

УДК 902.26(477.82)

Івакін Всеволод

кандидат історичних наук,
завідувач відділу археології Києва,
Інститут археології НАН України,
Київ, Україна,
wkniaz16@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0074-1963>

Зоценко Іван

молодший науковий співробітник відділу археології Києва,
Інститут археології НАН України,
Київ, Україна,
zotsenkoi@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8517-7101>

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПАМ'ЯТОК КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ

***Анотація.** У статті висвітлені потенційні можливості використання супутникових знімків для перманентного моніторингу стану пам'яток культурної спадщини. Розкриті основні переваги подібного методу контролю, а саме: швидкість, дистанційність, економічність, юридична можливість використання знімків під час розгляду судових справ. У майбутньому логічним виглядає взаємозв'язок подібної системи з іншими науковими, навчальними, туристичними програмами.*

***Ключові слова:** пам'яткоохоронний моніторинг, об'єкт культурної спадщини, ГІС, дистанційне зондування Землі, космічний знімок.*

У «Міжнародній хартії з охорони та реставрації нерухомих пам'яток і визначних місць (Венеціанська хартія)» зазначено [1], що у справі вивчення та збереження історичного надбання народів світу необхідно використовувати здобутки всіх галузей сучасної науки і техніки. Картографічні методи дослідження разом із даними дистанційного зондування землі (ДЗЗ) стали основою нової технології, здатної забезпечити вагомий внесок у збереженні об'єктів культурної спадщини [2, с. 54].

Важко оцінити відсоток території України, яку займають об'єкти культурної спадщини. Об'єктом культурної спадщини може бути визначне місце, споруда (витвір), комплекс (ансамбль), їхні частини, пов'язані з ними рухомі предмети, а також території чи водні об'єкти, інші природні, природно-антропогенні або створені людиною об'єкти незалежно від стану збереженості, що донесли до нашого часу цінність з археологічного, естетичного, етнологічного, історичного,

архітектурного, мистецького, наукового чи художнього погляду і зберегли свою автентичність. Методика, яка розглядається в даній роботі, стосується нерухомих об'єктів культурної спадщини. Нерухомий об'єкт культурної спадщини – об'єкт культурної спадщини, який не може бути перенесений на інше місце без втрати його цінності з археологічного, естетичного, етнологічного, історичного, архітектурного, мистецького, наукового чи художнього погляду та збереження своєї автентичності.

Необхідність здійснення регулярного моніторингу стану територій, на яких розташовуються об'єкти культурної спадщини, обумовлена їхньою безперервною динамікою внаслідок впливу природних і антропогенних факторів (будівництво, прокладання інфраструктурних об'єктів, сільськогосподарська діяльність тощо). Масштаби цього впливу майже не різняться за регіонами. Отже, дана методика може бути використана для всієї території України. Завдання моніторингу об'єктів культурної спадщини з метою визначення стратегії раціонального землекористування та захисту цих територій передбачає необхідність широкого застосування технологій ДЗЗ, супутникових навігаційних систем і ГІС-технологій для збирання, обробка та аналіз інформації у поєднанні з даними аеровізуальних обстежень і матеріалами традиційних наземних методів пам'яткоохоронних досліджень.

Такий комплексний підхід дозволяє зібрати великий масив актуальних даних і на цій основі створити достовірні карти, що характеризують стан об'єктів, використовувати отримані результати у процесах ведення державного земельного кадастру, комплексного обліку, моніторингу стану об'єктів охорони культурної спадщини.

Все зростаюче антропогенне навантаження на ландшафти (як у містах, так і поза їхньою територією), нарощування темпів використання земельних ресурсів з метою задоволення запитів суспільства, невиправдане вилучення територій пам'яток посилюють загальну негативну тенденцію у сфері охорони та використання об'єктів культурної спадщини.

Неспроможність традиційних методів збирання та аналізу інформації, які б забезпечували оптимальне управління пам'ятками і контроль за їхнім станом, особливо в умовах сучасних темпів антропогенного впливу відчувається особливо сильно.

Досі не вироблено дієвого механізму моніторингу пам'яток в умовах їхнього широкого територіального розташування. Через велику кількість об'єктів культурної спадщини ми не можемо сконцентрувати увагу на певній території. Відсутня система комплексного контролю використання територій, оцінювання впливу господарюючих об'єктів, виявлення прямої і непрямої залежності різних факторів впливу на це середовище. Не узгоджено процедури, формати, терміни й порядок надання інформації до органів державної влади та обміну даною інформацією між контролюючими органами. Треба визнати, що в цілому ситуація

з обліком об'єктів культурної спадщини не забезпечує потреби органів влади та управління повною, достовірною, актуальною інформацією про кількість, якість, стан пам'яток.

