійснити екологічний моніторинг постраждалої території. На знімках Landsat 8–9, використавши користувачький скрипт із комбінацією каналів 7-5-3, вдалося ідентифікувати шляхи поширення вогню. Порівняння зображень у видимому діапазоні з тепловим каналом Thermal показало різке підвищення температури земної поверхні в період пожежі (рис. 8). Крім того, за супутниковими даними було виявлено підвищений вміст діоксиду азоту, який перемістився в напрямку м. Черкаси, забруднюючи атмосферу на своєму шляху.

За космічними знімками можливий детальний аналіз пошкоджених територій. У геоінформаційній системі QGIS за допомогою плагіну Dzetsaka було виконано класифікацію об'єктів, у результаті чого отримано кольоровий растр із чітко виділеними зонами: випалені ділянки (червоний колір), пошкоджений хвойний ліс (бордовий), незайманий ліс (зелений), а також інші класи поверхні (фіолетовий, жовтий) (рис. 9). За результатами класифікації встановлено, що вигорі-

ло або частково пошкоджено 694,28 га території. До постраждалих об'єктів належать ботанічний заказник загальнодержавного значення «Малоперещипинське болото», ландшафтний заказник «Новосанжарський», а також населені пункти Собківка, Балівка та Пристанційне.

Висновки і пропозиції

У результаті проведеного дослідження із застосуванням даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) було отримано низку важливих висновків щодо аналізу впливу техногенно-трансформуючих чинників на території Полтавщини. Встановлено, що діяльність гірничодобувних підприємств зумовлює суттєве та прогресуюче порушення стану навколишнього природного середовища. Серед найвагоміших негативних наслідків виділено: вилучення великих площ земель під відвали гірських порід, шламосховища відходів збагачення, а також ставки-накопичувачі високомінералізованих шахтних і кар'єрних вод; зміна рельєфу місце-

вості унаслідок вибухових робіт, що супроводжується розтріскуванням гірських порід, вирубуванням лісових масивів і деформаціями земної поверхні; порушення гідрогеологічних умов; забруднення поверхневих і підземних вод, зокрема виносом токсичних елементів і солей; забруднення атмосферного повітря пилогазовими викидами; зміну складу та фізико-хімічних властивостей атмосфери та гідросфери (підкислення, засолення); деградація ґрунтового покриву; зростання рівнів шумового та вібраційного навантаження.

Методи дистанційного зондування продемонстрували високу ефективність у виявленні та аналізі змін, спричинених діяльністю сміттєзвалищ, а також під час оцінювання наслідків лісових пожеж. Інтерферометрія радіолокаційних зображень (InSAR) дозволяє моделювати деформаційні процеси земної поверхні, що є ключовим для оцінки стабільності територій, прогнозування розвитку зсувів та інших небезпечних геологічних явищ. Крім того, супутникові спостереження забезпечують можливості для детального аналізу стану довкілля: оцінки забруднення ґрунтів, контролю якості води, моніторингу вегетації, виявлення атмосферних аномалій і змін у природних екосистемах.

Для отримання максимально достовірної інформації доцільно комбінувати різні методи дистанційного зондування Землі і, при можливості, порівнювати з наземними методами спостереження

Список використаної літератури

1. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII : станом на 8 серп. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 08.12.2025).
2. Про інтегроване запобігання та контроль промислового забруднення : Закон України від 16.07.2024 № 3855-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3855-20#Text> (дата звернення: 08.12.2025).
3. Про затвердження Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря : Наказ М-ва енергетики та зах. довкілля від 28.04.2020 № 277 : станом на 29 трав. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0414-20#Text> (дата звернення: 08.12.2025).
4. Про затвердження державних санітарних правил "Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України" : Наказ МОЗ України від 02.02.2005 № 54 : станом на 8 квіт. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05#Text> (дата звернення: 08.12.2025).
5. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку : Закон України від 08.02.1995 № 39/95-ВР : станом на 1 січ. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/39/95-вр#Text> (дата звернення: 08.12.2025).
6. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX : станом на 31 жовт. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 08.12.2025).
7. Chijioke N. M., et al. Environmental Impacts of Rock Quarrying at the Afikpo Quarry Sites, Ebonyi State, Southeastern Nigeria. *The Asian Review of Civil Engineering*. 2024. Vol. 13, no. 2. P. 45–54. DOI: <https://doi.org/10.70112/tarce-2024.13.2.4245>
8. Panagiotopoulou V. C., Stavropoulos P., Chrysosolouris G. A critical review on the environmental impact of manufacturing:

