



АРХЕОЛОГІЯ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ – ЗАСНОВАНИЙ У 1947 Р.
ВИДАЄТЬСЯ ЩОКВАРТАЛЬНО

КИЇВ • 3•2024

Головний редактор

ЧАБАЙ В. П., член-кореспондент НАН України, Інститут археології НАН України

Редакційна колегія

БОЛТРИК Ю. В., кандидат історичних наук, Інститут археології НАН України

БОРОФКА Н., доктор хаб., Німецький археологічний інститут, Німеччина

БУЙСЬКИХ А. В., член-кореспондент НАН України, Інститут археології НАН України

ГАРДІ С. Е., PhD, Норвезький інститут у Римі Університету в Осло, Великобританія

ДЖІНДЖАН Ф., професор, доктор хаб., почесний професор університету Париж 1 Пантеон Сорбонна, Франція

ЗАЛІЗНЯК Л. Л., професор, доктор історичних наук, Національний університет «Києво-Могилянська академія»

ІВАНЧИК А. І., професор, Французький національний центр наукових досліджень, Франція

КАЙЗЕР Е., професор, доктор хаб., Вільний університет Берліну, Німеччина

ОТРОЩЕНКО В. В., професор, доктор історичних наук, Національний університет «Києво-Могилянська академія»

ПЛАВІНСЬКИЙ М. О., кандидат історичних наук, Варшавський університет, Польща

ПОТЄХІНА І. Д., кандидат історичних наук, Інститут археології НАН України

РАБІНОВІЦ А., PhD, Техаський університет в Остіні, Сполучені Штати Америки

ФОРНАСЬЄ Й., професор, доктор хаб., Галле-Віттенберзький університет імені Мартіна Лютера, Німеччина

ХОХОРОВСЬКИЙ Я., професор, доктор хаб., Інститут археології Ягеллонського університету, Польща

ШЕВЧЕНКО Т. М., кандидат історичних наук, Інститут археології НАН України (відповідальний секретар)



ARHEOLOGIA

SCIENTIFIC JOURNAL – FOUNDED IN 1947
FREQUENCY: QUARTERLY

KYIV • 3•2024

Editor-in-Chief

CHABAI V. P., Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Institute of Archaeology
of the National Academy of Sciences of Ukraine

Editorial Board

BOLTRYK Yu. V., PhD in History, Institute of Archaeology of the NAS of Ukraine
BOROFFKA N., Professor, Dr. Hab., German Archaeological Institute, Germany
BUIISKYKH A. V., Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Institute of Archaeology of the NAS of Ukraine
CHOCHOROWSKI J., Professor, Dr. Hab., Institute of Archaeology of Jagiellonian University, Poland
DJINDJIAN F., Professor, Dr. Hab., Professor of the University of Paris 1 Pantheon Sorbonne, France
IVANTCHIK A. I., Professor, National Centre for Scientific Research of France, France
FORNASIER J., Professor, Dr. Hab., Martin Luther University Halle-Wittenberg, Germany
HARDY S. A., PhD, Norwegian Institute in Rome, University of Oslo, Great Britain
KAISER E., Professor, Dr. Hab., Free University of Berlin, Germany
OTROSHCHENKO V. V., Professor, DSc in History, National University of Kyiv-Mohyla Academy
PLAVINSKI M. O., PhD in History, University of Warsaw, Poland
POTEKHINA I. D., PhD in History, Institute of Archaeology of the NAS of Ukraine
RABINOWITZ A., PhD in Classical Archaeology, University of Texas at Austin, the USA
SHEVCHENKO T. M., PhD in History, Institute of Archaeology of the NAS of Ukraine (Executive Secretary)
ZALIZNIAK L. L., Professor, DSc in History, National University of Kyiv-Mohyla Academy

ЗМІСТ

CONTENTS



Статті

ASLANTÜRK N. Several Unpublished Hittite Cuneiform Tablet Fragments From Boğazköy: Bo 6659+Bo 6712, Bo 6662, Bo 6690, Bo 6693, KBo 5.9(Bo 2027)+Bo 6691

УШКОВА Ю. В. Зв'язки населення ямної спільноти Надчорномор'я за антропологічними даними: міжгруповий аналіз чоловічих серій

BAUKOVA A.Yu. "Unseen God" or "Giver of Wealth"? Image of Hades on Ancient Coins

СТЕБЛІЙ Н. Я., ДОВГАНЬ П. М. Церква княжої доби з літописного Бужеська: локалізація, деструкції, датування (за матеріалами археологічних досліджень 2015–2021 рр.)

Articles

5 ASLANTÜRK N. Kілька неопублікованих фрагментів хеттських клинописних табличок із Богазкея: Bo 6659+Bo 6712, Bo 6662, Bo 6690, Bo 6693, KBo 5.9(Bo 2027)+Bo 6691

16 USHKOVA Yu. V. Connections of the Yamna Culture Population of the Black Sea Region According to Anthropological Data: An Intergroup Analysis of Male Series

40 БАУКОВА А. Ю. «Невидимий» бог чи «Податель Багатства»? образ Гадеса на античних монетах

54 STEBLII N. Ya., DOVHAN P. M. The Church of the Princely Era From the Chronicle Buzhesk: Localisation, Remains, Dating (based on the materials of archaeological research in 2015–2021)



Нові відкриття та знахідки

КАРАВАЙКО Д. В., ОСАДЧИЙ Є. М., БЕРЕСТ Ю. М. Дослідження в м. Охтирка — археологія війни

Discoveries and Recent Finds

72 KARAVAIKO D. V., OSADCHYI Ye. M., BEREST Yu. M. Archaeological Research in Okhtyrka — the Archaeology of War



Охорона археологічних пам'яток

ОСАУЛЬЧУК О. М., ПАДЮКА М. В., Превентивні археологічні дослідження в зонах будівництва ліній електропередач

Protection of Archaeological Monuments

89 OSAULCHUK O. M., PADYUKA M. V. Preventive Archaeological Research in Overhead Electric Power Line's Construction Zones



Методи археологічних досліджень

ГНЕРА В. А. До питання про методику аналізу аерофото та космознімків на наявність пам'яток археології

105

Methods of archaeological research

HNERA V. A. On the Methodology of Analysing Aerial and Satellite Images to Detect Archaeological Sites



До історії стародавнього виробництва

ДУДНИК Д. В. Методи нуклеусного розколювання мізинської індустрії епіграветського технокомплексу

121

To the History of Ancient Crafts

DUDNYK D. V. Core Reduction Methods of Mizyn Industry of Epigravettian Techno-Complex



Хроніка

До 75-річчя Ростислава Всеволодовича Терпиловського

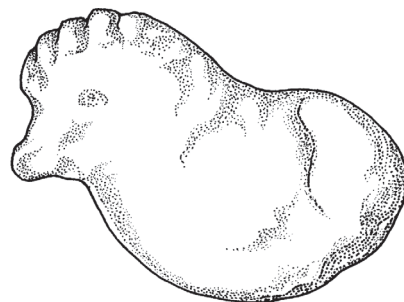
150

News Review

On the 75th Anniversary of Rostyslav Vsevolodovych Terpylovskyi

© ГНЕРА В. А.* 2024

ДО ПИТАННЯ ПРО МЕТОДИКУ АНАЛІЗУ АЕРОФОТО ТА КОСМОЗНІМКІВ НА НАЯВНІСТЬ ПАМ'ЯТОК АРХЕОЛОГІЇ



Статтю присвячено методичним аспектам процесу дешифрування аерофото та космознімків для попереднього виявлення пам'яток археології. Здійснено аналіз вітчизняних публікацій з означеної теми. Розглянуто основні розпізнавальні (дешифрувальні) особливості археологічних об'єктів на аерофото та космознімках для подальшого дослідження археологічних ландшафтів. Запропоновано методику дистанційного дослідження визначеної території за аерофото та космознімками.

Ключові слова: дешифрування, дистанційне зондування землі (ДЗЗ), пам'ятка археології, аерофото та космознімки, аерофотограмметрія.

Цілком очевидним є той факт, що протягом кількох останніх років українська культурна спадщина перебуває у вкрай небезпечному стані. Значні ландшафтні перетворення виявляються особливо нищівними для її об'єктів. Під загрозою знищення опинилися цілі археологічні ландшафти. У зв'язку з цим зусилля з розвитку дистанційного вивчення пам'яток археології в Україні є сьогодні цілком доречним.

Додатковим аргументом актуальності цього напрямку досліджень є публікаційна активність. За даними бібліометричного аналізу у 2022 р., переважна кількість публікацій у галузі археологічних досліджень була присвячена охороні культурної спадщини й технологіям 4.0 доповненої реальності та дистанційного зондування земної поверхні (Alviz-Meza, Vásquez-Coronado,

Delgado-Caramutti, Blanco-Victorio 2022). За останні десятиліття в українських наукових публікаціях також спостерігаємо інтенсифікацію використання даних дистанційного зондування з подальшим тематичним розпізнаванням-дешифруванням (Довгий та ін. 2019, с. 85).

З огляду на таку тенденцію, зростання уваги до цього наукового напрямку як складової перспективних досліджень, зокрема в українській археології, представляємо бібліографічний аналіз розвитку напрямку «дистанційне зондування Землі» та його зв'язок із тематичним дешифруванням. Цей бібліографічний огляд покликаний скласти уявлення про розвиток наукового напрямку в українській археології і про те, яким чином автори презентують, описують методику роботи з матеріалами дистанційного зондування Землі. Важливим аспектом аналізу є виявлення ступеня системності цих методичних елементів та подальший послідовний виклад практичного алгоритму роботи з даними дистанційного зондування Землі як процесу дешифрування аерофото та космознімків із метою дистанційного дослідження пам'яток археології.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) — це спостереження земної поверхні різноманітними видами знімальної апаратури, розміщених на авіаційних і космічних засобах, а на сьогодні уже й аналіз накопичених даних, що постійно зростають. Незважаючи на досить широке визначення терміна «дистанційне зондування Землі» та конкретне значення терміна «дешифрування», в українській археології досі превалює тлумачення цих понять як використання зображень земної поверхні з повітря або космосу для візуального пошуку слідів археологічних об'єктів.

Термін ДЗЗ в контексті археології об'єднує цілу низку інструментів, які передбачають фіксацію географічних даних датчиками, розміщеними на певній відстані від поверхні,

*ГНЕРА Володимир Анатолійович — кандидат історичних наук, науковий співробітник відділу археології Києва, Інститут археології НАН України, ORCID 0000-0002-6589-9163, volodymyr_hnera@iananu.org.ua

Ця стаття відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.uk>

що обстежується (Drewett 1999, p. 37). До таких інструментів належать геофізичні дослідження, низьковисотна фотозйомка, аерофото та космічна зйомка. Отримані дані завдяки цим інструментам підлягають археологічному дешифруванню — процесу розпізнавання, виявлення та інтерпретації археологічної інформації за фотографічними знімками земної поверхні. Під час дешифрування знімків аналізуються фотографічні образи об'єктів, що мають низку дешифрувальних ознак, тобто характерних особливостей, за якими розпізнаються археологічні об'єкти. Сучасна обробка та фіксація цих даних здійснюється в геоінформаційних системах (ГІС) з урахуванням їх просторової прив'язки (Крижановський та ін. 2015).

