

УДК: 902.3(477-25+47.75)

М. Н. Дараган, К. М. Бондарь

ОТ ИЗМЕРЕНИЙ К РЕКОНСТРУКЦИЯМ: МЕТОДОЛОГИЯ НЕРАЗРУШАЮЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАМЯТНИКОВ АРХЕОЛОГИИ И ИСТОРИИ

В статье предложена методика изучения и реконструкции памятников археологии и истории, базирующаяся на неразрушающих методах геофизики и геоинформатики. Процесс исследования, от этапа натурных измерений и накопления данных до археолого-геоинформационных реконструкций, продемонстрирован на примере двух памятников: Хотовского городища скифского времени и историко-археологического объекта Великой отечественной войны Инкерманские штольни.

К л ю ч е в ы е с л о в а: археология, геоинформационная система, магнитометрия, неразрушающие исследования, Хотовское городище, Инкерманские штольни.

Постановка проблемы. Сегодня, в условиях масштабного строительства и возросшей антропогенной нагрузки, особенную актуальность приобрело сохранение объектов историко-культурного наследия, их всестороннее изучение, а также реконструкция утраченных. Использование традиционных для археологии методов изучения памятников предполагает разрушение объектов в результате раскопок, что противоречит принципу их сохранения. Поэтому, для обеспечения компромисса между полноценным изучением объектов культурного наследия и их сохранением необходимо разработать специализированную методологию их исследования. Она должна базироваться на междисциплинарном подходе, важнейшей составляющей которого, должны стать неразрушающие исследования [Коробов, 2016, с. 313]. Эти же методы могут использоваться и для реконструкции полностью или частично разрушенных объектов историко-культурного наследия.

© М.Н. ДАРАГАН, К.М. БОНДАРЬ, 2017

Методический подход и качественная характеристика исходных данных. Современные неразрушающие исследования направлены на получение исчерпывающей информации о памятнике при помощи аппаратных геофизических измерений, данных дистанционных зондирований и другой информации, имеющей географическую привязку, с дальнейшим обобщением и анализом с помощью геоинформационных технологий, обеспечивающих единое пространственное представление данных. В археологических и исторических исследованиях геоинформационные технологии реализуются на базе географической информационной системы (ГИС), представляющей собой аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных, в виде их цифровых представлений, объединенных в набор слоев. В структуру археологической (исторической) ГИС входят, в первую очередь, различные картографические материалы и данные геофизических изысканий.

Картографические материалы могут быть представлены разновременными и разномасштабными картами, данными дистанционного зондирования земли, данными наземных GPS и тахеометрических съемок, планами памятников, раскопок и отдельных объектов.

Наличие разновременной картографической информации позволяет создавать «временные срезы», что дает возможность проводить мониторинговые исследования: судить о сохранности археологических и исторических памятников, выявлять новые объекты археологии и истории, отслеживать динамику природных и антропогенных процессов, способствующих



Рис. 1. Методологическая структура современного неразрушающего исследования памятников историко-культурного наследия

их разрушению. Это особо актуально для территорий с высокой степенью проявлений антропогенных рисков, где нередко нарушаются нормы использования и охраны земель историко-культурного назначения. Кроме того, в рамках ГИС картографические материалы являются основой для создания высокоточных планов и моделей поверхностей памятников, что имеет важное значение для визуализации памятников, изучения их топографии.

Геофизические материалы представлены данными геофизических съемок, позволяющих проводить площадное и послойное изучение археологических и исторических объектов.

При этом следует отметить, что методический подход к современному геофизическому картированию обусловлен жесткими требованиями к качеству исходных материалов. Используемые геофизические методы, а это — высокоточная магнитометрия, различные технологии электроразведки, георадарная съемка — должны обеспечить нахождение максимального количества археологических / исторических объектов на памятнике. А детальность полевых геофизических измерений и качество полученных геофизических материалов должно быть достаточным для выделения отдельных типов геофизических аномалий и их предварительной археологической интерпретации.

Особое значение геофизическое картирование приобретает при вынесении в натуру границ археологических памятников. Информация о структуре культурного слоя, получен-

ная с использованием оперативных неразрушающих геофизических методов, позволяет не только провести предварительную интерпретацию памятника в целом, но и выделить на его территории объекты, раскопки которых позволят уточнить предварительные выводы исследователей.

Применение геофизических методов и ГИС моделирование важно при реконструкции пространственной ситуации памятников, но также в несколько раз сокращает объем земляных работ и стоимость как памятникоохранных исследований, так и академических археологических проектов, и позволяет определить стратегию будущих раскопок с наименьшими разрушениями и затратами.

Значительный научный и практический опыт, наработанный авторами на памятниках различной хронологии и культурной принадлежности, позволяет предложить обобщенную методологическую схему неразрушающего исследования (рис. 1).

Примеры применения неразрушающей методологии при изучении памятников историко-культурного наследия. Следуя схеме, представленной на рис. 1, рассмотрим процесс продвижения историко-археологического исследования от этапа натуральных измерений и накопления данных до археолого-геоинформационных реконструкций на примере двух объектов: Хотовского городища скифского времени и историко-археологического объекта Великой отечественной войны Инкерманские



Рис. 2. Хотовское городище: 1 — вид с запада; 2 — эскарп на верхних склонах холма

штольні (г. Севастополь). Інтерес к этим памятникам вызван тем, что оба они, на данный момент, подвергаются активному разрушению. Инкерманские штольні были взорваны летом 1942 г., а с 2001 г. там ведутся активные инженерные и саперные работы, а разрушение Хотовского городища началось уже в наше время в 2008 г. при строительстве элитного жилого комплекса.

Хотовское городище скифской эпохи.