Розвинена потужна багаторівнева геоінформаційна система може стати інструментом, що дозволить оперативно і достовірно відображати й аналізувати інформацію для підготовки рішень на будь-якому рівні управління.

З урахуванням інформації про пам'ятки мають формуватися й підтримуватися в актуальному стані комплексні багатоцільові ГІС різних рівнів (національного, регіональних, місцевих, локальних). Вирішення означених завдань можливе лише за умови поєднання всіх видів спостережень і вимірювань, головні з яких – дистанційні (аерокосмічні).

Наразі низьковисотна зйомка (зйомка з дронів) найширше застосовується під час роботи з локальними об'єктами, окремими територіями. На прикладі досліджень пам'яток археології можемо виділити завдання, які можуть виконуватися із застосуванням дронів:

1. Комплексне використання аерофотозйомки з квадрокоптера, що передбачає складання цифрових планів місцевості в районі археологічних досліджень, особливо під час моніторингу стану і оцінки аварійності археологічних пам'яток, поєднується з топографічною зйомкою та матеріалами геофізичних досліджень.
 2. Використовуючи підхід дешифруючого аналізу на аерофотознімках, були виділені елементи місцевості, що в різних варіантах візуалізації дозволило розпізнати ще недосліджені об'єкти та визначити їхні можливі метричні характеристики.
 3. Результати такого аерофотограметричного дослідження (аерофото, фотоплани, ортофотоплани, 3D-моделі тощо) використовуються для написання наукових звітів, а також для створення облікової документації на місцеві пам'ятки археології.
 4. Представлення аерофотознімків, доповнених історико-археологічною довідкою, об'єктів культурної спадщини України у всесвітній мережі інформаційного обміну – це якісно новий погляд на їхню охорону та популяризацію [3, с. 23].
- У свою чергу космічні знімки дають змогу працювати не з конкретними об'єктами, а з великими територіями. Можемо поділити космічні знімки на три категорії:

1. Знімки надвисокої роздільної здатності можуть використовуватися для моніторингу невеликих стаціонарних об'єктів (проте їхня висока вартість і частота оновлення не відповідають завданням, які має вирішувати подібна система, принаймні, на початковому етапі).
2. Знімки високої роздільної здатності забезпечують базовою інформацією про всі види об'єктів пам'яткоохоронного картографування для інвентаризації, контролю, виявлення різких змін на охоронюваних територіях.

3. Знімки середньої роздільної здатності дозволяють виявляти природні та антропогенні зміни на достатньо великих територіях. Головна перевага таких знімків – низька вартість і великий масштаб покриття території.

Велика кількість програмних продуктів для ГІС-технологій ускладнює вибір єдиної ГІС для пам'яткоохоронної галузі. Критеріями вибору можуть служити відкритість системи, багатофункціональність, зручність у роботі, загальнодоступність за вартістю, можливість обміну даними з іншими ГІС.

Ретроспективність знімків дає можливість отримати історію за останні кілька років щодо змін на певній території. З 15 грудня 2017 р. у нашому законодавстві з'явилося поняття електронного доказу. Електронний доказ – будь-яка інформація в електронній (цифровій) формі, в тому числі і супутникові знімки [4]. Це дуже важливо, оскільки в основному дослідники чи чиновники фіксують руйнацію пам'яток вже *post factum*. Пропонуємо розглянути ці випадки на прикладі пам'яток археології. Протягом 2016–2020 рр. співробітники Архітектурно-археологічної експедиції ІА НАН України неодноразово фіксували руйнацію пам'яток археології на території м. Києва та Київської області, зокрема на таких пам'ятках як городище Сухоліси (ох. № 806), городище літописного Тумаща (ох. № 757-33-V). Звернення до відкритих інтернет-ресурсів, які дають вільний доступ до супутникових систем (зокрема ГІС-система Google Earth Pro), дозволило виявити, що найбільшої руйнації ці пам'ятки зазнали внаслідок незаконних сільськогосподарських робіт. Так, на пам'ятці національного значення, городищі літописного Тумаща (село Старі Безрадичі, Обухівський район, Київська область) з 2010 по 2016 р. активно розорювався майданчик городища. Загалом площа пошкоджених культурних шарів склала 1,3 га. На городищі Сухоліси (село Сухоліси, Білоцерківський район, Київська область) протягом 2016–2017 рр. було зруйновано сільськогосподарськими роботами частину фортифікаційної системи пам'ятки (розорано та знівельовано рів площею 0,34 га).

