

ИСТОРИЯ НАУКИ

Т.Н. СМЕКАЛОВА, Е.Б. ЯЦИШИНА, Ф.Н. ЛИСЕЦКИЙ, А.В. ЧУДИН,
А.С. ГАРИПОВ, А.Е. ПАСУМАНСКИЙ, Р.С. КЕЦКО
T.N. SMEKALOVA, E.B. YACISHINA, F.N. LISETSKY, A.V. CHUDIN,
A.S. GARIPOV, A.E. PASUMANSKIИ, R.S. KETSKO

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В АРХЕОЛОГИИ НА ПРИМЕРЕ КРЫМА¹ HIGH TECHNOLOGIES IN ARCHEOLOGY WITH THE EXAMPLES OF CRIMEA

Активное внедрение естественнонаучных методов в археологию находится в русле общей тенденции нашего времени по сближению точных и гуманитарных наук. Современные археологические исследования уже невозможны без применения всего комплекса естественнонаучных приемов для изучения как самого памятника и его позиции в культурно-историческом ландшафте, так и отдельных элементов культурного слоя.

Археологические памятники как продукты деятельности природы и древнего человека фактически являются «архивами прошлого». Они хранят в себе информацию о самих исторических событиях и о среде обитания древнего человека. Наша задача изучать эти «архивы» всеми доступными, прежде всего неразрушающими способами и одновременно сохранять их для будущих исследователей, которые, несомненно, будут вооружены более совершенными научными технологиями.

Не секрет, что зачастую раскопки являются одновременно и гибелью памятников археологии, так как уничтожается самое главное – культурный слой. Древние строения, веками и тысячелетиями находившиеся непо потревоженными под землей, будучи раскрытые раскопками, разрушаются под действием атмосферных условий в течение нескольких лет. Современная археология сейчас только начинает использовать весь арсенал естественных наук, и со временем исследовательские возможности будут только возрастать. Поэтому необходимо оставлять погребенные памятники или их важные части в законсервированном состоянии под землей для будущих ученых. В отличие от природных ископаемых ресурсов археологические объекты, однажды разрушенные, не могут быть восполнены из других источников. Теряя тот или иной археологический памятник, мы безвозвратно теряем часть отечественной и мировой истории.

Археологию невозможно отнести к чисто историческим, гуманитарным наукам, поскольку она изучает материальные остатки прошлых эпох. С точки зрения исследователя-естествоиспытателя, археологические объекты являются неоднородностями в четвертичных отложениях. В геологии специально выделяется антропогенный период, отличительной чертой которого является появление человека. Фактически,

¹ Статья написана при финансовой поддержке грантов РФФИ № 15-06-04670-а и № 13-06-96510 р, а также гранта РГНФ № 15-31-10151.

Боспорские исследования, вып. XXXIII

методов. Наиболее эффективным для археологии Крыма является сочетание анализа космических снимков с магнитной съемкой выявленных на космических снимках объектов и наземными автомобильно-пешими разведками.

Таблица 1. Дистанционные и геофизические методы, применяемые в археологии

№	Метод	Краткое описание сути метода	Сфера применения	Примечания
1. Дистанционные методы				
1.1	Дешифровка аэрофотографий.	Фотографии, сделанные с воздуха, дают возможность по прямым или косвенным визуальным признакам выявлять различные археологические объекты. Этот метод применяется еще со времен Первой мировой войны.	Древние поселения, могильники, укрепления. Особенно полезны для выявления протяженных структур – дорог, пахотных полей, следов размежевания, античных виноградников и т.п. Очень важно время года, в которое сделана аэрофотография, так как это позволяет выявлять памятники не только по прямым, но и по косвенным признакам (рельеф, растительность, цвет почвы).	Особенно ценны архивные аэрофотографии, позволяющие анализировать ныне застроенные территории.
1.2	Анализ космических снимков.	Космические снимки высокого разрешения позволяют по прямым и косвенным визуальным признакам (рельефным, почвенным или растительным) обнаруживать и изучать археологические памятники и их положение в окружающем пространстве. Могут применяться спектральные съемки. Получил самое широкое распространение в последние годы.	Сфера применения – та же, что и аэрофотографий. Трехмерные снимки прекрасно иллюстрируют ландшафтное положение археологических объектов одного типа или эпохи. Временная последовательность космических снимков на одну и ту же территорию позволяет проследить динамику современного освоения территорий.	Для наибольшей эффективности метода важно использовать снимки, сделанные в разное время года и суток. На них проявляются памятники разных типов.

1.3	Картография.	Изучение исторических и детальных топографических карт прошлых эпох позволяет идентифицировать исторические и археологические объекты и структуры. Специальные карты (геологические, гидрологические, почвенные и др.) помогают выявлять источники воды, минеральные, почвенные и другие природные ресурсы.	Применяется для выявления курганов, дорог, следов древнего размежевания, колодцев, родников, исчезнувших поселений, кладбищ и могильников. Позволяет анализировать системы расселения в разные эпохи и ландшафтное положение памятников. Отделяет руины недавно заброшенных деревень от более древних памятников.	Необходимо геореферирование карт разных лет для сравнения друг с другом и с современным состоянием по космическим и аэрофотоснимкам.
1.4	Геоинформационный анализ прямой и взаимной видимости (Viewshed analysis, poin-to-point visibility), экспозиции склонов.	Основан на изучении трехмерных цифровых моделей поверхности. Позволяет анализировать коммуникативные, микроклиматические, агрокультурные и иные особенности ландшафтов.	Применяется для определения визуальной взаимосвязи между древними центрами, широты обзора с той или иной точки, определения недостающих звеньев в системе сигнализации и оповещения, освещенности земельных участков и т.п.	Необходимо иметь цифровую модель поверхности изучаемых ландшафтов и специальные компьютерные программы.
1.5	2D и 3D фото-моделирование и графические реконструкции архитектурных остатков.	Базируется на наземной фотосъемке, фотосъемке с беспилотного самолета или с воздушного змея. Для объектов средней и малой величин применяется метод ближней фотограмметрии. Для получения трехмерных фотоизображений применяется программа Agisoft PhotoScan. Комбинируется с графическими реконструкциями архитектурных остатков.	Широко применяется в исследовательских, документальных целях и реконструкции объектов археологии и архитектуры для 3-D визуализации памятников, изучения и реконструкции культурно-исторических ландшафтов, а также для виртуальной археологии.	Для получения результатов высокого качества необходимо применение мощных компьютеров.