Хотовское городище скифской эпохи находится у южной границы г. Киева¹. Городище устроено на природном холме, форма которого близка к треугольной. Холм с севера, востока и запада ограничен крутыми склонами оврагов, по дну которых протекали ручьи, а с юга его границей была долина Хотовского ручья. Кроме того, по всему периметру городище было окаймлено валом и рвом, на некоторых участках усиленных эскарпами (рис. 2). До последнего времени фортификация в полной мере была видима в северной, западной и восточной частях, и в меньшей степени в южной. Площадка горо-

дища имеет существенный наклон в юго-восточном направлении, наиболее высокая его часть — северо-западная. Площадь городища внутри фортификационной линии составляет 31 га [Покровська, 1952, с. 12; Петровська, 1970, с. 130; Ковпаненко, Бессонова, Скорый, 1987, с. 139; Петрашенко, Козюба, 1993, с. 16; Максимов, Петровская, 2009, с. 11]. Городище функционировало со второй половины VII вв. до н. э. по середину — третью четверть VI в. до н. э.

В северо-западной части городища проводились археологические исследования в 1947—1948 гг., 1965—1968 гг. На участках, прилегающих к оборонительному валу, выявлены три завала глиняной обмазки размерами 14 × 3, 20 × 6 и 21 × 4 м и три ямы одна из которых землянка размерами 5,4 × 4,65 м. В двух эпизодах зафиксирована прямая стратиграфия: завалы глиняной обмазки перекрыли прекратившую функционировать землянку и яму. Тогда же разведками были обнаружены завалы глиняной обмазки в обрывах южной части городища. На городище также закладывались многочисленные шурфы и разведочные траншеи, в которых не были обнаружены археологические объекты. Эти данные позволили Е.Ф. Покровской и Е.А. Петровской сделать заключение, что большая часть территории городища была не-

1. Хотовское городище памятник национального значения (№ 100013-Н в государственном реестре Украины), согласно постановлению Совета Кабинета Министров Украинской ССР от 21.07.1965 г. (№ 711), постановлений Кабинета Министров Украины от 27.12.2001 г. (№ 1761) и 3.09.2009 г. (№ 928).



Рис. 3. Хотовское городище на космоснимках: 1 — до 2009 г.; 2 — в 2015 г.; 3 — 3D-модель северной части

застроенной [Покровська, 1952, с. 12—14; Петровська, 1970, с. 130—132].

В 2004 г. геофизической группой Института геофизики на городище была проведена высокоточная магнитная съемка. Съемкой была охвачена территория площадью 6,1 га: вся северная часть городища, участки, прилегающие к оборонительной системе с запада и востока и отдельные площадки в центральной части памятника.

Магнитометрические наблюдения выполнены протонными магнитометрами МИНИМАГ (Геологоразведка, РФ) с разрешением датчиков 0,1 нТл. Съемка выполнена поквадратно, размеры одного квадрата составляли 50 × 50 м. Шаг по профилю составлял 1 м, расстояние между профилями — 1 м.

Тогда же раскопками было проверено 12 аномалий, из которых четыре соответствовали археологическим объектам [Ивакин, Дараган, Орлюк и др., 2005; Дараган, 2005; Дараган, Орлюк, Кравченко, 2007].

В 2008 г. геофизической группой геологического факультета Киевского Национального Университета высокоточная магнитная съемка была проведена на участке площадью 0,25 га в юго-восточной части городища.

Несмотря на то, что Хотовское городище является памятником национального значения, в 2009 г. началось целенаправленное разрушение собственно городища и окружающего его пространства. Строительством элитного загородного особняка разрушена северная часть го-

родища, уничтожены участки фортификации с северной, северо-западной и восточной сторон и преобразованы большие участки ландшафта, прилегающие к ним (рис. 3).

Памятникомохранными органами также была уменьшена площадь городища, и, как следствие, изменено целевое назначение земель, ранее входивших в единый комплекс Хотовского городища, сопровождавшееся дроблением земельного массива. Согласно публичной кадастровой карте Украины, участок городища на сегодняшний день состоит из 20 земельных участков площадью от 0,1 до 16,5 га, тип собственности которых — частный. И только для одного участка площадью 16,4917 га целевое назначение определено как земли историко-культурного назначения [Євсюков, Опенько, 2013, с. 5—6].

С целью реконструкции и изучения пространственной ситуации городища, а также изучения принципов его пространственной организации авторами в 2015 г. была создана ГИС «Хотовское городище» в которой были обобщены археологические и геофизические данные, дополненные картографическими материалами различных временных и масштабных рядов и данными дистанционного зондирования земли.

Картографический блок представлен топографическими картами масштаба 1 : 1000, 1 : 5000 и 1 : 10000; данными аэрофото и космоснимков до начала разрушительных строительных работ на памятнике и после (снимки с ресурсов Google, Yandex, Bing Maps 2002—2016 гг.) (рис. 3), планами городища, составленными в 1947—1948 гг. По этим данным создана цифровая модель рельефа памятника и его окружи (рис. 3). Это позволило с достаточной ясностью выяснить его топографию, конфигурацию, расположение оборонительных сооружений, размеры. Уточненная площадь городища составила 35 га.

Геофизический блок представлен картой геомагнитного поля. В 2015 г. проведена пе-

