

УДК 25.00.05

В.А. ГНЕРА

Застосування аерофотограмметричних методів дистанційного зондування земної поверхні в археології

У статті розглянуті основні аспекти застосування фотограмметричних методів у археології, викладена стисла історіографія питання, розглянуто основні методики дешифрування археологічних об'єктів на аеро- та космознімках. Запропоновано нову методику створення пошукового алгоритму для удосконалення машинно-візуального, автоматизованого й автоматичного способів дешифрування (пошуку) археологічних об'єктів на аеро- та космознімках. Розглянуто нові можливості щодо охорони пам'яток археології, які відкривають дані методи. Розглянуто питання застосування геоінформаційних систем для інтерпретації отриманих даних та їх об'єднання в єдиній електронній моделі археологічного об'єкту.

Ключові слова: фотограмметричні методи в археології, дистанційні методи дослідження, аерофотознімок, космознімок, супутникова навігація (GPS), археологічна розвідка, електронна модель археологічного об'єкту, геоінформаційна система, охорона пам'яток.

Територія сучасної України постійно піддається сильному антропогенному впливу: сільське господарство, промислова та житлова забудова, іригаційне й транспортне будівництво – це істотно впливає на стан відомих і ще не виявлених археологічних пам'яток. Багато археологічних пам'яток руйнується під час розорювання, будівництва, будучи не виявленими чи дослідженими не у повному обсязі. Масштабні археологічні дослідження потребують використання значних сил і коштів як у польових дослідженнях, так і в аналітичних процедурах.

Застосування отриманих даних під час дешифрування аеро- та космознімків у поєднанні з використанням приладів глобального супутникового позиціонування (GPS), дозволяє ефективно виявляти й вивчати археологічні пам'ятники неруйнівними методами в умовах антропогенних змін.

Глобальне поширення методів аерофотограмметрії в археології раніше стримувалося необхідністю використовувати складне та дороге обладнання, яке застосовувалося в топографії та картографії військовими.

На даний час ситуація кардинально змінюється, завдяки широкому використанню цифрових камер у польових дослідженнях, появою доступних цифрових фотограмметричних систем, доступністю обладнання супутникової навігації (GPS) та розвитком відповідного програмного забезпечення для персональних комп'ютерів.

Серед важливих технологічних досягнень, що істотно вплинули на можливість фотограмметрії відзначимо наступні:

– розвиток лазерної та оптико-електронної техніки, радіотехнічних способів дистанційного вивчення різноманітних об'єктів, у т.ч. земної поверхні;

– розвиток космічної техніки і технологій, зокрема функціонування супутникових навігаційних систем і їх використання в геодезії;

– розвиток електронно-обчислювальної техніки, в т.ч. поява потужних персональних комп'ютерів з величезними об'ємами зовнішньої та внутрішньої пам'яті й високою швидкістю;

– розвиток мікроелектроніки та розробка нових типів сенсорів, серед яких для нас є важливими т.зв. прилади із зарядовим зв'язком, здатні фіксувати електромагнітне випромінювання з високими геометричними й радіометричними параметрами;

– розвиток геоінформаційних технологій, у яких найновіші можливості всіх вище перелічених науково-технічних досягнень спроектовані на ідеологічну платформу геоінформатики, що об'єднує тематичні відомості та знання, здобуті з різних наукових дисциплін про Землю.

Ці досягнення дозволили зробити якісний крок уперед у справі вивчення земної поверхні дистанційними методами.

Прогнози Європейського Союзу (ЄС) [1] в галузі культурної спадщини вказують на важливу роль синтезу археології з природничими науками (передусім на застосуванні дистанційних неруйнівних методів), а також у розвитку реконструктивної археології на підмурках отриманих таким чином даних. Це зумовлює зростання об'єму використання аерофотограмметричних методів у археології.

Найближчим часом важливим аспектом археологічних досліджень буде застосування аеро- та космоснімків у поєднанні з даними супутникової навігації (GPS) для пошуку й дослідження археологічних пам'яток, а також побудова геоінформаційних моделей археологічних об'єктів. Ефективність застосування поєднаних даних залежить від багатьох умов, пов'язаних як із характером обстежуваних ділянок, якістю використовуваної апаратури, так і з аналізом отриманого матеріалу, який безпосередньо залежить від сприйняття й інтерпретації конкретним дослідником.

Історія дослідження земної поверхні за допомогою аерофотознімків налічує вже понад 100 років. Перші знімки були зроблені в Парижі в середині XIX ст. з повітряної кулі. Через деякий час з'явилася ідея використовувати досягнення фотографії та повітроплавання в археологічних цілях. Першим прикладом можуть служити отримані в 1906 р. знімки Стоунхенджа, які дозволили зафіксувати деякі деталі планування пам'ятки [2], не помічені раніше дослідниками із земної поверхні, та підтвердити теорію культового призначення пам'ятки, що в подальшому повністю підтвердилося.

Але це були поодинокі спроби, не підкріплені ні достатніми технічними можливостями, ні методичними напрацюваннями. Значний поштовх фото-

грамметричні методи в археології отримали внаслідок I та II Світових війн завдяки розвитку технічних засобів повітряної розвідки. Напрацювання методик дешифрування аерофотознімків, прив'язки аерофотознімків до топографічних карт, картографування місцевості за допомогою аерофотознімків, підвищення якості аерознімальної техніки – ці фактори сприяли напрацюванню значних об'ємів матеріалів і методик дослідження земної поверхні. Тож, природно, що ці методи почали застосовуватися й у археології.