1.6	Лазерное сканирование поверхности (LiDAR) (Light Detection and Raging).	Активный метод дистанционного зондирования, сканирующий поверхность земли. Основан на прецизионном измерении времени пробега лазерного импульса до объекта и обратно и преобразования этих измерений в серию или облако точек.	Применяется для выявления и фиксации памятников и наглядного представления особенностей ландшафтов. Дает сведения о морфологии и микрорельефе археологических объектов или ландшафта.	Дорогостоящий метод, связанный с применением летательного средства. Применим в лесистых местностях.
2. Геофизические методы				
2.1	Магнито-разведка.	Наиболее универсальный и эффективный из всех геофизических методов, применяемых в археологии. Необходимое условие для применения магнитометрии – достаточный контраст магнитных свойств искомым объектам и окружающей их среды. Основан на измерении магнитного поля Земли с мелким шагом (не более 0,5 м) и при малой высоте от поверхности памятника (от 0,2 до 0,5 м). Локальные аномалии магнитного поля обоих знаков указывают на местонахождение различных приповерхностных археологических структур.	Применяется для выявления отдельных магнитоконтрастных объектов (гончарных печей, горнов, шлаковых куч, колодцев, хозяйственных ям, полуземлянок, стен, оконтуривания мест пожарищ и кострищ), планировки поселений, обнаружения и точного картирования грунтовых могильников, изучения внутренней структуры курганов, исследования фортификационных линий, промышленных центров, древних пахотных полей, виноградников, дорог.	Подвержен действию урбанистических и промышленных помех, поэтому применяется за пределами городов и поселков. Съёмка проводится по координатной сетке, обычно 50x50 м, с контролем за дневными вариациями земного магнитного поля.

2.2.	Электроразведка.	<p>Второй по значимости геофизический метод, применяемый в археологии. Основан на измерении электрического сопротивления почв и грунтов в присутствии искусственно создаваемого электрического поля. Проводится контактным способом, поэтому электроды излучателя и измерителя должны иметь хороший контакт с грунтом.</p>	<p>Для выявления планировки поселений, определения наличия или отсутствия защитных сооружений, их материала, картирования каменных структур. Метод вертикального электрического зондирования позволяет определять глубину залегания материка и мощность культурного слоя на археологическом памятнике.</p>	<p>Имеет ограничения при высоком уровне электрических помех и в местах с сухим и сыпучим грунтом, так как необходим надежный электрический контакт с поверхностью.</p>
2.3.	Электромагнитный метод.	<p>Основан на измерении «отклика» на электромагнитные импульсы, посылаемые излучателем в землю. Съёмка проводится бесконтактным методом у поверхности земли, с мелким шагом, не превышающим 0,5 м. Аномалии фиксируются на карте и указывают на объекты, отличающиеся от вмещающего пространства по электрическим или магнитным свойствам.</p>	<p>Применяется для картирования рвов, валов, ям, увлажненных мест, колодцев, каменных стен. Годится для определения качества почв и их структуры (состав глинистых компонентов, каменистость, засоленность и т.п.).</p>	<p>Результаты измерения электромагнитного поля зависят от погодных условий: после дождя результаты съемки могут быть отличными от таковых, полученных в засушливый период.</p>

2.4.	Георадар.	Основан на испускании антенной короткого радиоимпульса, создающего волновой фронт, который распространяется вниз и частично отражается от встречающихся в земле неоднородностей. Отраженная энергия детектируется приемной антенной с небольшим временем задержки. Процесс повторяется много раз по мере продвижения системы по профилю. Радар реагирует на изменения диэлектрических свойств грунта, обычно вызываемые различиями в объемном содержании воды.	Радар чувствителен как к металлическим, так и к неметаллическим материалам. Область применения радарных систем: картирование погребенных структур, обнаружение отдельных объектов и быстрая идентификация зон, в которых могут находиться археологические объекты.	Слой глины делает почти неощутимыми для радара любые объекты под ним, поэтому применение радара ограничено на глинистых почвах.
------	-----------	--	--	---

1. Дистанционные методы в археологических исследованиях.

Появление сначала аэрофотосъемки (со времен Первой мировой войны), а затем, в наши дни, космических снимков высокого разрешения – явилось сильнейшим импульсом в развитии ландшафтной археологии. Ученые получили возможность дистанционно выявлять памятники в культурно-исторических ландшафтах и моментально охватывать взором поистине широкие территории.

Преимущество дистанционных методов состоит в том, что они дают возможность взглянуть на исследуемый памятник в целом как часть культурно-исторического пространства и соединяют отдельные изучаемые фрагменты окружающей среды в единую картину. По образному выражению британского археолога Крауфорда [Crawford, 1952, pp. 51-52], ландшафты являются *палимпсестами*² исторических событий. Разновременные структуры наслаиваются одна на другую и создают сложную многослойную и насыщенную картину. Задача ученых – с помощью правильно подобранных естественнонаучных методов провести комплексное исследование и послынную археологическую интерпретацию полученных данных.

² Палимпсест (греч. *παλίμψηστον*, от *πάλιν* – опять и *ψηστός* – соскобленный, *лат.* *Codex rescriptus*) – рукопись на пергаменте (реже *папирусе*) поверх смытого или соскобленного текста. Палимпсесты были вызваны дороговизной писчего материала, которая приводила к его неоднократному использованию.

например, при изучении систем древнего размежевания полей. Превосходные результаты получаются при съемке на полях с зерновыми культурами при удачном совпадении погодных условий и вида выращиваемых злаков. Наиболее четкие изображения получаются над неолитическими поселениями, окруженными валами и рвами [Ceraudo, 2013, pp. 22-23, рис. 2,11], заброшенными римскими городами [Vermeulen, 2013, p. 73, 79, рис. 4,1 и 4,5]. Большие успехи в использовании аэрофотографий сделаны археологами Дании. На полях, где вызревает ячмень, после засушливого лета четко видны столбовые конструкции так называемых «длинных домов» поселений бронзового и железного веков. Они выявляются по растительным признакам: ячмень, растущий над столбовыми ямами, желтеет позже, чем на остальном поле [Mikkelsen, Smekalova, 2014; Smekalova, Voss, Smekalov, 2008, p. 56].

