

МОНІТОРИНГ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ЗАСОБАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ

І. Колб, к. т. н.¹

ORCID ID: 0000-0002-1370-6235

П. Колодій, к. е. н.¹

ORCID ID: 0000-0001-9847-9520

Є. Рижов, к. т. н.²

ORCID ID: 0000-0002-0132-3931

V. Urbanavičius³

ORCID ID: 0000-0003-0825-7647

*Львівський національний університет природокористування¹
Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного²
Kauno kolegija Higher Education Institution³*

<https://doi.org/10.31734/architecture2024.25.188>

Колб І., Колодій П., Рижов Є., Urbanavičius V. Моніторинг використання земель засобами дистанційного зондування

Активна розбудова інфраструктури населених пунктів – один із важливих елементів у концепції їхнього розвитку, а візуалізація цих змін шляхом складання оновлених планів та наповнення геопросторових баз даних територіальної громади оновленою інформацією – важлива складова системи управління земельними ресурсами. В умовах децентралізації влади та адміністративної реформи в Україні контроль за змінами рекреаційного ландшафту переймають на себе територіальні громади. Отож, методи проведення моніторингу земель рекреаційного призначення та наповнення геопросторових баз даних потребують постійного вдосконалення. Саме з погляду оперативного отримання актуальної інформації щодо використання земельного фонду методи дистанційного зондування є одними з найефективніших.

У дослідженні розкрито методи дистанційного зондування, які використано з метою моніторингу використання земель на муніципальному рівні, зокрема земель рекреаційного призначення на території с. Солотвино. Передусім зосереджено увагу на виявленні змін, які відбуваються під дією природного та антропогенного впливів, та, як наслідок – змін в інфраструктурі землекористування, що позначатиметься на майбутніх управлінських рішеннях.

Зазначено, що Солотвино – селище в Закарпатській області, розташоване в Мармароській котловині на правому березі Тиси. Відоме як курорт місцевого значення, який функціонує в умовах розвитку негативних геологічних проявів. Курортно-рекреаційна діяльність на території селища поширюється й на ділянки, які потребують постійного контролю й можуть становити потенційну загрозу для людей та спричинити руйнування інфраструктури. Під час досліджень територій загалом і її рекреаційної інфраструктури зокрема часто використовують дистанційно отриману інформацію щодо місцевості, як-от космічні та аерознімки.

Дослідження території с. Солотвино на муніципальному рівні (42 км²) виконане з допомогою ГІС QGIS за даними геопорталу *ESA WorldCover 10 m*. Зоною інтересу на локальному рівні дослідження обрано рекреаційну ділянку в південній частині озера Кунігунда, на якій відносно нещодавно розпочались господарська діяльність і надання рекреаційних послуг.

Розроблено методіку для оцінки змін просторового розвитку курорту Солотвино за останні роки на основі геоінформаційних моделей, створених за матеріалами космічних знімків та аерознімання із БПЛА.

Ключові слова: моніторинг, дистанційне зондування, землекористування, рекреаційна інфраструктура, геоінформаційні технології.

Kolb I., Kolodii P., Ryzhov Ye., Urbanavičius V. Land usage monitoring utilizing remote sensing tools

The active development of settlement infrastructure is a crucial aspect of their overall development concept. To facilitate this, visualizing changes by compiling updated plans and populating geospatial databases with relevant information is an essential part of the land management system. Following the decentralization reform in Ukraine, monitoring of recreational landscape changes is now conducted by territorial communities. Consequently, methods for monitoring the recreational land fund and populating geospatial databases require ongoing enhancement. Remote sensing methods are recognized as one of the most effective ways to obtain relevant information about land fund usage.

This research applies remote sensing methods to monitor land usage at the municipal level in Solotvyno village, specifically focusing on recreational areas. The study investigates changes resulting from both natural and human impacts, which influence land use infrastructure and future administrative decisions.

Solotvyno is a rural settlement located in Transcarpathian region, within the Maramures Basin on the right bank of the Tysa River. It is well-known as a local resort that operates under conditions affected by negative geological phenomena. Resort and recreational activities are conducted on plots that need constant monitoring due to potential dangers to both individuals and infrastructure.

Research in this area frequently utilizes remotely obtained data, such as satellite and aerial images. The municipal-level research focuses on an area of 42 km² in Solotvyno, specifically using GIS QGIS based on data from the ESA World-Cover 10 m geoportal. A particular area of interest is the recreational plot located in the southern part of Kunihunda Lake, where economic activities and recreational services have commenced relatively recently.

The purpose of this research is to develop a methodology for assessing spatial changes in the Solotvyno resort over the past two years using geoinformation models derived from satellite imagery and UAV aerial photography.

Keywords: monitoring, remote sensing, land use, recreational infrastructure, geoinformation technology.

Постановка проблеми. «Просторовий розвиток» як науковий термін – комплекс організаційних заходів щодо управління окремими складовими (елементами) територій та зв'язками між цими складовими. Це система дій, спрямованих на оптимізацію просторових змін [1]. Така система дій реалізується за певними планами, враховуючи положення державної, регіональної, місцевої політики [2]. Типовим проявом просторового розвитку є зміна складу об'єктів місцевої інфраструктури. Враховуючи унікальність природно-географічних, історичних, культурних, демографічних та рекреаційних ресурсів кожного регіону і навіть окремих місцевостей, просторовий розвиток не може відбуватись лінійно та з однаковою динамікою в кожній із територіальних одиниць. Кожен регіон має сформовану інфраструктуру, її склад об'єктів унікальний, як і її внутрішня будова та особливі підходи в системі управління цією інфраструктурою [3]. Згідно з досвідом країн Європейського Союзу, пріоритети просторового розвитку окремих регіонів мають першочергово формувати та розвивати ті галузі, які можуть забезпечити сталість місцевої економіки, ефективне використання наявних ресурсів (природних, демографічних) і потенційно економічне зростання. Особливі місцеві умови використання ресурсів регіону здебільшого є основою спеціалізації регіональної (або й місцевої) інфраструктури.