Перші археологічні дослідження за допомогою візуального спостереження та аерофотозйомки були зроблені в роки I Світової війни. Внаслідок проведення військовими авіарозвідок на Балканах і в Месопотамії було зроблено низку цікавих археологічних спостережень. Пізніше аерофотозйомка й візуальне спостереження з літака були застосовані зарубіжними археологами. Л. Рей використовував літак для визначення древніх поселень у Македонії [3]. А. Пуадebar за допомогою аерофотозйомки вивчав дороги, укріплення та поселення римського часу в Сирії [4]. Експедиція Е. Шмідта в 1935–1937 роках здійснила роботи з перспективної аерофотозйомки при вивченні античних міст Ірану в долині р. Гургена, в околицях Луристана, Персіполіса, Керман-шаха тощо. В результаті цього було уточнене планування багатьох античних міст, виявлено рештки оборонних фортив уздовж «лінії Олександра», відкрито багато поселень-тепе, складені детальні археологічні карти районів Персіполіса та Гургена [5].



Аерофотознімок експедиції Е. Шмідта (1936; Персеполіс, Іран), показує оборонні споруди, а також палацовий комплекс [6].

У вітчизняній археології першим, хто застосував фотограмметричний метод, слід вважати археологів Хорезмської експедиції С.П. Толстова та Б.В. Андріанова. У 1946–1948 роках під час дослідження античних і середньовічних іригаційних систем вони широко застосовували планову аерофотозйомку місцевості для виявлення слідів антропогенної діяльності, конкретніше – систем зрошування та сільськогосподарських угідь [7].

Величезні простори оброблюваних у давнину земель і ступінь збереження стародавніх іригаційних споруд (фактично повністю зруйновані та перероблені рельєфом) робили практично неможливим використання під час їх вивчення традиційних методів археологічної розвідки. Тому в Хорезмській експедиції була вироблена й успішно застосована нова методика. Головний її принцип – поєднання авіарозвідки великої території та маршрутної аерофотозйомки з детальними наземними дослідженнями. Надалі була застосована також великомасштабна маршрутна аерофотозйомка з наступною побудовою з аерофотознімків планів місцевості та використання їх для виявлення і топографічної прив'язки великих археологічних комплексів.

Як писав Н.І. Ігонін [8] про ці дослідження: «Не доводиться говорити, яку величезну допомогу надає аерофотозйомка при вивченні стародавньої іригації. Адже пам'ятники її майже зовсім непомітні з землі. Навіть величезні



Плановий аерофотознімок великого магістрального каналу біля фортеці Великий Керкіз-Кіз (А – магістральний канал, Б – малий іригаційний відвід, В – рештки виноградника) [9].

колись берегові вали потужних магістральних каналів часто майже зовсім не простежуються в пустельному рельєфі. А русла відрізняється лише за кольором поверхні. Значні розміри та розташування на значних територіях із сильно зміненим рельєфом місцевості внаслідок запустелення зробили фотограмметричні методи єдиним надійним джерелом при проведенні археологічних розвідок».

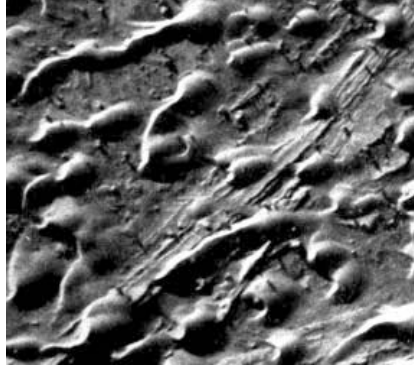
Уже тоді були закладені перші підмурки виявлення основних дешифрувальних ознак археологічних об'єктів – таких, як зміна забарвлення ґрунтів у зонах антропогенних споруд. І хоча достеменно невідомо, проте зі значною мірою вірогідності можна допустити запозичення цих методів у археоло-

гії з військових настанов щодо пошуку замаскованих об'єктів супротивника та методик виявлення на аерофотознімках різноманітних геологічних об'єктів, що застосовувалися в геології та геодезії.

Універсальність напрацьованого методу пошуку старовинних іригаційних споруд була підтверджена в 1954р. Н.Я.Мейєром і І.І.Кривоносовим на території Калінінградської обл. (зараз – Російська Федерація), де за допомогою вивчення матеріалів аерофотозйомки на територіях, що були значно змінені антропогенним впливом, у зоні інтенсивного сільського господарства було виявлено та нанесено на карту середньовічну дренажну систему, що знаходилася під поверхню ґрунту на глибині від 0,8 до 1,2 м, розташована на різноманітних сільськогосподарських угіддях із різними ґрунтами й у різних умовах рельєфу. При цьому основними ознаками, за якими її було виявлено, знову ж таки стали зміни забарвлення поверхні ґрунту. Проте, вони спричинені іншими, на відміну від пустелі, факторами – різночасним висиханням розораного ґрунту над дренажною системою та поряд з нею більш яскравим забарвленням рослинності над дренами [11].