Застосування аерофото та космічної зйомки в археології починається з винайдення повітряної фотографії. Вона є найдавнішим видом дистанційного зондування землі. Власне з нею пов'язане виникнення окремої галузі археологічних досліджень (*aerial archaeology*). Спостереження та документування археологічних об'єктів з повітря стало можливим уже в епоху повітроплавання (Shepherd 2006). Аерофотозйомку в другій половині ХХ ст. доповнили матеріали, отримані з космічних апаратів та, ширше, безпілотних літальних апаратів (БПЛА). У пропонованій статті йтиметься саме про фотографічну аерокосмічну зйомку як таку, що ґрунтується на фіксації видимої частини спектра. Цей вид зйомки здійснюється за допомогою фототехніки, встановленої на літальному апараті (Сонко 2016, с. 10). Процес виявлення, розпізнавання і визначення об'єктів археології, зображених на знімках, є різновидом спеціального (археологічного) дешифрування.

Історію використання аерофотозйомки з відчутним акцентом на Британську археологію описав М. Барбер (Barber 2011). Український контекст таких досліджень неодноразово був предметом побіжних історичних екскурсів (Борисов 2021). Її початком вважаються роботи з аерознімання городища Тепсень неподалік м. Коктебель М. О. Волошином та фортеці Ескі-Кермен у 1930 р. Н. І. Репніковим (щоправда, ця інформація ґрунтується лише на повідомленні К. В. Шишкіна) (Шишкін 1964, с. 199). У 1960–1980-х рр. на території України здійснено кілька масштабних проєктів із використанням аерофотозйомки, пов'язаних із діяльністю К. В. Шишкіна (Бруяко и др. 1991; Николаенко 1985; Шишкін 1964; 1966; 1973; 1982; 1985, Ка-

ряка 2023). Огляд результатів цих робіт змушує констатувати, що використання аерофотозйомки не стало звичним інструментом для археологічних та пам'яткохоронних досліджень в Україні. На думку деяких дослідників, у радянській археології «було також накопичено достатній досвід з археологічного дешифрування аерофотознімків простими візуальними методами»¹ (Васильев 2003). Об'єктивні обставини не дозволили виявити всі переваги застосування сучасних аерофотограмметричних методів та значною мірою обмежили тодішні можливості використання матеріалів цього виду дистанційного зондування землі у вирішенні важливих наукових проблем українською археологією.

Ситуація почала кардинально змінюватись з середини 1990-х рр. Окремі дослідницькі проєкти почали систематично використовувати матеріали аерофото та космічної зйомки. Так, серед опису польової діяльності «Овруцького проєкту»² як спеціальне технічно-інструментальне дослідження вказується «аерофотозйомка» (Томашевський 1998, с. 154; 2020, с. 127-129). Використання космічних знімків обмежувалось матеріалами низької роздільної здатності, які, однак, мали потужний дослідницький потенціал (Abate et al. 2020).

На початку 2000-х рр. із розвитком комп'ютерних технологій, а саме програми «Earth Viewer», яка стала широко доступною з 2005 р. під назвою «Google Earth», ситуація суттєво змінилась. Значний вплив на археологічні дослідження в Україні справили дані SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Матеріали цієї міжнародної дослідницької програми, оприлюднені в 2000 р., уперше дозволили українським археологам безпосередньо працювати з цифровими моделями рельєфу на значних територіях. Додатковим джерелом даних стало використання БПЛА, переважно різноманітних квадрокоптерів (Гнера 2014а). Дослідження з висоти пташиного польоту набрали стрімких обертів, особливо на окремих археологічних розкопках (ділянках) (Гнера 2017b). До того ж за останнє десятиліття в нашій археологічній науці стали доступні значні об'єми просторових даних, у першу чергу космічної зйомки. Ніколи доти у вільному доступі не з'являлось такого масиву

¹ Тут і далі переклад з російської В. А. Гнери.

² Проєкт комплексного вивчення та збереження історико-археологічної та палеоприродної спадщини середньовічної Овруцької волості на однойменному кряжі під керівництвом к.і.н. А. П. Томашевського.

різнопланових матеріалів, що стосувалися території України. Можна з певністю стверджувати, що цей обсяг із часом буде тільки збільшуватися, відповідно, технологія дешифрування для вивчення археологічних ландшафтів дещо зміниться та вдосконалиється. Кожне поточне джерело просторових даних додає нову інформацію та доповнює її, а інколи й змінює підхід до просторових археологічних досліджень.

Більш детально зосередимось на огляді тих елементів публікацій, що корисні саме з погляду розкриття методики роботи з матеріалами ДЗЗ як процесу дешифрування аерофото та космознімків на наявність пам'яток археології.

Найповніше дешифрувальні ознаки окремих археологічних об'єктів для території степової України описані в публікації К. В. Шишкіна в 1964 р. (Шишкін 1964). У роботі 1966 р. дослідник коротко описує методику дешифрування археологічних пам'яток на аерофотознімках (Шишкін 1966, с. 118-121); її деталі він розкриває у своїх наступних публікаціях (Шишкін 1973; 1982; 1985). Спостереження та рекомендації щодо археологічного дешифрування К. В. Шишкіна ґрунтуються на опрацюванні матеріалів із території півдня України (100 тис. км²). Обробці підлягали території в різних ландшафтних ділянках та умовах (рілля, пасовища, забудова, деревна рослинність, чагарники тощо). До того ж значний масив робіт було здійснено в лісостеповій зоні, переважно на території Черкаської обл. (Шишкін 1985).

Аналізуючи праці К. В. Шишкіна, висвітливо ключові аспекти цих досліджень. В основі дистанційного виявлення археологічних пам'яток лежать два компоненти: будівельні залишки та гумус, що помітні на аерофотознімку як світлі й темні відтінки на навколишньому тлі (Шишкін, 1973, с. 33). Археологічні об'єкти стають видимими на фотоматеріалах унаслідок вертикального переміщення шарів ґрунту. За умов звичайної оранки помітні об'єкти до глибини 0,3 м, під час плантажного розорювання — до 0,7 м. Особливо це актуально для поселень-гігантів трипільської культури в лісостеповій частині України. Псевдоархеологічні маркери дають розорані меандри річок у заплавах та різні мікроутворення ґрунтів, наприклад, плями опідзоленого ґрунту на місці невеликих лісових масивів. Додаткової контрастності археологічним ділянкам надає рослинність. Коренева система, використовуючи різні шари ґрунту, по-різному забезпечує наземну частину рослин водою та пожив-

ними речовинами, що впливає на стан вегетації рослинного покриву. На ділянках із підвищеним вмістом гумусу вегетація відбувається швидше та інтенсивніше. Фальшиві маркери створює нерівномірне розкидання добрив. Оприявлення слідів археологічних об'єктів залежить від глибини проникнення кореневої системи рослин. Саме тому, за спостереженнями К. В. Шишкіна, озимі зернові культури дають слабкий ефект або взагалі не «читаються», так само як і на площах із стиглими зерновими та стернею, тому літні аерофотознімки слабо придатні для археологічного дешифрування. В умовах України виявлення археологічних пам'яток відбувається на розораних ділянках. Найбільш продуктивними є весняні та осінні аерофотозйомки, коли найбільша територія розорана. Автор, проте, використовує аерофотознімки, зроблені наприкінці червня (Шишкін 1985). Для підвищення ефективності дешифрування пропонується комбінувати знімки різних пір року та масштабів.

Проблеми дешифрування: значна заселеність регіону; складне нашарування пам'яток різних епох. Необхідними операціями дешифрування є перегляд аерофотознімків, вивчення картографічних матеріалів, багаторазове порівняння об'єктів на фото з натурою, опитування місцевих жителів та зіставлення отриманої інформації з археологічними даними.

На відміну від людського ока, фотозображення добре фіксують відтінки, що прямо пов'язані з складом ґрунту. Ці переваги фотознімків можуть бути посилені через використання методів обробки зображення, зокрема підвищення контрастності. Покращує читабельність аерофотознімків їх стереоскопічна обробка, при якій можна візуально помітити навіть невеликі особливості рельєфу. Аерофотознімки городищ дозволили К. В. Шишкіну отримати еталони для дешифрування через спостереження об'єктів в різних фітоумовах (рілля, озимі посіви, степова рослинність, чагарники, посадки). На жаль, дослідник дуже скупо подає зображення маркерів археологічних об'єктів, а частка масиву матеріалів, із якими він працював, невідома.

Датування виявлених на аерофотознімках доріг можливе через їх просторовий зв'язок з іншими археологічними об'єктами. К. В. Шишкін ефект накладання та оприявлення давніх археологічних об'єктів на поверхні ґрунту називає «рентгеновський ефект аерофотознімка». Відносно датування об'єктів, виявлених унаслідок дешифрування аерофотознімків, автор

пропонує через інтенсивність їх прояву. За його спостереженнями, з кожною тисячею років чіткість видимості археологічних об'єктів відчутно послаблюється, відповідно, сліди пам'яток, між якими дві тисячі років, відрізняються за інтенсивністю в два рази. Додатковим способом датування є взаємне розташування археологічних об'єктів. Дороги, що йдуть під селянськими наділами, давніші за них; ці самі дороги давніші й за кургани, що стоять рядами обабіч (детальніше про взаємозв'язок курганів та доріг див.: Болтрик, Каряка 2021). Дороги, що йдуть до городищ, — синхронні цим укріпленим пунктам. Додаткову інформацію щодо датування давніх доріг може надати вивчення давніх картографічних матеріалів.

Завдяки розумінню масштабу знімка можна визначити лінійні розміри об'єктів. З цієї ж метою важливо знати відносну величину розтягнення оранкою ґрунту різних об'єктів (рівів, валів, окремих споруд). Перевагою використання методу археологічного дешифрування аерофотознімків К. В. Шишкін називає дешевизну та швидкість таких досліджень, у порівнянні з наземними археологічними роботами.

На аерофотознімки та результати просторових досліджень К. В. Шишкіна у вітчизняній археології спиралося багато науковців (представлені в тексті цієї статті), але окремих робіт, присвячених методиці роботи з аерофотознімками в українській археології, нам не вдалося знайти. Проте елементи такої методики присутні в низці робіт, опублікованих уже після 2000-х рр. і присвячених переважно роботі з космічними знімками.

О. В. Каряка в повідомленні 2012 р. вказує, що ще в 2008 р. (Каряка 2008) *«автором розроблено методику аналізу супутникових знімків Інтернет-ресурсу Google-Earth. Ця методика дозволяє використовувати в археологічній практиці космічні знімки та комбінувати їх з сучасними топографічними картами»* (Каряка 2012, с. 230). Однак автор не описує власне методику, а вказує на результати її застосування, зокрема: *«на супутникових знімках простежено смуги, що за своїм характером ідентичні до смуг системи розмежування ділянок Ольвійської хори»*; далі він описує перевірку лабораторних спостережень на місці: *«... у мікрореєфі було зафіксовано залишки трьох сильно розораних, у плані майже паралельних між собою валів ...при візуальному обстеженні на місці цих смуг особливостей у кольорі та струк-*

турі ґрунту не простежено... Виявлені смуги та розташоване поряд поселення також пов'язані з помітним на супутниковій зйомці стародавнім шляхом і курганною групою» (Каряка 2012, с. 230-231). У публікації 2021 р. О. В. Каряка зазначає важливість аерокосмічної зйомки для археологічних досліджень, зокрема для виявлення давніх доріг. Саме з цією метою дослідник здійснив *«ретельне картографування залишків цих доріг та їх орієнтирів в ландшафті курганів»* (Каряка 2021, с. 169).