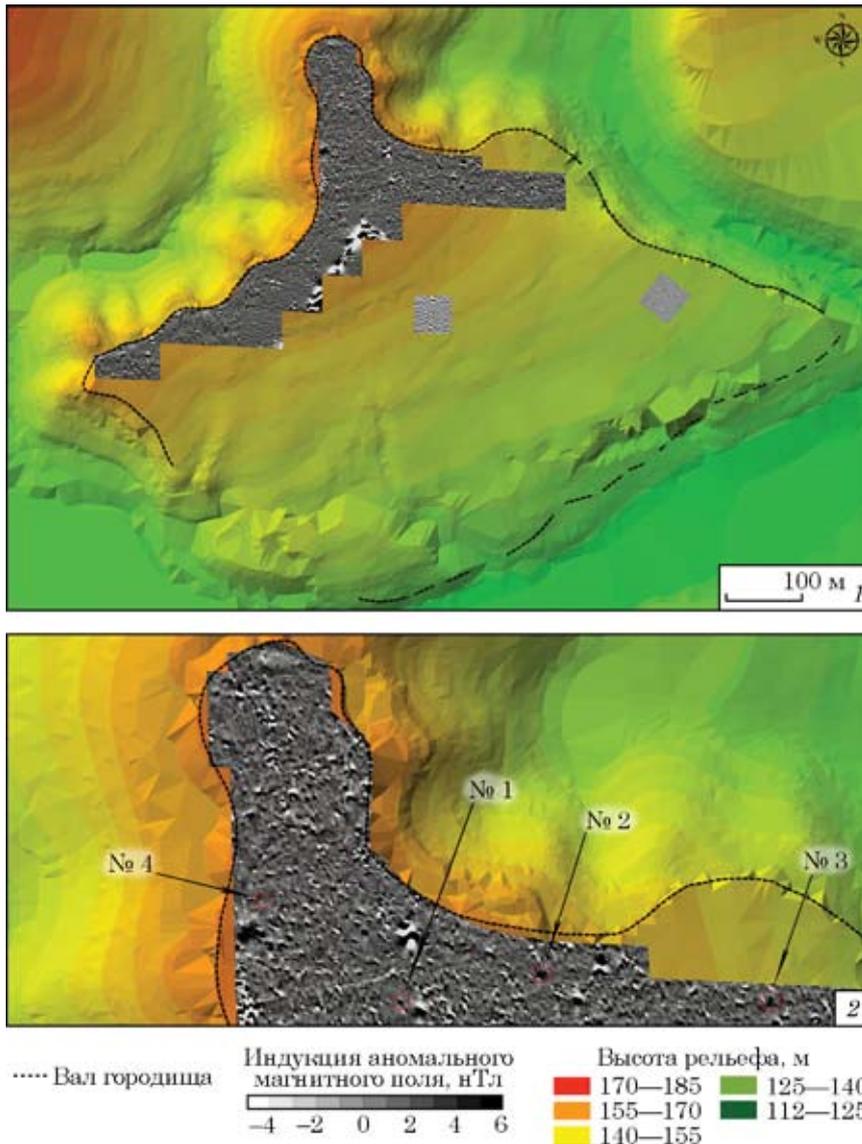


Рис. 4. Карта магнитной индукции, наложенная на цифровую модель рельефа городища (1); магнитные аномалии, соответствующие археологическим объектам (2)

реобработка первичной магнитометрической информации. Из измеренных значений индукции магнитного поля вычтена нормальная составляющая — сплайн-аппроксимация магнитной индукции для каждого профиля. Этот прием позволил также избавиться от влияния геомагнитных вариаций. В результате была получена карта локальных аномалий магнитной индукции [Дараган, Орлюк, Роменец, Бондарь, 2016] (рис. 4).

Проверенные раскопками в северной части городища аномалии (рис. 4) показали следующее их соответствие археологическим объектам.

Объект № 1 исследован в центре северной части городища на месте положительной изометрической аномалии со слабо выраженным минимумом вокруг нее интенсивностью в 12 нТл. Размеры аномалии по нулевой изолинии 4 × 4 м. Аномалии соответствовал завал глиняной обожженной обмазки показавшийся на глубине 0,18—0,23 м размером 2,80 × 2,30 м (рис. 5). Слой завала состоял из раздроблен-

ных обломков сильно пережженной стеной обмазки со следами выгоревших прутьев, фрагментов лепной керамики скифского времени и костей животных.

Объект № 2 исследован в северо-восточной части городища на месте сложной положительной изометрической аномалии с двумя отстоящими друг от друга на расстоянии 5 м максимумами.

Аномалии соответствовали два завала глиняной обмазки от углубленного помещения размерами 5,8 × 4,3, глубиной 1,10 м. Глиняная обмазка завалов представлена фрагментами различного размера от сожженной каркасно-глинобитной конструкции (рис. 6).

Объект № 3 исследован в северо-восточной части городища на месте аномалии субмеридионального простираения интенсивностью около 8 нТл и размерами

2 × 5 м. Ему соответствовали два скопления слабообожженной глиняной обмазки, обнаруженные на глубине 0,25, размерами 0,5 × 0,5 м, мощностью 0,3 м. В завале встречались также фрагменты керамики, кости животных и ракушки.

Объект № 4 исследован в северо-западной части городища на месте слабой положительной магнитной аномалии интенсивностью 4 нТл размером 1 × 1 м. Аномалия соответствовала каменной вымостке размерами 1,5 × 1 м. Площадка имела следы воздействия огня, но следов постоянного сильного воздействия высоких температур зафиксировано не было.

Остальные проверенные аномалии во всех случаях обусловлены присутствием железных фрагментов, преимущественно времени Великой отечественной войны, в том числе воронками от попадания снарядов.

На обновленной карте обозначились новые аномалии, не проявившиеся при первичном анализе, которые могут также соответствовать археологическим объектам (рис. 4; 7). Это цепь

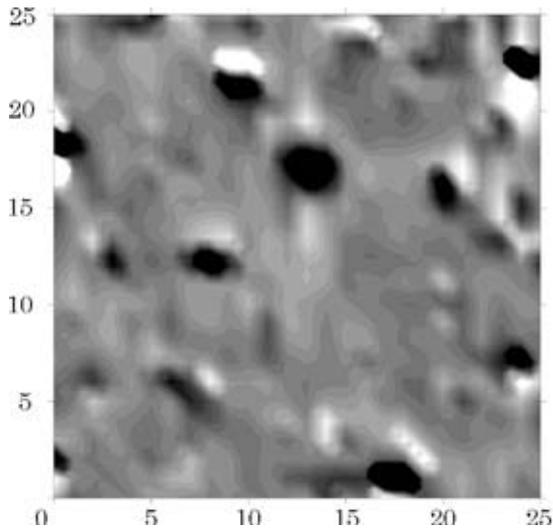


Рис. 5. Хотовское городище, объект 1

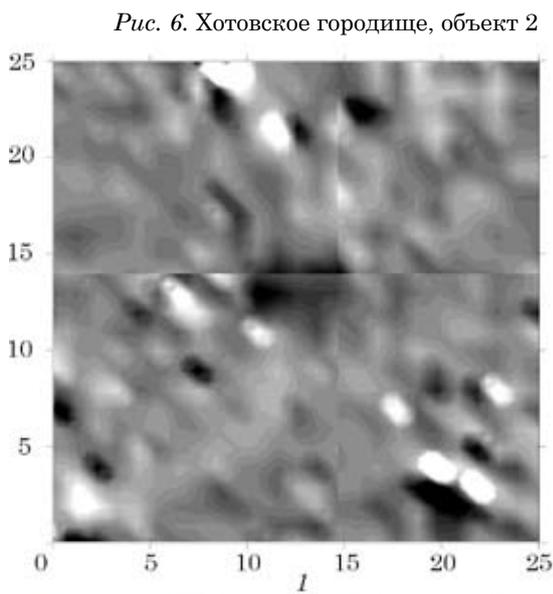


Рис. 6. Хотовское городище, объект 2



положительных аномалий, тянущаяся вдоль внутренней западной кромки вала. Исходя из результатов раскопок 1947—1968 гг. источниками этих аномалий, скорее всего, являются