Іншим значущим успіхом застосування аерофотограмметричних методів у археології стали роботи з пошуку великих трипільських поселень. І знову ці відкриття відбулися паралельно з основною роботою з картографування у військових інтересах. Військовий топограф майор К.В. Шишкін, виконуючі завдання з аерофотозйомки, неодноразово помічав на полях Черкаської обл. величезні, іноді більше кілометра в діаметрі, світлі й темні овали з різними структурними елементами в середині. Нетипові, виразно окреслені структури великих розмірів добре дешифрувалися завдяки зміні кольору ґрунту та рослинності.

Восени 1964 р. К.В. Шишкін поділився результатом своїх спостережень з відомим археологом і красзнавцем В.А. Стефановичем, що довгий час працював на Уманщині. Разом вони провели наземні розвідки виявлених на аерофотознімках археологічних об'єктів і підтвердили, що це рештки великих за площею поселень зі складною структурою. Виявилось, що виявлені концентричні структури пов'язані з місцями розташування поселень трипільської культури, багато з яких розкопувалися ще на початку ХХ ст. Ці поселення були добре



Ділянка античного магістрального каналу неподалік Базар-Кали. Канал майже повністю зруйновано дифляційними процесами й піщаними наносами і не може бути візуально виявлений із поверхні [10].

досліджені В.А. Стефановичем у 1960-х роках, але новиною стало виявлення їх справжніх розмірів і площі, вказаних К. В. Шишкіним, посилаючись на аерофотознімки: десятки, часом сотні гектарів [12].

Не маючи змоги під час роботи на поверхні землі досягнути масштаби й обриси всього комплексу, археологи раніше наносили на карту декілька окремих поселень. Насправді ж фотограмметричні методи дозволили виявити, що це не розрізнені невеликі поселення, а великі протоміста. Аерофотознімки дозволили дешифрувати чимало подробиць про планування цих поселень, багато з яких були підтверджені подальшими багаторічними розкопками.

Виявлення цих протоміст корінним чином змінило погляд на трипільську культуру – адже до цього моменту завдяки працям Т.С. Пасек і С.М. Бібікова вважалося, що трипільці будували невеликі родові селища з 30–40 будинків. Проте, завдяки невеликій археологічній експедиції, що відбулася в 1971 р. під керівництвом М.М. Шмаглія за результатами польових досліджень і магнітної зйомки виявлених на аерофотознімках поселень були зроблені наступні висновки: «Нові дані про розміри, планування та кількість жител на трипільських пам'ятках Уманщини вказують на існування в енеоліті Південно-Східної Європи протоміст. Загальна кількість жител Майданецького поселення має наближатися до 1,5 тис. Аналогічні риси властиві й деяким іншим поселенням середньої частини Побужжя» [13].



Фрагмент замальовки з аерофотознімка К.В. Шишкіним концентричних структур трипільського поселення Петрень (1967; Молдова) [15].

Результатом визнання фотограмметричних методів для розвідки та вивчення поселень трипільської культури стала низка наукових праць, що побачили світ в середині 70-х років минулого сторіччя [14].

Необхідно зазначити, що не дивлячись на гарні результати, фотограмметричні методи в вітчизняній археології не мали широкого та комплексного застосування через відносну складність і незвичність методу.

Останнім широко відомим випадком здійснення значного археологічного відкриття за допомогою аерофотозйомки у вітчизняній археології стали роботи з розвідок і дослідження комплексів давніх поселень на Уралі в райо-

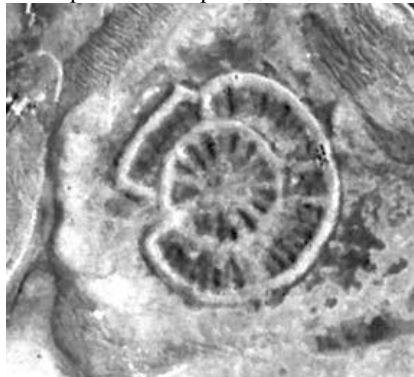
ні Аркаїмської долини (сучасна Російська Федерація). І хоча колоподібні структури були виявлені на аерофотознімках ще в 1950-ті роки, тоді ці аерофотознімки не потрапили до археологів. Археологи ж власної аерофоторозвідки не здійснювали. Відтак, детальні дослідження були розпочаті лише в 1987 р. у зв'язку з будівництвом ГЕС (яка так і не була збудована якраз через відкриття значущої археологічної пам'ятки). Керівник Уральської експедиції Г.Б. Зданович у своїх дослідженнях широко використовував фотограмметричні засоби, по-перше, через важкодоступну місцевість; по-друге, через обмеженість у часі, застосування фотограмметрії дозволило виявити цілий комплекс поселень відомий нині під назвою «страна городов» на вододілі річок Урал і Тобол.

«Страна городов» складається з двох десятків комплексів. Розміри займаної території 350–400 км у напрямку Північ–Південь і 120–150 км – Захід–Схід. Відстань між окремими поселеннями – 50–70 км. Зрозуміло, що при таких масштабах і важкодоступності місцевості лише аерофотозйомка дала можливість виявити та дослідити ці пам'ятки й урешті-решт врятувати їх, довівши масштабність і важливість відкриття [16].