Найповніше послідовність роботи з аерокосмічною зйомкою дослідник описує в роботі 2015 р. (Каряка 2015). Зокрема виділяє кілька послідовних операцій:

1) створення комплексної геоінформаційної системи регіону досліджень;

2) комбінування в ГІС аерофотознімків радянського часу та супутникових знімків 2000-х рр. через пошарове зведення в єдиному масштабі. Накладання цих даних дистанційного зондування і топографічних карт;

3) робота з графічним матеріалом через виокремлення аномалій у кольорі ґрунту, що свідчить про наявність археологічних об'єктів;

4) на основі всебічного просторового аналізу отриманих даних створення максимально повної картини розташування сільськогосподарських ділянок ольвійської хори; часткова реконструкція певних площ, де залишки ліній окремих ділянок були зруйновані. Подальший просторовий аналіз отриманої карти розмежування та шляхів сполучень (виділення окремих регіонів їх концентрації та певних особливостей їхньої структури);

5) вказівка на необхідність подальшого дослідження територій шляхом детального археологічного обстеження виявлених об'єктів із застосуванням шурфування та геомагнітної розвідки.

Автор описує порівняльний аналіз аерокосмічних знімків із радянськими картами на предмет виявлення системи розподілу сільськогосподарських земель ольвійської хори та вказує, що на її видимість впливає специфіка складу ґрунтів (Каряка 2015, с. 144). Але це лише елемент методики дешифрування у степовій Причорноморській зоні; для лісостепової та лісової зон потрібен більш розширений підхід.

Також на використання аерофото та космознімків як одного з джерел отримання інформації для застосування методик «віртуальних археологічних розвідок» указує і В. В. Шерстюк (Шерстюк 2015, с. 148-149). Дослідник

описує окремі випадки ідентифікації візуальних маркерів археологічних пам'яток, утім майже не аналізуючи самі маркери. Загалом, процес «віртуальних археологічних розвідок» приблизно ідентичний за прийомами та дослідницькими операціями до археологічного картографування, описаного В. А. Гнерою (Гнера 2015b). Обидва дослідники вказують на послідовність роботи з візуальними джерелами (картографічними та аерокосмо фотографічними) і необхідність попередньої роботи зі збору інформації мікрорегіону про розташування археологічних об'єктів на досліджуваній території.

У попередніх публікаціях автор цієї статті називає та описує варіанти дешифрування: візуальний, машинно-візуальний, автоматизований, автоматичний (Гнера 2012, с. 83), при цьому вказується, що оптимальним для археологічного дешифрування є машинно-візуальний метод. Разом із завданнями пошуку та параметризації археологічних об'єктів засобами аеророзвідки зазначається потреба у визначенні факторів, що загрожують археологічним об'єктам, що сприятиме складанню планів охорони та рятувних заходів. Називаючи переваги застосування методики аеророзвідки, автор усе-таки не описує послідовності та суті дослідницьких операцій.

У публікації 2013 р. було названо і подано характеристики роздільної здатності семи веб-ресурсів із космічними знімками (Гнера, Парахоня 2013, с. 42). Серед аспектів застосування ГІС вказано інтерполяційне моделювання, що на основі відомих об'єктів допомагає виявити подібні структури на нових ділянках. У статті 2014 р. приділено окрему увагу технічним моментам підготовки матеріалів космічної зйомки, їх суміщення та первинного аналізу (Гнера 2014b). Додаткові деталі щодо цифрової обробки зображень, зокрема роботи з каналами кольору та контрастності, повідомляються в публікації 2015 р. (Гнера 2015a, с. 151). Там же наголошується на необхідності регулярної планової аерофотозйомки для моніторингу археологічних об'єктів в різні пори року. Було описано приклад використання архівної аерофотозйомки та космічної зйомки для ідентифікації об'єктів белігеративної інфраструктури часів Другої світової війни в околицях Києва (Гнера 2014b). Значна частина робіт автора присвячена технічній стороні використання квадрокоптера та обробки отриманих таким способом матеріалів (Гнера 2014a; 2019; Манігда, Гнера 2019). До того ж у своєму дисертаційному дослідженні В. А. Гне-

ра запропонував первинну систему розподілу дешифрувальних ознак за трьома основними групами: первинні (комплекс різних елементів, що напряду не пов'язані з пам'яткою), вторинні (пам'ятка, а саме комплекс різноманітних елементів самої археологічної пам'ятки, що спостерігається наочно), побічні (об'єкти, що опосередковано вказують на наявність археологічної пам'ятки). Цей розподіл має ознаки штучно побудованої системи та підкреслює різні групи ознак, кожна з яких претендує на окрему процедуру виявлення та опрацювання.

Вторинні дешифрувальні ознаки в першу чергу привернули увагу піонерів повітряної археології. О. І. С. Кроуфорд перший запропонував відповідні, тепер усталені в англomовній традиції терміни: «shadow sites» (затінені ділянки), «soil marks» (грунтові маркери) та «crop marks» (сліди на збіжжі / маркери вегетації) (Drewett 1999, р. 37). В українській археології початок роботи з виділення таких маркерів розпочав К. В. Шишкін (Шишкін 1964; 1973).

У публікації, присвяченій проблемі пошуку знищених ділянок Змієвих валів Переяславщини, С. М. Вовкодав послідовно описує прийоми роботи з космічними знімками та різноманітними картографічними матеріалами для виокремлення відповідних ґрунтових маркерів і виявлення знищених ділянок довгого дерево-земляного валу (Вовкодав 2015). Ґрунтові маркери в умовах значної розораності території України — це найбільш продуктивна для завдань дешифрування знімків група маркерів. Як правило, знівельовані оранкою, вали, рови та поселенські структури від навколишньої території відрізняються кольором та фактурою. Ці ділянки часто виділяються як темні (чорні чи сірі) смуги.

Класичним прикладом використання таких маркерів є виявлення поселень трипільської культури поблизу Умані й Тального (Шишкін 1985). Зважаючи на те, що археологічні об'єкти, як правило, складаються з різних за кольором культурних прошарків — їх разом може бути помітно на фоні оранки. Так, уже давно зруйновані курганні насипи можуть виглядати як світлі плями (викиди материкової глини) чи темні кола (навколо-курганні ровики). Як уже вказувалося, найбільш продуктивним часом для виявлення таких маркерів є весняний та осінній період — час оранки.

Такі самі процеси дешифрування висвітлені в публікації І. В. Сапожникова 2021 р., де вказано на інтерпретацію світлих ліній на аерокосміч-

них знімках околиць Ольвії як ровів (сліди викинутого на поверхню лесу), а темних ліній — як слідів доріг (Сапожников, Синельников 2021, с. 384), сліди розораного валу «читаються» як смуга світлішого ґрунту на чорному фоні ріллі (Сапожников, Синельников 2021, с. 382).

Цінними з точки зору опису «маркерів» є приклади їх вигляду на космічних знімках. Серед них межі стародавніх полів (Каряка 2015, с. 142, рис. 2), майданних комплексів, селищ та могильників (Шерстюк 2015, рис. 2, 4). Окремо в публікаціях О. В. Каряки описано вигляд маркерів археологічних об'єктів на космічних знімках, зокрема лінійні характеристики маркерів, що значно доповнюють описи цих же маркерів К. В. Шишкіним (хоч автор і не посилається на публікації попередника): *«Система розмежування стародавніх наділів ольвійської хори на супутникових знімках представлена світлими вузькими лініями ... лінії мають плавні, м'які контури та завиширки складають в більшості 14–16 м (максимальні межі 10–18 м). В окремих випадках паралельно основним світлим лініям розмежування близько до них виявлені дві паралельні смуги більш темного кольору (темніше загального фону поля), ширина яких становила 6–8 м. Ці вузькі темні лінії зазвичай відзначаються з обох боків основної світлої смуги (в поодиноких випадках виявлена лише одна паралельна темна смуга). Простір ділянок, які окреслені межовими смугами, більш темного кольору. Форма цих ділянок у переважній більшості представлена вузькими прямокутниками подовженої в плані форми»* (Каряка 2015, с. 142). У спільній із Ю. В. Болтриком публікації 2021 р. запропоновано умовні терміни (зірка, промені, радіальні промені, наскрізні промені, окремі промені) *«для класифікації степових орієнтирів та пов'язаних з ними доріг, котрі простежуються на супутникових знімках»* (Болтрик, Каряка 2021, с. 203). І хоч О. В. Каряка у поясненні термінів описує їх через археологічні реалії, ці умовні терміни позначають певні форми маркерів на аерокосмічних знімках.

Важливим зразком графічного представлення «маркерів» є публікація поряд аерокосмічного знімка та промальовки-схеми «маркерів» (Шишкін 1982, рис. 2–3; Козюба 2012, рис. 1–8; Шерстюк 2015, рис. 3, 5; Пуголовко та ін. 2020, рис. 3–6; Болтрик, Каряка 2021, с. 200, рис. 1). Щоправда, іноді інформативність таких зображень як зразків нівелюється візуальним накладанням графічної промальовки на знімок —

«графічна фіксація» (Болтрик, Каряка 2021, рис. 2, 5–7). О. О. Прядко візуально помітні залишки фортифікаційних споруд городищ представляє у вигляді серій різночасових космознімків (Прядко 2020а, рис. 2; 2020b, рис. 2, 4; Гнера 2021, рис. 7) та парами зображень промальовка-космознімок (Прядко 2020а, рис. 3; 2020b, рис. 3–5). Іноді автори подають серії космічних знімків тієї самої ділянки з різних сервісів космічних знімків (Вовкодав 2012, рис. 2; Гнера, Парахоня 2013, с. 43) та космічні знімки з позначеннями, що вказують на різні зони пам'яток (Гнера, Парахоня 2013, с. 44).

Підсумовуючи наведену інформацію, варто відзначити зосередження уваги українських археологів саме на ідентифікації візуальних маркерів археологічних об'єктів. Проте загальної чіткої методики роботи з матеріалами аерофотозйомки та особливостями археологічного дешифрування дослідники не подають.

Масовий доступ до візуальної інформації про поверхню землі активізував публікаційну активність українських археологів із використанням цих матеріалів. Однак більшість із них використала аерофото та космознімки як ілюстративний матеріал. Ті ж з авторів, що вказували на специфічні методики роботи з даними ДЗЗ та їх дешифрування, або взагалі не описували ці методики, або робили це дуже фрагментарно. По суті, робота з фотознімками земної поверхні зводилась до візуального пошуку науковцем певних «артефактів» на зображенні з подальшою їх інтерпретацією як слідів, залишків чи власне археологічних об'єктів. Частина дослідників перевіряла ці знахідки безпосередньо польовими обстеженнями.

З огляду на вищесказане, варто послідовно описати прості рішення (процеси) такої роботи. Цей опис покликаний формалізувати ті дослідницькі операції, які так чи інакше виконували вище згадані автори, а проте не дали формалізованого опису. Спробуємо, спираючись на методичні розробки попередників та залучаючи власний досвід, лаконічно й послідовно описати основні етапи роботи з даними ДЗЗ.

Методика дешифрування аерофото та космознімків на наявність пам'яток археології та власне структура пошукового алгоритму в першу чергу залежить від мети й завдання таких досліджень. У наступні десятиліття найважливішим завданням застосування ДЗЗ в українській археології буде моніторинг стану відомих археологічних об'єктів та пошук нових. Саме

з точки зору цих завдань ми пропонуємо варіант послідовності використання матеріалів аерофото та космознімків для дешифрування археологічних ландшафтів різних куточків української землі. Але найважливішою та найбільш ресурсомісткою частиною досліджень аерофото та космознімків є польова археологічна перевірка отриманих результатів археологічного дешифрування.

Важливість аерофото та космічної зйомки для української археології зростає через кілька вагомих причин. Простори України завдяки історичним обставинам надзвичайно насичені археологічними об'єктами різних типів і розмірів. Водночас це територія інтенсивної господарської діяльності. За даними Держгеокадастру, станом на 2016 р. 70 % території країни використовуються як сільськогосподарські угіддя; 4,2 % зайняті промисловою та житловою забудовою (Земельний фонд...). При цьому в галузі обліку та охорони археологічної спадщини залучено мізерно мало ресурсів та спеціалістів. Це призводить до її постійної незворотної втрати через руйнування та пошкодження об'єктів археології. Загальновідомо, що роботи з наукового й пам'яткоохоронного обліку здійснюються вже понад сто років. Моніторинг археологічної спадщини в законодавстві описаний як одна з функцій пам'яткоохоронних організацій, проте його безпосередня організація та здійснення до повномасштабного російського вторгнення не були пріоритетними напрямками діяльності державних та наукових інституцій.

