

УДК 911.502:005

DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.01.015>

І. Г. Черваньов, О. В. Залюбовська, А. Ю. Овчаренко

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ІНДИКАТИВНИХ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ ЛАНДШАФТНОГО МОНІТОРИНГУ ПРИРОДООХОРОННОЇ ТЕРИТОРІЇ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ Й ПОЛЬОВОГО ЗНІМАННЯ

На основі аналізу даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та польового ландшафтного знімання тестових ділянок обґрунтовано вибір індикаторів – водно-болотних угідь - для проведення ландшафтного моніторингу території національного природного парку «Слобожанський». Експериментально визначено можливості автоматизованого розпізнавання контурів ландшафтних виділів за допомогою даних космічних знімків високої роздільної здатності Sentinel-2 в поєднанні з сучасними ГІС-технологіями. На основі застосування різних методів обробки даних космічних знімків удосконалено традиційну методику ландшафтних досліджень як на камеральному, так і на польовому етапах і сформовано базу геоданих для проведення моніторингу. Визначено, що показником для візуального простеження змін індикативних об'єктів є рослинний покрив. Використання оверлейного аналізу сприяло автоматичному поєднанню даних усіх компонентів для формування ландшафтних виділів. Результати, отримані з використанням даних ДЗЗ і ГІС-технологій, є основою інтерпретації ландшафтних угруповань на різночасові моменти дослідження для виявлення ландшафтних змін.

Ключові слова: індикативні об'єкти; ландшафтний моніторинг; дані дистанційного зондування; космічні знімки Sentinel-2; НПП «Слобожанський».

I. G. Chervaniov, O. V. Zaliubovska, A. Yu. Ovcharenko

V.Karazin Kharkiv National University

REASONING FOR THE SELECTION OF INDICATIVE OBJECTS FOR LANDSCAPE MONITORING OF ENVIRONMENTAL TERRITORY AND RESEARCH BY REMOTE SENSING DATA AND FIELD SURVEYING

The purpose of this study is to substantiate the choice of indicative objects for landscape monitoring of the territory of the Slobozhansky National Natural Park (NPP) by studying them according to the data of remote sensing of the Sentinel-2 satellite and field landscape mapping. Considerable amount of experimental research, obtained by using primary scanning data from satellites (geodata), require the effective application of automated processing methods using GIS technologies and deep interpretation. This can significantly change the process of background monitoring of changes occurring in the territory of the NPP, which can be a test subregional object of the Forest-Steppe of Ukraine. In protected areas, landscape changes can serve as indicators of the state and changes in geo-ecological situations. There are two key issues: the selection of representative objects and the indication of changes. To solve the problem of choosing local landscape units and indicating their changes, the authors used a large environmental protection test object - the Slobozhansky national natural park. It was created less than 10 years ago in the basin of the Merla River, a second-order tributary of the Dnieper River. The study used high-resolution processing of geodata obtained by scanning the territory from the satellite Sentinel-2. The research methodology is described, various methods of geodata processing are experimentally verified and compared. Their rational complex has been selected in the context of the purpose of the study. It is determined that the interpretation of satellite images can be effectively used to recognize landscape units through the identification of plant communities (as the most informative component of the landscape). For this purpose, combinations of spectral channels that were most effective for recognizing vegetation cover were selected experimentally. Under field conditions, a correspondence between vegetation cover and certain landscape stands was established. Spectral methods for comparing multi-temporal data were selected to establish seasonal differences and to track temporary (temporal) changes. Significant amount of experimental studies using primary satellite information in combination with automated processing with the use of GIS technologies made it possible to monitor and control the entire process of highly accurate information processing. As additional information, maps of the relief, soil cover, and wetlands were digitized, and then they were subjected to overlay analysis. At the most characteristic key points, the results of the interpretation were verified by the terrestrial landscape survey. The results of the complex were processed with the use of geo-information technologies and supplemented by the use of overlay analysis of the attribute data that had been displayed earlier on the relief maps, vegetation, and water bodies (primarily of lowland marshes). Thus, a landscape map-hypothesis of the facies level – the topologically smallest natural territorial complex of the complex landscape of the territory – was compiled. Founding on the research and

© **І. Г. Черваньов, О. В. Залюбовська, А. Ю. Овчаренко, 2019**

analysis of world and domestic experience, the authors suggested using wetlands as an object of monitoring, and contours and condition (aspect) of their surface, recognized semi-automatically using GIS technologies, as indicators.

Keywords: *the indicative objects; landscape monitoring; the remote sensing data; space images Sentinel-2; the national nature park «Slobozhanskyi».*

Актуальність дослідження

Дослідження ландшафту як комплексного географічного феномену відомі понад століття. Проте розуміння його загалом, і його географічного аспекту зокрема, суттєво змінюються в умовах сучасної інформаційної епохи – і уявлення про ландшафт як фізичну реальність, і методи ландшафтного дослідження, і врешті-решт ставлення до нього як основного об'єкта комплексних географічних досліджень та потужного геоecологічного чинника.

Нині утвердився термін «ландшафтні сервіси», яким означають сукупність корисностей (для біосфери загалом і людини зокрема), завдяки яким відбувається підтримання певних стійких властивостей довкілля (на різних рівнях функціонування) попри дедалі зростаючий, переважно деструктивний, тиск людства, ресурсні потреби якого невпинно зростають, а засобів штучної компенсації такої деструкції не вистачає або вони відсутні.