На Заході методи дистанційного пошуку та дослідження археологічних пам'яток отримали широке розповсюдження наприкінці 70-х років минулого сторіччя разом із впровадженням у археологічну науку новітніх природничих методів дослідження та в зв'язку з розповсюдженням електронно-обчислювальної техніки.

Зарубіжна практика польових досліджень протягом останніх тридцяти років застосовує комплексний підхід, заснований на послідовному застосуванні даних аерофотограмметрії в поєднанні з використанням приладів глобального супутникового позиціонування (GPS) та геофізичними методами (т.зв. комплексні проекти), що дозволяє вивчати археологічні пам'ятки неруйнівними методами в умовах антропогенно змінених територій з інтенсивною господарською діяльністю. Результатом такого підходу є не тільки виявлення й обстеження археологічних об'єктів і комплексів, а також детальна реконструкція історичних процесів.

Серед значущих результатів, отриманих за допомогою фотограмметричних методів, слід виділити дослі-



Аркаїм (зйомка 1956 р.). Існує легенда, що топографи прийняли чітку структуру за військовий об'єкт, і тому не відобразили її на жодній карті [17].

дження етрусського міста Спина, кельтських пам'яток Англії, старовинних доріг і місця римських військових таборів у Франції та Великій Британії, портових споруд фінікійського міста Тара, дослідження міст і поселень у важкодоступних місцях Південної Америки, великомасштабні роботи в Єгипті в районі Долини Гізи й Олександрії [18].

На сьогоднішній день існує декілька методів дешифрування:

а) візуальний – коли інформацію з аерофотознімка отримує та аналізує людина;

б) машинно-візуальний – відеоінформація спочатку перетворюється, а потім аналізується;

в) автоматизований – метод, при якому зчитування й аналіз запису відеоінформації виконується спеціальними пристроями при активній участі оператора;

г) автоматичний – дешифрування повністю виконується машиною.

Для пошуку та дослідження археологічних об'єктів найбільш доцільними й сучасними вбачається застосування машинно-візуального методу – тобто спеціальним чином оброблену відеоінформацію аналізувати й інтерпретувати має людина, оскільки враховуючи складність виявлення археологічних об'єктів різноманітність їх форм і особливостей, такі завдання поки-що недоступні для повністю машинної обробки.

Запропонована методика має на меті звести процедуру пошуку археологічних пам'яток до стереотипного набору простих процедур. При цьому для кожного виду археологічних об'єктів буде створено певну систему дешифрувальних ознак.

Стандартизована методика для пошуку, фіксації, ідентифікації, дослідження та моніторингу різноманітних археологічних об'єктів дозволить значно спростити цей процес, сприятиме широкому розповсюдженню застосування дистанційних методів у практиці вітчизняної археології, що на наш погляд покращить ситуацію як у дослідженнях, так і в охороні вітчизняної археологічної спадщини за рахунок збільшення розмірів досліджуваних територій, підвищення якості пошуку, зменшення затрат часу та коштів.

Нова методика дозволить оперативно проводити пошук на великих площах, на територіях, що зазнають активного антропогенного впливу; виявляти археологічні об'єкти, картографувати їх й оперативно застосовувати необхідні охоронні заходи. Також методика передбачає створення на основі отриманих даних електронної геоінформаційної моделі археологічних пам'яток, яка, по-перше, дозволить вивчати археологічні об'єкти не руйнівними методами, по-друге, збереже для нащадків археологічні об'єкти в тому стані та рельєфі, в якому вони перебували на момент відкриття.

Застосування фотограмметрії для розвідки та дослідження археологічних відкриває значні перспективи. В практиці археологічних розвідок території, що

заснадали значних ландшафтних змін через антропогенну діяльність і зміну кліматичних умов, бувають випадки, коли пам'ятки старовини можуть бути зафіксовані лише за допомогою аерофотозйомки чи візуальних спостережень з літака. Окрім того, застосування фотограмметрії та доступність матеріалів аеро- та космозйомок, що охоплюють всю територію України, роблять цей метод економично доцільним.

Використання аерофотограмметричних методів у археології відоме давно, проте досі в вітчизняній науці вони застосовувалися лише попутно. Ці роботи проводилися на невеликих площах, локалізовано інколи без зв'язку з наземними обстеженнями та стаціонарними розкопками, інколи – лише для закріплення й підтвердження результатів наземних робіт. У будь-якому разі вітчизняна археологія не спиралася на аерофотограмметричні методи як на метод широкомасштабного комплексного попереднього дослідження значних територій – що не давало можливості проявити всі переваги застосування аерофотограмметричних методів і значною мірою обмежувало можливості у вирішенні важливих наукових проблем.

Треба зазначити, що сполучені з даними GPS аерофотограмметричні матеріали за точністю перевершують усі дані, отримані при будь-яких способах наземної топографічної зйомки. Відомо, що багато старовинних будівель і елементи деяких археологічних об'єктів (наприклад, внутрішня забудова кварталів, окремі деталі оборонних об'єктів, могилиники, елементи дорожньої та сільськогосподарської інфраструктури) часто настільки зруйновані й так «розчинилися» в сучасному ландшафті через зміну забарвлення та ерозії, що з висоти людського зросту її дуже важко помітити. Через зміни рельєфу частина археологічного об'єкту може знаходитися під шаром ґрунту, і тому візуальне виявлення та наземне топографічна зйомка (а значить і дослідження) стають неможливими.