Ще однією проблемою є безпосередня доступність археологічних пам'яток і територій обстеження. За різними оцінками, від 20 до 30 % території України на кінець 2022 р. заміновані й недоступні для практичного обстеження (Крук 2022). Загалом, значна частина території України так чи інакше зазнала впливу військових дій унаслідок повномасштабного вторгнення російської федерації. За таких обставин безпосереднє обстеження археологічних об'єктів утруднене або взагалі неможливе. Ця ситуація зумовлює важливість впровадження масового системного використання ДЗЗ для потреб наукової та пам'яткоохоронної діяльності.

Що ж стосується об'єктів, стан яких з'ясувати за допомогою наземного моніторингу під час дії військового стану немає фізичної можливості, то за допомогою аерофото та космічної зйомки (в разі наявності актуальних) можливо дистанційно оцінити сучасний стан самої пам'ятки та

її довкілля. Використовуючи підхід дешифрувального аналізу, можна виділити елементи місцевості, що в різних варіантах візуалізації дозволяють визначити їх метричні характеристики та дослідити наявні пошкодження.

Дистанційні методи дослідження мають комплекс переваг над контактними. Використання різних видів аерофото та космічного знімання на рівні мікрорегіонів дозволяє за короткий час зібрати дані про значні території. Окремою перевагою такого способу обстеження є досить часте оновлення даних. На важливості даних дистанційного зондування землі для моніторингу стану археологічних об'єктів не одноразово вказували не лише закордонні колеги, але й українські фахівці (Вовкодав 2009; Гне-ра 2015а; 2019; Івакін, Зоценко 2020; Томашевський 2020; Малолітнева та ін. 2021). Матеріали ДЗЗ, як правило, є неодмінним компонентом сучасних археологічних досліджень як одного з інформаційних шарів геоінформаційних систем.

Провідні тенденції в пам'яткоохоронній справі спонукають вважати об'єктом охорони не окремі археологічні пам'ятки, а археологічний ландшафт як певну цілісність. Цілком зрозуміло, що для такого компетентного використання аерофото та космознімків в охороні й дослідженні археологічної спадщини України необхідно чітко окреслити алгоритми використання дистанційних знімків і методичні прийоми дешифрування. Обґрунтована послідовність дій дозволить ефективно здійснювати подальші дослідження всім зацікавленим сторонам. Здійснення алгоритмізації роботи з даними просторової археології пов'язане з кількома ключовими проблемами, а саме: природою даних та процесом їх дешифрування. З огляду на сучасний стан технічного забезпечення української археології найпоширенішим способом роботи є візуальне дешифрування фотографічних зображень. Саме на цьому виді дешифрування ми й зупинимось.

Організація роботи з матеріалами ДЗЗ для пошуку археологічних об'єктів, як правило, відбувається в межах певного наукового чи управлінського процесу, що в українських умовах все частіше набирає форми проєкту. Для спрощення викладу вважатимемо такий проєкт націленим на комплексну роботу з археологічною спадщиною певного регіону. Для розуміння місця й ролі роботи з ДЗЗ в рамках проєкту необхідно коротко оглянути частини його

реалізації, що відбуваються після формування мети, завдань, структури та виконання.

1. **Загальна оцінка території** починається з визначення меж регіону досліджень, що і є початковим завданням. Ця проблема спрощується у випадку управлінського проєкту з охорони пам'яток окремої адміністративної одиниці. Якщо ж мова йде про науковий проєкт, то визначення меж території дослідження потребує додаткового історіографічного дослідження. Так, в археології I–II тис. н. е. де-факто стандартним прийомом є окреслення умовних меж історико-соціальних організмів давнини як меж досліджуваних територій (Томашевський 2010, с. 179–180). Ці межі й будуть «дослідницькою рамкою» проєкту, тобто територією, у межах якої збиратимуться та аналізуватимуться дослідницькі дані.

2. **Збір та систематизація джерел інформації.** Значна частина інформації, що стане сировиною проєкту, міститься в архівних та візуальних джерелах, зокрема картографічних матеріалах. Для попереднього способу вивчення пам'яток традиційними історичними матеріалами є: архівні документи про існування, виявлення, вивчення пам'ятки та навколишньої місцевості, що дає розуміння її характерного складу; архівні та сучасні картографічні зображення (бажано в цифровому форматі або з можливістю перекладу у цифровий формат), які слугують для загального ознайомлення з досліджуваною територією, аналізу стану рельєфу, уточнення положення відомих пам'яток або знакових місць щодо картографічної основи, вибору конкретних об'єктів для більш ретельного вивчення та планування місцезнаходження ймовірних пам'яток.

Уже на етапі їх збору важливо здійснювати систематизацію таких матеріалів. Початком систематизації може бути їх облік, аналіз основних характеристик. Однією з найважливіших є з'ясування меж територіального та хронологічного охоплення. Саме цей процес у К. В. Шишкіна описано як *«перегляд аерофотознімків та вивчення картографічних матеріалів»* (Шишкін 1985). На цьому етапі реалізується планування дешифрувальних операцій (Богомолів 1976, с. 17) та підготовка даних до роботи. Від точності реалізації цього етапу буде залежати достовірність отриманих результатів.

Існує й ціла низка інших прийомів дистанційного обстеження, що використовують авіацію або штучні супутники та іноді застосовуються в археології. При використанні супутни-

кової або літакової РЛС сигнал спрямований на землю зверху; відбиваючись, він відтворює зображення земної поверхні, прихованої рослинним покривом (А/ас.105/1028 report...).

Аналізуючи викладене, робимо висновок, що максимальний збір письмової та цифрової інформації дає можливість для більш повного дослідження початкових даних, що потрібно для коректного дослідження території.

3. **Створення археологічної карти** окресленого регіону всередині визначеної рамки даних. Ця процедура неодноразово описана як у класичних працях з археологічної методики (Авдусин 1980), так і в новітніх дослідженнях (Томашевський, Павленко 2008). Зазначимо, що доцільно формувати не лише електронну карту археологічних об'єктів із відповідною табличною інформацією, але й файловий архів виписок та графічних матеріалів. Це дозволить у майбутньому більш гнучко працювати із зібраною інформацією.

На цьому етапі відбувається первинна робота з пошуку та ідентифікації вже відомих археологічних об'єктів на різноманітних варіантах картографічних матеріалів і ДЗЗ. Дешифрування матеріалів аерофото та космозйомки, власне, полягає у виявленні та розпізнаванні знятих об'єктів, встановленні їх якісних та кількісних характеристик, а також фіксації результатів у графічній, цифровій і текстовій формах.

Саме тут здійснюється відбір і накопичення дешифрувальних ознак для різних типів археологічних об'єктів. Причому важливо при їх систематизації та описі зважати на фізичну природу таких ознак чи маркерів і конкретні умови їх фіксації. У цьому процесі формується набір еталонів дешифрування й таблиць дешифрувальних ознак, створених внаслідок ідентифікації відомих археологічних об'єктів. Дешифрувальні ознаки змінюються залежно від типів орографії рельєфу та складу ґрунтів. Таким чином, для кожного з регіонів виникає природна потреба у виробленні певних наборів дешифрувальних ознак. У регіоні Середземномор'я вже розроблено певні набори маркерів археологічних об'єктів для використання під час обробки та дешифрування матеріалів ДЗЗ (Agariou et al. 2013; Masini et al. 2018; Agariou 2019). Для території України таких систематичних робіт поки що майже не здійснювалося (Лисецкий и др. 2011). Тому під час їх дослідження варто описувати не лише те, як виглядають маркери і про що вони сигналізують, а й те, у яких умовах вони зафіксовані (ха-

рактеристики ґрунту, фітоценози, орографія, погодні умови, тип зйомки та технічні характеристики знімка). У процесі накопичення інформації про археологічні об'єкти зони досліджень та їх ідентифікації у просторі необхідно дослідити й ландшафтну структуру території. Таке вивчення дозволить правильно інтерпретувати особливості місцевості та її вигляду на знімках.

Визначник дешифрувальних ознак для конкретного регіону має принаймні чотири частини: 1) візуальне відтворення ознаки — еталон (фотознімок); 2) таблиця характеристик дешифрувальних ознак зображеної на еталоні ділянки; 3) характеристика загальних географічних особливостей ландшафту; 4) опис технічних характеристик зображення еталона (Богомолов 1976, с. 67; Гнера 2017а). Паралельно зі створенням бази дешифрувальних ознак відбувається уточнення розташування археологічних об'єктів та їх основних характеристик. Зокрема уточнення археометричних параметрів.

Як правило, етап створення первинної археологічної карти відбувається із залученням архіву вже наявних даних ДЗЗ. Тому тут не йдеться про вибір оптимальних параметрів аерофото чи космозйомки. За підсумками загального дешифрування створюється цифрова археологічна карта відомих та ймовірних пам'яток.

Перший етап — це робота з більшістю матеріалів ДЗЗ, яка вимагає попередньої обробки. У першу чергу йдеться про геокорекцію та геокодування ДЗЗ. Левова частка таких робіт виконується у межах фотограмметрії — технічної науки, яка займається отриманням достовірної інформації про фізичні об'єкти та їх оточення за допомогою реєстрації цифрових образів, одержаних за допомогою сенсорів, які не контактують безпосередньо з цими об'єктами (Толстохатко 2013). Її підрозділ, що займається створенням карт та планів за аерофотознімками, отриманими з носіїв у повітрі, називається аерофотограмметриєю. Важливою сферою застосування фотограмметрії є аерокосмічний дистанційний моніторинг для вивчення природних ресурсів, геології, археології, картографування. Використання фотограмметрії разом із геоінформаційними технологіями та просторовим моделюванням для архівації пам'яток архітектури в археології створюють нові можливості для пошукових, наукових і проєктних робіт. Кожен аерофотознімок є індивідуальним, відповідно, та сама пам'ятка або об'єкт, знятий різною фототехнікою з різних висот, ві-

дображається по-різному. Різного виду фотографії дозволяють ідентифікувати різні деталі, які окремо або разом допомагають виявляти археологічні пам'ятки. Наприклад, об'єкти можна фотографувати під кутом або вертикально, у різний час доби і року, з різних висот та різними об'єктивами (Кучко 1988).

Найкращий ефект досягається за умови використання різночасових знімків. Часто прийнятний результат дає поєднання кількох індикаторів. Для їх виявлення важливо використовувати постобробку цифрових зображень. Ця обробка може бути здійснена доступними графічними редакторами або в межах програмних продуктів ГІС. У першу чергу знімки змінюються за допомогою корекції зображення та каналів кольору (*channels*). Існують основні канали: RGB (червоний, зелений і синій) і CMYK (блакитний, пурпурний, жовтий і чорний) та кілька інших: *Grayscale* (градації сірого) і *Lab* (червоний, зелений і синій). Кожен канал відповідає певному діапазону довжин хвиль, які передають конкретну інформацію щодо цікавої характеристики. Перемикаючи канали (попередньо збільшуємо контраст фотознімка майже до максимуму), одержуємо різні відтінки кольору, на яких проявляються різноманітні кольорові форми, і за допомогою тематичного дешифрування та методів польової археології (Потапов 2008) стає можливим виявлення контурів підземних об'єктів, які зовсім не помітні при звичайному фотографуванні поверхні.