Рекреаційна інфраструктура, відповідно до Положення... [4] – «сукупність елементів облаштування і засобів організації для здійснення рекреаційної діяльності; елементи рекреаційної інфраструктури можуть бути віднесені до таких типів призначення: торговельного, побутового, соціально-культурного чи іншого призначення». Стосовно інфраструктури рекреаційної діяльності, у праці [5] зауважено, що це частина загальної інфраструктури життєдіяльності суспільства, а отже, сукупність «засобів, закладів, споруд, мереж та інших елементів матеріально-технічної бази, що допомагають здійснювати рекреаційну діяльність». Елементи інфраструктури рекреаційної діяльності мають специфічне спрямування і містять також складові універсальної інфраструктури поселення/місцевості, які забезпечують життєдіяльність громади [5].

В умовах децентралізації влади та адміністративної реформи в Україні контроль за змінами рекреаційного ландшафту беруть на себе територіальні громади. Місцева влада організовує постійну роботу із збору інформації та бере на себе відповідальність не лише за економічний розвиток, а й за збереження природи та культурної спадщини. Отож, методи проведення моніторингу земель рекреаційного призначення та наповнення геопросторових баз даних потребують постійного вдосконалення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Україна багата на території, що мають рекреаційну цінність. Найбільше уваги таким територіям приділяють останніми роками з огляду на різкий попит на внутрішній туризм, який виник унаслідок COVID 19, а також через внутрішній дефіцит і обмеження через агресію росії. Розвиток рекреаційної діяльності притаманний регіонам та місцевостям зі збереженою екологією, як правило, в межах природоохоронних, заповідних територій. Проте подекуди курортно-рекреаційна діяльність здійснюється на пост-індустріальних ландшафтах, що супроводжується певними ризиками.

Виявлення змін у стані землекористування – актуальне завдання, про що свідчить велика кількість публікацій, присвячених цьому напрямку, зокрема А. Близнюка, Р. Вяткіна, В. Глотова О. Дорожинського, О. Дорожинської, І. Колба, В. Новікової, К. Суханова, О. Томченко, В. Якимчука [5; 7–13], які спрямовані на збір геопросторових даних та їхній аналіз.

Стан наявної рекреаційної інфраструктури визначає конкурентні позиції окремого регіону в межах країни, а також на міжнародному рівні [13]. Цим можна пояснити тенденцію до більшості капіталовкладень бізнесових структур, які здійснюють відомі широкому загалу курортні місцевості. Ці вкладення неминуче призводять до збільшення динаміки просторових змін, реконструкції та появи розмаїття нових об'єктів рекреаційної інфраструктури.

Зазвичай рекреаційна інфраструктура починає випереджувати розвиток загальної інфраструктури життєдіяльності на цій місцевості. Різко збільшується рекреаційне навантаження на природне

та соціальне середовище, активніше експлуатуються природні ресурси. З огляду на це, питання щодо моніторингу рекреаційних територій актуальне для будь-якого суспільства. Таке завдання має свої шляхи виконання, які різняться в різних країнах, але спільним базисом є збереження рекреаційного потенціалу та розвиток рекреаційної діяльності без ризику погіршення стану території [12].

Постановка завдання. Наше завдання – знайти ефективні методи дистанційного зондування з метою моніторингу використання земель на муніципальному рівні, зокрема земель рекреаційного призначення в межах території с. Солотвино. Основні акценти дослідження – методи виявлення змін, які відбуваються під дією природного та антропогенного впливу, та як наслідок – змін в інфраструктурі землекористування й оцінці якості використаних методів.

Виклад основного матеріалу. Ведення ефективного управління земельними ресурсами – комплексне завдання, яке потребує одночасного комплексного аналізу багатьох просторових даних, де важливою складовою є моніторинг використання земельних ресурсів. Залежно від призначення земельного ресурсу та його місця розташування моніторинг матиме різний ступінь деталізації у процесі спостереження, зокрема щодо геометричної точності й детальності інформації, яку потрібно збирати та аналізувати

На муніципальному рівні за допомогою засобів електронного картографування необхідно забезпечити: збір, інтеграцію й систематизацію моніторингових даних; спеціалізоване опрацювання даних ДЗЗ і створення тематичних продуктів на їхній основі; пошук геоданих та їхнє розміщення в базі геоданих; управління процесами моніторингу об'єктового (локального) рівня.

На найдетальнішому (локальному) рівні моніторингу рекреаційних територій необхідно забезпечити встановлення із заданою точністю і достовірністю метричних і якісних характеристик ідентифікованих об'єктів на основі інтерпретації даних ДЗЗ.

Дослідження більших площ і необхідність отримання узагальненішої інформації при муніципальному рівні дослідження спонукає до використання інформаційних продуктів, створених за космічними знімками високого розрізнення. Космічний моніторинг дозволяє виявляти зміни в навколишньому середовищі, оцінювати динаміку і якість змін та вивчати взаємодію техногенних систем. Натомість за локального моніторингу доцільно використовувати оперативні методи отримання даних, наприклад, аерознімання з БПЛА.

Розглянемо особливості застосування даних дистанційного зондування Землі, зокрема аерознімання з безпілотних літальних апаратів (БПЛА) під час проведення локального моніторингу земель

для створення планово-картографічного матеріалу на порівняно невеликі ділянки місцевості [11].