завалы обожженной глиняной обмазки. Они являются остатками глинобитных наземных конструкций, возможно имеют отношение к конструкции вала. Также на территории горо-

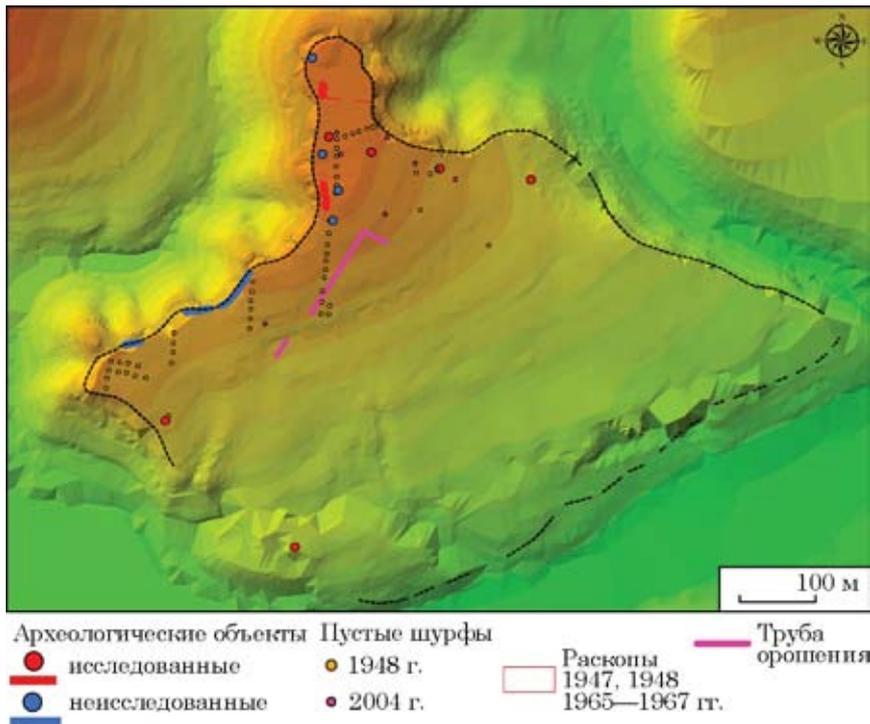


Рис. 7. Хотовське городище; цифрова модель рельєфа і виділенні археологічні об'єкти

дища в северній і северо-восточній часті виділяється три ізометричних позитивних аномалії діаметром більше 2 м, аналогічних аномаліям от розкопаних об'єктів 1—3.

В северній часті городища на магнітній карті присутствує також більше кількість аномалій, які потенціально можуть бути зв'язані з археологічними об'єктами, такими як невеликі господарські ями (мелкі позитивні аномалії) або печі (крупні аномалії, мають негативну сопряженну часті з северної сторони), однак з впевненістю цього утверждати не можна зв'язи з сильної замушеністю території залізом. Слід мати на увазі, що територія Хотовського городища входила в Київський укріпрайон і піддавалася сильним обстрілам во время ВОВ.

Всього на ділянці, охопленій геофізическою зйомкою виділяється близько 20 об'єктів (з урахуванням уже досліджених), які можуть бути пов'язані з наземними житлами або землянками скифського часу. При цьому всі об'єкти, які можуть бути реконструйовані як рештки будівель з каркасно-глинобитними стінами, розташовані приблизно на рівному інтервалі вздовж вала городища в його северо-восточній і северо-западній часті (рис. 7). В западній і северо-восточній часті городища на ділянках, розташованих більше ніж в 25 м від вала подібних об'єктів не виявлено. Археологічні об'єкти відсутні на ділянках зйомки в центральній і юго-восточній часті пам'ятника.

З урахуванням наявних даних розкопок, реконструюється тип просторової органі-

зації городища з розрешеною застійкою вздовж оборонної системи і відсутністю застійки в його центральній часті (рис. 7). Результати нашого дослідження підтверджують дані Е.Ф. Покровської і Е.А. Петровської про конфігурацію городища, його площі і їх спостереження про те, що значуща часті пам'ятника залишалася вільною від застійки. Ці дані мають важливе значення для розуміння просторової організації городищ лесостепної зони України в скифський час.

Историко-археологический объект «Инкерманские штольни».

При в'їзді в Інкерман (Севастополь), можна спостерігати рештки гори Шампань в вигляді хаотичного нагромождєння гігантських каменних глыб. Гора Шампань має багату історію. На поверхні гори в IX—VII вв. знаходилося поселення початку раннього залізного віку; в часі раннього середньовіччя на цьому місці виник християнський монастир; в XIX в. в скальній масиві гори були вирізані штольні в вигляді прямокутних виробок висотою до 10 м і шириною до 15 м, протяженістю всередині гори до 100 м. Штольні з'єдналися між собою потернами — поперечними виробками меншого розміру. До ВОВ в штольнях розміщався завод шампанських вин. З початком оборони Севастополя тут розмістився Спецкомбінат № 2 по виробству боєприпасів, а також сховище, в якому на протязі останніх днів оборони зберігався боєзапас армії і флоту. По архівним даним в штольнях гори до 30 червня 1942 г. було сконцентровано близько 10 тис. т (близько 500 вагонів) боєприпасів різного калібру і значення, технічне імущество і майстерські. Деякі штольні пустували. 30 червня 1942 г. входи до 11 штольнь гори Шампань були підірвані. По спогадам Е. фон Манштейна: «Рано вранці 29 червня 1942 г. повинно було початися генеральне наступлення на внутрішню часті фортеці. Коли наші війська ворвалися в населений пункт Інкерман, вся скала за населеним пунктом задрожала від чудовищної сили вибуху. Стіна висотою приблизно 30 м обрушилася на протязі близько 300 м» [Манштейн, 2009, с. 300] (рис. 8).