Синтез каналів формує зображення, близьке до звичайної фотографії або того, що можна побачити людським оком. Об'єкти дешифрування будуть мати звичний та зрозумілий колір і, відповідно, вигляд, що може суттєво полегшити процес ідентифікації об'єктів на знімках. Така комбінація каналів називається «природні кольори». При ній значна частина інформації буде залишатися прихованою, тому для виявлення таких об'єктів чи їх властивостей варто використовувати комбінацію каналів із застосуванням ближніх, середніх чи дальніх інфрачервоних діапазонів. Як правило, ці канали поєднують з одним чи декількома каналами видимого діапазону. У результаті формується псевдокольоровий знімок. Так, наприклад, у середньому інфрачервоному діапазоні на знімку відображається вміст вологи в рослинності, лісовому покриві й ґрунті (Довгий та ін. 2019.). Різні відбиття від природних і штучних об'єктів передаються у вигляді виразних додаткових кольорів.

На інфрачервоному знімку підстилаючі породи стають блакитними, а густа трава на заливних луках — яскраво-червоною. За допомогою інфрачервоних фотографій, на яких рясна рослинність вийшла червоною, знайшли підземні джерела води, якими користувалися доісторичні люди (Нарр 1978). До того ж велика кількість наявних розроблених методів і алгоритмів цифрової обробки, можливість комбінацій окремих операцій та методів дозволяє розв'язувати найрізноманітніші завдання, постійно вдосконалювати наявні алгоритми та за рахунок цього підвищувати ефективність обробки зображень. У подальшому доцільно здійснити обґрунтування вимог до процесу обробки цифрових зображень, отриманих із висотних апаратів.

Другий етап — виявлення на основі розподілу відомих археологічних об'єктів зони інтенсивності їх розташування. Для цього необхідно здійснити прогнозне моделювання для пошуку нових археологічних об'єктів водночас із формалізацією закономірностей розташування. Виділивши різні зони потенційного розташування археологічних об'єктів, необхідно зробити їх візуальне обстеження з метою пошуків дешифрувальних маркерів та різноманітних «аномалій». Це зручно здійснювати, попередньо розділивши територію дослідження на умовні квадрати. Важливо реалізовувати багаторазове співставлення різних візуальних джерел та археологічних даних.

Зважаючи на закономірності розташування різних типів об'єктів, на наступному етапі роботи є сенс розділити територію дослідження на зони з більшою ймовірністю виявлення об'єктів археології та ділянки, де така можливість виглядає досить примарною. Поєднуючи карту відомих археологічних об'єктів із таким зонуванням території отримуємо картосхему з територіями підвищеної концентрації археологічних пам'яток. На цьому етапі доцільно розглядати ділянку дослідження як історично складний, багат шаровий ландшафтний комплекс. Завдяки цьому з'явиться можливість послідовно «розшифрувати» окремі елементи ландшафту та наблизитись до їх інтерпретації. Відповідно, об'єкт археологічної спадщини має сприйматися в системі зв'язків з іншими пам'ятками, з якими він творить справжнє середовище. У вивченні динаміки розвитку ландшафту також необхідно використовувати низку різночасових структурних ознак і дані комплексних археологічно-географічних досліджень обраної території.

На цьому рівні дослідження пріоритетними видаються дані аерокосмічного моніторингу. Найдоступнішими для української наукової спільноти (з погляду вартості) є космічні знімки. Виявлення та визначення пам'яток археології не є кінцевим результатом дистанційного дешифрування аерофото та космознімків. Робота над матеріалами зйомки поділяється на два етапи: польовий і лабораторний. Усі результати лабораторного дешифрування мають бути перевірені в польових умовах контактними методами археологічних досліджень.

Третій етап. Дистанційно отриману інформацію про пам'ятку потрібно також додатково обробляти за аналітичним методом, із застосуванням дедуктивного та індикативного методів обробки археологічних даних. Результатом аналітичного дешифрування стає з'ясування причин взаємозв'язку розташування різноманітних типів пам'яток антропогенних комплексів, співвідносність із тими чи іншими формами рельєфу та встановлення послідовності їх формування. Науковці дійшли висновку, що аналітичне дешифрування дає глибокий аналіз як структурних об'єктів, так і явищ (Викторов 1973; Глушко 1990; Алексеева, Глушко 1995). У вивченні динаміки розвитку ландшафту також необхідно використовувати низку різночасових структурних ознак і дані комплексних археологічно-географічних досліджень обраної території.

Для отримання якісних результатів аналітичного дешифрування аерофото та космознімки потрібно пов'язувати з іншими інформаційними даними вже на етапі збору та систематизації джерел і створювати найпростішу геоінформаційну систему у вигляді набору картографічних шарів. Ці шари, об'єднані тим чи іншим геоінформаційним програмним продуктом, у вітчизняній археології називають власне ГІС, що інтегрована в єдиному інформаційному середовищі як електронні просторово-орієнтовані зображення (карти, схеми, плани тощо) та бази даних (властивості, ознаки, предмети тощо) (Васильев 2003). ГІС автоматизують процес зіставлення результатів, отриманих при використанні ДЗЗ, даних, отриманих шляхом класичних археологічних методів з уже наявними картами, планами місцевості, схемами, кресленнями. Використання ГІС суттєво економить людські та часові ресурси за рахунок автоматизації процесу роботи з картами й дозволяє створювати динамічні 3D-моделі місцевості й пам'яток. ГІС не є основним напрямом

цього дослідження, але певні її елементи використовуються як допоміжні. У межах такої ГІС уже можливе інтерполяційне моделювання, що на основі відомих об'єктів допомагає виявити подібні структури на нових ділянках. Введення до складу ГІС різноманітних даних ДЗЗ значно полегшує їх аналіз через широкі можливості взаємного зіставлення.

Закордонна практика археологічних досліджень останнім часом застосовує комплексний підхід, заснований на послідовному застосуванні аерокосмічного моніторингу (у першу чергу, аерофото та космознімків) у поєднанні з ГІС (Яо 2023). Результатом такого підходу є не лише виявлення та обстеження пам'яток археології, а побудова їх геоінформаційних моделей і детальна реконструкція історичних процесів. Використання геоінформаційних моделей, насичених різною інформацією (карти, плани, знімки, бази даних і тощо), з віртуальним об'ємним зображенням дозволяє дати вичерпну інформацію про досліджуваний об'єкт. Мало того, створює базу для можливих реконструкцій. Цей аспект дуже важливий для регіонів, де остаточно змінений історичний ландшафт та історична забудова. Так, маючи опорні точки й сучасні космознімки міст чи інших населених пунктів, ми віртуально можемо накласти на сучасну забудову контури колишніх пам'яток, остаточно знищених чи латентних.

Беручи до уваги викладений матеріал, можна коротко формалізувати процес археологічного дешифрування: це візуальне обстеження аерофото та космознімка досліджуваної території, виявлення передбачуваних місць розташування пам'яток і об'єктів, цифрова й аналітична обробка їх зображень.

Викладене дослідження — це спроба узагальнити попередній досвід, оприлюднення методики роботи з ДЗЗ в археології України і на основі власних напрацювань (археологічні дослідження Вінницької, Житомирської, Закарпатської, Київської, Миколаївської, Одеської, Харківської, Черкаської, Чернігівської областей у 2012–2021 рр. (Гнера 2012–2021)) структурувати його. Представлено послідовний процес роботи з даними ДЗЗ — від збору інформації до аналізу візуального розпізнавання з подальшою інтеграцією з ГІС. Запропоновані т. зв. «прості рішення» алгоритму дешифрування, що є універсальними для різних археологічних ландшафтів (степовий, лісостеповий, лісовий тощо).

Подана схема не є остаточною чи обов'язковою, а лише пропонує один із варіантів підходу до тематичного дешифрування в галузі археології. Безумовно, наведений алгоритм дій потребуватиме вдосконалення й розширення унаслідок накопичення практичного досвіду й теоретичних розробок. Важливо наголосити, що ця галузь археології тісно пов'язана з технічними науками та технологіями загалом і тому потребує вдумливого самоаналізу та компетентного теоретизування. Для отримання достовірних результатів дешифрування ДЗЗ в археології необхідно повсякчас звертати увагу на аналіз процесу дослідження та багаторівневий процес перевірки його результатів. Надійність отриманих даних, без сумніву, залежить від чіткості та усвідомленості дій дослідника, що, у свою чергу, справляє великий вплив на різноманітні галузі археологічної науки і навіть національної безпеки. Достовірність даних залежить від «чистоти» дослідницьких операцій, що вкрай важлива в процесі моніторингу археологічних об'єктів.

Серед останніх тенденцій досліджень, пов'язаних із даними ДЗЗ, можемо виокремити: а) необхідність певної «локалізації» інтерпретаційних еталонів для окремих мікро-регіонів; б) розширення програмного інструментарію, що його використовують українські археологи, зокрема збільшення частки автоматизованого дешифрування; в) збільшення територіального охоплення досліджень; г) координація зусиль із моніторингу археологічних ландшафтів та залучення фахівців археологів до суцільного регіонального моніторингу.

Наприкінці варто наголосити, що сучасний стан пам'яток археології України в умовах воєнного стану, а особливо на території бойових дій, потребують нагального моніторингу. За допомогою сучасних аерофото та космознімків потрібно дослідити пошкоджені археологічні ландшафти. Широке застосування технологій ДЗЗ, супутникових навігаційних систем і ГІС-технологій із дешифруванням для збирання, обробки та аналізу інформації в поєднанні з даними конкретизованих аеровізуальних обстежень за допомогою БПЛА (дронів) і традиційними способами обстежень у тих місцевостях, де це можливо, є особливо актуальним. До того ж ретроспективність знімків дає можливість отримати історію змін на певній території за останні кілька років, а інколи й кілька місяців. А отже, цей комплексний під-

хід дозволить створювати верифіковані масиви даних в єдиному просторі, що дасть можливість дистанційно схарактеризувати стан

об'єктів археологічної спадщини та використовувати отримані результати для створення цифрової археологічної карти України.

Авдусин, Д. А. 1980. *Полевая археология СССР: учебное пособие*. Москва: Высшая школа.

Алексеева, Н. Н., Глушко, Е. Н. 1995. Принципы определения возраста современных ландшафтов. *Известия русского географического общества*, 127, 3, с. 18-23.

Богомолов, Л. А. 1976. *Дешифрирование аэроснимков*. Москва: Недра.

Болтрик, Ю. В., Каряка, О. В., 2021. Сліди стародавніх шляхів степової Таврії. *Археологія і давня історія України*, 40(3), с. 199-214. <https://doi.org/10.37445/adiu.2021.03.13>

Борисов, А. В. 2021. Використання даних аеро та космічної зйомки у археології Середньої Наддніпрянщини. В: Малолітнева, В. К., (ред.), *Археологічна спадщина — погляд згори: правові та організаційні засади використання даних аерокосмічної зйомки для охорони та дослідження археологічної спадщини*. Збірник наукових праць. *Матеріали науково-практичної конференції*. Київ, Україна, 6 листопада 2020 р. Київ: ДУ «Інститут економіко-правових досліджень імені В. К. Макутова НАН України», с. 138-145. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14255480.v1>

Брумяко, И. В., Назарова, Н. П., Петренко, В. Г. 1991. Древние культурные ландшафты на юге тилигуло-днестровского междуречья по данным аэрофотосъемки. *Северо-Западное Причерноморье — контактная зона древних культур*. Київ: Наукова думка, с. 37-44.

Васильев, С. А. 2003. Автоматизация вывода археологических объектов на цифровую карту. Проблема организации данных. *Круглый стол «Геоинформационные технологии в археологических исследованиях»*. Сборник докладов. Москва, Режим доступа: <https://www.archaeolog.ru/media/periodicals/agis/AGIS-1/Vasiljev/page1.html>

Викторов, С. В. 1973. Аэроландшафтная индикация последствий деятельности человека в пустыне. Москва: Недра.