До останньої категорії відноситься *ландшафтний моніторинг* як спосіб визначення змін у структурі й функціонуванні ландшафтів. З огляду на стан ландшафтів суходолу Землі, особливо у регіонах активного антропогенного тиску, потреба моніторингу ландшафтів дедалі зростає, проте можливості його реалізації, що досі спираються певною мірою на традиційні засоби польового дослідження й аналітичну лабораторну обробку результатів, залишаються надто недостатніми. Як паліативний засіб, з реальним розвитком космічних досліджень з'явилися спроби використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) на заміну традиційним методам. Проте доступні дані космічних знімків досі мали переважно оглядовий характер (спутники серії LANDSAT), що не забезпечувало прецезійних спостережень, необхідних для моніторингу. І лише останнім часом стали доступними знімки високої роздільної здатності, що істотно поглибило можливості їх продуктивного використання для моніторингу. Проте виникло питання методологічного й особливо методичного переосмислення нових технологій, перш за все щодо визначення й простеження тих властивостей ландшафтних комплексів, які можуть слугувати індикаторами змін. Актуальність

цього напрямку досліджень проявляється як у науковому відношенні, так і в практичній площині, тому що впливає на прийняття управлінських рішень. Ландшафт, його сервіси відіграють, як зазначалось, основоположну роль у розв'язанні геоecологічних проблем сьогодення, а його зміни є одними з ключових процесів, суттєвих як у сфері охорони природного середовища, так і в багатьох напрямках господарської діяльності людини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Зважаючи на те, що тема статті охоплює декілька предметних галузей сучасних географічних досліджень, автори визначили такі напрями аналітичного огляду: сучасне бачення ландшафту в аспекті постнекласичної географії; ландшафтне картографування з використанням дистанційних засобів та ГІС-технологій; пошук індикаторів структури і стану ландшафтів; моніторинг ландшафтів за даними ДЗЗ та ГІС-технологій.

У нинішніх умовах швидкозмінності окремих компонентів ландшафтів необхідним є застосування сучасних методик обробки даних та їх аналізу на основі використання ГІС-технологій і даних ДЗЗ. У цих напрямках досліджень і розробок вітчизняні дослідники цілком вписуються у когорту світового співтовариства географів, екологів, геотехнологів та представників інших споріднених галузей знання.

Свідченням цього є окремі наведені приклади.

Насамперед слід нагадати про високозначущі моніторингові дослідження в Чорнобильській зоні відчуження науковцями Інституту географії НАН України [1]. Ці дослідження і розробки набувають дедалі більшої ваги у зв'язку з проектуванням використання Чорнобильської зони.

На основі методики створення карти «Екологічні земельні одиниці світу» асоціацією американський географів, Геологічною службою США, компанією ESRI та The Group on Earth Observation ландшафтознавці Інституту географії уклали карту степових ландшафтів України для використання з метою досягнення природоохоронних цілей [2].

Методичні аспекти дослідження аквальної та потомальних ландшафтних комплексів у межах НПП «Нижняосульський» представлені в роботах [3,4]. Технологічні особливості проведення

гідроморфологічного моніторингу озер представлено в роботі [5].

Ключовим науковим завданням здійснення моніторингу є визначення й обґрунтування індикаторів зміни ландшафтів. Найчастіше ним може слугувати певний компонент, який добре ідентифікується за геоданими. Наш досвід показав, що найбільш чутливим і фізіономічним індикатором ландшафтних змін є стан водно-болотних природних комплексів. Цей висновок, отриманий експериментально, узгоджується з досвідом досліджень у інших регіонах України [6] і світовій практиці. Зокрема, моніторинг ландшафтів водно-болотних угідь активно проводять у Швеції [7].

Моніторинг рослинного і ґрунтового покривів активно проводять у межах природоохоронних територій в Австралії [8], Великобританії, Німеччині, США, Естонії. Індикатором ландшафтних змін виділяють переважно рослинний покрив, який ідентифікується засобами ГІС через супутникову інформацію.

Аналіз змін ландшафту через рослинні угруповання, які обрано як індикатори, моніторинг довкілля представлено в роботі [9], де детально описано методичні особливості його проведення.

Моніторинг відновлення ландшафтів висвітлено у роботі [10], де автори засобами ГІС-технологій проводять оцінювання ступенів впливу для подальшого поліпшення ситуації в рамках ареалів розповсюдження біологічних видів.

Моделювання екологічної стратифікації ландшафтів проводилося вченими Естонії для збереження біорізноманіття [11], моделювання майбутнього лісових ландшафтів Карпат внаслідок змін кліматичних умов – у роботі [12].

Залежно від ландшафтних умов у поєднанні з технологічними можливостями ДЗЗ індикативне значення може мати й інший певний компонент ландшафту. Так, у [13] оцінено вологість ґрунту на прикладі Баришівського полігону Київської області за допомогою даних Sentinel-2, у [14] визначено індикативні показники лісів на основі даних Sentinel-2, а в [15] автори запропонували методику обробки космічних знімків Sentinel-2 для виявлення ознак погіршення фізіологічного стану деревостану і навіть окремих дерев. Є досвід використання космічних знімків PlanetScore для аналізу ходу і наслідків затоплення населених пунктів при повенях, що натеper набуває значення глобального завдання географічної науки.

Окремі дослідження присвячені моніторингу стану посівів за допомогою вегетаційних індексів

на основі обробки каналів Sentinel-2. Заслужують на увагу проблеми ландшафтно-картографічної інтерпретації просторової мінливості даних [16]. Роботи [17, 18] присвячені дослідженню динаміки ландшафтів через моделювання їх змін на основі даних ДЗЗ в поєднанні з сучасним польовим зніманням місцевості. На велику увагу заслуговують моніторингові ландшафтні дослідження природоохоронних територій [19].