Этот метод, однако, имеет свои ограничения. Среди практических трудностей, прежде всего, следует назвать то, что визуальные признаки, отвечающие археологическим объектам, проявляются только в короткий промежуток времени и при особых условиях, когда приметы растительного или почвенного покрова наиболее явственны. Поэтому необходимо бывает сделать много попыток съемки одной и той же местности, часто в течение нескольких лет, прежде чем будет достигнут желаемый результат. Так, вышеупомянутые «длинные дома» на датских полях оказываются видимыми, только когда на них поспевают ячмень после засушливого лета. Другое ограничение относится к глубине залегания объектов, так как обычно аэрофотосъемка выявляет только подповерхностные структуры.

Снимки с воздуха укреплений Севастополя времен Первой мировой войны позволяют увидеть детальную структуру земельных наделов античного Херсонеса [Смекалова, 2012, с. 224, рис. 9а]. На рис. 1 представлен город Херсонес и Гераклеийский полуостров, территория которого во второй половине IV в. до н.э. была разделена на равные прямоугольные участки – гражданские наделы херсонесситов. Это так называемая «ближняя» *хора* Херсонеса. Ее общую структуру удалось реконструировать по детальным топографическим картам, составленным русскими военными инженерами, и по наблюдениям путешественников конца XVIII – первой половины XIX вв. Однако наиболее детальная информация о херсонесской хоре содержится именно в аэрофотоснимках.

Особенно ценными для изучения земельных наделов являются советские аэрофотографии 1960–70-х гг., а также немецкие трофейные военные снимки 1943–1944 гг. Последние хранятся в Национальном архиве США, в г. Колледж Парке, пригороде Вашингтона. Детализация фотографий, на которых видны каменные стены – границы земельных наделов и внутренние перегородки участков, а также виноградный и садовый плантажи, позволяет получить детальную структуру земельных наделов Херсонеса и прояснить многие вопросы его социально-экономической истории. Информация об античных земельных наделах, получаемая с помощью этих снимков, настолько подробна, что позволяет детально восстановить каждый из более чем 300 земельных наделов. Для примера приводим аэрофотографию 1944 г. и план участ-

Смекалова Т.Н. и др. Высокие технологии ... 

ка № 26, на которых видно внутреннее деление участка, выполненное с помощью херсонесской меры площади – *гекаторюга*, то есть квадрата со стороной 100 египетских локтей (52,5 м). Хорошо заметны плантажные стены, следующие через 2 м (виноградный плантаж *vinea*) (рис. 2).

1.2. Анализ космических снимков.

С появлением открытого доступа к космическим снимкам высокого разрешения археология приобрела новый мощный инструмент для выявления и исследования памятников, находящихся на открытых для обзора пространствах, и значение этого события трудно переоценить. Сейчас спутниковые фотографии широко используются во всем мире для выявления античных поселений [Campana, Piro, Felici, Ghisleni, 2006; Alexakis, Sarris, Astaras, Albanakis, 2009], дорог [Lipo, Hunt, 2005; Siart, Eitel, 2007, p. 203; Kaimaris, Georgoula, Karadedos, Patias, 2009], погребальных сооружений [Trier, Loska, Øyen Larsen, Solberg, 2008], систем древнего землепользования [Narrower McCorriston, Oches, 2002; Radcliffe, 2008].

Одними из первых космические снимки использовали исследователи при проведении польско-российско-украинского научного проекта «Нимфей – история и структура греческого полиса» (1993-1997 гг.) в Восточном Крыму [Зинько, 1996, рис. 2а; Scholl, Zin'ko, 1999, p.11]. В общедоступном интернет-ресурсе Google Earth за последнее десятилетие были последовательно представлены серии разновременных снимков, которые покрывают практически всю территорию Крыма. Эти снимки являются ценнейшим источником для дистанционного обследования и выявления поселений, могильников, следов землепользования и землеустройства, древних коммуникаций и других памятников на полуострове. Благодаря космическим снимкам произошел прорыв в полевой разведочной археологии, который привел, в свою очередь, к качественному скачку во многих исследовательских областях и поколебал некоторые, казалось бы, прочно устоявшиеся в научной литературе мнения. Так, долгое время считавшиеся пустынными и только изредка посещавшимися скифами-кочевниками к моменту греческой колонизации в конце V – начале IV вв. до н.э. глубинные пространства северо-западного Крыма оказались, напротив, густозаселенными. В 2007–2015 гг. комплексными разведками с использованием космических снимков удалось выявить более сотни поселений местного земледельческого населения, синхронного грекам-колонистам [Смекалова, 2010; Кутайсов, Смекалова, 2013].

В силу особенностей ландшафта и археологических памятников спутниковые фотографии оказываются особенно информативными для исследований в степном регионе Крыма. Наиболее информативными являются весенние фотографии по причине избирательного произрастания молодых побегов. Благодаря широте охвата территорий космические снимки позволяют не только выявлять и идентифицировать археологические памятники, но и определять их протяженность, границы и пространственную взаимосвязь между ними.

После появления спутниковых фотографий методика традиционных археологических разведок была коренным образом изменена. Космическим снимкам наряду с подробными картами местности отводится теперь ключевая роль в ходе подготовки материалов для полевых работ и непосредственно полевых выездов. На подготовительном этапе, до выезда в поле, спутниковые фотографии детально, в крупном масштабе изучаются в интернете "on-line". Увеличенные изображения обнаруженных объектов в окружающем ландшафте копируются и распечатываются для использования в ходе маршрутных выездов. Точные географические (GPS) координаты каждого из выявленных объектов (жилых и хозяйственных построек, «загонов», курганов, следов землепользования) считываются из программного ресурса Google Earth и вносятся в рабочий прибор GPS. Маршруты полевых разведок составляются так, чтобы наиболее эффективно обследовать все выявленные по космическим снимкам объекты. Их координаты, считанные из интернета, служат в качестве навигационных точек при работе GPS приемника в режиме "go to", поэтому обнаружение искомым объектов на местности не составляет труда и занимает минимально возможное время.

Благодаря опыту, полученному при работе с космическими снимками Крыма в 2007–2011 гг. [Смекалова, 2010а], удастся сформулировать критерии выявления археологических памятников, относящихся к эпохе бронзы и раннему железному веку. Выделенные критерии (или признаки) подразделяются на прямые и косвенные, а также на основные и дополнительные. Особенно эффективны космические снимки для выявления поселений и следов землепользования и землеустройства.