Вовкодав, С. М. 2010. Облік пам'яток курганного типу засобами ГІС. *Наукові записки НІЕЗ «Переяслав»*, 4(6) *Єфремієвські читання*, с. 51-55.

Вовкодав, С. М. 2012. Информационная система курганных насыпей бассейна р. Броварка. *Краткие сообщения Института археологии РАН*, 226, с. 8-16

Вовкодав, С. М. 2015. До проблеми пошуку знівельованих сегментів «Зміювих» валів Переяславщини. *Краєзнавство Переяславщини: дослідження, проблеми, статті*. Серія «Краєзнавча бібліотека Переяславщини», 3. Матеріали круглого столу, 16 жовтня 2015р. м. Переяслав-Хмельницький, с. 38-44.

Глушко, Е. В. 1990. Исторические аспекты космического мониторинга опустынивания приаралья и месопотамии. *Вестник Московского Государственного Университета*. №3, с. 21-27.

Гнера, В. А. 2012. Застосування аерофотограмметричних методів дистанційного зондування земної поверхні в археології. *Праці Центру пам'яткознавства*. Збірник наукових праць. 21, с. 76-91. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12174795.v1>

Гнера, В. А. 2014а. Аналіз використання дистанційно пілотованих літаючих апаратів у археологічних дослідженнях. *Праці Центру пам'яткознавства*. Збірник наукових праць. 26, с. 16-25. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12176901.v1>

Гнера, В. А. 2014б. Досвід використання матеріалів аеро- та космічної зйомки в історико-меморіальній роботі. *Ніжинська старовина: збірник регіональної іс-*

торії та пам'яткознавства, 18(21), с. 10-21. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12177186.v1>

Гнера, В. А. 2015. *Аерокосмічний моніторинг як інструмент пам'яткознавчих досліджень (на прикладі пам'яток археології Брусилівського району Житомирської області)* Автореферат дисертації к.і.н. Центр пам'яткознавства Українського товариства охорони пам'яток історії та культури НАН України.

Гнера, В. А. 2015а. Моніторинг законсервованих фундаментів Десятинної церкви за допомогою аерофотозйомки. *Opus Mixtum*, 3, с. 247-255. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12176589.v1>

Гнера, В. А. 2015б. Пам'ятки археології Брусилівського району в інформаційному картографічному блоці. *Праці Центру пам'яткознавства*. Збірник наукових праць. 28, с. 71-85. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12177198.v1>

Гнера, В. А. 2017а. Використання космо- та аерофотознімків для археологічної розвідки Брусилівського району. *Археологія і давня історія України*. 1 (22), с. 321-330. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12176640.v1>

Гнера, В. А. 2017б. Археологічна аерофотозйомка за допомогою квадрокоптерів DJI Phantom (порівняльний аналіз). *Питання історії науки і техніки*, 4, с. 52-60 <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12176715.v1>

Гнера, В. А. 2019. Аерофотограмметричне дослідження археологічної спадщини. В: Чабай, В. П. (ред.) *І Всеукраїнський археологічний з'їзд: матеріали роботи*. Київ, с. 19-29. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14495778.v1>

Гнера, В. А. 2021. Історія дослідження та сучасний стан городища Грубське у Житомирській області. *Дубенський науковий вісник*, 3 : Матеріали міжнародної науково-теоретичної конференції, присвяченої 920-річчю першої писемної згадки про місто Дубно, с. 67-74. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.18480671.v1>

Гнера, В. А., Парахоня, А. В. 2013. Дистанційні методи дослідження в археології. В: Титова, О. М. (ред.) *Четверті Зарембівські читання: матеріали Четвертих Всеукр. Зарембів. наук. читань «Українське пам'яткознавство: сучасні проблеми та тенденції», присвяч. 150-річчю від дня народж. акад. В. І. Вернадського* Збірник наукових праць. Київ: Центр пам'яткознавства НАН України і УТОPIK, с. 40-51. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12174834.v1>

Довгий, С. О. Лялько, В. І., Бабійчук, С. М., Кучма, Т. Л., Томченко, О. В., Юрків, Л. Я. 2019. *Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування : навчальний посібник*. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України.

Земельний фонд України станом на 1 січня 2016 року та динаміка його змін у порівнянні з даними на 1 січня 2015 року — державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру [online]. Режим доступу: <https://cherkaska.land.gov.ua/info/zemelnyi-fond-ukrainy-stanom-na-1-sichnia-2016-roku-ta-dynamika-yoho-zmin-u-porivnianni-z-danyumy-na-1-sichnia-2015-roku/> [Дата звернення 27 березня 2023].

Івакін, В. Г., Зоценко, І. В. 2020. Перспективи використання супутникових знімків для моніторингу стану пам'яток культурної спадщини. *Пам'яткознавчі студії: проблеми, практики, перспективи розвитку: збірник наукових праць*, 1, с. 301-308.

Каряка, О. В. 2012. Дослідження в Запорізькій обл. *Археологічні дослідження в Україні 2011*, с. 230-231.

Каряка, О. В. 2015. Система розмежування сільської території Ольвії Понтіїської за даними дистанційного зондування. *Археологія і давня історія України*, 4 (17), с. 140-147.

Каряка, О. В. 2021. Давні шляхи біля Давдового Броду на Інгультці. *Археологія і давня історія України*, 40 (3), с. 169-174. <https://doi.org/10.37445/adiu.2021.03.10>

Каряка, О. В., 2023. Костянтин Шишкін у радянській археології. *Простір в історичних дослідженнях*, 4, с. 12-21

Козюба, В. К. 2012. Використання аерофотозйомки часів другої світової війни для вивчення городищ середнього подніпров'я. В: Конвалюк, Н. В. (ред.) *Археологічні дослідження на Київщині. Матеріали I обласної наукової конференції*. Трипілля: 24–25 жовтня 2011 року, с. 93-105.

Крижановський, С. М., Мокін, В. Б., Ящолт, А. Р., Скорина, Л. М. 2015. Системний аналіз та проектування ГІС. – Електронний навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ.

Крук, С. 2023. 30% території України замінено. За масштабами це як дві території держави Австрія, — Сергій Крук (Голова ДСНС України). Сайт Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Режим доступу: [Дата звернення 19 квітня 2023], Електронний ресурс: <https://dsns.gov.ua/uk/news/ostanni-novini/30-teritoriyi-ukrayini-zaminovano-za-masstabami-ce-yak-dvi-teritoriyi-derzaviv-avstriya-sergii-kruk>

Кучко, А. С. 1988. *Аэрофотография и специальные фотографические исследования*. Москва: Недра.

Лисецкий, Ф. Н., Терехин, Э. А., Маринина, О. А. 2011. Идентификация элементов пространственной организации античных агроландшафтов с помощью гистехнологий и дистанционного зондирования земли. *Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского*, 24 (63) №2, с. 8-13.

Манігда, О. В., Гнера, В. А. 2019. Переваги використання геоінформаційних технологій при фіксації археологічних об'єктів. *Археологія і давня історія України*, 1 (30), с. 218-230. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12179208.v1>

Николаенко, Г. М. 1985. Межевание полей херсонесской хоры. *Краткие сообщения института археологии АН СССР*. 182. Памятники античной археологии, с. 11-15.

Потапов, А. А. 2008. *Новейшие методы обработки изображений*. Москва: Физматлит.

Прядко, О. О. 2020а. «Бусурменське» городище на р. Іква. *Археологія і давня історія України*. 2 (35). с. 137-141. <https://doi.org/10.37445/adiu.2020.02.09>

Прядко, О. О. 2020б. Дослідження городищ Переяславського Лівобережжя за допомогою даних дистанційного зондування землі. *Простір в історичних дослідженнях: збірник наукових статей*, 1, с. 53-66.

Пуголовок, Ю. О., Гречко, Д. С., Каряка, О. В., Ржевуська, С. С. 2020. Нові дані про поселенські структури скіфського часу біля витоків р. Полужір'я. В: Корост, І. І. (ред.) *Археологічні дослідження Більського городища — 2019: Збірник наукових праць*. Київ-Котельва: ЦП НАН України і УТОПІК, с. 213-230.

Сапожников, И. В., Синельников, А. С. 2021. О римских земляных линейных укреплениях и дороге варваров близ Ольвии. *Стародавнє Причорномор'я*, XIII. с. 381-392.

Сонко, С. 2016. *Дистанційні методи та ГІС у природокористуванні*. Опорний конспект лекцій. Для аспірантів спеціальності 103 «Науки про Землю». УНУС.

Толстохатко, В. А. Пенков, В. О. 2013. *Конспект лекцій з курсу «фотограмметрія та дистанційне зондування»*. Харків: ХНУМГ.

Томашевський, А. П., Павленко, С. В. 2008. Методика и практика изучения поселений средневековой овручской волости в овручском проекте. В: Гуляев, В. И. (ред.) *Поселение как исторический источник: (теоретические и методические подходы к изучению поселений в современной археологии)*. Тезисы докладов международной на-

учной конференции. Москва: Институт археологии РАН, с. 56-57. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5195170.v1>

Томашевський, А. П. 1998. Овруцкий кряж: комплексное изучение та збереження історико-археологічної і палеоприродної спадщини (Завдання, перспективи, структура проекту). *Археологія*, 2, с. 151-155. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5194801.v1>

Томашевський, А. П. 2010. Просторові та палеоекологічні дослідження південноруських земель: результати, нові підходи та перспективи. *Археологія і давня історія України*, 1, с. 174-206. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5203912.v1>

Томашевський, А. П. 2020 Просторовий та не інвазивний імперативи Овруцького проекту. В: Малолітнева, В. К., (гол.ред.). *Археологічна спадщина - погляд згори: правові та організаційні засади використання даних аерокосмічної зйомки для охорони та дослідження археологічної спадщини. Збірник наукових праць. Матеріали науково-практичної конференції*. Київ, Україна, 6 листопада 2020 р. Київ: ДУ «Інститут економіко-правових досліджень імені В. К. Ма-мутова НАН України», с. 123-137. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14039900.v1>

Шерстюк, В. В. 2015. Віртуальні археологічні розвідки. *Археологія та давня історія України*, 4, с. 148-154.

Шишкін, К. В. 1966. Применение аэрофотосъемки для исследования археологических памятников. *Советская археология*, 3, с. 116-121.

Шишкін, К. В. 1982. Аэрометод как источник для исторической топографии Ольвии и ее окрестностей. *Советская археология*, 3, с. 235-242.

Шишкін, К. В. 1964. Про використання аерофотозйомки в археології. *Археологія*. XVII, с. 199-204.

Шишкін, К. В. 1973. З практики дешифрування аерофотознімків у археологічних цілях. *Археологія*. 10, с. 32-41.

Шишкін, К. В. 1985. Планування трипільських поселень за даними аерофотозйомки. *Археологія*, 52, с. 72-77.

A/ac.105/1028 report on the united nations/International Astronautical Federation workshop on space technologies applied to the needs of humanity: experience from cases in the Mediterranean area (Naples, Italy, from 28 to 30 September 2012) / Naples, Italy: 2012. [online]. Режим доступу: http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/schedule/2012/workshop_italy_space_technologies_applied_to_the_needs_of_humanity.html [Дата звернення 27 березня 2023]

Abate, N., Elfadaly, A., Masini N., Lasaponara, R. 2020. Multitemporal 2016-2018 sentinel-2 data enhancement for landscape archaeology: the case study of the Foggia province, southern Italy. *Remote Sensing*, 12, No. 8, p. 1309.