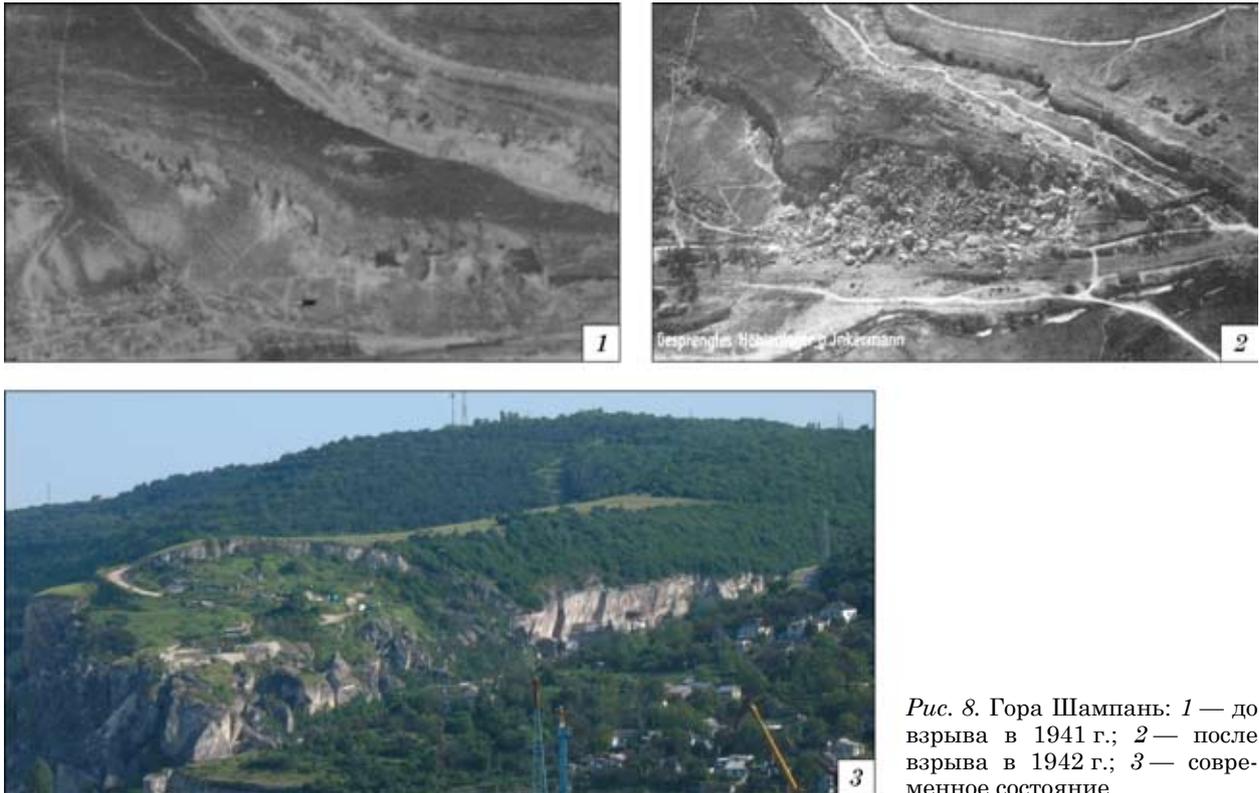


Рис. 8. Гора Шампань: 1 — до взрыва в 1941 г.; 2 — после взрыва в 1942 г.; 3 — современное состояние

Скальный массив над штольнями был раздроблен на отдельные обломки и просел на 10—30 м. Линейность разрывов и их ориентировка свидетельствуют о том, что большинство из них приурочено к разрушенным штольням и поперечным штрекам. Сами штольни завалены обломками скал, однако есть сохранившиеся участки, доступ к которым возможен через трещины и пустоты между обломками.

Несмотря на огромную силу взрыва, значительная часть боезапаса при подрыве штолен не сдетонировала и ныне находится частично в уцелевших участках штолен, частично под завалами. Это объясняется тем, что боеприпасы и взрывоопасные вещества (порох) были сосредоточены по большим площадям штолен в виде отдельных штабелей, разделенных перегородками из камня и мешков с песком, а также отдельным хранением снарядов, зарядов и взрывателей в разных штольнях. На протяжении двух последних десятилетий значительная часть боеприпасов была несанкционированно использована местными жителями с целью добычи взрывоопасных веществ (тола и пороха).

С 2001 г. проводятся активные проходческие и саперные работы по извлечению боеприпасов из Инкерманских штолен. По состоянию на июнь 2011 г. для проходческих работ было построено 4 вертикальных ствола глубиной до 24 м, от стволов пройдены подземные выработки. В самих выработках, несмотря на наличие железобетонных колонн-креплений, постоянно происходили обвалы. Учитывая 7-балльную

сейсмичность участка эксплуатация подземных выработок представляется крайне опасной.

Тем самым стала очевидной необходимость создания эффективного инструмента представления, накопления и анализа всей пространственной информации об объекте, как для принятия стратегических управленческих решений, так и для представления горы Шампань как историко-археологического объекта. В 2011—2013 гг. нами проведена работа по созданию многофакторной трехмерной модели горы Шампань на базе геоинформационных технологий. Модель включает в себя топогеодезические данные, аэро- и космоснимки, данные бурения, информацию о состоянии пород массива, данные геофизических исследований, маркшейдерских съемок подземных выработок и инструментальных съемок подземных пустот, данные археологических изысканий.

На горе Шампань выполнена топографическая съемка и получена цифровая модель поверхности горы; составлен топографический план участка изысканий масштаба 1 : 1000 с сечением изолиний рельефа 1 м.