Аеро- або космознімок дає можливість одночасного огляду великої території в плановому зображенні (зображення, близьке до ортогональної проекції), тому приховані під шаром ґрунту структури археологічного об'єкта логічно доповнюють видимі контури. Всі видимі на знімку контури дешифруються за ступенем зміни тону забарвлення. Тому під час дешифрування археологічних пам'яток враховується власна тінь об'єкта й взаємозв'язок об'єкта з рельєфом місцевості. В деяких випадках за проектованою на землю тінню можна визначити тип пам'ятки (за силуетом) і обчислити його приблизну висоту.

Усі археологічні об'єкти, як правило, є штучними спорудами – результатом діяльності людини, тому їх зображення на аеро- та космознімках мають геометричні форми, відмінні від природних утворень як за своїм видом і структурою, так і за розташуванням на місцевості. Вони добре відрізняються від природних

об'єктів. Наприклад, лінійні споруди – такі, як вали, дороги, стіни міст, канали, великі міста і поселення – добре помітні на знімках у вигляді різноманітних контурів, причому відносна цінність фотограмметричних методів для їх виявлення зростає прямо пропорційно ступеню їх руйнування – тобто чим сильніше зруйновано об'єкт, тим більша ймовірність, що виявити його можна буде лише при застосуванні аерофотограмметрії.

Особливо складною задачею стає вивчення великих за площею об'єктів, таких як поселення, міста, поховальні комплекси, що зазнали значних змін через руйнування внаслідок антропогенної діяльності, зміни рельєфу. Під час вивчення таких пам'яток аеро- або космознімки є найбільш важливими, в окремих випадках – єдиним джерелом виявлення й вивчення об'єкта як у цілому, так і окремих його частин.

Іноді сліди (рештки) археологічних об'єктів майже відсутні, тому непомітні на земній поверхні внаслідок їх повного руйнування за минулі віки. У цьому випадку аеро- та космозйомка дозволяє виявити такі археологічні об'єкти за частинами їхніх структур, що частково збереглися на прилеглих територіях. За допомогою їх точної географічної прив'язки детально змоделювати весь археологічний об'єкт за кількома структурами, що більш-менш піддаються дешифруванню за допомогою аерофотограмметричних методів.

Можливість одночасного огляду всього комплексу археологічного об'єкту на аеро- та космознімках дозволяє виявляти комплексні ознаки, щодо територіальної та хронологічної відповідності окремих структур археологічного об'єкту.

Під час вивчення такого роду археологічних комплексів фотограмметрія з GPS прив'язкою постає унікальною методикою, оскільки навіть найбільш ретельна топографічна зйомка не дає такої повноти відомостей із можливістю подальшої математичної обробки й електронного моделювання.

Археологічні розвідки на значних територіях з складним рельєфом і на територіях, що постійно перебувають і змінюються під значним антропогенним впливом, неможливі без використання аеро- та космознімків. Аерофотограмметричні методи дозволяють не тільки оперативно та з високими показниками достовірності обстежити й закартографувати археологічні об'єкти на великих площах за відносно невеликих матеріальних витрат, але й найбільш доцільно спланувати їх наземне обстеження (у т.ч. і з технічної точки зору). Крім того, вони дозволяють задалегідь дистанційно визначити фактори, що загрожують археологічним об'єктам, й оперативно скласти план охоронних і рятувальних заходів.

Велика кількість археологічних об'єктів і комплексів за свою історію багато разів перебудовувалися, змінювали форму, структуру, іноді й призначення. Тому під час наземного обстеження часом неможливо розібратися в приналеж-

ності окремих частин і структур комплексів до одного чи іншого шару багатшарового об'єкту. На аеро- та космоснімках такі взаємні нашарування добре розрізняються за взаємним перетином і перспективним накладенням, що в поєднанні з наземним обстеженням дозволяє стратифікувати, дослідити та змоделювати кожен шар окремо.

Особливе місце займають фотограмметричні методи під час вивчення археологічних об'єктів більш давніх періодів. Ділянки поселень бронзового віку можуть простежуватися на поверхні землі тільки за невеликою різницею в кольорі поверхні ґрунту, що пояснюється відмінностями у складі ґрунту там, де шар ґрунту був у давнину порушений. Малопомітні під час наземного обстеження поселення бронзової доби добре дешифруються при співпадінні на аерофотознімках локальних змін забарвлення поверхні ґрунту й особливих ділянок стародавнього рельєфу, притаманних для розміщення поселень.

Досить результативними є фотограмметричні методи й для пошуку поховальних археологічних пам'яток – курганных могильників, зольників, могильників, жальників, кладовищ.

На територіях з інтенсивним сільським господарством курганні комплекси, як правило, сильно зруйновані внаслідок діяльності людини, їх сучасна висота здебільш не перевищує 50 см. Якщо врахувати, що діаметр кургану при цьому сягає 10–20 м, то візуально на місцевості таке піднесення виявити майже неможливо. Тому при наземних археологічних розвідках такі об'єкти часто залишаються невиявленими. На аеро- та космоснімках кургани дешифруються у вигляді округлих плям з більш світлим забарвленням поверхні ґрунту і добре помітні на тлі навколишньої місцевості.