Сучасний стан та зміни ландшафтів природоохоронних територій, що відбуваються останнім часом, потребують особливої уваги та запровадження спеціальних засобів покращення стану аж до цілеспрямованого керування їх функціонуванням [20]. Підкреслюється, що першочерговим кроком до створення основ ландшафтного управління є системний аналіз, який є сучасним та високотехнологічним напрямом аналізу ДЗЗ, що спирається на професійне використання геоінформаційних технологій та ГІС-моделювання [6].

Новими напрямками дослідження ландшафтно-організації антропогенних ландшафтів є проблема екотонізації ландшафтного простору [21].

Цікавим і повчальним є також досвід співпраці провідних науковців Інституту географії НАН України з колегами-географами Німеччини [22]. Зокрема, ними вперше в Україні спільно здійснено ландшафтне планування регіону за новими європейськими методиками на прикладі території Черкаської області. Ця інноваційна розробка включає заходи, починаючи від створення інформаційної бази, ГІС-картографування, застосування методик експертних оцінок показників функціонування ландшафтів і закінчуючи ландшафтним плануванням оптимальної ландшафтно-структури.

Мета цього дослідження – обґрунтування вибору індикативних об'єктів для ландшафтного моніторингу території національного природного парку «Слобожанський» та дослідження їх за даними дистанційного зондування супутника Sentinel-2 та польового ландшафтного знімання.

Виклад основного матеріалу

Методологія і методи

Серед праць стосовно методики ландшафтознавчих досліджень можна назвати монографію [23]. В основу нашого дослідження покладено послідовність: космічний знімок у цифровому поданні.

Методологічною основою застосування геоданих для ландшафтного знімання та моніторингу є ланцюжок встановлення відповідностей між елементами дослідницького процесу у системі

понять: натурний об'єкт – дослідницький об'єкт (модель) – предмет (сторони дослідницького об'єкта) – експеримент – аналіз результатів – висновки – поширення їх на дослідницький (а) та натурний (б) об'єкти.

Цей ланцюжок є доволі тривіальним, проте є, принаймні, 2 «вузькі місця», де методологічна визначеність пізнавального процесу відіграє вирішальну роль: нехтування відмінністю між натурним і дослідницьким об'єктами, які найчастіше об'єднують родовим терміном «об'єкт», через що виникають помилкові судження вже на стадії постановки дослідження: дослідник ідентифікує віртуальну (за одним-двома оптичними діапазонами з 11 можливих) оптичну модель з реальним виглядом поверхні, тобто підміняє реальний ландшафт у візуальному сприйнятті синтезованим оптичним образом поверхні – як дослідницьким об'єктом, лише частково подібним до реальності.

У польових умовах найіндикативнішим компонентом ландшафту є рельєф. Геодані відображають рельєф, але для його інтерпретації потрібно потужне і специфічне програмне забезпечення. Виходячи з відсутності такого, ми маємо шукати індикатори серед рослинного покриву. На жаль, в умовах України він має специфічні риси антропогенної природи, що накладає ще одну низку обмежень на інтерпретацію геоданих.

Різнобічний аналіз даних ДЗЗ, здійснений авторами [20, 24-26] дозволив пересвідчитися в тому, що крім контурів водно-болотних угідь, які чітко ідентифікуються і легко порівнюються на різночасових знімках, найіндикативнішим є

рослинний покрив. Він достатньо надійно визначається за характерними ознаками у поєднанні відповідних спектральних діапазонів та структурою зображення. До того ж, зміна рослинності забезпечує можливість візуально визначати зміни ландшафтних угруповань і швидкість перебігу цих змін.

Автори обґрунтували й перевірили таку послідовність дій для досягнення мети ландшафтного моніторингу з використанням ДЗЗ у поєднанні з польовими дослідженнями фацій на ключових ділянках:

- вибір певних оптичних каналів та їх доцільних комбінацій на основі польової ідентифікації виділів (рівня фацій) і порівняння з синтезованими оптичними образами ділянок;

- просторове розширення космічних знімків; випробування відомих методів класифікації ландшафтних угруповань для їх застосування щодо геоданих космічних сканувань Sentinel-2 та PlanetScore, з використанням результатів;

- оверлейний аналіз існуючих геоданих, класифікація та оптимізація кількості класів для укладання карти-гіпотези досліджуваної території;

- подальша перевірка виділених контурів на місцевості з уточненням вибору оптимальних методів дешифрування ландшафтної структури, а також фіксації зміни контурів ідентифікаційних об'єктів;

- розпізнавання ландшафтних одиниць через ідентифікацію рослинних угруповань (як найінформативнішого компоненту ландшафту), обрання спектральних способів відстежування зміни їх стану (з урахуванням сезонних аспектів рослинності).