Метод, який дозволяє оперативно збирати просторову інформацію, – використання безпосередньо на об'єкті зйомки дистанційно керованої БПЛА, обладнаної знімальною апаратурою. Знімальною апаратурою слугують напівпрофесійні або побутові цифрові фотокамери, що економічно ефективніші порівняно з пілотованими літальними апаратами, коли потрібно терміново оновити електронні карти. Також необхідно зазначити, що БПЛА ефективна під час знімання лінійних об'єктів, за інвентаризації земель населених територій, отримання оперативної просторової інформації у надзвичайних ситуаціях та у процесах будівництва тощо.

Для оновлення планів і карт періодичність аерофотозйомок визначається швидкістю і ступенем старіння наявної в них метричної та смислової інформації. Швидкість старіння залежить від інтенсивності перетворень, що здійснюються на картографованій території, і характеризує кількість змін за певний час. Для кадастрового обліку земель надзвичайно важливо проводити моніторинг у межах облікованого земельного фонду.

Просторова інформація через цифрові моделі та ортофотоплани дає змогу виконати широкий спектр картографічних та геоінформаційних завдань, які є у складі завдань моніторингу земель. Цього досягають використанням спеціального програмного забезпечення, яке порівнює різночасові ортофотоплани або ЦММ однієї місцевості, знаходить, промарковує та класифікує зміни й виявлені об'єкти, що відбулися, надає інформацію про їхні властивості.

Солотвино – селище міського типу Тячівського району Закарпатської області, розташоване в Мармароській котловині на правому березі Тиси.

Солотвино та солені озера – популярна зона відпочинку та курорт місцевого значення відповідно до Закону України «Про курорти» [14]. Солотвинські озера виникли внаслідок просідання порід під час видобутку. Перше та найбільше з озер, Кунігунда, виникло у 1902 р., унаслідок просідання на 20 м відкритої соляної копальні «Кунігунда», звідки й назва озера. Кунігунда – місцевий аналог Мертвого моря. Берег і дно озера вкриті шаром лікувальної гряді аспідно-чорного кольору. Протягом року температура води не опускається нижче за 17 °С. Концентрація солей досягає 146–150 %, тут підвищена концентрація іонів бромиду, озеро містить лікувальну ропу та сульфідні гряді. Тож солотвинські озера – курортна зона для лікування опорно-рухового апарату, переломів, радикуліту, псоріазу та інших захворювань.

На території селища Солотвино більшість закладів курорту і рекреаційні зони розміщені в північно-західній частині селища (рис. 1). Карстові

новоутворення переважно розміщені в південно-східній частині (рис. 2) і небезпечні для перебування людей та ведення господарської діяльності.

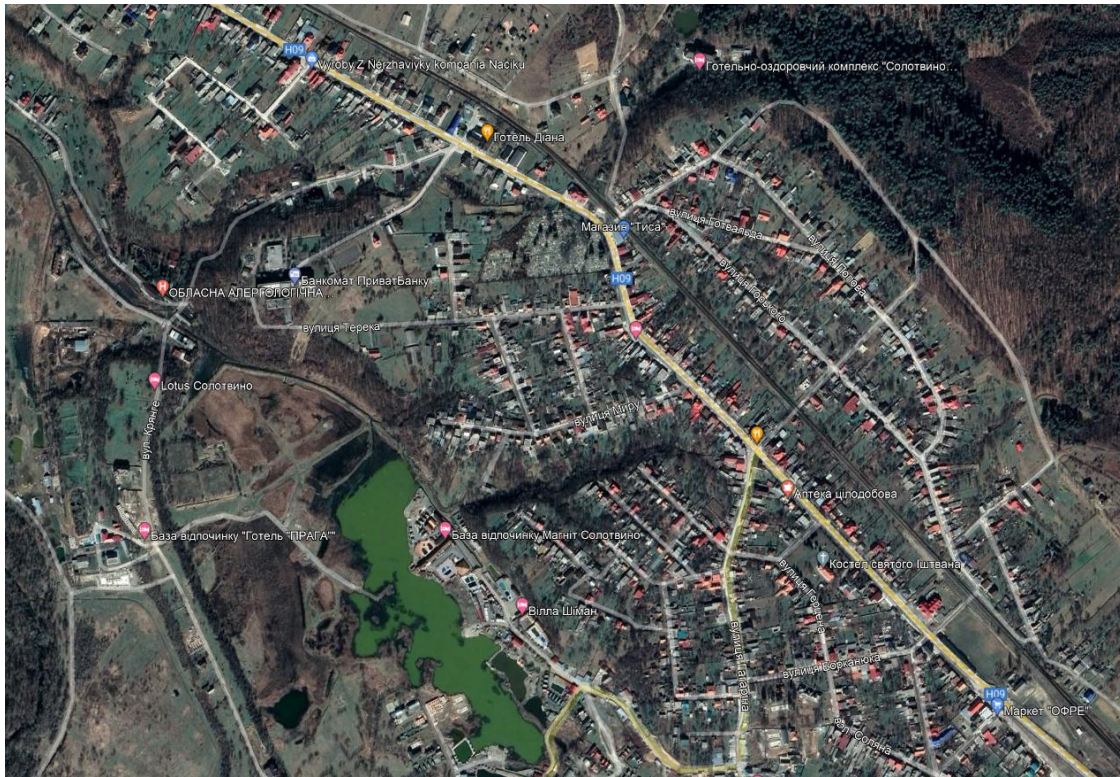


Рис. 1. Інфраструктура с. Солотвино (північно-західна частина)