Значну роль під час дешифрування зруйнованих курганів відіграє освітлення – найбільш сприятливі умови, якщо знімок було зроблено ввечері чи вранці, коли сонце стоїть низько над горизонтом і косі промені виділяють найменші нерівності рельєфу. Проте відсутність знімку з контрастними тінями можна компенсувати за допомогою даних GPS про висоту поверхні над рівнем моря, що буде відрізнятися для центру кургану і навколишньої місцевості. Також добре дешифруються на місцевості поховальні комплекси, що на даний момент часу зовсім не здіймаються над поверхнею ґрунту, однак на аерофотознімку вони добре помітні й за необхідності можуть бути визначені на місцевості. Це пояснюється тим, що органічний і механічний склад ґрунту в місцях, де були насипи та різні штучні споруди, відрізняється від сусідніх ділянок, тому в силу різних поверхневих перетворень, наприклад на розораних територіях, ці ділянки набувають різного кольору. Різнокольорові плями на місцях поселень, поховань інших археологічних об'єктів не мають правильної форми, що ускладнює

їх упізнання на місцевості, особливо на знімках, зроблених у середині дня, коли сонце освітлює поверхню землі під кутами, що близькі до 90 градусів. З вищесказаного випливає, що відмінності в кольорі окремих ділянок ґрунту, особливо геометрично правильних ділянок земної поверхні, мають велике значення для розпізнавання археологічних пам'яток як на знімках, так і на місцевості.

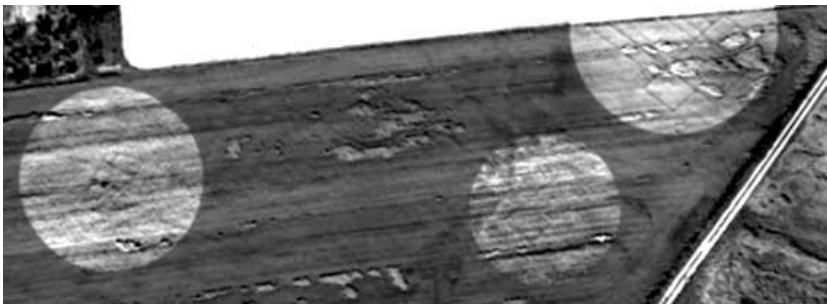
Ці властивості особливо важливі при археологічному обстеженні антропогенно змінених розораних територій, оскільки в цьому випадку всі археологічні пам'ятники не простежуються в рельєфі, й про їх наявність можна судити тільки з різниці в кольорі ґрунту.

Зазвичай на аеро- і космознімках розорані археологічні об'єкти добре помітні й за необхідності можуть бути визначені на місцевості. Це пояснюється тим, що органічний і механічний склад ґрунту в місцях, де були насипи та різні штучні споруди, відрізняється від сусідніх ділянок. Відтак, у силу різних поверхневих перетворень на розораній території ці ділянки набувають різного кольору. Оскільки ця закономірність зміни кольору поверхні ґрунту типова для різних природних умов, ландшафтів і для більшості археологічних об'єктів – вона стає основною дешифруючою ознакою під час застосування аерофотограмметрії для археологічної розвідки.

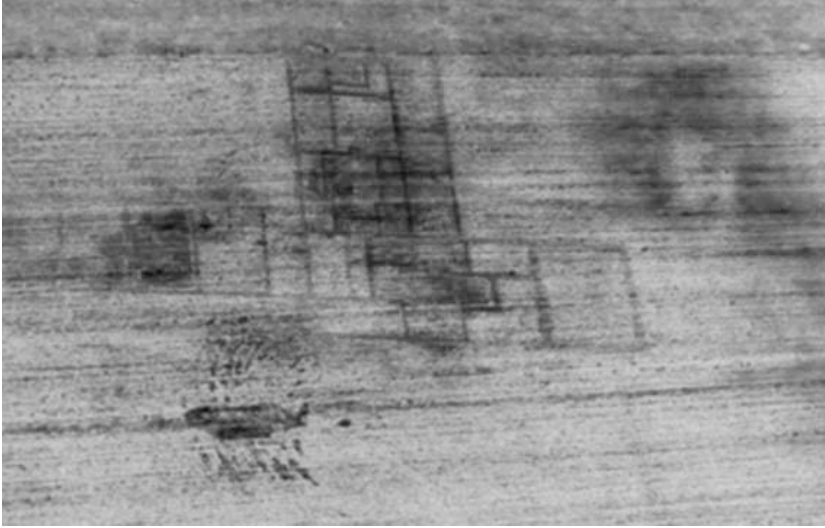
Таким чином, робимо висновок, що основними дешифруючими ознаками археологічних об'єктів є:

- відмінності в кольорі поверхні ґрунту та рослинності;
- геометрична форма відмінна від природних об'єктів;
- закономірності розташування на місцевості.

Застосування фотограмметрії та нової методики для пошуку, вивчення й охорони археологічних пам'яток і створення їх карт, планів та за аеро- та космознімками, має такі переваги:



Споруди римської доби Аїлія (Центральна Італія) – добре помітні після обробки космознімка навіть на полі, на якому ведуться сільськогосподарські роботи [19].



Археологічний комплекс маєтку римської доби в Бургундії (Франція) – добре помітний на щойно зораному полі завдяки зміні кольору ґрунту [20].