Легенда до рис.2

Умовні позначення: 1 - відкрите водне дзеркало; 2 - сухі слабопохилі підвищені рівнини першої надзапальної тераси на еолово-делювіальних відкладах верхнього неоплейстоцену з сосною з домішками берези на дернових опідзолених зв'язно-піщаних і супіщаних ґрунтах; 3 - сухі слабопохилі підвищені рівнини першої надзапальної тераси на еолово-делювіальних відкладах верхнього неоплейстоцену з бором на дернових опідзолених зв'язно-піщаних і супіщаних ґрунтах; 3 - сухі плоскі рівнини заплави на алювіальних відкладах з молодою сосною на дернових оглеєних піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах; 4 - сухі плоскі рівнини заплави на алювіальних відкладах з бором на дернових оглеєних піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах; 5 - свіжі плоскі рівнини заплави на алювіальних відкладах з березняком на дернових оглеєних піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах; 6 - сухі дрібногорбисті рівнини першої надзапальної тераси на еолових відкладах з трав'янистою рослинністю на відкритих опідзолених зв'язно-піщаних і супіщаних ґрунтах; 7 - свіжі дрібногорбисті рівнини першої надзапальної тераси на еолових відкладах з сосною з домішками берези на дернових опідзолених зв'язно-піщаних і супіщаних ґрунтах; 8 - сухі дрібногорбисті рівнини першої надзапальної тераси на еолових відкладах з молодою сосною на дернових опідзолених зв'язно-піщаних і супіщаних ґрунтах; 9 - сухі дрібногорбисті рівнини першої надзапальної тераси на еолових відкладах з бором на дернових опідзолених зв'язно-піщаних і супіщаних ґрунтах; 10 - сухі дрібногорбисті рівнини першої надзапальної тераси на еолових відкладах з бором на дернових оглеєних піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах; 11 - свіжі дрібногорбисті рівнини першої надзапальної тераси на еолових відкладах з березняком на дернових опідзолених зв'язно-піщаних і супіщаних ґрунтах

Укладено авторами

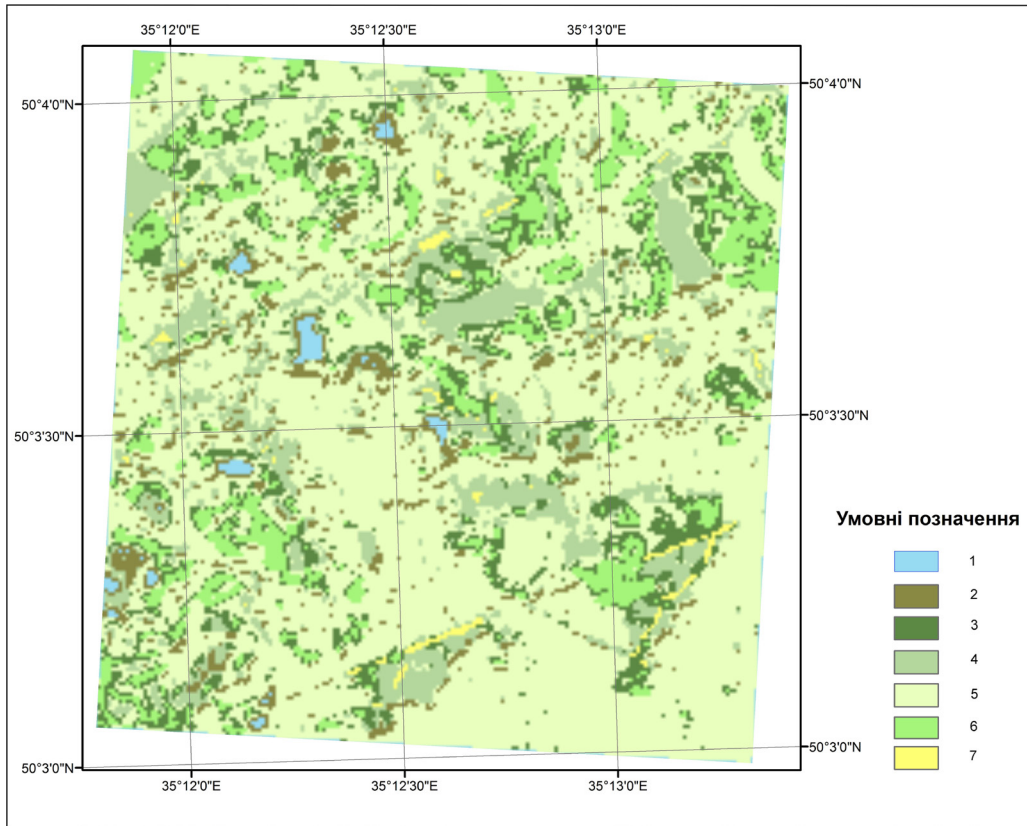


Рис. 1. Карта рослинних угруповань заболоченої території НПП «Слобожанський» станом на 31.07.2016.
Умовні позначення: 1 - відкрите водне дзеркало; 2 - трав'янисті угруповання; 3 - заболоченні території; 4 - вирубки, які заростають; 5- субір; 6 - березняк; 7 - відкритий ґрунт. Укладач - А. Овчаренко