Геофизические исследования реализованы в виде высокоточной детальной магниторазведки. В рамках исследованного участка магнитная индукция изменяется более чем на 1000 нТл, что при имеющемся геологическом строении массива однозначно свидетельствует о наличии погребенных техногенных объектов — источников магнитных аномалий. В юго-восточной части горы зарегистрирована большая знакопеременная аномалия интен-

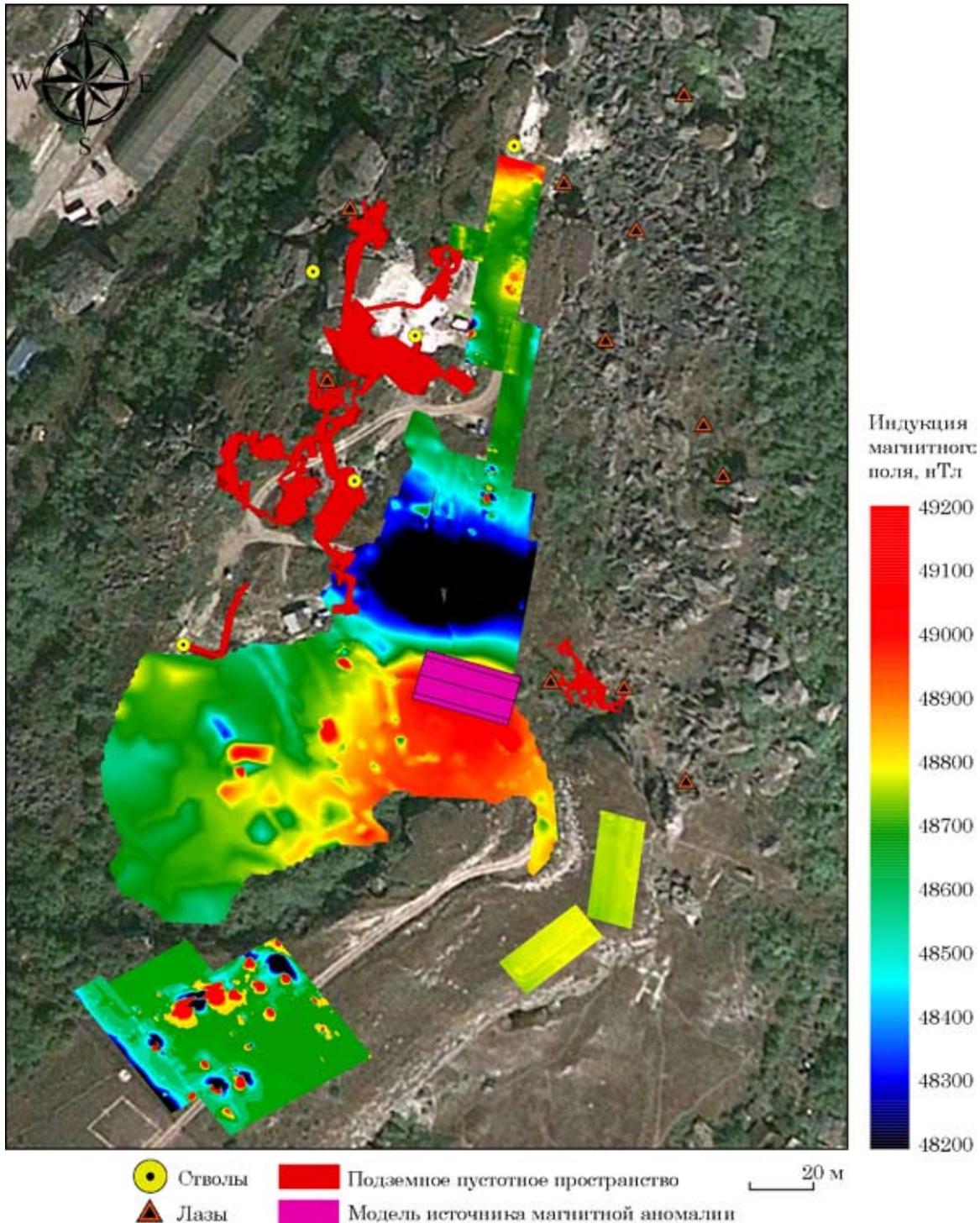


Рис. 9. Гора Шампань; совмещение карты магнитного поля, плана подземного пустотного пространства и проекции объекта-источника магнитной аномалии на космоснимок 2010 г. с ресурса Google Earth

сивностью ± 500 нТл. Положительная часть ее достигает размеров 40×40 м. Сопряженная отрицательная часть располагается с северной стороны. Источником такой аномалии может быть глубоко залегающий объект, имеющий сильную, преимущественно индуктивную намагниченность. Именно эта аномалия может быть связана с основным боезапасом времен ВОВ. Согласно результатам количественной интерпретации, источник аномалии аппрок-

симируется параллелепипедом, который залегает горизонтально. Длина его составляет ~ 31 , ширина ~ 16 , высота ~ 7 м. Глубина подошвы модельного тела ~ 10 м в относительной системе координат, глубина до кровли модельного тела ~ 25 м от дневной поверхности.

С целью создания карт, планов и трехмерной модели подземного пространства горы Шампань была выполнена оцифровка маркшейдерских планов выработок, топосъемка ходов и