- a holistic perspective. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07980-w>
9. Khalefah A. R. M., Omran I. I., Al-Waily M. J. M. An Investigation on the Environmental Impact of Petroleum Refinery Effluent on Soil Pollution. *International Journal of Environmental Impacts*. 2024. Vol. 7, no. 1. P. 41–46. DOI: <https://doi.org/10.18280/ije.070105>
 10. Semenov D. O., et al. Geochemical and anthropogenic factors of variability of heavy metals content in the soils and crops of Ukraine at the example of copper. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2019. Vol. 191, no. 8. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7622-x>
 11. Yehorova O., et al. Assessing the deposition of heavy metals in edaphotopes and synantrophy vegetation under the conditions of technological pollution of the city. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 1, no. 10 (127). P. 15–26. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.297718>
 12. Illiash O., Holik Y., Maksyiuta N. Household waste management system planning in the Poltava region. *Environmental Problems*. 2021. Vol. 6, no. 4. P. 258–263. DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2021.04.258>
 13. Tretyak K., Nesterenko S., Bisovetskyi Yu. Complex InSAR radar image processing, GNSS, and TPS measurements to determine the Kaniv HPP dam deformations. *Applied Geomatics*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3426456/v1>
 14. Довгий С. О., Бабійчук С. М., Кучма Т. Л. та ін. Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах. Київ : Національний центр «Мала академія наук України», 2020. 268 с.
 15. SAR Basics Tutorial. Sentinel-1 Toolbox. URL: <https://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20SAR%20Basics%20Tutorial.pdf> (дата звернення: 08.12.2025).
 16. Bouali E. H., Oommen T., Escobar-Wolf R. Mapping of slow landslides on the Palos Verdes Peninsula using the California landslide inventory and persistent scatterer interferometry. *Landslides*. 2017. Vol. 15, no. 3. P. 439–452. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10346-017-0882-z>
 17. Сміттезвалища та їх вплив на довкілля. РЕЛАЙН. URL: <https://www.reline.com.ua/statti/smittezvalyshha-ta-dovkillya/> (дата звернення: 08.12.2025).
 18. Стан системи управління відходами на Полтавщині обговорили на комісії. Полтавська обласна військова адміністрація. URL: <https://poda.gov.ua/news/168401> (дата звернення: 08.12.2025).
 19. «Дим страшний, запах жахливий»: У Макухівці біля Полтави горить сміттєзвалище. Суспільне Полтава. URL: <https://suspilne.media/poltava/837539-dim-strasnyj-zapah-zahlivij-u-makuhivci-bila-poltavi-gorit-smittezvalise/> (дата звернення: 08.12.2025).

References

1. Pro okhoronu navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha [On Environmental Protection]. (1991). Zakon Ukrainy No. 1264-XII (updated Aug 8, 2025). Verkhovna Rada of Ukraine. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
2. Pro intehrovane zapobihannia ta kontrol promyslovoho zabrudnennia [On Integrated Prevention and Control of Industrial Pollution]. (2024). Zakon Ukrainy No. 3855-IX. Verkhovna Rada of Ukraine. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3855-20#Text>
3. Pro zatverdzhennia Metodyky rozrakhunku rozmiriv vidshkoduvannia zbytkiv... [On Approval of the Methodology for Calculating the Amounts of Compensation for Damage...]. (2020). Nakaz Ministerstva enerhetyky ta zakhystu dovkillya No.