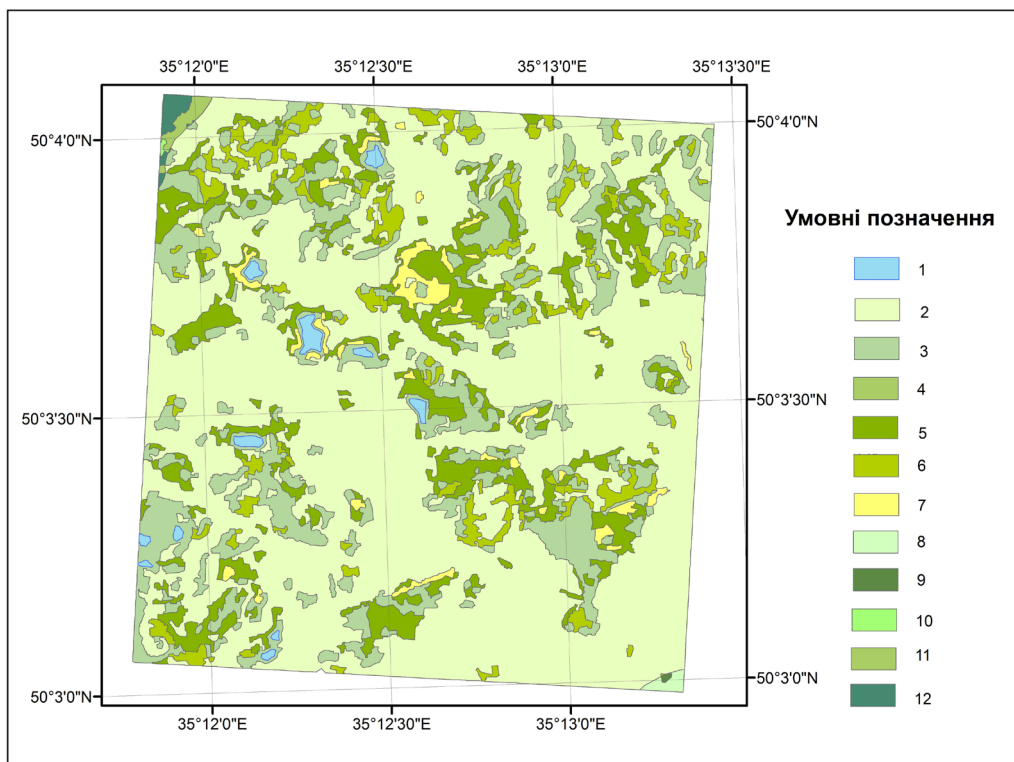


Рис. 2. Ландшафтна карта-гіпотеза території НПП «Слобожанський» (рівня фацій) станом на 22.05.2017

Автори використали для індикативного ландшафтного моніторингу космічні знімки Sentinel-2. Геодані, отримані з них, включають 12 спектральних каналів у видимій, ближній інфрачервоній (VNIR) та короткохвильовій зонах спектру (SWIR). Кожен канал має різне розширення (роздільну здатність).

Обробка таких геоданих дає змогу отримати цілісну ландшафтну структуру території на основі розпізнавання та напівавтоматичної класифікації рослинних угруповань, які є індикаторами ландшафтно-ї структури рівня фацій [25]. Для цього у спеціальному програмному забезпеченні було створено еталонні зразки для дешифрування різних типів фацій. Далі для кожного типу фацій було визначено характерний тип рослинності, отже, отримано атрибутивні дані, які потім слід вносити до легенди майбутньої карти-гіпотези. Інші атрибутивні дані (геологічний субстрат, ґрунт і рельєф) внесено до бази атрибутивної інформації з наявних тематичних карт шляхом їх дешифрування.

Після автоматичного отримання ландшафтно-ї карти-гіпотези її було перевірено на місцевості шляхом польового знімання тестових об'єктів. Таку методику дослідження можна застосувати для виділення окремих ландшафтних угруповань будь-яких територій чи об'єктів природно-заповідного фонду.

Проведення класифікації з використанням еталонних ділянок за даними космічних знімків Sentinel-2

Експериментально доведено, що для кращого виділення фацій в умовах складної ландшафтно-ї структури території НПП «Слобожанський» варто застосовувати напівавтоматичну класифікацію. Для її проведення з використанням еталонних ділянок було обрано територію в районі заболоченої місцевості в південній частині парку.

Класифікація ділянок за геоданими

При дешифруванні космічних знімків спочатку було використано метод Spectral Angles, проте виявилось, що за його допомогою створюється надто мозаїчна структура просторового розподілу ознаки, тому надалі був використаний метод Minimum Distance програмного забезпечення QGIS. При практичному порівнянні експериментів встановлено, що оптимальні результати для території дослідження можна отримати виділенням лише 7 класів: березняк, субір, відкритий

ґрунт; вирубки, які заростають, трав'янисті угруповання; відкрите водне дзеркало; заболочені території.

Для розпізнавання ландшафтних виділів за рослинним покривом використано метод напівавтоматичної класифікації для космічних знімків Sentinel-2 за різні часові періоди, в основі якої були одні й ті ж самі еталони ділянок (рис. 1).

Перевірка контурів ландшафтних угруповань на місцевості

Перевірка правильності автоматично виділених контурів безпосередньо в польових умовах є одним із важливих етапів ландшафтних досліджень. Традиційно польові дослідження проводяться з використанням бланків фацій у паперовому вигляді. У сучасних умовах ландшафтні дослідження включають напівавтоматизований збір фактичного матеріалу в польових умовах. Необхідну інформацію автор заносить до електронної версії мобільного додатку зазвичай у вигляді таблиці, поля якої готуються попередньо в камеральних умовах перед початком роботи [27].

Використання інструментів Next Gis забезпечує можливість створювати проекти з полями, які потім заповнюють безпосередньо в польових умовах. Під час маршрутного знімання використовувались також пристрої Trimble, оснащені GPS-навігаторами. За допомогою функціоналу програми ArcPad можна відмітити точки переходу фацій та, відповідно, занести до атрибутивної таблиці інформацію про характеристику фації.

Польові дослідження з використанням програм ArcPad (міні-ГІС, за допомогою якої можна створювати шейп-файли безпосередньо в полі, редагувати існуючі [28]) та NextGIS проводили автори О. Залюбовська (О. Бодня) та А. Овчаренко.

Оверлейний ГІС-аналіз

На основі попередньо отриманих даних проведено оверлейний аналіз. Для його здійснення необхідними етапами є збір, систематизація та просторова прив'язка даних, створення геоінформаційної бази даних та проведення просторового аналізу на основі результатів попередніх етапів. Укладання ландшафтно-ї карти супроводжувалося створенням бази даних, яка б включала всі необхідні аспекти дослідження території НПП [29].