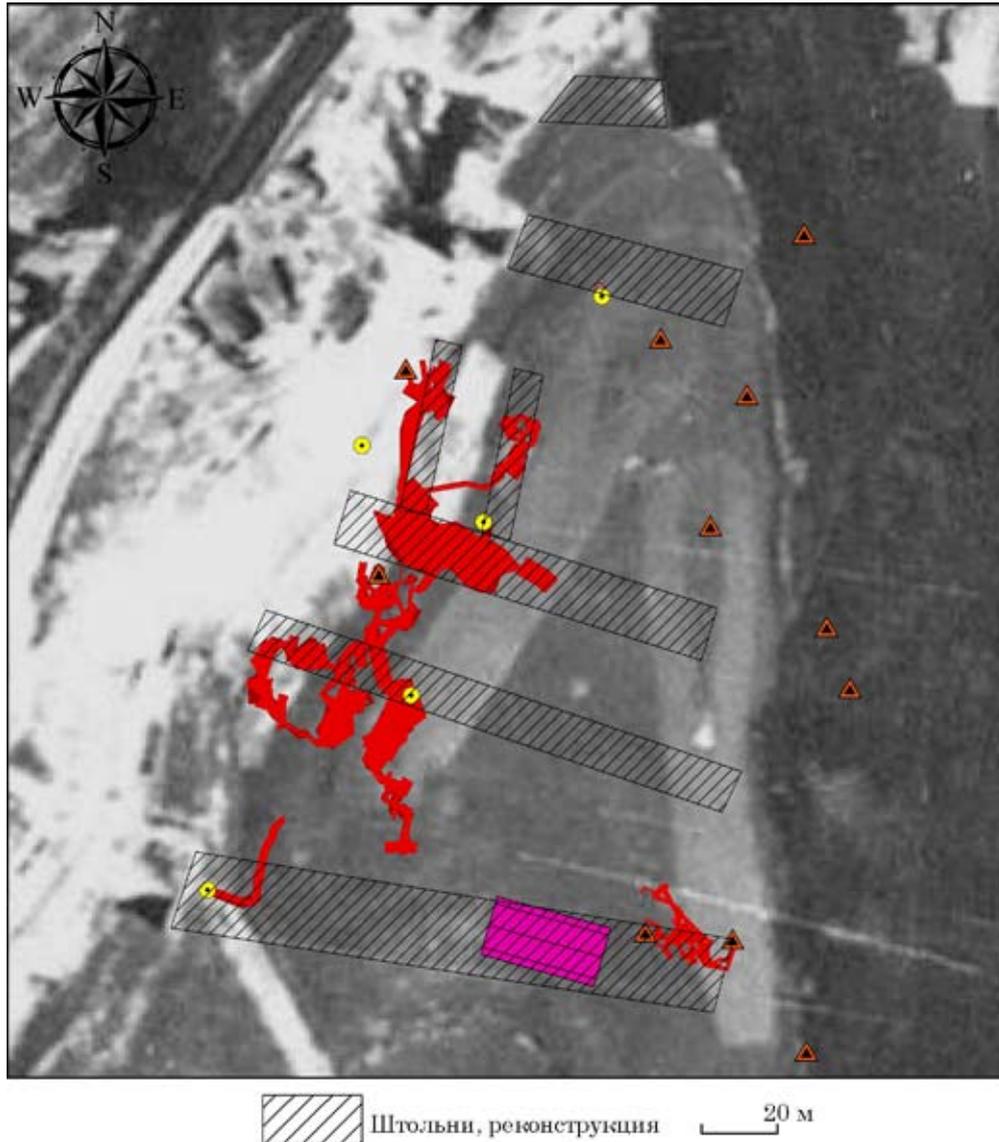


Рис. 10. Реконструкция некоторых штолен и штрэков горы Шампань по данным дешифровки аэрофотоснимка 2.04.1942 г. и спелестологических исследований

лазов в завалах по 3 классу точности, который предусматривает создание съемочной сети без долговременного закрепления точек.

ГИС «Инкерманские штольни» генерировалась в несколько основных этапов, определяющих ее концептуальную структуру. Первый этап — анализ и подготовка информации, классификация исходных данных и их оценка. Он характеризуется подбором основного перечня имеющегося разнопланового материала, его систематизации и определения потенциала использования. В результате собрана картографическая продукция разных уровней и тематик, избранные и подготовленные планы для шифровки. В качестве опорных данных для создания геоинформационной системы были использованы: космоснимок QuickBird 2010 г.; космоснимок со спутника GeoEye до 2001 г.; космоснимок со спутника IRS с ресурса Yandex; аэрофотоснимки Люфтваффе 31.10.1941 г.,

2.11.1941 г., 8.04.1943 г., 23.04.1942 г. (до подрыва штолен); аэрофотоснимок Люфтваффе 1942 г., сделанный вскоре после подрыва штолен; современный аэрофотоснимок (до 2001 г.). Пространственно-геометрическому согласованию подлежали: данные наземной тахеометрической съемки; карты масштабов 1 : 10000 1972 г.; 1 : 50000 1982 г.; 1 : 100000 1982 г.

Создана базовая карта слоев, растровой, векторной, тематической информации, содержащих наиболее типичные для данной местности объекты. Выполнена дешифровка материалов дистанционного зондирования земли с целью локализации характерных техногенных объектов: стволов горных выработок, сооружений. Результаты дешифровки были согласованы с данными, полученными с топографической картой и наземной тахеометрической съемки.

На втором этапе разработки геоданных создан геофизический модуль, для просмотра в

среде ArcGIS пространственных геофизических данных. На третьем — в проект интегрированы данные подземных съемок. В результате обработки данных материалов созданы цифровые модели рельефа (ЦМР) территории и синтетические модели наземной и подземной топографии участка работ [Бондарь, Дараган, 2012].

Анализ совмещения топоосновы, карты магнитного поля и плана подземного пустотного пространства горы Шампань, свидетельствует, что основная магнитная аномалия, которая может быть связана с боезапасом, находится в южной части горы вблизи крупного разлома-сброса (рис. 9), существующие подземные хода не достигают ее источника.

На многих аэрофотоснимках хорошо читается вход в штольню, который находился с западной стороны горы (на уровне современного ствола 1). Предполагается, что именно в этой штольне был осуществлен самый мощный взрыв. Источник основной аномалии локализуется на продолжении этой штольни на восток. Логично предположить, что боезапас находился именно здесь и первоочередной задачей советских саперов было ограничение доступа именно к этой штольне. Совмещение обследованного подземного пустотного пространства, в котором зафиксированы стенки штолен и штреков, с аэрофотосъемкой 1941—42 гг. позволяет сделать реконструкцию расположения некоторых штолен и штреков (рис. 10).

В результате сравнительного анализа поверхности горы средствами ГИС показано, что площадь ее вследствие взрыва сократилась вдвое, при этом северный отрог снесен полностью.

По результатам исследования в 2011—12 гг. выполнен значительный объем горнопроходческих и укрепляющих работ, обеспечивший должный уровень безопасности персонала работающего в штольнях. Также выполнена проходка через один из лазов с западной стороны горы по направлению к источнику основной магнитной аномалии. Открытая полость оказалась большим фрагментом хорошо сохранившейся штольни с обрушенной стеной. В полости найдено скопление металлических труб, используемых при производстве боеприпасов времени ВОВ.