На спутниковых фотографиях высокого разрешения хорошо просматриваются архитектурные остатки строений поселений раннего железного века, выступающих над поверхностью земли: стены и заграждения, сложенные из камня-известняка. В благоприятных случаях по этим *основным прямым признакам* удастся проследить внешние контуры и внутренние перегородки жилых и хозяйственных построек, контуры загонов и огороженных территорий, то есть выявить планировку архитектурных остатков. Более ранние постройки, относящиеся к эпохе бронзы, обычно полностью или в большой степени погребены под слоем почвы, маскирующим их *прямые визуальные признаки*. Поэтому остатки построек бронзового века можно выявить только по *косвенным признакам*. К ним относятся, прежде всего, более густая растительность, отличающаяся по цвету от окружающих территорий, а при отсутствии растительности – иной цвет почвы.

К *дополнительным признакам* поселений как эпохи бронзы, так и раннего железного века относится такой ландшафтный критерий, как топографическая приуроченность к балочной системе Тарханкутского п-ва: обычно поселения находятся на мысах между двумя балками, на берегах балок, на первой пойменной террасе в придонной части балок, в их верховьях. Такое положение объясняется как гидрогеологическими, так и геоморфологическими особенностями строения полуострова и диктовалось потребностями древнего населения в водоснабжении и более комфортном

Смекалова Т.Н. и др. Высокие технологии ... 

микроклимате [Смекалова, 2010, 22-23]. Могильники, ассоциированные с данными поселениями, находятся неподалеку от них по вершинам локальных водоразделов.

Геологические особенности местности, проявляющиеся на спутниковых фотографиях, дают возможность ответить на вопрос об использовании древними людьми природных минеральных ресурсов, например, выявлять каменоломни и карьеры по добыче глины.

В силу охвата больших территорий космические снимки могут служить документом, на основе которого выявляются культурно-исторические ландшафтные зоны и места концентраций археологических памятников, пространственно связанных между собой. Только с помощью космических снимков удастся осмотреть всю территорию, даже если в ходе пеших разведок этого сделать не удастся из-за наличия физических преград. Снимкам из космоса неведомы ограничения, что позволяет инспектировать все территории, интересные в археологическом отношении, невзирая на ведомственные и имущественные запреты.

Для того чтобы определить характер выявленного по космическим снимкам памятника, необходимы дополнительные полевые исследования. Они проводятся по заранее спланированным маршрутам, проходящим через интересующие точки, координаты которых считаны из ресурса Google Earth. В ходе наземных разведок проводятся визуальные осмотры местности и сбор подъемного материала, а в наиболее перспективных местах применяется геофизическая съемка.

Эффективность целенаправленной магнитной съемки в Северо-Западном Крыму очень велика. На магнитных картах можно увидеть детальные планировки античных усадеб и виноградников, варварские селища и пахотные поля. Особенно четкие результаты получаются при исследовании античных усадеб, которые были выведены в северо-западную Таврику во второй половине IV в. до н.э. по единому государственному плану, исходящему из античного полиса Херсонес. В качестве примера приведем магнитную карту на усадьбе Ортли в окрестностях Евпатории (рис. 3). Она существовала всего полвека (примерно с 325 по 275 г. до н.э.) и погибла в пожаре и разрушениях при нападении кочевников, скорее всего сарматов. Наиболее интересный результат, полученный с помощью космических снимков, заключается в выявлении виноградника, находящегося в 180 м к востоку от усадьбы на пологом склоне. На космических снимках были видны размытые контуры квадрата со стороной 220 м (рис. 4 а). Последующая магнитная съемка выявила здесь античный виноградник, площадь которого равна одному гражданскому наделу херсонессита в 16 гекаторюгов (гекаторюг – херсонесская мера площади, эквивалентная квадрату со стороной 52,5 м) (рис. 4 б). Удалось проследить не только внешние границы, но и внутреннее функциональное деление участка. Здесь использовался виноградный плантаж с расстоянием между стенками 2 м. Чрезвычайно интересно, что на противоположном берегу лимана, в полутора километрах по прямой на юго-запад от усадьбы Ортли по такой же методике был выявлен и детально исследован еще один античный виноградник, получивший название Мамай-Тюп, размеры которого были на четверть

больше, чем Ортли (рис. 5). Неподалеку от виноградника была обнаружена усадьба херсонесского типа.

1.3. Изучение детальных топографических карт.

Топографические карты XVIII–XX вв. могут служить богатейшим источником для изучения древних памятников Крыма. На наиболее детальных из них тщательно нанесены все видимые следы древностей – курганы, руины крепостей, валы, рвы, заброшенные дороги и тропы. Карты несут в себе большие потенциальные возможности для изучения пространственного размещения населенных пунктов, дорог, рвов, валов, источников, колодцев и других природных и антропогенных объектов. Анализ топографических карт в сочетании с картами геологическими, гидрогеологическими и почвенными, а также трехмерными, помогает понять закономерности в системе расселения, путей сообщения и землепользования и спроецировать эти закономерности в прошлые эпохи.

Карты Крыма, как части греческой ойкумены, вероятно, существовали еще в античные времена [Dilke, 1985, pp. 69–70]. Известен ряд русских и зарубежных карт Крыма, созданных до XVIII века, обзор которых имеется в работах [Маркевич, 1894; Кордт, 1899; Смекалова, 2007].

Определенный вклад в широкое использование старинных карт для археологических целей внесли общедоступные компьютерные сайты и выпущенный в 2004 г. CD диск «Крым на картах XVIII–XX столетия» (составитель С.Л. Смекалов)³.

Топографические карты Крыма до начала XVIII века несут в себе, как правило, очень обобщенную информацию. Показаны только крупные населенные пункты, дороги не показаны, пропорции полуострова сильно искажены, что значительно затрудняет сопоставление их с современными представлениями (ср., например, карту 1590 г., рис. 6).

Переломный этап в развитии картографии Крыма наступает в конце XVIII в. в связи с русско-турецкой войной 1768–1774 гг. и последующим присоединением Крыма к России в 1783 г. Потребовались подробные карты для передвижения войск и освоения новых земель.

Впервые мы видим дороги на «Генеральной Карте Крыма, сочиненной по новейшим наблюдениям Адъютантом Федором Черным 1790 года», масштаб которой 12,6 вёрст в дюйме (1:530 000). Очертания полуострова все еще искажены, однако все-таки удастся подметить основные тенденции расположения дорог. Прежде всего следует отметить, что данная карта создавалась именно как дорожная. На ней гипертрофированно выделены озера, реки, овраги и крупные балки, являющиеся основ-

³ Приходится, однако, заметить, что использование на этом диске карт из собрания государственных библиотек и архивов, в том числе Библиотеки академии наук (БАН), не было санкционировано их руководством, что повлекло за собой ограничения в дальнейшей работе исследователей в отделе картографии БАН.