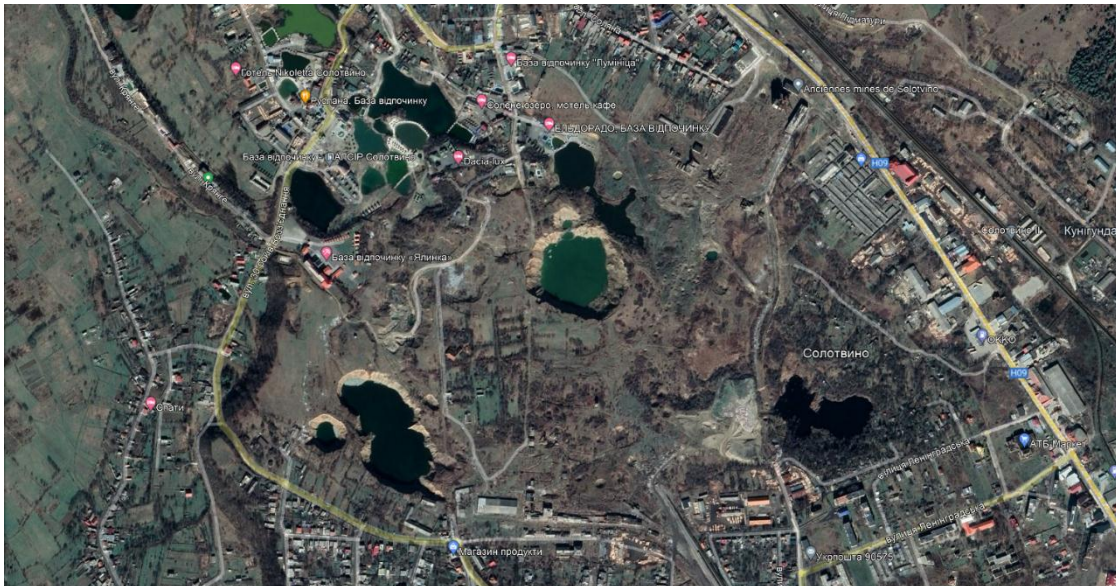


Рис. 2. Інфраструктура с. Солотвино (південно-східна частина)

Біля селища Солотвино в місцях виходу на поверхню соленосних відкладів поширені форми соляного карсту – гострі скелі, зубчасті гребені, карстові утворення, лійки. Згідно з висновками

«Українського науково-дослідного і проектно-конструкторського інституту гірничої геології, гід-

ромеханіки та маркшейдерської справи НАН України» [15], у процесі провалоутворення тривають катастрофічні зміни.

У зоні впливу від небезпечних процесів – 292 будинки, де проживають 1253 мешканця селища Солотвино, у тому числі інфраструктурні об'єкти соціальної сфери, мережі водопостачання та водовідведення, ліній енерго- та газопостачання, транспортна інфраструктура державного значення «Мукачєво-Рогатин».

Відповідно до постановки проблеми визначено порядок виконання досліджень у два етапи: перший – моніторинг території на муніципальному рівні; другий – моніторинг території на локальному рівні.

Перший етап проведено методом створення карти виявлених різниць у значеннях класів земного покриву та використання земель, послугуючись даними глобального покриття Land Use / Land Cover розрізненням 10 м, які в генералізованій формі становлять сталі протягом року земний

покрив та використання земель. У результаті отримуємо оцінку змін, які відбулися протягом року; виявлення ділянок, де необхідне локальне, деталізоване дослідження.

Другий етап проведено методом візуального та програмного виявлення змін на місцевості на об'єктовому рівні за матеріалами періодичних аерознімків з БПЛА. Виявлено умови використання земель, оцінку результатів господарської діяльності, що є підтримкою управлінських рішень для раціонального використання ресурсів.

Реалізуючи перший етап, ми отримали на території селища Солотвино дані покриттів за допомогою ESA WorldCover V1 2020 та ESA WorldCover V2 2021. Цей глобальний продукт земного покриву ESA WorldCover створюється за ініціативою Європейського космічного агентства і є глобальним щорічно оновлюваним растровим картографічним покриттям із роздільною здатністю 10 м на місцевості [16] (рис. 3, 4).

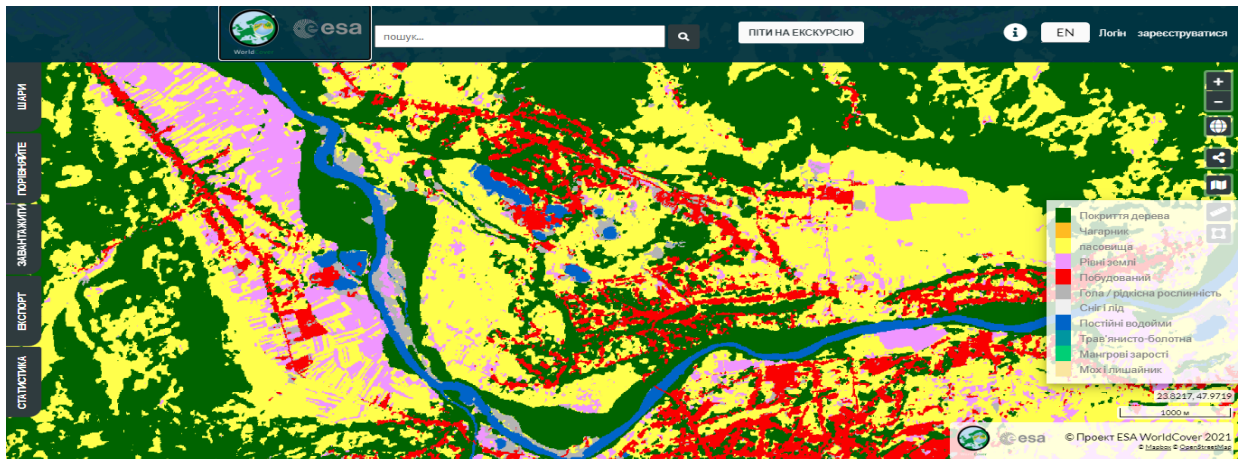


Рис. 3. WorldCover V1 2020. Район с. Солотвино.
Дані саїту <https://viewer.esa-worldcover.org/worldcover>