- 277 (updated May 29, 2025). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0414-20#Text>
4. Pro zatverdzhennia derzhavnykh sanitarnykh pravyl "Osnovni sanitarni pravyla zabezpechennia radiatsiinoi bezpeky Ukrainy" [On Approval of the State Sanitary Rules "Basic Sanitary Rules for Ensuring Radiation Safety of Ukraine"]. (2005). Nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy No. 54 (updated Apr 8, 2025). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05#Text>
 5. Pro vykorystannia yadernoi enerhii ta radiatsiinu bezpeky [On the Use of Nuclear Energy and Radiation Safety]. (1995). Zakon Ukrainy No. 39/95-VR (updated Jan 1, 2025). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/39/95-vr#Text>
 6. Pro upravlinnia vidkhodamy [On Waste Management]. (2022). Zakon Ukrainy No. 2320-IX (updated Oct 31, 2025). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>
 7. Chijioke, N. M., et al. (2024). Environmental impacts of rock quarrying at the Afikpo quarry sites, Ebonyi State, South-eastern Nigeria. *The Asian Review of Civil Engineering*, 13(2), 45–54. DOI: <https://doi.org/10.70112/tarce-2024.13.2.4245>
 8. Panagiotopoulou, V. C., Stavropoulos, P., & Chrysosouris, G. (2021). A critical review on the environmental impact of manufacturing: A holistic perspective. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07980-w>
 9. Khalefah, A. R. M., Omran, I. I., & Al-Waily, M. J. M. (2024). An investigation on the environmental impact of petroleum refinery effluent on soil pollution. *International Journal of Environmental Impacts*, 7(1), 41–46. DOI: <https://doi.org/10.18280/ijei.070105>
 10. Semenov, D. O., et al. (2019). Geochemical and anthropogenic factors of variability of heavy metals content in the soils and crops of Ukraine at the example of copper. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(8). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7622-x>
 11. Yehorova, O., et al. (2024). Assessing the deposition of heavy metals in edaphotopes and synantrophy vegetation under technological pollution. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(10), 15–26. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.297718>
 12. Illiash, O., Holik, Y., & Maksuta, N. (2021). Household waste management system planning in the Poltava region. *Environmental Problems*, 6(4), 258–263. DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2021.04.258>
 13. Tretyak, K., Nesterenko, S., & Bisovetskyi, Yu. (2023). Complex InSAR radar image processing, GNSS, and TPS measurements to determine the Kaniv HPP dam deformations. *Applied Geomatics*. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3426456/v1>
 14. Dovhyi, S. O., Babychuk, S. M., Kuchma, T. L., et al. (2020). Dystantsiine zonduvannia Zemli: analiz kosmichnykh znimkiv u heoinformatsiinykh systemakh [Remote Sensing of the Earth: Analysis of Satellite Images in GIS]. Kyiv: Natsionalnyi tsentr "Mala akademiia nauk Ukrainy".
 15. European Space Agency. (n.d.). SAR Basics Tutorial. Sentinel-1 Toolbox. Available at: <https://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20SAR%20Basics%20Tutorial.pdf>
 16. Bouali, E. H., Oommen, T., & Escobar-Wolf, R. (2017). Mapping of slow landslides on the Palos Verdes Peninsula using the California landslide inventory and persistent scatterer interferometry. *Landslides*, 15(3), 439–452. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10346-017-0882-z>
 17. Smittevalyshcha ta yikh vplyv na dovkillya [Landfills and Their Environmental Impact]. (n.d.). Reline. Available at: <https://www.reline.com.ua/statti/smittevalyshcha-ta-dovkillya/>

18. Stan systemy upravlinnia vidkhodamy na Poltavshchyni obhovoryly na komisii [The State of the Waste Management System in Poltava Region Discussed at the Commission]. (n.d.). Poltava Regional Military Administration. Available at: <https://poda.gov.ua/news/168401>
19. “Дым strashnyi, zapakh zhakhlyvyi”: U Makukhivtsi horit smittezvalyshche [“Terrible Smoke, Horrible Smell”: Landfill Burns Near Poltava in Makukhivka]. (n.d.). Suspilne Poltava. Available at: <https://suspilne.media/poltava/837539-dim-strasniy-zapakh-zahlivij-u-makuhivci-bila-poltavi-gorit-smittezvalise/>
-

Nesterenko S., Bulyha K., Trachuk A.

GEOMATIC MONITORING OF ENVIRONMENTAL HAZARDS IN TECHNOGENIC-LOADED TERRITORIES

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 1'26: 121-135.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.01.08>

Abstract. *In the Poltava region, over the past decades, natural complexes have undergone significant transformations as a result of intensive economic activity. This has led to the formation of potentially hazardous areas where exogenous geomorphological processes are becoming more active and environmental risks to the region are increasing. Systematic monitoring of changes in agricultural landscapes under the influence of technogenic transforming factors makes it possible to promptly identify problem areas, assess the scale of degradation processes, and take timely measures for their stabilization and restoration.*

The article presents an analysis of technogenically loaded areas of the Poltava region, in particular the Poltava and Bilanivka mining and processing plants, tailings storage facilities, the evaporation pond of the Kremenchuk Oil Refinery, the dam of the Kremenchuk Hydroelectric Power Plant, the Makukhivka and Diivka landfills, as well as sites of fires in nature reserves. The tools of remote sensing monitoring used to assess the impact of technogenic transforming factors on the environment are characterized, including band synthesis technologies and InSAR interferometry, the determination of the Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI), as well as data processing using Google Earth Pro, Surfer, and QGIS software. The study used data from the Sentinel-1, Landsat-7, and Sentinel-5P satellite missions obtained from the Copernicus Open Access Hub platform, as well as Sentinel-2 radar images downloaded via the Vertex web interface.

Remote sensing methods have demonstrated high effectiveness in detecting and analyzing environmental changes under the influence of technogenic transforming factors. Satellite observations make it possible to assess in detail a wide range of parameters, including surface deformations, vegetation indices, temperature anomalies, moisture changes, as well as the characteristics of soils and water bodies. The geomatics approach is a key element in integrating these data. It enables the combination of heterogeneous satellite and ground-based data within a unified analytical environment, the performance of spatial and temporal analyses, the creation of interactive maps and 3D/4D models, the visualization of change dynamics, and the development of predictive models of technogenically driven phenomena.

Keywords: *analysis of territories, technogenic transforming factors, technogenic-loaded territories, remote sensing methods, satellite observations, geomatics.*