ными препятствиями при движении по главным дорогам, которые необходимо было преодолевать путем переправ. Основные дороги расходятся веером во все стороны Крыма от Перекопа. Возможно, некоторые из этих дорог являются очень древними традиционными путями, восходящими еще ко времени передвижения кочевых племен. Необходимо отметить, что Арабатская стрелка появилась только в раннем средневековье, поэтому та дорога, идущая по ней, помеченная на карте 1790 г. как важная коммуникация, в античные времена еще не существовала.

После учреждения Генерального штаба в 1763 г. картография двигалась вперед в основном благодаря деятельности военных топографов и диктовалось уровнем развития стрелкового и артиллерийского оружия. Необходимость в подробных и точных топографических картах особенно проявилась в боевых операциях против наполеоновской армии в 1796–1815 гг. К этому времени относится Военная топографическая карта полуострова Крыма, составленная генерал-майором Мухиным, выпущенная в Военно-топографическое депо в 1817 г. [Смекалова, 2007]. Эта карта впервые правильно передает очертания полуострова, так как она создавалась с учетом всего передового геодезического опыта стран Западной Европы, с которым могли ознакомиться офицеры квартирмейстерской части, участвовавшие в заграничных походах. На карте Мухина достаточно правильно и наглядно показан рельеф местности, большое количество населенных пунктов и главные дороги.

В 1836–38 годах силами Корпуса военных топографов, под руководством Ф.Ф. Шуберта и Д.Д. Оберга, были выполнены работы по триангуляции Крыма. Результатом этих работ явились карты, созданные на основе топографических съемок полковника Бетева. Карта Бетева 1837 г., выполненная в масштабе 1:210000 («трехверстка»), является поистине богатейшим источником по изучению древних памятников Крыма. На карте 1837 г. наглядно показан рельеф местности, основные и малые дороги, многочисленные поселения. Кроме этого, на нее впервые нанесены источники воды и колодцы, а также показаны уже в довольно большом количестве курганы. Пропорции полуострова практически точно совпадают с данными на современных картах. Поэтому карта Бетева является полноценным источником для изучения особенностей расселения в Крыму.

Однако наиболее ценной для нас является карта Крыма, выпущенная в полуверстовом масштабе в конце XIX – начале XX вв. На ней нанесено огромное количество курганов, показанных внемасштабными знаками с обозначением высот крупнейших насыпей, детально прорисованы источники воды и колодцы, показаны дороги и тропы, в том числе и заброшенные. Рельеф местности изображался горизонталями через 2 сажени⁴. Ее пропорции точно соответствуют современным представлениям о форме Крыма, поэтому выявленные на ней объекты легко переносятся на новые карты и на аэро- и космические снимки, что необходимо для проведения сопоставлений результатов дешифровки различных категорий источников.

⁴ 1 сажень = 2,1336 м

Эта карта послужила основой для составления карты распространения курганов в Крыму. Отсканированные листы полуверстовой карты были геореферированы и собраны вместе с помощью программы MapInfo. Курганы, имеющиеся на этой карте, помечались в специальном слое кружками различной величины, в зависимости от размеров курганов⁵. Всего по полуверстовой карте Крыма удалось выявить более 15,5 тысячи курганов. Они представлены на основе как самой полуверстовой карты (рис. 7,а), так и на карте рельефа местности (рис. 7,б).

Как видно из построенных карт, курганы в Крыму распределены очень неравномерно. На фоне весьма немногочисленных курганов в центральной степной части Крыма очень четко выделяются три основных крупнейших концентрации курганов: в восточной части Керченского полуострова, на полуострове Тарханкут и в районе Крымских предгорий. Плотность курганов в этих районах во много раз превосходит их концентрацию в остальной, срединной части Крыма. Изучение особенностей распространения курганов позволяет сделать важные выводы о системе расселения и основных путях миграций кочевников с древнейших времен.

1.4. Геоинформационный анализ.

Для изучения системы пространственного распределения археологических памятников в Крыму применяется геоинформационный анализ, базирующийся на цифровой модели поверхности полуострова. Программа MapInfo и ее дополнение Vertical Mapper используется для компьютерного анализа прямой видимости (Viewshed) между античными поселениями. Этот вид анализа позволяет определить участки ландшафта, видимые из выбранных точек на цифровой модели поверхности Земли.

Для построения цифровой модели земной поверхности используются данные SRTM [Shuttle Radar Topography Mission]⁶. Точность измерения высот при этом составляет 1 м. Карта рельефа Крыма, построенная на основании этой модели, представлена на рис. 7 б.

Viewshed анализ в недавнее время стал популярным средством исследования в ландшафтной археологии, в том числе в Средиземноморье и Причерноморье. Так, например, группой греческих и бельгийских ученых изучалась роль Минойских святилищ, расположенных на вершинах гор на острове Крит [Soetsens, Driessen, Sarris, Torouzi, 2002]. Эти же исследователи с помощью анализа прямой видимости определили функции ряда наблюдательных башен, расположенных на склонах холмов, окружающих древнегреческий город Мантинею и входящих в систему обороны города [Torouzi, Sarris, Pikoulas, Mertikas, Frantzis, Giourou, 2002]. Г.В. Треблева и Ю.В. Горлов (Институт археологии РАН, г. Москва), с помощью геоинформационно-

⁵ На полуверстовой карте рядом с курганами высотой более 1 сажени стоит их высота (в сажнях).

⁶ Эти данные были преобразованы Нильсом Христианом Нильсеном (Южнодатский университет, г. Эсбьерг) (Niels Chr. Nielsen, Syddansk University) для территории Северного Причерноморья. Данные конвертировались из системы широта–долгота в градусах в систему UTM в метрах. Высотные данные интерполировались для пространственной ячейки величиной 50x50 м.

реконструировать плотные облака точек, полигональные модели по рассчитанной информации, на основе чего могут быть сгенерированы цифровые модели рельефа и ортофотопланы.