Це непоодинокі випадки, особливо подібні протиправні дії (здійснено порушення законодавства про охорону культурної спадщини, а саме: ст. 298 Кримінального кодексу України «Незаконне проведення пошукових робіт на об'єкті археологічної спадщини, знищення, руйнування або пошкодження об'єктів культурної спадщини»; ст. 30, 37 Закону України «Про охорону культурної спадщини»; ст. 19 Закону України «Про охорону археологічної спадщини») стосуються курганних могильників і відкритих поселень. В умовах регулярного моніторингу територій пам'яток за допомогою супутникових знімків (що не потребує витрат на пересування спеціаліста та займає відносно невелику кількість часу) руйнацію цих пам'яток можна було зупинити та притягнути до відповідальності правопорушників.

Окремо слід розглянути й інші можливості подібних систем моніторингу та опрацювання інформації. Кандидат технічних наук Четверіков Б. В. у своєму дисертаційному дослідженні «Методи опрацювання аерокосмічних та

картографічних матеріалів для відображення об'єктів історичного середовища» пропонує розроблений ним покроковий механізм встановлення історичних меж пам'яток культурної спадщини. Як приклад, у його роботі наведений механізм встановлення історичних меж урочища Бабин Яр та створення ситуаційного плану Сирецького концентраційного табору у місті Києві [5, с. 58–75]. На нашу думку, сам механізм не є остаточним, проте дуже яскраво показує можливості використання супутникових знімків та архівних матеріалів. Отже, накопичення інформації в одній системі може вирішувати не тільки пам'яткоохоронні завдання, а і питання ревіталізації історичного простору, давати наукові результати.

Також у цій роботі розглянуті можливості моніторингу руйнації будівель під час природних катаклізмів. Висвітлений даний метод на прикладі опрацьовано різночасові космічні знімки на території міста Л'Акуїла (Італія) до та після землетрусу (2009 р.) та визначено кількісні показники руйнацій будівель старої частини міста внаслідок землетрусу. Встановлено, що загальна кількість зруйнованих будинків становить 158 об'єктів, ступінь руйнації яких від 12 до 100 % [5, с. 99].

Використання подібної методики дозволяє проводити моніторинг територій після природних і техногенних катаклізмів та в зонах бойових дій. Треба підкреслити, що це робиться дистанційно, виїзд на місце відбувається вже тоді, коли є оціночні дані або вже розроблені конкретні плани рятувних заходів.

Одним із плюсів даної методики є велика кількість методичних розробок (як закордонних, так і українських) і позитивний досвід подібного моніторингу на території України. Ці методи достатньо широко використовуються в лісовому господарстві [6, с. 23], у прогнозуванні та моніторингу екологічної ситуації [7, с. 12], спостереженні за водними ресурсами. Окремо слід виділити сільськогосподарську сферу, оскільки порівняно із сферою охорони культурної спадщини перша має великий економічний ресурс. В Україні велика кількість компаній, які надають послуги з моніторингу полів, посівів, кількісного та якісного складу сільськогосподарської продукції в режимі on-line.

Отже, система супутникового моніторингу об'єктів культурної спадщини може вирішувати наступні завдання:

1. Постійне оновлення інформації, можливість створення точних топокарт, оцінка впливу різних видів господарської діяльності на історичні ландшафти дозволяє створювати актуальну облікову документацію;
2. Отримання актуальної та достовірної інформації про стан пам'ятки на будь-якій найвіддаленішій території.
3. Важливою властивістю інформації, що отримується з космічних знімків, є її незалежність від будь-яких спроб приховування інформації або обмеження доступу до неї (що не рідкість, коли мова заходить про пам'яткоохоронний контроль господарської, будівельної, сільськогосподарської та інших видів діяльності).

4. Дистанційний моніторинг руйнації об'єктів культурної спадщини в зонах бойових дій, на територіях, постраждалих від природних / техногенних катаклізмів;
5. Збереження історичних ландшафтів;
6. Боротьба з незаконним землекористуванням;
7. Оперативне внесення нових даних про пам'ятки;
8. Наповнення різноманітних ГІС-систем у сфері охорони культурної спадщини;
9. Питання ревіталізації історичного простору;
10. Суттєво впливати на розробку наукових тем.

На думку авторів, сучасний стан розвитку методів дистанційного зондування може вирішити ряд пам'яткоохоронних проблем у системі охорони пам'яток історії та культури за умови їхнього офіційного використання державними органами охорони культурної спадщини.