1. Універсальність – матеріали аеро- та космозйомки під час вивчення археологічних пам'яток, можна успішно використовувати на будь-яких ландшафтах й у різних природних зонах.

2. Економічність, бо досліджуються не самі об'єкти, а їх зображення.

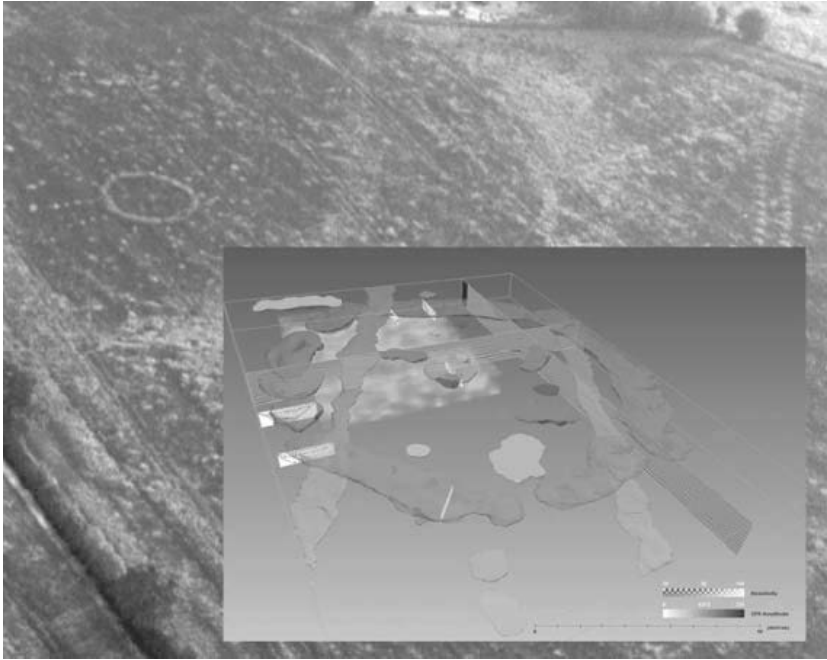
3. Висока точність вимірювань і визначень, зумовлена сучасними вимірювальними й обчислювальними засобами та приладами.

4. Оперативність отримання інформації.

5. Використання отриманих результатів для створення геоінформаційної моделі археологічного об'єкта як перспективний метод археологічного дослідження та як закономірний результат застосування не руйнівних методів дослідження за допомогою синтезу методів природничих наук.

6. Використання аерофотограмметрії для охорони та збереження археологічних пам'яток: моніторинг стану, виявлення загроз, впровадження створення геоінформаційної моделі як невід'ємного елементу вивчення та збереження пам'ятки історії й археології.

Значні перспективи відкриває запропонована методика й для охорони пам'яток – окрім того, що вона дозволяє в поєднанні з іншими дистанційними методами: досліджувати пам'ятки археології не руйнівними методами. Вона дозволяє оперативно, ще на етапі пошуку пам'яток за аеро- та космо-



Один із видів церемоніального комплексу неолітичної доби в Катхлі (Велика Британія) у вигляді геоінформаційної моделі [21].

знімкам виявляти фактори, що загрожують пам'ятці руйнуванням – як природного, так і антропогенного походження. Також дозволяє негайно виробити план заходів щодо мінімізації негативного впливу.

Що ж стосується методів створення електронних геоінформаційних моделей археологічних об'єктів культурної спадщини, то такі моделі як результат археологічних досліджень повинні стати нормою в нашій країні, так само як і на Заході.

Джерела та література

1. *Смит Б.* Дослідницька діяльність Європейського Союзу в царині культурної спадщини // Матеріали Міжнародної конференції EVA 2003 Москва, 1–5 декабря 2003 г. – М., 2003. – С. 1–22.
2. *Capper J.E.* Photographs of Stonehenge as seen from a war balloon // *Archaeologia*. – 1907. – С. 571–572.
3. *Rey.* La photographie, aerienne au service de l'archeologie? // *La Nature*. – 1919. – № 2360. – С. 117.
4. *Poidebard A.* Les revelations archeologiques de la photographie aerienne. Une nouvelle methode de recherches d'observations en region de Steppe // *Illustration*. – 1929. – № 25. – С. 600–662.
5. *Schmidt E.* Flights over Ancient Cites of Iran. – Chicago, 1940. (Див. додатки 1–4).