Таким образом, разнородная экспериментальная информация, обобщенная и проанализированная средствами ГИС, привела к важным выводам о состоянии скального массива, объеме пустотного пространства, степени сохранности штолен и штреков и характера их использования во время Великой отечественной войны.

Выводы. Предложенная методология неразрушающих исследований памятников археологии и истории содержит средства сбора и анализа разнородного фактического материала и позволяет реализовать комплексный подход при создании археолого-геоинформационных реконструкций.

Картографический материал, данные археологических, геофизических и других натурных и дистанционных исследований, обобщенные в рамках геоинформационных систем, должны стать основой мероприятий по охране, исследованию и управлению объектами историко-культурного наследия.

Бондарь К., Дараган М. Создание геоинформационной модели историко-археологического объекта «гора Шампань» (Инкерманские штольни) // Виртуальная археология (неразрушающие методы исследований, моделирование, реконструкции): Материалы 1 междунар. конф. (4—6 июня 2012 г.). — СПб, 2012. — С. 192—201.

Дараган М.Н. Античная керамика из Хотовского городища скифской эпохи // Боспорский феномен. Проблема соотношения письменных и археологических источников. — СПб, 2005. — С. 256—261.

Дараган М.Н., Орлюк М.И., Кравченко Э.А. Результаты геофизических исследований на Хотовском городище скифской эпохи // Археология и геоинформатика. — М., 2007. — Вып. 4. — CD-ROM.

Дараган М., Орлюк М., Роменец А., Бондарь К. Интерпретация даних високоточної магнітної зйомки в складі археологічної ГІС (на прикладі Хотовського городища Скіфської доби) // 15th EAGE International Conference on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects. — 2016. — CD-resource. — 4 p.

Ивакин Г.Ю., Дараган М.Н., Орлюк М.И. и др. Геофизические и археологические исследования Хотовского городища скифской эпохи // АБУ 2004 р. — К., 2005. — С. 400—406.

Маништейн Э. Утерянные победы. Воспоминания фельдмаршала. — М., 2009. — 289 с.

Петровська Є.О. Ранньоскіфські пам'ятки на південній околиці Києва // Археологія. — 1970. — Т. XXIV — С. 129—145.

Євсюков Т., Опенько І. Моніторинг особливо цінних земель із застосуванням технологій ДЗЗ та ГІС // Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер: Економіка АПК. — 2013. — № 20 (2). — С. 231—242.

Коробов Д.С. Современные подходы в полевой археологии // Междисциплинарная интеграция в археологии (по материалам лекций для аспирантов и молодых сотрудников). — М., 2016. — С. 312—342.

Максимов Е.В., Петровская Е.А. Древности скифского времени Киевского Поднепровья. — Полтава, 2008. — 126 с.

Ковпаненко Г.Т., Бессонова С.С., Скорый С.А. Памятники скифской эпохи Днепровского Лесостепного Правобережья (Киево-Черкасский регион). — К., 1989. — 336 с.

Покровська Є.Ф. Хотівське городище // АП УРСР. — 1952. — Т. IV. — С. 12—20.

М. М. Д а р а г а н, К. М. Б о н д а р

M. M. D a r a g a n, K. M. B o n d a r

ВІД ВИМІРЮВАНЬ ДО РЕКОНСТРУКЦІЙ: МЕТОДОЛОГІЯ НЕРУЙНІВНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАМ'ЯТОК АРХЕОЛОГІЇ ТА ІСТОРІЇ

У статті розглянуто методологію вивчення та реконструкції пам'яток археології та історії, що базується на неруйнівних методах геофізики та геоінформатики. Запропонована методологія містить засоби збору та аналізу різноманітного фактичного матеріалу і дозволяє реалізувати комплексний підхід при створенні археолого-геоінформаційних реконструкцій. Практичне застосування продемонстровано на прикладі двох пам'яток: Хотівського городища скіфського часу та історико-археологічного об'єкту Другої світової війни — Інкерманські штольні.

Представлена реконструкція типу просторової організації Хотівського городища з розрідженою забудовою уздовж захисної системи й відсутністю забудови у його центральній частині. Отримані результати підтверджують дані попередніх дослідників про конфігурацію і площу городища і мають важливе значення для розуміння просторової структури городищ лісостепової зони України за скіфської доби.

Різноманітна експериментальна інформація, узгалънена та проаналізована засобами ГІС, привела до важливих висновків про стан скельного масиву, об'єм порожнинного простору, ступеня збереженості штолень і штреків Інкерману і характер їх використання під час Другої світової війни.

Ключові слова: археологія, геоінформаційна система, магнітометрія, неруйнівні дослідження, Хотівське городище, Інкерманські штольні.

FROM MEASUREMENTS TO RECONSTRUCTIONS. THE METHODOLOGY FOR NON-DESTRUCTIVE INVESTIGATIONS OF ARCHAEOLOGICAL AND HISTORICAL MONUMENTS

The article discusses the methodology for the study and reconstruction of archaeological and historical monuments, based on non-destructive methods of geophysics and geoinformatics. The proposed methodology provides means for collecting and analyzing diverse factual material and implies integrated approach when creating archaeological geoinformation reconstructions. The practical application is demonstrated on the examples of two monuments: Hotov hillfort of Scythian time and Inkerman galleries, the historical and archaeological site of WWII.

The reconstruction of spatial structure of Hotov hillfort with disperse buildings along the defensive system and the lack of buildings in its central part is presented. These results confirm previous research data about configuration and area of the hillfort and are important for understanding the spatial organization of Ukrainian Forest-Steppe hillforts at the Scythian period.

Diverse experimental data, summarized and analyzed by means of GIS, led to important conclusions about the state of rock massif, cavity space volume, the degree of preservation of tunnels and galleries of Inkerman and the way of their utilization during the World War II.

Keywords: archaeology, geoinformation system, magnetometry, non-destructive investigation, Hotov hillfort, Inkerman galleries.

Одержано 1.10.2016