Универсальность метода позволяет добиваться высококачественных результатов как для небольших объектов, так и для больших площадей, например, на основе данных аэрофотосъёмки. Одним из основных программных продуктов, используемых в мире для подобных задач, в том числе и в сфере археологии, является коммерческий пакет Agisoft PhotoScan (доступный для некоммерческого использования образовательными учреждениями с существенной скидкой). Данный программный продукт успешно применяется для трёхмерной реконструкции больших площадных раскопов [Verhoeven, 2011] при съёмке с летательного аппарата, дрона или даже воздушного змея, получения точных текстурированных моделей интерьеров по перекрывающимся сферическим панорамным изображениям [Kwiatk, Tokarczyk, 2015], для подводной археологии и исследования затонувших объектов или целых поселений [Zhukovsky, Kuznetsov, Olkhovsky, 2013], для документирования наскальной живописи и петроглифов на разрушающихся скалах [Plets, Gheyle, Verhoeven, De Reu, Bourgeois, Verhegge, Stichelbaut, 2012], для документирования фасадов исторических зданий с целью последующей реставрации [Robleda, Pérez, 2015], и, конечно, для документирования небольших находок и экспонатов музейных коллекций [Kaufman, Clement and Rennie, 2015].

В Крыму данный метод также находит своё применение в последние годы. С помощью этого метода делалось документирование состояния боспорских склепов. С применением обычных цифровых фотокамер были задокументированы в виде 3D моделей раскопы античной греческой усадьбы Ортли в середине процесса раскопок и после вскрытия всех запланированных областей перед консервацией памятника [Пасуманский, 2013], отреставрированной амфоры из находок с того же поселения; фотопланы раскопов варварского поселения в Кельшейхской балке и уникального курганного захоронения [Пасуманский, 2013]; некоторые экспонаты из коллекции Черноморского краеведческого музея и раскоп восточной башни с главными воротами на городище Калос-Лимен, а также ряд других менее характерных объектов (например, захоронения типа каменных ящиков, рис. 9).

Фотограмметрическое сканирование позволяет собрать данные для трёхмерных реконструкций за сравнительно небольшой отрезок времени, имея в наличии всего лишь цифровую фотокамеру, благодаря чему производить работу возможно неспециалисту в данной области, обработка же данных может производиться после завершения сезона на мощных компьютерах для получения наивысшего качества, впрочем, получение промежуточных результатов в полевых условиях на обычном ноутбуке почти сразу же позволяет оценить корректность и полноту полученных данных.

Использование реперных точек или масштабирующих расстояний позволяют получать модели в реальных размерах, а также производить геопривязку моделей и

Высокий уровень детализации модели цифровой поверхности, получаемый с помощью топографических данных лазерного сканирования, помогает нам в детектировании произошедших в древности событий, которые оставили следы на поверхности земли. Большим преимуществом лазерного сканирования является то, что полученный образ рельефа поверхности можно видоизменять для наилучшего результата интерпретации данных.

Лазерное сканирование в некоторых аспектах имеет сходство с 3D-фотографированием, но представляет более сложный метод получения изображения поверхности. Аппаратура для лазерного сканирования с самолета включает лазерный сканер, оборудование для позиционирования и геореферирования (GPS приемник и внутреннее измеряющее устройство) и систему для записи данных. Передатчик посылает лазерный пучок. Большинство аэро-лазерных систем работает в ближней инфракрасной области, хотя лазерные батиметрические исследования проводятся в зеленой области. Твердотельный лазер испускает очень короткие и мощные импульсы с высокой скоростью повторения. Обычно длительность импульса от 4 до 10 наносекунд, что соответствует частоте сканирования 100-150 кГц, или 100000-150000 импульсов в секунду. Лазер соединен с устройством, направляющим лазерный пучок перпендикулярно поверхности земли. Когда пучок достигает поверхности, он имеет диаметр порядка 10 см. Часть его может взаимодействовать с кроной деревьев или другими препятствиями и отражается обратно, но остальная часть продолжает свой путь до земли и отражается от нее [Mlekuž, 2013, p. 115]. Отраженный сигнал принимается устройством, которое измеряет время, затраченное пучком на путь туда и обратно. Позиция аэровоздушного носителя в каждой точке измерения детектируется с помощью дифференциального кинематического GPS приемника.

Таким образом, «сырые» данные LiDAR представляют собой серию измерений времени прихода и интенсивности вернувшегося лазерного пучка. Дальнейшая обработка данных позволяет свести все маршруты в единое облако точек, в котором каждой из них соответствует время, интенсивность, угол сканирования, три пространственных координата.

Технология лазерного сканирования все еще совершенствуется, преимущественно в области повышения скорости повторения импульсов, для того чтобы увеличить детализацию рельефа изучаемой поверхности. В Крыму лазерное сканирование поверхности археологических памятников пока не применялось, но есть целый ряд поселений и городищ, в основном в лесистой местности, на которых необходимо применение этого метода. Один из таких памятников – ранневизантийская крепость Сиваг-Кермен-бурун, расположенная в 5 км к югу от совр. с. Верхнесадовое на заросшей густым лесом горе Керменчик высотой 207,8 м. Крепость была построена в последние годы правления императора Юстиниана I (527–565 гг.) и является одним из звеньев целой цепочки укреплений, воздвигнутых этим правителем по всей территории Византийской империи.

2. Геофизическая съемка.

Первоначально геофизические методы, такие как магниторазведка, электроразведка, сейсморазведка, георадарная съемка, были разработаны для геологических целей, в основном для разведки недр и поиска полезных ископаемых. Однако в послевоенные годы эти методы стали постепенно внедряться в область археологии и в настоящее время прочно завоевали себе место в археологических исследованиях.

Пионером в использовании различных геофизических методов в археологии был известный археолог А.Н. Щеглов, долгие годы возглавлявший Тарханкутскую экспедицию ЛОИА. Благодаря усилиям А.Н. Щеглова крупное античное поселение Панское-I стало своего рода полигоном для испытания возможностей различных естественнонаучных методов, для отработки приемов их применения и интерпретации полученных данных. Этому благоприятствовали небольшие глубина залегания и мощность культурного слоя на памятнике, а также его относительная непо потревоженность.