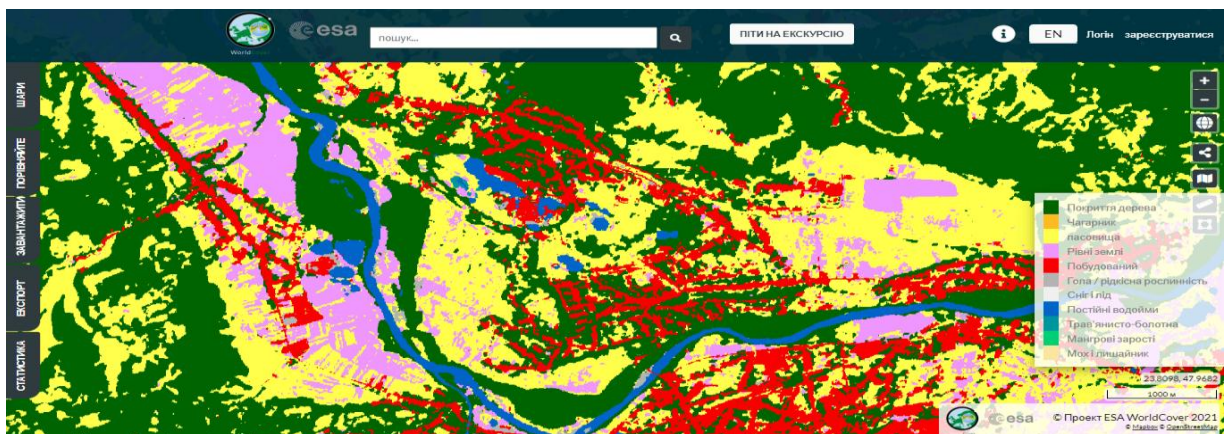


Рис. 4. WorldCover V1 2021. Район с. Солотвино
Дані саїту <https://viewer.esa-worldcover.org/worldcover>

Для оцінки кількості зафіксованих значень типів покриття земної поверхні побудуємо графіки

розподілу типів земного покриву на 2020 та 2021 роки (рис. 5).

Аналіз цих графіків вказує на активізацію рільництва (клас Cropland з 683 га у 2020 р. зріс до 849 га у 2021 р.), збільшення забудованої та вкритої штучним покриттям території (клас Built-up, з 959 га у 2020 р. зріс до 1174 га у 2021 р.), суттєве

зменшення луків та пасовищ (клас Grassland з 3212 га у 2020 р. зріс до 2689 га у 2021 р.). Ці цифри вказують на доволі активне антропогенне перетворення території протягом року.

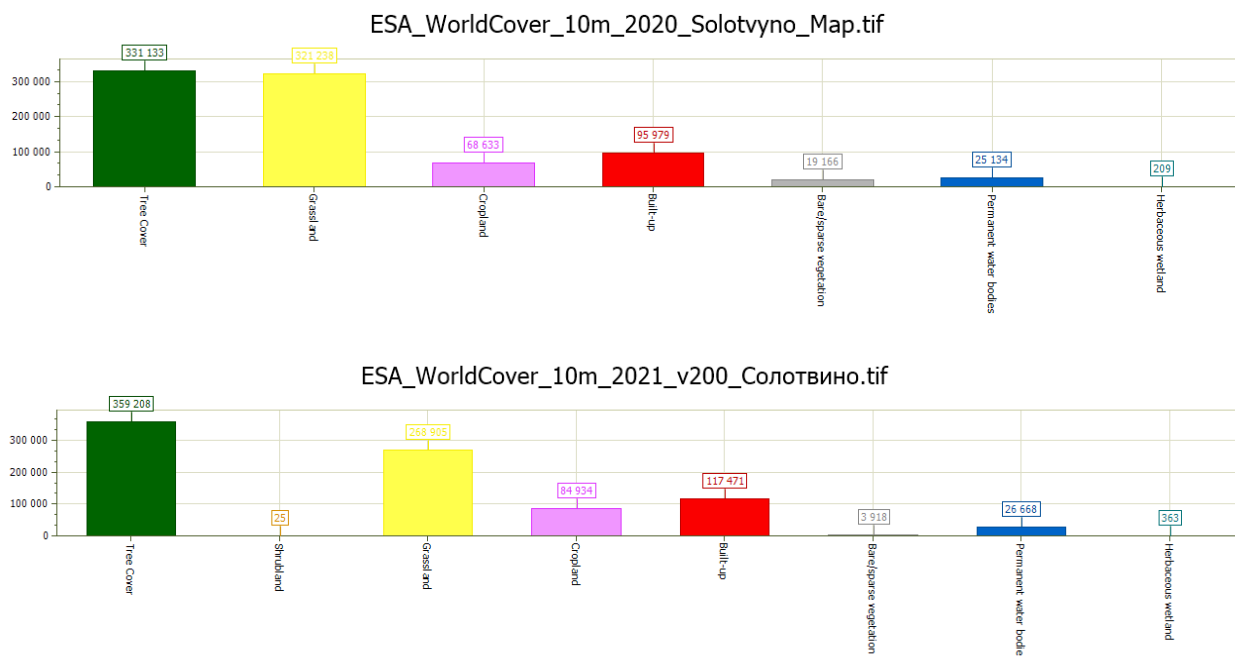


Рис. 5. Розподіл типів земного покриття на досліджуваній території на 2020 та 2021 роки (1 одиниця = 100м² = 0,01 га)

Для подальшого аналізу виявлених змін ландшафтів ми використали геоінформаційну систему QGIS з відкритим кодом, ліцензовану згідно з GNU General Public License, із розширенням функціональності (плагіном) «Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)», автор якого – Luca Congedo [17]. Обираємо два набори даних LULC, за якими програма створюватиме растровий шар із індикацією змін класів у кожній його комірці. Першим завантажуюємо шар класифікації за 2020 рік як еталонну класифікацію, а шар класифікації за 2021 рік – як нову класифікацію.