Об'єднання атрибутивної інформації проводилося, враховуючи просторові особливості розташування шарів рослинності (векторизація растрового файлу) та шейп-файли рельєфу, геології

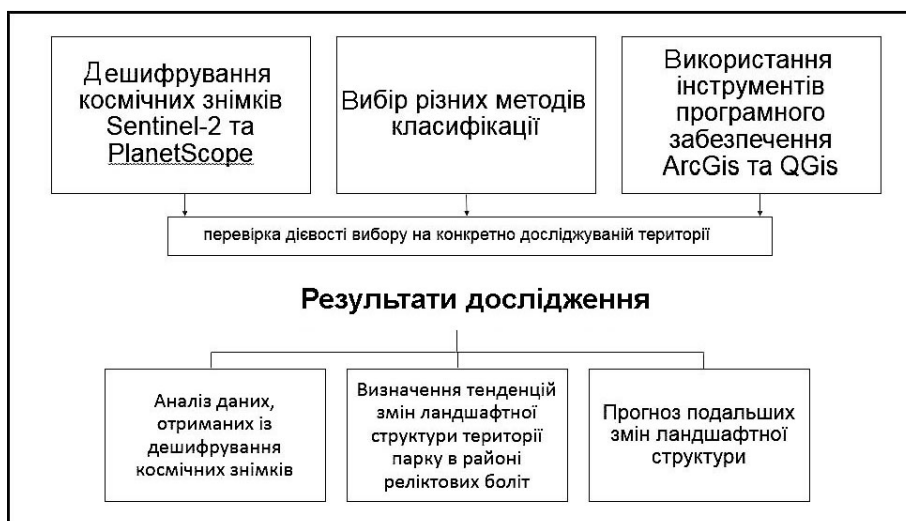


Рис. 3. Схема можливостей застосування космічних знімків для ландшафтного моніторингу

та четвертинних відкладів і ґрунтового покриву за допомогою інструменту Intersect.

Шейп-файл містить окремий набір атрибутивних даних про рослинні угруповання станом на конкретну дату сканування.

Отже, оверлейний аналіз забезпечив можливість визначити композицію ландшафтно-гіпотези у найкращому наближенні до природної ландшафтно-гіпотези.

Результатом поєднання класифікованих геоданих космічного цифрового знімання і оверлейного аналізу за тематичними картами стала ландшафтна карта-гіпотеза рівня фазій (рис. 2).

Використання космічних знімків забезпечує можливість створювати базу даних та укладати карти досліджуваної території для ландшафтного моніторингу (рис. 3).

Висновки

Досліджено необхідність і можливість використання сучасної космічної інформації для уточнення контурів та наповнення ландшафтних виділів та для простеження змін водно-болотних об'єктів, які обрано як індикатори моніторингу.

1. Експериментально визначено застосування космічних знімків Sentinel-2, а також PlanetScope (13 оптичних каналів, періодичність сканування 2-3 дні, роздільна здатність до 3 м на місцевості), які є найпридатнішими для високоточного моні-

торингу, та PlanetScope для невеликої території дослідження.

2. Значні обсяги експериментальних досліджень з використанням первинної супутникової інформації у системному поєднанні з її автоматизованою обробкою засобами ГІС-технологій забезпечили можливість простежити й контролювати весь процес обробки високоточної інформації.

3. На основі складних процедур фільтрації геоданих, їх дешифрування, оверлейного аналізу з використанням значної атрибутивної інформації у напівавтоматичному режимі укладено й уточнено на місцевості ландшафтні карти, перевірені за цифровими моделями бази геоданих у напівавтоматичному режимі на тестових ділянках.

4. Уточнено алгоритм ландшафтного знімання Г. Міллера [30], запропоновано й апробовано істотно модифіковану процедуру ландшафтного картографування для проведення ідентифікативного моніторингу ландшафтів.

5. На прикладі НПП «Слобожанський» визначено типи об'єктів моніторингу, індикативні ознаки змін та способи їх простеження за даними високоточної і загальнодоступної супутникової інформації, що надає ландшафтному моніторингові реальності, недосяжної традиційними методами, і підвищує значущість конструктивно-географічних досліджень у забезпеченні збереження ПЗФ України.

References [Література]

1. Davydychuk V., Sorokina L., Zarudna R., Petrov M., Nazarchuk N. (2011). Methodology of landscapes and their anthropogenic changes mapping as the base for the radioecological GIS of the Chernobyl Zone. *Ukrainian geographical journal*, 4. 3–12. [In Ukrainian].
[Методика картографування ландшафтів та їх антропогенних змін для радіоекологічної ГІС Чорнобильської зони