На поселении Панское-I группами ученых из ИЗМИР РАН Санкт-Петербургского горного института и Санкт-Петербургского государственного университета начиная с 1970-х гг. применялись методы магниторазведки и электроразведки для исследования нескольких усадебных комплексов. Здесь также проводилась съемка микро-рельефа и высоты растительного покрова [Щеглов, 1983, с. 23]. Все методы показали исключительно хорошие и согласующиеся между собой результаты, особенно успешными в выявлении планировки античных построек оказались магнитная съемка и электроразведка. Пример карт магнитного поля и кажущегося электрического сопротивления, измеренных геофизической группой Санкт-Петербургского горного института под руководством В.В. Глазунова для усадьбы У7, представлен на рис. 12,а,б. В нижней части этого рисунка показан план раскопа усадьбы (рис. 12,в) [Глазунов, 1978; 1979].

В 1980–90-е гг. геофизические методы активно применялись в Восточном Крыму при исследовании античных сельских поселений Крымского Приазовья [Смекалова, Мельников, Масленников, 1989; Smekalova, Myts, Melnikov, 1990; Smekalova, Maslennikov, 1993; Масленников, Смекалова, 1997] и хоры боспорского города Нимфея. На нимфейской хоре эти исследования вначале проводились польскими исследователями [Scholl, Zin'ko, 1999, p. 38–40, p. 62–64, p. 98–104], а в 2000-х гг. группой под руководством Т.Н. Смекаловой [Смекалова, Зинько, Чудин, 2007; 2008]. Интересные результаты были получены этой же группой при исследовании гончарных печей средневековой Таврики [Смекалова, Мельников, Мыц, Беван, 2000; Герцен и др., 2016].

В 2007, 2008 и в 2015 гг. магнитная съемка на поселении Панское-I была возобновлена авторами данной статьи. Она охватила всю основную часть поселения, свободную от раскопов и отвалов земли, и распаханное поле, находящееся к востоку от усадеб (рис. 13). На магнитных картах отчетливо проявились линейные отрицательные аномалии, пересекающиеся под строго прямыми углами, эти аномалии созда-

ют каменные стены построек, а на распаханном поле хорошо видна южная граница земельного участка со стенами виноградного плантажа, идущими с интервалом 2 м друг от друга (рис. 13). Более подробно результаты магнитной съемки на нераскопанных усадьбах представлены в работе [Смекалова, 2011, с. 10-12, 91-95, рис. 6-9].

2.1. Магниторазведка.

Из всех геофизических методов, применяемых в археологии Крыма, именно магниторазведка является наиболее эффективным, скоростным и высокопродуктивным средством исследования древних памятников: греческих и «аборигенных» поселений, могильников и земельных участков [Смекалова, 2011; Смекалова, Восс, Мельников, 2010; Смекалова, 2011]. Это объясняется высоким контрастом магнитных свойств искомым объектов и окружающей среды, спокойным магнитным фоном и низким уровнем магнитных помех. Можно с уверенностью утверждать, что этот метод должен рассматриваться как необходимая стадия исследования поселенческих структур вместе с их аграрной территорией. Действительно, именно он дает уникальную возможность находить часто встречающиеся, но не проявляющиеся на поселениях в визуальных признаках хозяйственные ямы и полуземлянки. Кроме того, на магнитных картах очень четко видна прямоугольная планировка античных усадеб, что является важнейшим и определяющим признаком этого вида памятников, позволяющим идентифицировать их как греческие поселения, в отличие от «аборигенных» селищ.

Метод магниторазведки является одним из старейших, используемых в археологии. Первые успешные примеры использования метода относятся к пятидесятым годам прошлого века и связываются с именем английского археолога Мартина Дж. Эйткина [Aitken, 1959, 1974]. В настоящее время метод очень активно используется на многих археологических памятниках по всему миру. Достаточно назвать чрезвычайно успешные работы в Греции, Турции, Египте, Португалии, Англии, Дании, Ираке на таких знаменитых памятниках, как Апамея, Дура-Европос, Стоун-Хендж, Абидос и многих других [Herbich, Connor, Adams, Ballet, Hartung, 2005; Fassbinder, Bekker, Van Ess, 2005; Meyer, 2013; Bevan, Smekalova, Chudin, Garipov, 2015; Smekalova, Voss, 2001; Bevan, Smekalova, 2002; Smekalova, 2002; Smekalova, Voss, Smekalov, 2008; Smekalova, Mills & Herbich, 2004].

Метод основан на измерении земного магнитного поля с мелким шагом (0,3–0,5 м) и близко к поверхности памятника (0,2–0,25 м). Локальные изменения магнитного поля определяются величиной контраста магнитных свойств археологических объектов и вмещающей среды. Например, золистое и насыщенное керамикой заполнение хозяйственных ям является более магнитным материалом, чем суглинок, в котором они вырыты. Поэтому ямы и полуземлянки создают слабые положительные аномалии величинами от нескольких нТл (наноТесла – единица измерения напряженности магнитного поля) до 20–30 нТл. Каменные стены, напротив, создают слабые (несколько нТл) отрицательные аномалии, так как они сложены из

Смекалова Т.Н. и др. Высокие технологии ... 

немагнитного известняка, находящегося в слабомагнитном окружении культурного слоя (рис. 12,а).

Наиболее сильные положительные аномалии (сотни и даже тысячи нТл) могут создаваться производственными объектами, в которых использовалось действие огня, – очагами и печами, особенно гончарными и железоделательными горнами [Смекалова, Мельников, Мыц, Беван, 2000]. Целые раннесредневековые «заводы» по производству черепицы, амфор и других керамических изделий были открыты в 2010–2015 гг. с помощью магнитной разведки в районе Мангупа – столицы Крымской Готии.

Для проведения магнитных измерений обычно на исследуемых территориях разбивается сеть прямоугольных участков так, чтобы охватить всю площадь памятника и часть окружающего пространства. Если позволяет состояние поверхности памятника (отсутствие кустарника и деревьев), возможно применение многодатчиковой системы (рис. 11).

Все данные сохраняются в памяти магнитометра. Магнитные карты вычерчиваются с помощью программы Surfer в виде карт теневых изображений или цветных контурных карт. На них темным тоном и синим цветом обозначаются положительные аномалии и светлым тоном и красным цветом – отрицательные. Более подробное описание физических принципов метода магниторазведки и примеры его применения для исследования различных археологических памятников приводятся в: [Смекалова, Восс, Мельнико, 2010; Bevan, Smekalova, 2013].