У вікні виводу відображається таблиця, яка показує, скільки пікселів було змінено на інший клас. У цьому прикладі код зміни 1 показує, скільки пікселів залишились незмінними у класі з кодом 10 «Tree cover», код зміни 2 показує, скільки пікселів змінилося із класу 10 «Tree cover» на клас 20 «Shrubland», що може вказувати на вирубку лісу.

Також плагін створює цілочисельний растр, значення комірок якого є кодами зміни класів, які визначено згідно з рис. 6.

Отже, отримані дані вказують на зміни і їх можна використовувати для планування детальнішого обстеження цікавих локацій. Для такого локального аналізу необхідна більша деталізація просторових даних. Її можуть забезпечити аерознімання з БПЛА чи пілотованих носіїв.

Для моніторингу території на локальному рівні використано матеріалами періодичних аерознімань із БПЛА:

- матеріали аерофотознімання з використанням БПЛА літакового типу PD-1900 (просторове розрізнення (розмір проєкції пікселя на місцевості) gsd=3,0 см) на липень 2017 року (рис. 8);
- матеріали аерофотознімання з використанням БПЛА літакового типу Agrow (просторове розрізнення gsd=4,0 см) на жовтень 2021 року (рис. 8);
- каталог координат опорних і контрольних точок, отриманих у результаті спостережень двочастотним ГНСС-приймачем Trimble R4 у режимі RTK у системі координат СК-42 (2017 та 2021 роки).

Semi-Automatic Classification Plugin

Filter

- Band set
- Basic tools
- Download products
- Preprocessing
- Band processing
- Postprocessing
 - Accuracy
 - Classification dilation
 - Classification erosion
 - Classification report
 - Classification to vector
 - Classification sieve
 - Class signature
 - Cross classification
 - Edit raster
 - Land cover change
 - Reclassification
 - Zonal stat raster
- Band calc
- Batch
- Settings
- User manual
- Help
- About
- Support the SCP

Input

Output

CrossClassCode	NewClass	ReferenceClass	PixelSum	Area [degree^2]
1	10.0	10.0	542026213.0	3.7640709236111111
2	10.0	20.0	159283.0	0.0011068263888888887
4	10.0	30.0	14920665.0	0.10361572916666666
7	10.0	40.0	4918733.0	0.03415786805555554
11	10.0	50.0	341495.0	0.0023714930555555555
16	10.0	60.0	809480.0	0.0056213888888888884
22	10.0	70.0	9.0	6.25e-08
29	10.0	80.0	189835.0	0.0013182986111111111
37	10.0	90.0	115662.0	0.0008032083333333334
3	20.0	10.0	80638.0	0.0005599861111111111
5	20.0	20.0	30339.0	0.0002106875
8	20.0	30.0	136528.0	0.0009481111111111111
12	20.0	40.0	2494.0	1.7319444444444444e-05
17	20.0	50.0	3.0	2.0833333333333333e-08
23	20.0	60.0	497.0	3.451388888888887e-06
47	20.0	90.0	3173.0	2.203472222222222e-05
6	30.0	10.0	10015419.0	0.06955152083333332
9	30.0	20.0	74185.0	0.0005151736111111111
13	30.0	30.0	28439945.0	1.9747211468333331
18	30.0	40.0	35163726.0	0.24419254166666665
24	30.0	50.0	413954.0	0.0028746805555555557
31	30.0	60.0	2364177.0	0.01641789583333333
39	30.0	70.0	53.0	3.6805555555555557e-07
48	30.0	80.0	155452.0	0.0010795277777777778
57	30.0	90.0	1962702.0	0.013629874999999998
10	40.0	10.0	1239487.0	0.0086075486111111111
14	40.0	20.0	6770.0	4.701388888888888e-05
19	40.0	30.0	20953668.0	0.14551183333333333
25	40.0	40.0	339636149.0	2.3585843680555554
32	40.0	50.0	193998.0	0.0013472083333333333
40	40.0	60.0	849260.0	0.005897638888888888