Agapiou, A. 2019. Enhancement of Archaeological Proxies at Non-Homogenous Environments in Remotely Sensed Imagery. *Sustainability*, 11(12), p. 3339. <https://doi.org/10.3390/su11123339>

Agapiou, A., Hadjimitsis, D. G., Alexakis, D. D. 2013. Development Of An Image-Based Method For The Detection Of Archaeological Buried Relics Using Multi-Temporal Satellite Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 34(16), p. 5979-5996. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.803630>

Alviz-Meza, A., Vásquez-Coronado, M. H., Delgado-Caramutti, J. G., Blanco-Victorio, D. J. 2022. Bibliometric Analysis Of Fourth Industrial Revolution Applied To Heritage Studies Based On Web Of Science And Scopus Databases From 2016 To 2021. *Heritage Science*, 10 (1), 189. <https://doi.org/10.1186/s40494-022-00821-3>

Barber, M. 2011. *A History Of Aerial Photography And Archaeology: Mata Hari's Glass Eye And Other Stories*. Swindon: English Heritage.

Drewett, P. L. 1999. *Field Archaeology: An Introduction*. London: University College London.

Shepherd, E. J. 2006. Il Rilievo Topografico Di Ostia Dal Pallone 1911. *Archeologia Aerea*, 2, p. 15-38.

Harp, E. 1978. Pioneer Cultures Of The Sub-Arctic And The Arctic. *Ancient Native Americans*. San Francisco: Freeman, p. 115-147.

Karjaka, A. V., 2008. The Demarcation System of the Agricultural Environment of Olbia Pontike. *Black Sea Studies. Meeting of cultures*. 8, p. 179-190.

Masini, N., Marzo, C., Manzari, P., Belmonte, A., Sabia, C., Lasaponara, R. 2018. On The Characterization Of Temporal And Spatial Patterns Of Archaeological Crop-Marks. *Journal of Cultural Heritage*, 32, p. 124-132. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.12.009>

Volodymyr A. Hnera

PhD, Senior Research Fellow, Institute of Archaeology, National Academy of Sciences of Ukraine, ORCID 0000-0002-6589-9163, gneravolodimir@gmail.com

ON THE METHODOLOGY OF ANALYSING AERIAL AND SATELLITE IMAGES TO DETECT ARCHAEOLOGICAL SITES

Today, the use of remote sensing methods is an integral part of archaeological research. The use of various types of aerial and satellite photography at the level of micro-regions makes it possible to collect data on large areas in a short time.

The received data are subject to archaeological deciphering – the process of recognition, detection and interpretation of archaeological information based on photographic images of the Earth's surface. In the course of deciphering pictures, photographic images of objects are analysed, which have a number of decipherable features, that is, characteristic ones by which archaeological objects can be recognised. Modern processing and recording of these data is carried out in geoinformation systems, taking into account their spatial reference.

The analysis of domestic publications showed that this direction is promising for future research in Ukrainian archaeology. However, the researchers do not provide a general, clear methodology for working with aerial photography materials and features of archaeological deciphering. Summarising this information prompts the creation of a consistent description of such work. This description is intended to formalise those research operations, which in one way or another were performed by the above-mentioned authors.

The paper is an attempt to create a methodology for the archaeological deciphering of aerial and satellite photos for the remote study of archaeological monuments and the protection of archaeological heritage. It is intended to summarise the previous experience of publishing the methodology of working with remote sensing of the land in the archaeology of Ukraine and to structure it on the basis of our own developments. The proposed scheme is not final or mandatory, but only offers one of the options for the approach to thematic deciphering in archaeology. Undoubtedly, the given algorithm of actions will require improvement and expansion as a result of the accumulation of practical experience and theoretical achievements. It is important to emphasise that this branch of archaeology is closely related to technical sciences and technologies in general and therefore requires thoughtful introspection and competent theorising. To obtain reliable results of deciphering in archaeology, it is necessary to always pay attention to the analysis of the research process and the multi-level process of checking its results. The reliability of the obtained data definitely depends on the clarity and awareness of the scholar's actions, which in turn has a great impact on various fields of archaeological science, and even national security. The reliability of data depends on the "purity" of research operations, which is extremely important in the process of monitoring archaeological objects.

The current state of archaeological monuments in Ukraine in the conditions of martial law, and especially on the territories of hostilities, requires urgent monitoring. With the help of modern aerial and satellite photographs, it is especially relevant and necessary today to investigate the damaged archaeological landscapes, wide application of remote sensing of land, satellite navigation systems and geo-information technologies with decoding, for the collection, processing and analysing the information in combination with the data of specific aerial visual surveys using drones and traditional methods of surveys in those areas where it is possible.

Key words: deciphering, remote sensing of the land, archaeological monument, aerial and space photographs, aerial photogrammetry.

References

- Avdusyn, D. A. 1980. *Polevaia arkheolohiya SSSR: uchebnoe posobie*. Moskva: Vysshaia shkola.
- Alekseeva, N. N., Glushko, Ye. N. 1995. Printsipy opredeleniia vozrasta sovremennykh landshaftov. *Izvestiia russkogo geograficheskogo obshchestva*, Tom 127, 3, p. 18-23.
- Bogomolov, L. A. 1976. *Deshifirovanie aerosnimkov*. Moskva: Nedra.
- Boltryk, Yu. V., Kariaka, O. V., 2021. Slidy starodavnikh shliakhiv stepovoi Tavrii. *Archaeology and Early History of Ukraine*, 40(3), p. 199-214. <https://doi.org/10.37445/adiu.2021.03.13>
- Borysov, A. V. 2020. Vykorystannia danykh aero ta kosmichnoi ziomky u arkheolohii Serednoi Naddnyprianshchyny. In: Malolitneva, V. K., (hol.red.), *Arkheolohichna spadshchyna — pohliad zghory: pravovi ta orhanizatsiini zasady vykorystannia danykh aerokosmichnoi ziomky dlia okhorony ta doslidzhennia arkheolohichnoi spadshchyny. Zbirnyk naukovykh prats. Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii*. Kyiv, Ukraina, 6 lystopada 2020 r. Kyiv: DU "Instytut ekonomiko-pravovykh doslidzhen imeni V. K. Mamutova NAN Ukrainy", p. 138-145. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14255480.v1>
- Bruiaiko, I. V., Nazarova, N. P., Petrenko, V. G. 1991. Drevnie kulturnie landshafty na iuge tiligulo-dnestrovskogo mezhdurechchia po dannim aerofotosiomki. *Severo-Zapadnoe Prichernomore — kontaktnaia zona drevnikh kultur*. Kyiv: Naukova dumka, p. 37-44.

- Vasilev, S. A. 2003. Avtomatizatsiia vivoda arkeologicheskikh obektov na tsifrovuiu kartu. Problema organizatsii daniikh. *Kruglii stol "Geoinformatsionnie tekhnologii v arkeologicheskikh issledovaniyakh"*. Sbornik dokladov. Moskva: Nedra.
- Viktorov, S. V. 1973. *Aerolandshaftnaya indikatsiia posledstviya deyatelnosti cheloveka v pustine*. Moskva.
- Vovkodav, S. M. 2010. Oblik pamiatok kurhannoho typu zasobamy HIS. *Naukovi zapysky NIEZ "Pereiaslav"*, 4 (6) *Yefremivski chytannia*, p. 51-55.
- Vovkodav, S. M. 2012. Informatsionnaia sistema kurgannikh nasipei basseina r. Brovarka. *Kratkie soobshcheniya Instituta arkeologii RAN*, 226. p. 8-16
- Vovkodav, S. M. 2015. Do problemy poshuku znivelovanykh sehmentiv "Zmiiovykh" valiv Pereiaslavshchyny. *Kraieznavstvo Pereiaslavshchyny: doslidzhennia, problemy, postati*. Seriiia "Kraieznavcha biblioteka Pereiaslavshchyny", 3. Materialy kruhloho stolu, 16 zhovtnia 2015 r. m. Pereiaslav-Khmelnitskyi, p. 38-44.
- Glushko, Ye. V. 1990. Istoricheskie aspekty kosmicheskogo monitoringa opustynivaniia Priarialia i Mesopotamii. *Vestnik Moskovskogo Gosudarstvennogo Universiteta*, 3, p. 21-27.
- Hnera, V. A. 2012. Zastosuvannia aerofotohrammetrychnykh metodiv dystantsiinoho zonduvannia zemnoi poverkhni v arkeolohii. *Pratsi Tsentru pamiatkoznavstva*, 21, p. 76-91. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12174795.v1>
- Hnera, V. A. 2014a. Analiz vykorystannia dystantsiino pilotovanykh litaiuchykh aparativ u arkeolohichnykh doslidzhenniakh. *Pratsi Tsentru pamiatkoznavstva*, 26, p. 16-25. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12176901.v1>
- Hnera, V. A. 2014b. Dosvid vykorystannia materialiv aero- ta kosmichnoi ziomyky v istoryko-memorialnii roboti. *Nizhynska starovyna: zbirnyk rehionalnoi istorii ta pamiatkoznavstva*, 18 (21), p. 10-21. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12177186.v1>
- Hnera, V. A. 2015. *Aerokosmichnyi monitorynh yak instrument pamiatkoznavchykh doslidzhen (na prykladi pamiatok arkeolohii Brusylivskoho raionu Zhytomyrskoi oblasti)* Avtoreferat dysertatsii k.i.n. Tsentr pamiatkoznavstva Ukrainskoho tovarystva okhorony pamiatok istorii ta kultury NAN Ukrainy.
- Hnera, V. A. 2015a. Monitorynh zakonservovanykh fundamentiv Desiatynnoi tserkvy za dopomohoiu aerofotoziomyky. *Opus Mixtum*, 3, p. 247-255. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12176589.v1>
- Hnera, V. A. 2015b. Pamiatky arkeolohii Brusylivskoho raionu v informatsiinomu kartohrafichnomu blotsi. *Pratsi Tsentru pamiatkoznavstva*, 28, p. 71-85. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12177198.v1>
- Hnera, V. A. 2017a. Vykorystannia kosmo- ta aerofotoznmikiv dlia arkeolohichnoi rozvidky busylivskoho raionu. *Archaeology and Early History of Ukraine*, 1 (22), p. 321-330. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12176640.v1>
- Hnera, V. A. 2017b. Arkeolohichna aerofotoziomka za dopomohoiu kvadropteriv. *Pytannia istorii nauky i tekhniki*, 4, p. 52-60. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12176715.v1>
- Hnera, V. A. 2019. Aerofotohrametrychne doslidzhennia arkeolohichnoi spadshchyny. In: Chabai, V. P. (ed.) *I Vseukrainskyi arkeolohichnyi zizd: materialy roboty*. Kyiv, 2019, p. 19-29. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14495778.v1>
- Hnera, V. A. 2021. Istoriia doslidzhennia ta suchasnyi stan horodyshcha Hrubske u Zhytomyrskii oblasti. *Dubenskyi naukovyi visnyk*, 3 : Materialy mizhnarodnoi naukovy-teoretychnoi konferentsii, prysviachenoii 920-richchii pershoi pysemnoi zghadky pro misto Dubno, p. 67-74. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.18480671.v1>
- Hnera, V. A., Parakhonia, A. V. 2013. Dystantsiini metody doslidzhennia v arkeolohii. In: Tytova, O. M. (ed.) *Chetverti Zarembivski chytannia: materialy Chetvertykh Vseukr. Zarembiv. nauk. chytan "Ukrainske pamiatkoznavstvo: suchasni problemy ta tendentsii", prysviach. 150-richchiiu vid dnia narodzh. akad. V. I. Vernadskoho Zbirnyk naukovykh prats*. Kyiv: Tsentr pamiatkoznavstva NAN Ukrainy i UTOPIK, p. 40-51. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12174834.v1>
- Dovhyi, S. O. Lialko, V. I., Babiichuk, S. M., Kuchma, T. L., Tomchenko, O. V., Yurkiv, L. Ya. 2019. *Osnovy dystantsiinoho zonduvannia Zemli: istoriia ta praktychne zastosuvannia: navchalnyi posibnyk*. Kyiv: Instytut obdarovanoi dytyny NAPN Ukrainy.
- Zemelnyi fond Ukrainy stanom na 1 sichnia 2016 roku ta dynamika yoho zmin u porivnianni z danymy na 1 sichnia 2015 roku – derzhavna sluzhba Ukrainy z pytan heodezii, kartohrafii ta kadastru [online]. <https://cherkaska.land.gov.ua/info/zemelnyi-fond-ukrainy-standom-na-1-sichnia-2016-roku-ta-dynamika-ioho-zmin-u-porivnianni-z-danyymi-na-1-sichnia-2015-roku/> [Data zvernennia 27 bereznia 2023].
- Ivakin, V. H., Zotsenko, I. V. 2020. Perspektyvy vykorystannia suputnykovykh znmikiv dlia monitorynhu stanu pamiatok kulturnoi spadshchyny. *Pamiatkoznavchi studii: problemy, praktyky, perspektyvy rozvytku: zbirnyk naukovykh prats*, 1, p. 301-308.
- Kariaka, O. V. 2012. Doslidzhennia v Zaporizkii obl. *Arkeolohichni doslidzhennia v Ukraini 2011*, p. 230-231.
- Kariaka, O. V. 2015. Systema rozmezhuvannia silsko terytorii Olvii Pontiiskoi za danymi dystantsiinoho zonduvannia. *Archaeology and Early History of Ukraine*, 4 (17), p. 140-147.
- Kariaka, O. V. 2021. Davni shliakhy bilia Davdovoho Brodu na Inhultsi. *Archaeology and Early History of Ukraine*, 40 (3), p. 169-174. <https://doi.org/10.37445/adiu.2021.03.10>
- Kariaka, O. V., 2023. Kostiantyn Shyshkin u radianskii arkeolohii. *Prostir v istorychnykh doslidzhenniakh*, 4, p. 12-21.
- Koziuba, V. K. 2012. Vykorystannia aerofotoziomyky chasiv druhoi svitovoii viiny dlia vyvchennia horodyshch serednoho podniprovnia. In: Konvaliuk, N. V. (ed.) *Arkeolohichni doslidzhennia na Kyivshchyni. Materialy I oblasnoi naukovoi konferentsii*. Trypillia: 24–25 zhovtnia 2011 roku, p. 93-105.
- Kryzhanovskiy, Ye. M., Mokin, V. B., Yashcholt, A. R., Skoryna, L. M. 2015. *Systemnyi analiz ta proektuvannia HIS. Elektronnyi navchalnyi posibnyk*. Vinnytsia: VNTU.
- Kruk, S. 2023. 30% terytorii Ukrainy zaminovano. Za masshtabamy tse yak dvi terytorii derzhavy Avstriia, — Serhii Kruk (Holova DSNS Ukrainy). (2022.11.18, 14:45). Sait Derzhavnoi sluzhby Ukrainy z nadzvychainykh sytuatsii. <https://dsns.gov.ua/uk/news/ostanni-novini/30-teritoriyi-ukrayini-zaminovano-za-mashtabami-ce-yak-dvi-teritoriyi-derzavi-avstriya-sergii-kruk>
- Kuchko, A. S. 1988. *Aerofotografiia i spetsialnie fotograficheskie issledovaniia*. Moskva: Nedra.
- Lisetskii, F. N., Terekhin, E. A., Marinina, O. A. 2011. Identifikatsiia elementov prostranstvennoi organizatsii antichnykh