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Міжнародна хартія з охорони й реставрації нерухомих пам'яток і визначних місць (Венеціанська хартія). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/995_757].
2. Волошин В.И. Экология и космос / В.И. Волошин, В.И. Драновский, Е.И. Бушуев // Космічна наука і технологія. – 2002. – Т. 8. – № 2/3. – С. 52–56.
3. Гнера В.А. Аналіз використання дистанційно пілотованих літаючих апаратів у археологічних дослідженнях / В.А. Гнера // Праці Центру пам'яткознавства: зб. наук. пр.; Центр пам'яткознавства НАН України і УТОПІК. – К.: Центр пам'яткознавства НАН України і УТОПІК, 2014. – Вип. 26. – С. 16–25.
4. Закон України про електронні документи та електронний документообіг. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/851-15>
5. Четверіков Б. В. Методи опрацювання аерокосмічних та картографічних матеріалів для відображення об'єктів історичного середовища / Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – Львів, 2015.
6. Слободяник М.П. Використання методів ДЗЗ та ГІС-технологій для моніторингу лісових ресурсів / Вісник геодезії та картографії, 2014. – № 1 (88). – С. 23–31.
7. Моніторинг навколишнього середовища з використанням космічних знімків супутника NOAA / Пашенко Р.Е., Радчук В.В., Красовський Г.Я. та ін. // Під ред. С.О. Довгого. – Київ: ФОП «Пономаренко Є.В.», 2013. – 316 с.

REFERENCES

1. Mizhnarodna khartiia z okhorony y restavratsii nerukhomykh pamiatok i vyznachnykh mist (Venetsianska khartiia). [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/995_757.
2. Voloshyn V.Y. Экологія у космос / V.Y. Voloshyn, V.Y. Dranovskyi, E.Y. Bushuev // Kosmichna nauka i tekhnolohiia. – 2002. – T. 8, № 2/3. – S. 52–56.
3. Hnera V.A. Analiz vykorystannia dystantsiino pilotovanykh litaiuchykh aparativ u arkeolohichnykh doslidzhenniakh / V.A. Hnera // Pratsi Tsentru pamiatkoznavstva: zb. nauk. pr.; Tsentr pamiatkoznavstva NAN Ukrainy i UTOPIK. – K.: Tsentr pamiatkoznavstva NAN Ukrainy i UTOPIK, 2014. – Vyp. 26. – S. 16–25.
4. Zakon Ukrainy pro elektronni dokumenty ta elektronnyi dokumentoobih. [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/851-15>.
5. Chetverikov B.V. Metody opratsiuvannia aerokosmichnykh ta kartohrafichnykh materialiv dlia vidobrazhennia obektiv istorychnoho seredovyscha / Dysertatsiia na zdobuttia naukovooho stupenia kandydata tekhnichnykh nauk. – Lviv, 2015.
6. Slobodianyk M.P. Vykorystannia metodiv DZZ ta HIS-tekhnologii dlia monitorynhu lisovykh resursiv / Visnyk heodezii ta kartohrafii, 2014 – № 1 (88). – S. 23–31.
7. Monitorynh navkolyshnoho seredovyscha z vykorystanniam kosmichnykh znimkiv suputnyka NOAA / Pashchenko R.E., Radchuk V.V., Krasovskiy H.Ia. ta in. // Pid red. S.O. Dovhoho. – Kyiv: FOP «Ponomarenko Ye. V.», 2013. – 316 s.

Ivakin Vsevolod

PhD, Chief of the department of archeology of Kyiv,
Institute of Archeology of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine,
wkniaz16@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0074-1963>

Zotsenko Ivan

junior researcher at the Department of Archeology of Kyiv,
Institute of Archeology of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine,
zotsenkoi@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8517-7101>

PROSPECTS FOR THE USE OF SATELLITE IMAGES TO MONITOR THE CONDITION OF CULTURAL HERITAGE SITES

Annotation. The article highlights the potential possibilities of using satellite images for permanent monitoring of the condition of cultural heritage sites. The main advantages of this

method of control are revealed, namely: speed, remoteness, economy, legal possibility of using pictures in court cases. In the future, the relationship of such a system with other scientific, educational, and tourist programs seems logical.

Therefore, the system of satellite monitoring of cultural heritage sites can solve the following tasks: Constant updating of information, the ability to create accurate topographic maps, assessing the impact of various economic activities on historical landscapes allows you to create up-to-date accounting documentation; Obtaining up-to-date and reliable information about the condition of the monument in any remote area; An important feature of information obtained from space images is its independence from any attempts to conceal information or restrict access to it (which is not uncommon when it comes to monument control of economic, construction, agricultural and other activities); Remote monitoring of the destruction of cultural heritage sites in combat zones, in areas affected by natural / man-made disasters; Preservation of historical landscapes; Fight against illegal land use; Prompt entry of new data on monuments; Filling various GIS systems in the field of cultural heritage protection; The issue of revitalization of historical space; Significantly influence the development of scientific topics. According to the authors, the current state of development of remote sensing methods can solve a number of monument protection problems in the system of protection of historical and cultural monuments, provided that they are officially used by state bodies for the protection of cultural heritage.

Keywords: *monument protection monitoring, cultural heritage site, GIS, remote sensing of the Earth, space image.*

Подано до друку: 01.06.2020 р.