Рис. 6. Таблиця зміни класів карт LULC

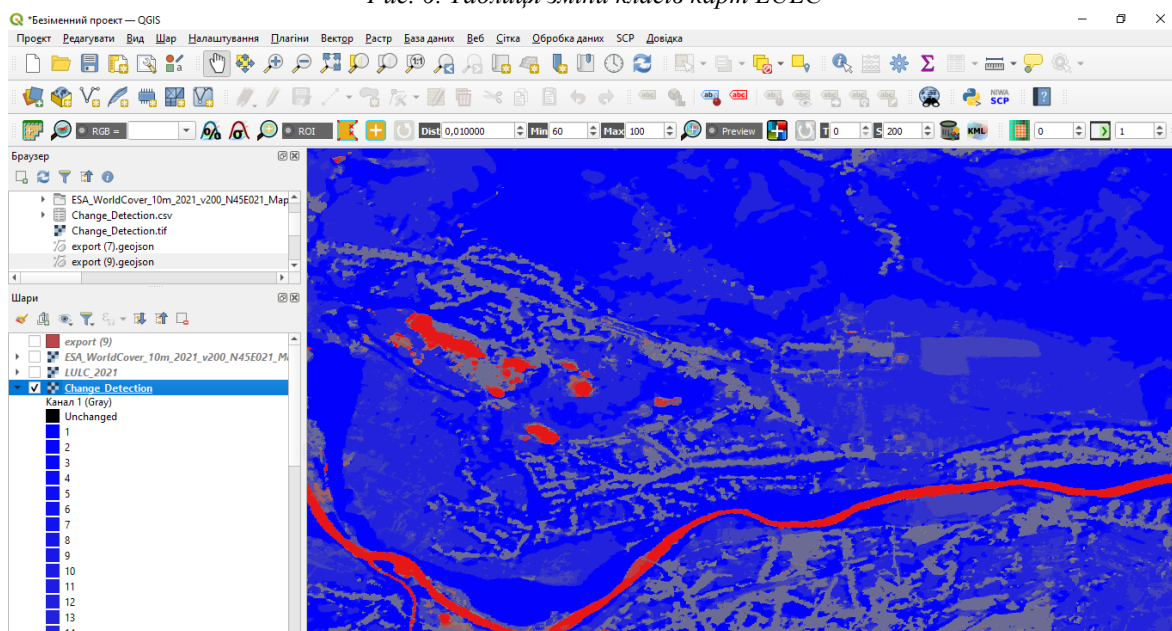
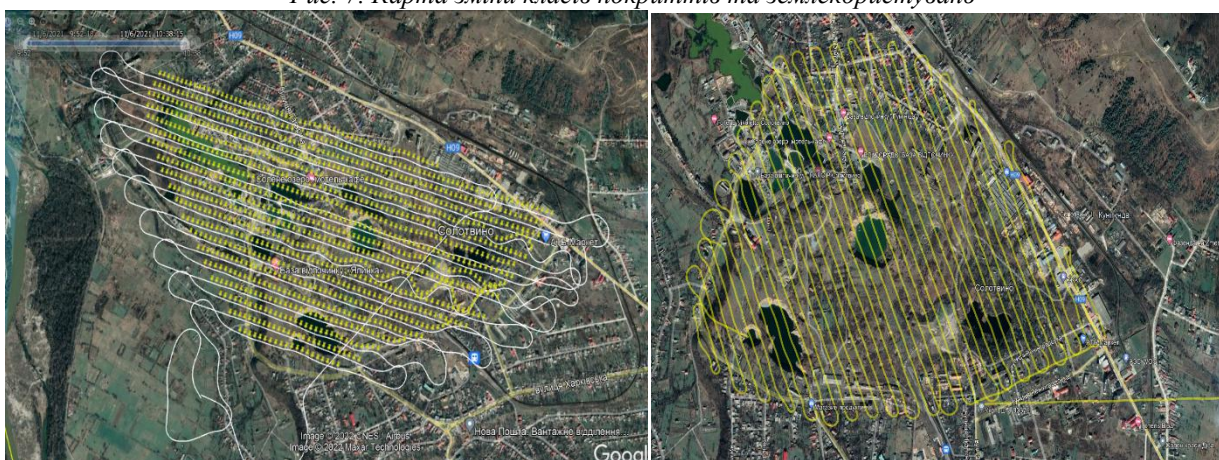


Рис. 7. Карта зміни класів покриттів та землекористувань



а) б)

Рис. 8. Маршрути та центри проскій знімків: а – аерофотознімання 2017 року – 1763 знімки; б – аерофотознімання 2021 року – 1154 знімки

Для опрацювання матеріалів аерофотознімання використано програмне забезпечення Pix4D Mapper Pro. У результаті опрацювання отримано такі матеріали, як ортофотоплани із просторовим розрізненням 3 см/піксель (за зніманням 2017 року) та 4 см/піксель (за зніманням 2021 року); класифіковані хмари 3D точок, які надалі буде використано для створення цифрової моделі рельєфу (ЦМР) та пошуку змін, що відбулись на території.

Зоною інтересу дослідження обрано рекреаційну ділянку в зоні взаємного перекриття хмар точок та ортофотопланів. Це південна частина оз. Кунігунда, на якій відносно нещодавно розпочались господарська діяльність і надання рекреаційних послуг. Ця зона розміщена впритул до шахтного поля, де за результатами досліджень [18] досліджувана ділянка розташована в зоні проявів потенційно небезпечних процесів.

Оскільки для реалізації дослідження необхідно отримати ЦМР території Солотвинського солерудника із матеріалів аерофотознімання, то доречно тільки класифікація хмари точок на класи «земля» та «не земля». Хмару точок класифікували

із використанням таких інструментів, як поперечні профілі, функції автоматичного видалення точок над та під рівнем землі (remove vegetation та low points відповідно), функція згладження поверхні тощо. На основі редагованої раніше хмари точок (24,5 млн точок, щільність 11,9 точок/м²) створено растрову ЦМР у програмному забезпеченні Global Mapper Pro.

Цифрові моделі та ортофотоплани використані для розпізнавання змін в інфраструктурі рекреаційної зони. Розпізнавання об'єктів виконували у 2D і 3D-виді. Складено каталог змінених (перебудованих, реконструйованих, демонтованих тощо) та нових об'єктів. Досліджувана рекреаційна зона має компактні розміри й розміщена в безпосередній близькості до карстово небезпечної ділянки, тому візуальна інтерпретація даних виправдана як надійніший метод порівняно з автоматичною інтерпретацією. Особливістю цього етапу є виявлення особливих типів об'єктів – це малі архітектурні форми, обладнання пляжів, басейнів, ігрові майданчики тощо. Капітальних споруд порівняно мало. Фрагменти результатів моніторингу показано на рис. 9–11.



Рис. 9. Будівництво нового відпочинкового комплексу



Рис. 10. Осушення озера, планування території, будівництво сонячної мініелектростанції



Рис. 11. Ущільнення забудови.
Нові готельні комплекси

Отже, висока якість матеріалів періодичного аерознімання з БПЛА складних територій, які потребують постійного контролю, – достовірний, точний та об'єктивний метод контролю за рекреаційно-господарською діяльністю на території курорту «Солені озера» в с. Солотвино. Цей досвід можна застосовувати й у інших місцевостях.