- agrolandshaftov s pomoshchyu gis-tehnologii i distantsionnogo zondirovaniia zemli. *Uchenie zapiski Tavricheskogo natsionalnogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo*, 24 (63), 2, p. 8-13.
- Manihda, O. V., Hnera, V. A. 2019. Perevahy vykorystannia heoinformatsiinykh tekhnolohii pry fiksatsii arkeolohichnykh ob'ektiv. *Archaeology and Early History of Ukraine*, 1 (30), p. 218-230. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12179208.v1>
- Nikolaenko, G. M. 1985. Mezhevanie polei khersonesskoi khori. *Kratkie soobshcheniia instituta arkeologii AN SSSR*. 182. Pamiatniki antichnoi arkeologii, p. 11-15.
- Potapov, A. A. 2008. *Noveishie metody obrabotki zobrazenii*. Moskva: Fizmatlit.
- Priadko, O. O. 2020a. "Busurmenske" horodyshche na r. Ikva. *Archaeology and Early History of Ukraine*, 2 (35), p. 137-141. <https://doi.org/10.37445/adiu.2020.02.09>
- Priadko, O. O. 2020b. Doslidzhennia horodyshch Pereiaslavskoho Livoberezhzhia za dopomohoiu danykh dystantsiinoho zonduvannia zemli. *Prostir v istorychnykh doslidzhenniakh: zbirnyk naukovykh statei*, 1, p. 53-66.
- Puholovok, Yu. O., Hrechko, D. S., Kariaka, O. V., Rzhhevuska, S. S. 2020. Novi dani pro poselenski struktury skifskoho chasu bilia vytokiv r. Poluziria. In: Korost, I. I. (ed.) *Arkeolohichni doslidzhennia Bilskoho horodyshcha — 2019: Zbirnyk naukovykh prats*. Kyiv-Kotelva: TsP NAN Ukrainy; UTOPIK, p. 213-230.
- Sapozhnikov, I. V., Sinelnikov, A. S. 2021. O rimskikh zemlyanikh lineinikh ukreplenyakh i doroge varvarov bliz Olvii. *Starodavnie Prychornomoria*, XIII, p. 381-392.
- Sonko, S. 2016. Dystantsiini metody ta HIS u pryrodokorystuvanni. Oporny konspekt lektsii. Dlia aspirantiv spetsialnosti 103 "Nauky pro Zemliu". UNUS.
- Tolstokhatko, V. A. Penkov, V. O. 2013. *Konspekt lektsii z kursu "fotogrammetriia ta dystantsiine zonduvannia"*. Kharkiv: KhNUMH.
- Tomashevskii, A. P., Pavlenko, S. V. 2008. Metodika i praktika izucheniia poselenii srednevekovoi ovruchskoi volosti v ovruchskom proekte. In: Gulyaev, V. I. (ed.) *Poselenie kak istoricheskii istochnik (teoreticheskie i metodicheskie podkhody k izucheniu poselenii v sovremennoi arkeologii)*. Tezisi dokladov mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. Moskva: Ninstytut arkeologii RAN, p. 56-57. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5195170.v1>
- Tomashevskiy, A. P. 1998. Ovrutskiy kriazh: kompleksne vyvchennia ta zberezheniia istoryko-arkeolohichnoi i paleopryrodnoi spadshchyny (Zavdannia, perspektyvy, struktura proektu). *Arheologia*, 2, p. 151-155. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5194801.v1>
- Tomashevskiy, A. P. 2010. Prostorovi ta paleoekolohichni doslidzhennia pivdenorusskykh zemel: rezultaty, novi pidkhody ta perspektyvy. *Archaeology and Early History of Ukraine*, 1, p. 174-206. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5203912.v1>
- Tomashevskiy, A. P. 2020. Prostorovi ta ne invazyvnyi imperatyvy Ovrutskoho proektu. In: Malolitneva, V. K. (ed.) *Arkeolohichna spadshchyna – pohliad zghory: pravovi ta orhanizatsiini zasady vykorystannia danykh aerokosmichnoi ziomky dlia okhorony ta doslidzhennia arkeolohichnoi spadshchyny*. Zbirnyk naukovykh prats. Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii. Kyiv, Ukraina, 6 lystopada 2020 r. Kyiv: DU "Instytut ekonomiko-pravovykh doslidzhen imeni V. K. Mamutova NAN Ukrainy", p. 123-137. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14039900.v1>
- Sherstiuk, V. V. 2015. Virtualni arkeolohichni rozvidky. *Archaeology and Early History of Ukraine*, 4, p. 148-154.
- Shishkin, K. V. 1966. Primenenie aerofotoseмки dlia issledovaniia arkeologicheskikh pamiatnikov. *Sovetskaia arkeologiya*, 3, p. 116-121.
- Shishkin, K. V. 1982. Aerometod kak istochnik dlia istoricheskoi topografii Olvii i yee okrestnostei. *Sovetskaia arkeologiya*, 3, p. 235-242.
- Shyshkin, K. V. 1964. Pro vykorystannia aerofotozjomky v arkeolohii. *Arheologia*, XVII, p. 199-204.
- Shyshkin, K. V. 1973. Z praktyky deshyfruvannia aerofotoznmkiv u arkeolohichnykh tsiliakh. *Arheologia*, 10, p. 32-41.
- Shyshkin, K. V. 1985. Planuvannia trypilskykh poselen za danymy aerofotozjomky. *Arheologia*, 52, p. 72-77.
- A/ac.105/1028 report on the united nations/International Astronautical Federation workshop on space technologies applied to the needs of humanity: experience from cases in the Mediterranean area (Naples, Italy, from 28 to 30 September 2012) / Naples, Italy: 2012. [online]. Available at: http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/schedule/2012/workshop_italy_space_technologies_applied_to_the_needs_of_humanity.html [Date of access: March 27, 2023]
- Abate, N., Elfadaly, A., Masini, N., Lasaponara, R. 2020. Multitemporal 2016–2018 Sentinel-2 Data Enhancement for Landscape Archaeology: The Case Study of the Foggia Province, Southern Italy. *Remote Sensing*, 12, No. 8, p. 1309.
- Agapiou, A. 2019. Enhancement of Archaeological Proxies at Non-Homogenous Environments in Remotely Sensed Imagery. *Sustainability*, 11 (12), p. 3339. <https://doi.org/10.3390/su11123339>
- Agapiou, A., Hadjimitsis, D. G., Alexakis, D. D. 2013. Development Of An Image-Based Method For The Detection Of Archaeological Buried Relics Using Multi-Temporal Satellite Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 34 (16), p. 5979-5996. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.803630>
- Alviz-Meza, A., Vásquez-Coronado, M. H., Delgado-Caramutti, J. G., Blanco-Victorio, D. J. 2022. Bibliometric Analysis Of Fourth Industrial Revolution Applied To Heritage Studies Based On Web Of Science And Scopus Databases From 2016 To 2021. *Heritage Science*, 10 (1), 189. <https://doi.org/10.1186/s40494-022-00821-3>
- Barber, M. 2011. *A History Of Aerial Photography And Archaeology: Mata Hari's Glass Eye And Other Stories*. Swindon: English Heritage.
- Drewett, P. L. 1999. *Field Archaeology: An Introduction*. London: University College London.
- Shepherd, E. J. 2006. Il Rilievo Topofotografico Di Ostia Dal Pallone 1911. *Archeologia Aerea*, 2, p. 15-38.
- Harp, E. 1978. Pioneer Cultures Of The Sub-Arctic And The Arctic. *Ancient Native Americans*. San Francisco: Freeman, p. 115-147.
- Karjaka, A. V., 2008. The Demarcation System of the Agricultural Environment of Olbia Pontike. *Black Sea Studies. Meeting of cultures*, 8, p. 179-190.
- Masini, N., Marzo, C., Manzari, P., Belmonte, A., Sabia, C., Lasaponara, R. 2018. On The Characterization Of Temporal And Spatial Patterns Of Archaeological Crop-Marks. *Journal of Cultural Heritage*, 32, p. 124-132. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.12.009>