- відчуження / В.С. Давидчук, Л.Ю. Сорокіна, Р.Ф. Зарудна, М.Ф.Петров, Н.І.Назарчук // Укр. геогр. журн. 2011. № 4. С. 3–12.]
2. Chekhnii V. M., Golubtsov O. G., Batova N. I. (2018). Geoinformational of mapping and analysis of modern natural landscapes for goals of environmental protection. *Natural resources of region: problems of use, revitalization and protection: materials of the international scientific seminar*: Lviv, 367-370. [In Ukrainian]. [Чехній В. М., Голубцов О.Г., Батова Н. І. Геоінформаційне картографування та аналіз сучасних ландшафтів для природоохоронних цілей // Природні ресурси регіону: проблеми використання, ревіталізації та охорони: матеріали міжнар. наук. семінару (Львів, 5-7 жовтня 2018 р.). Львів, 2018. С.367-370.]
 3. Shcherbak V. I., Splodytel A.O. (2017). Methodological aspects of the water area landscape complexes research of the national nature park Nyzhniiosulskyi. *Ukrainian geographical journal*, 2, 7-15. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2017.02.007> [In Ukrainian]. [Щербак В. І., Сплодитель А. О. Методичні аспекти дослідження акваторіальних ландшафтних комплексів (на прикладі національного природного парку «Нижньосульський») // Укр. геогр. журн. 2017. № 2. С. 7-15. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2017.02.007>]
 4. Splodytel A. O. (2018). *Landscape-justifying substantiation of optimization of activity of national natural parks of Ukraine (on the example of national natural parks Nizhnesulskiy and Oleshkivsky sands)*: abstract of dissertation of candidate of geographical sciences. Odesa, 22 p. [In Ukrainian]. [Сплодитель А. О. Ландшафтознавче обґрунтування оптимізації діяльності національних природних парків України (на прикладі національних природних парків «Нижньосульський» та «Олешківські піски»): автореф. дис...канд. геогр. наук. Одеса, 2018. 22 с.]
 5. Vasylenko E. V., Koshkina O. V., Maslova T. V. (2018). Hab-plot as the main unit of of lakes hydromorphological monitoring. *Ukrainian geographical journal*, 2, 34-37. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.034> [In Ukrainian]. [Василенко Є. В., Кошкіна О. В., Маслова Т. В. Полігон як головна одиниця гідроморфологічного моніторингу озер // Укр. геогр. журн. 2018. № 2. С. 34-37. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.034>]
 6. Bayrak G. R. Muha B. P. (2010). *Remote sensing of Earth*. Lviv, 712 p. [In Ukrainian]. [Байрак Г. Р., Муха Б. П. Дистанційні дослідження Землі. Львів, 2010. 712 с.]
 7. Ståhl G., Allard A., Esseen P. (2011). National Inventory of Landscapes in Sweden (NILS) – scope, design, and experiences from establishing a multiscale biodiversity monitoring system. *Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. 173, 579-595.
 8. Keith D., Rodoreda S., Holman L. et al. (2006). Monitoring change in uplands wampsin Sydney's water catchments: the roles of fire and rain. *Department of Environment and Conservation*. Sydney, 1055-1059.
 9. Hakan A. (2017). Analysis of landscape changes as an indicator for environmental monitoring. *Environmental Monitoring & Assessment*. Vol. 189, 1-10.
 10. Watson D., Doerer V., Banks S. et al (2017). Monitoring ecological consequences of efforts to restore landscape-scale connectivity. *Biological Conservation*. Vol. 206, 201-209.
 11. Villoslada M., Bunce R., Sepp K. et al. (2016). A framework for habitat monitoring and climate change modelling: construction and validation of the Environmental Stratification of Estonia. *Regional Environmental Change*, 336-349.
 12. Kruhlov I., Dominik T., Chaskovskiy O. (2018). Future forest landscapes of the Carpathians: vegetation and carbondynamics under climate change. *Regional Environmental Change*, 2-14.
 13. Romanchuk I. F., Sakhatskiy O. I., Apostolov O. A. (2018). Estimation of soil moisture using satellite images of Sentinel-2 (on the example of Baryshevsky testing ground in the Kiev region). *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 1, 60-66. [In Ukrainian]. [Романчук І. Ф., Сахацький О. І., Апостолов О. А. Оцінка вологості ґрунту за допомогою супутникових знімків Sentinel-2 (на прикладі Баришівського полігону Київської області) // Доповіді НАН України. Київ, 2018. № 1. С. 60-66.]
 14. Perepechena Yu. I., Glushenkov O. I., Korsikov R. S. (2017). Determination of forestness and quantitative characteristics of forests on space images of Sentinel-2 (on the example of Shebekinsky municipal district of Belgorod region). *Remote methods in forestry*, 4, 85–93. [In Russian]. [Перепечена Ю. И., Глушенко О. И., Корсиков Р. С. Определение лесистости и количественных характеристик лесов по космическим снимкам Sentinel-2 (на примере Шебекинского муниципального района Белгородской обл.) // Дистанционные методы в лесном хозяйстве. 2017. № 4. С. 85–93.]
 15. Bogdanov A. P., Aleshko P. A. (2016). *Development of the method for monitoring the condition of forests based on the use of multispectral space survey data*. Arhangelsk, 98-110. [In Russian]. [Богданов А. П., Алешко Р. А. Разработка методики мониторинга состояния лесов на основе использования данных мультиспектральной космосъемки. Архангельск. 2016. С. 98-110.]
 16. Petlin V. M. (2018). Problems of landscape-cartographic interpretation of spatial variability of data. *Ukrainian geographical journal*, 3, 16-20. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2018.03.016> [In Ukrainian]. [Петлін В. М. Проблеми ландшафто-картографічної інтерпретації просторової мінливості даних // Укр. геогр. журн. 2018. № 3. С.16-20. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2018.03.016>]
 17. Houet T., Verburb P., Loveland T. (2010). Monitoring and modelling landscape dynamics. *Landscape Ecology*. Vol. 25, 163-167.
 18. Ricardo D. Lopez, Frohn C. (2017). *Remote Sensing for Landscape Ecology: New Metric Indicators*. Monitoring,