6. Photographic Archives of the Oriental Institute of the University of Chicago, Img #10A4. Знімок підписано: «IRAN: Persepolis – View of the Site Showing the System of Fortifications and the Complex of Palaces, From an Altitude of 2,440m on April 20, 1936. E. Schmidt».
7. Толстов С.П., Орлов М.А. Опыт применения авиации в археологических работах Хорезмской экспедиции // Вестник АН СССР. – М., 1948. – № 6. – С. 60.
8. Игонин Н.И. Исследование археологических памятников по материалам крупномасштабной аэрофотосъемки // История, археология и этнография Средней Азии. – М. 1968. – С. 257–267.
9. Андрианов Б.В. Дешифрирование аэрофотоснимков при Изучении древних оросительных систем // Археология и Естественные Науки. Сборник статей под общей редакцией Колчина Б.А., «Наука», Москва 1965, – С. 261- 268.
10. Андрианов Б.В. Вказана праця. – С.261- 268.
11. Мейер Н.Я., Кривоносов И.И. Применение аэрометодов для картирования закрытых дренажных систем // Труды Лаборатории аэрометодов. – М. ; Л., 1956. – 1956. – Т. V. – С. 83–107.
12. Шишкин К.В. Из практики дешифрирования аэрофотоснимков в археологических целях // Археология. – 1973. – № 10. – С. 32–40.
13. Шмаглий Н.М. Крупные трипольские поселения в междуречье Днепра и Южного Буга // Археологические исследования на Украине в 1976–1977 гг. : Тезисы докладов XVII конференции Института археологии АН УССР. – Ужгород, 1978. – С. 41–42.
14. Шишкин К.В. Планирование трипольских поселений по данным аэрофотосъемки // Археология. – 1985. – № 52. – С. 94–100.
15. Шишкин К.В. Из практики... – С. 32–40.
16. Зданович Г.Б., Зданович Д.Г. Протогородская цивилизация «Страна городов» Южного Зауралья (опыт моделирующего отношения к древности) // Культуры древних народов степной Евразии и феномен протогородской цивилизации Южного Урала. – Ч. 5. – Кн. 1. – Челябинск, 1995. – С. 48–62.
17. Зданович Г.Б., Батанина И.М. Аркаим – Страна городов. Пространство и образы // Челябинск, 2007. – С. 41–58.
18. Зданович Г.Б. Аркаим: арии на Урале или несостоявшаяся цивилизация // Аркаим. Исследования, поиски, открытия. – Челябинск, 1995. – С. 23–26.
19. Seeing the Unseen. Geophysics and Landscape Archaeology / edit.: Stefano Campana, Salvatore Piro. – London : Taylor & Francis, 2008. – P. 196, 275–331
20. Там само.
21. Там само.

Гнера В.А. Применение аэрофотограмметричных методов дистанционного зондирования земной поверхности в археологии

В статье рассмотрены основные аспекты применения аэрофотограмметричных методов в археологии, основные методики дешифровки археологических объектов на аэро- и космоснимков, изложена краткая историография вопроса. Предложена методика создания поискового алгоритма для совершенствования машинно-визуального, автоматизированного и автоматического способов дешифровки (поиска) археологических объектов на аэро- и космоснимков. Рассмотрены новые возможности по охране памятников археологии, которые открывают данные методы.

Ключевые слова: фотограмметрические методы в археологии, дистанционные методы исследования, аэрофотоснимок, космоснимок, спутниковая навигация (GPS), археологическая разведка, электронная модель археологического объекта, геоинформационная система, охрана памятников.

Gnera V.A. Application of aerial photogrammetric methods for remote sensing in archeology

In work reviews the basic aspects of application photogrammetric methods in archaeology, presented a brief historiography, reviews the basic methods of interpretation the archaeological objects

on aerial and satellite images. Proposed new method construct of search algorithm to improve to machine-visual, automated and automatic interpretation methods of searching archaeological sites in aerial and satellite images.

Consider new opportunities for the protection of archaeology objects, with remote data methods.

Key words: photogrammetric methods in archaeology, remote methods, aerial and satellite images, global position system (GPS), archaeological exploration, electronic model of archaeological sites, geo-information system, protection of archaeology objects.

Подано до друку: 30.11.2011р.

УДК 069.01:904

А.Р. КСМАЛОВА

Проблеми збереження археологічних пам'яток Північно-Західного Криму в умовах заповідника

У Північно-Західному Криму розташована велика кількість історичних і природних пам'яток, які складають унікальний культурний ландшафт регіону. Вартим уваги є пам'ятки археології, переважно античного часу. На сьогодні актуальними є питання збереження цілісного територіального комплексу культурного ландшафту цієї місцевості, якісного управління заповідними територіями та використання історичної спадщини в туристичній галузі. У статті розглядаються проблеми збереження археологічних пам'яток вказаного регіону в умовах заповідника.

Ключові слова: археологічна пам'ятка, спадщина, заповідник.

Численні природні й історичні пам'ятки Північно-Західного Криму формують своєрідний культурний ландшафт, важливим компонентом якого є археологічні об'єкти, що становлять невід'ємну частину історико-культурної спадщини [23, с. 138]. Вивчення даного регіону ведеться з 1825 р. до теперішнього часу [15, с. 1]. Отримані результати дозволили представити найбільш повну та достовірну картину заселення території стародавніми народами з особливостями їх культурної взаємодії й адаптації до природних умов проживання [34, с. 78]. Унікальна цінність археологічної спадщини Північно-Західного Криму визначається хорошим збереженням пам'яток античного часу, які в даний час привертають увагу не тільки дослідників, але й туристів. Однак, багато пам'ятників знаходяться під охороною як точкові об'єкти на карті [12, с. 27] і не мають охоронних зон (за винятком античних городищ Калос Лімен і Беляус) [32], а також не є об'єктами організованого туризму.

У зв'язку з цим постає питання про збереження як окремих об'єктів археології, так і цілісного територіального комплексу пам'яток культурного ландшафту [25, с. 133], який можна визначити як регіональний історико-культурний і природно-ландшафтний заповідник [3, с. 3]. Тому наша першочергова мета –