Висновки. Моніторинг муніципального рівня охоплення території можна ефективно виконати на основі аналізу глобальних покриттів Карти Землекористування та Земного покриву (*Land Use/Land Cover, LULC*). З появою продукту *ESA WorldCover* є можливість використовувати щорічні узагальнені покриття, класифіковані відповідно до європейської практики.

Порівняльний аналіз покриттів *ESA WorldCover V1 2020* та *ESA WorldCover V2 2021* на території селища Солотвино та прилеглі території (всього 42 км²) показав, що ландшафт тут динамічно змінюється. Зокрема виявлено активізацію рільництва (клас *Cropland*, з 683 га у 2020 р. зріс до 849 га у 2021 р.), збільшення забудованої та вкритої штучним покриттям території (клас *Built-up*, з 959 га у 2020 р. зріс до 1174 га у 2021 р.), суттєве зменшення луків та пасовищ (клас *Grassland*, з 3212 га у 2020 р. зменшено до 2689 га у 2021 р.). Ці цифри вказують на доволі активне антропогенне перетворення території протягом одного календарного року.

Аналіз матеріалів топографічних зніманих показує високу рекреаційну активність у карстонебезпечному районі. Тут створюється курортно-рекреаційна інфраструктура, представлена здебільшого тимчасовими спорудами, облаштуванням автостоянок, спорудженням малих архітектурних форм.

Бібліографічний список

1. Павлюк Ю. Просторовий розвиток регіонально-економічних систем. *Збірник наукових праць ВНАУ Серія: Економічні науки*. 2011. № 2 (53). С. 42–47.
2. Holovaty M. Еколого-географічний аналіз бальнеологічного курорту Східниця = Ecology-geographical analysis of the Skhidnytsia balneological resort. *Journal of Education, Health and Sport*. 2016 № 6 (1). С. 85–92. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.44645>.
3. Пугачевська К. Й., Лизанець А. Г. Формування інфраструктури просторового розвитку. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2017. Вип. 16. С. 543–545. URL: <http://global-national.in.ua/archive/16-2017/109.pdf>. (дата звернення: 02.11.2024).
4. Положення про рекреаційну діяльність у межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду України. URL: <https://mepr.gov.ua/files/docs/Projekt/25062021/%D0%BF%D1%80.%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D1%83%20%D0%B7%20%D1%80%D0%B5%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97.pdf>. (дата звернення: 02.11.2024).
5. Новикова В. Інфраструктура: Сутність поняття, види, застосування у рекреаційній сфері. *Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Серія «Географія»*. 2016. Вип. 1 (64). С. 18–22.
6. ESA. Land Cover CCI Product User Guide Version 2. Tech. Rep. (2017). URL: maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download/ESACCI-LC-Ph2-PUGv2_2.0.pdf. (дата звернення: 02.11.2024).
7. Dorozhynskyy O., Kolb I., Dorozhynka O. Role of Photogrammetry, Geoinformatics and Remote Sensing in researching Cultural Landscape. Infrastructure and ecology of rural areas : monograph. Krakow, 2008. S. 266–289.

8. Якимчук В. Г., Суханов К. Ю., Томченко О. В. Адаптивні методи виявлення змін довкілля за допомогою багатоспектральних космічних знімків Землі на прикладі території Солотвино. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2021. № 8 (1). С. 10–17.
9. В'яткін Р. С. Інформаційно-аналітичне забезпечення моніторингу земель об'єктів природно-заповідного фонду регіонів : дис... д. філософії. Харків, 2020.
10. Геоматика в моніторингу довкілля та оцінці загрозливих ситуацій: монографія / О. Л. Дорожинський та ін.; за ред. О. Дорожинського; М-во освіти і науки України, Національний університет «Львівська політехніка». Львів: Львівська політехніка, 2016. 399 с.
11. Глотов В. М., Гуніна А. В. Аналіз сучасних методів знімання під час опрацювання великомасштабних планів. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2016. Вип. 83. С. 53–63. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Geodez_2016_83_8. (дата звернення: 02.11.2024).
12. Дорожинська О. О. Моніторинг земель рекреаційного призначення на базі дистанційного зондування та геоінформаційних підходів: автореф. дис. ... к. т. н.: 05.24.04. Львів, 2009.
13. Близнюк А. С. Рекреаційна інфраструктура як головна складова рекреаційного простору. *Інвестиції: практика та досвід*. 2019. № 2. С. 24–27.
14. Закон України «Про курорти». *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*. 2000. № 50. Ст. 435, поточна редакція від 01.10.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2026-14#Text>. (дата звернення: 02.11.2024).
15. Бібік Н. М. Про результати науково-дослідних робіт та інженерно-геологічних досліджень на Солотвинському солеруднику від 25.02.2009. *Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених «GeoTerrace-2018» 13–15 грудня 2018 р., Львів (Україна): збірник матеріалів*. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. 264 с. (дата звернення: 02.11.2024).
16. Zanaga D., Van De Kerchove R., De Keersmaecker et. al. ESA WorldCover 10 m 2020 v100, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5571936>.
17. Step-by-Step: Land Cover Change Detection through Supervised Classification. Office for Outer Space Affairs UN-SPIDER Knowledge Portal. URL: <https://www.un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-land-cover-change/step-by-step#Step%205:%20Change%20Detection>. (дата звернення: 02.11.2024).
18. Stella Shekhunova. Improving Disaster risk Reduction in Transcarpathian region. Solotvyno Case. mProDiReT. Nyzne Solotvyno, 2020. P. 1–29.

Стаття надійшла 21.11.2024.