- Modeling, and Assessment of Ecosystems*. Boca Raton. 285 p.
19. Schmid Sandra, Plecakova Klara (2018). Nature protected areas in Germany and the Czech Republic – categories and conflicts in land use. *Natural resources of region: problems of use, revitalization and protection: materials of the international scientific seminar*. Lviv, 370-378.
[Schmid Sandra, Plecakova Klara (2018). Nature protected areas in Germany and the Czech Republic – categories and conflicts in land use // Природні ресурси регіону: проблеми використання, ревіталізації та охорони: матеріали міжнар. наук. семінару (Львів, 5-7 жовтня 2018 р.). Львів, 2018. С. 370-378].
 20. Vodnya O. V. (2014). *Organization of the territory of the objects of the natural reserve fund of the Oskil valley by means of geoinformation technologies*: abstract. Kharkiv, 20 p. [In Ukrainian].
[Бодня О. В. Організація території об'єктів природно-заповідного фонду долини річки Оскіл засобами геоінформаційних технологій: автореферат. Харків, 2014. 20 с.]
 21. Bobra T. V., Lychak O. I. (2013) Geocatonization of the Crimean landscape. *Physical geography and geomorphology*. Iss. 1 (69), 112 – 126. [In Russian].
[Бобра Т. В., Личак О. І. Геоэко-tonизация ландшафтного пространства Крыма // Фізична географія та геоморфологія. 2013. Вип. 1 (69). С. 112 – 126.]
 22. Rudenko L., Holubtsov O., Lisovsky S. Maruniak Ye., Farion Yu., Chekhniy V. (2013). Cherkassy region landscape program: methodological approaches and main results of the planning. *Ukrainian geographical journal*, 2, 30-39. [In Ukrainian].
[Ландшафтна програма Черкаської області: методичні підходи та основні результати планування / Л.Г. Руденко, О.Г. Голубцов, С.А. Лісовський, Є.О. Маруняк, Ю.М. Фаріон, В.М.Чехній // Укр. геогр. журн. 2013. № 2. С. 30-39.]
 23. Petlin V.M. (2009). *Methodology and methods of the experimental landscape studies investigations*. Lviv. 400 p. [In Ukrainian].
[Петлін В.М. Методологія та методика ландшафтознавчих експериментальних досліджень. Львів, 2009. 400 с.]
 24. Vodnya O. V., Oliynikov I. A., Ovcharenko A. Yu. (2016). Use of GIS technologies in landscape research. *GIS and protected areas: materials scientific and methodical workshop*. Kharkiv, 25-30. [In Ukrainian].
[Бодня О. В., Олійников І. А., Овчаренко А. Ю. Використання ГІС-технологій у ландшафтних дослідженнях // ГИС и заповедные территории: материалы научно-методического семинара (30 мая –1 июня 2015 г., НПП «Слобожанский»). Харьков, 2016. С. 25-30.]
 25. Vodnya O. V., Ovcharenko A. Yu., Chervanyov I. G. (2017). Geoeological analysis of short-term trends of the structure change of the NNP Slobozhansky according to the space survey of PlanetScope. *The Journal of V.N.Karazin Kharkiv National University*. Iss. 47, 176-181. [In Ukrainian].
[Бодня О. В., Овчаренко А. Ю., Черваньов І. Г. Геоєкологічний аналіз короткочасних трендів зміни структури території НПП «Слобожанський» за даними космічної зйомки PlanetScope // Вісник Харківського нац. ун-ту ім. В. Н. Каразіна. Харків. 2017. Вип. 47. С. 176-181.]
 26. Ovcharenko A. Yu., Zalubovska O. V. (2018). Automated processing of information for use to monitoring and protection of landscapes with using remote satellite on the application of the territory of NNP Slobozhansky. *Natural resources of region: problems of use, revitalization and protection: materials of the international scientific seminar*. Lviv, 271-275. [In Ukrainian].
[Овчаренко А. Ю., Залубовська О. В. Можливості автоматизованої обробки інформації для потреб моніторингу і охорони ландшафтів з використанням космічних знімків на прикладі території НПП «Слобожанський» // Природні ресурси регіону: проблеми використання, ревіталізації та охорони: матеріали міжнародного наукового семінару (Львів, 5-7 жовтня 2018 р.). Львів, 2018. С. 271-275.]
 27. Vodnya O. V., Ovcharenko A. Yu., Sinna O. I. et al. (2016) Landscape mapping of NNP Slobozhansky with mobile, desktop and web-based ArcGis. *Problems of Continuous Geographical Education and Cartography*: collection of scientific works. Kharkiv, 15-21. [In Ukrainian].
[Бодня О. В., Овчаренко А. Ю., Сінна О. І. та ін. Ландшафтне картографування НПП «Слобожанський» засобами мобільних, настільних та веб-додатків ArcGis // Проблеми безперервної географічної освіти та картографії: збірник наукових праць. Харків, 2016. 15-21.]
 28. Vodnya O. V., Oliynikov I. A., Barishnikov O. O. et al. (2015). The use of mobile GIS for landscape research during the practice of geographer students. *Collection of materials of the conference GIS-forum-2017*. Kharkiv. Iss. 1, 49-52. [In Ukrainian].
[Бодня О. В., Олійников І. А. Барішніков О. О. та ін. Використання мобільних ГІС для ландшафтних досліджень під час практик студентів-географів // Збірник матеріалів конференції «ГІС-форум-2017». Харків, 2015. Вип. 1. 49-52.]
 29. What is shp-file? URL: <http://desktop.arcgis.com>
[Что такое шейп-файл? URL: <http://desktop.arcgis.com>]
 30. Miller G. P., Petlin V. M., Melnyk A.V. (2002). *Landscape Science: Theory and Practice*. Scientific manual. Lviv. 172 p. [In Ukrainian].
[Міллер Г.П., Петлін В.М., Мельник А.В. Ландшафтознавство: теорія і практика: навч. посібн. Львів, 2002. 172 с.]

Стаття надійшла до редакції 27.12.2018