Помимо съемок на известных памятниках, магниторазведка в Крыму широко применяется для уточнения характера новых памятников, выявляемых по космическим снимкам. На рис. 3-5 представлена магнитная карта и построенный по данным магнитометрии план античной херсонесской усадьбы Ортли и виноградника, обнаруженных первоначально по снимкам из космоса. Только с помощью магниторазведки удалось доказать существование этого виноградника и определить его метрические данные и внутреннюю структуру, что позволило атрибутировать его как типично херсонесский земельный надел.

2.2. Электроразведка.

Электроразведка – первый геофизический метод, который с успехом был применен в археологии в 1946 году Р. Дж. Аткинсоном для обнаружения неолитических стоянок в Англии. Погребенные археологические объекты могут детектироваться за счет того, что они имеют удельное электрическое сопротивление, отличное от свойств вмещающей среды, а также отличаются от окружающего грунта по степени обводненности.

Метод сопротивлений позволяет изучать горизонтальные и вертикальные неоднородности электрических свойств разреза, а также обнаруживать трехмерные тела с аномальной электропроводностью. Согласно этому методу через землю пропускается искусственно генерируемый электрический ток и на поверхности земли измеряется

возникающая разность потенциалов. Отклонения от закономерного распределения разности потенциалов, ожидаемого для однородной среды, дают информацию о форме и электрических свойствах неоднородностей разреза [Кири и Брукс, 1988, с. 261].

За исключением некоторого числа минералов, которые проводят электричество за счет содержащегося металла, полностью высушенные почвы и породы не являются проводниками электричества, то есть имеют очень высокое удельное сопротивление. Однако, если они напитаны влагой, сопротивление скачкообразно падает и тогда они могут оказаться проводниками, хотя и очень слабыми по сравнению с металлами. Сопротивление почв и пород поэтому определяется количеством удерживаемой влаги, а также концентрацией водных растворов солей и гуминовых кислот биологического происхождения.

Для условий Крымского полуострова верхний слой сухой почвы мощностью 30–40 см имеет удельное сопротивление 10–20 ом.м, ниже залегают более влажные породы с удельным сопротивлением 2 ом.м. Строения древних селений выполнены из известняков, удельное сопротивление которых 100–200 ом.м. [Франтов, Пинкевич, 1966]. Процесс пропускания тока через почву имеет электролитическую природу, то есть электрический ток проводится положительными и отрицательными ионами в растворе. Очень плотные породы, такие как граниты и песчаники, являются худшими проводниками по сравнению с пористыми известняками и еще более худшими проводниками относительно почвы, песка и глины. Это создает благоприятные предпосылки для поиска по возрастанию удельного сопротивления таких археологических объектов, как стены, фундаменты и другие каменные сооружения, находящиеся в рыхлых отложениях (рис. 12,б). И наоборот, удается картировать по убыванию удельного сопротивления засыпанные рвы, каналы и т.п. углубления в материнских горных породах.

Культурный слой, насыщенный обломками керамики, каменных орудий, строительных остатков, часто отмечается повышенными значениями удельного сопротивления по сравнению с вмещающей средой. Если, однако, слой содержит мало керамики и не имеет значительной мощности, он может не отличаться по электрическим свойствам от вмещающих рыхлых отложений. Если же культурный слой залегают непосредственно среди горных пород, имеющих высокое удельное сопротивление, он может иметь сравнительно пониженные значения этой величины.

Одним из недостатков метода электроразведки можно считать неопределенность в оценке электрических свойств того или иного археологического объекта и невозможность приписать конкретным объектам постоянные величины удельного сопротивления. Так, например, Р. Аткинсон еще в 1953 г. приводил пример, когда на одном профиле два близрасположенных рва дали один – положительную, другой – отрицательную аномалии кажущегося сопротивления. Заполнение рвов часто более насыщено влагой (до 25%), чем вмещающая среда (12%), что обеспечивает низкое сопротивление заполнения рвов, что было отмечено, например, при исследовании неолитического памятника около Деренбурга еще в 1967 г. (Германия) [Peschel, 1967].

земляных структур, например, распаханых курганных насыпей или для поиска заплывших рвов [Bevan, 1983]. Прибор для электромагнитной съемки состоит из вертикальной излучающей катушки, непрерывно питающейся переменным током, и из приемной катушки которая обычно монтируется на расстоянии примерно 1 м по оси излучающей катушки перпендикулярно ее плоскости. При таком расположении не будет происходить прямого энергетического воздействия непосредственно от излучающей на приемную катушку, так что при отсутствии внешних возмущений в приемной катушке не будет напряжения. Погребенные объекты могут детектироваться за счет вихревых токов, возникающих в металлических объектах под воздействием переменного магнитного поля от излучателя, которое, в свою очередь, наводит э.д.с. в приемной катушке. Такая система носит название метода Слинггрэма и широко применяется в металлоискателях. Помимо детектора металлов, электромагнитные системы могут быть применены для картирования погребенных рвов, ям, стен. При этом успех их обнаружения основывается на контрасте либо электрических, либо магнитных свойств объекта по сравнению с окружающей подпочвой.

Преимуществом электромагнитного метода является бесконтактный способ измерений: прибор просто проносится над исследуемым участком. Это важно в условиях сухого климата и твердой, каменистой почвы. Как и при магнитной съемке, измерения могут проводиться так быстро, как быстро движется оператор. Одновременно получаемая информация касается как электрических, так и магнитных свойств объекта, что также является преимуществом этого способа исследования. Проведенное сравнение на примере исследования неолитического памятника с земляными сооружениями показало, что разница магнитной восприимчивости в 25-45.10⁻⁵ ед. СИ может быть одинаково хорошо зафиксирована как с помощью современного магнитометра, так и электромагнитным прибором, поэтому там, где определяющими являются магнитные свойства, оба метода являются равноправными [Tabbacq, Bossnet, Becker, 1988].

Возможно широкое использование серийных приборов для обследования больших площадей. Так, с помощью канадского прибора EM-38 производства канадской фирмы Geonics была исследована территория, окружающая храм в Димэ в оазисе Файюм в Египте. Прибор обнаружил линзу погребенной глины, более обводненной, чем окружающая среда, что может говорить о наличии здесь в древности колодца [Smekalova, 2013].

2.4. Радарная съемка.

Впервые проникающий в землю радар был применен в США в начале семидесятых годов. Первоначально его предполагалось использовать только в инженерной геологии, однако радар быстро превратился в орудие полевых измерений с целью поиска археологических структур. Одними из первых работ были исследования Б. Бевана и Дж. Кенъена [Bevan, Kenyon, 1975] по обследованию исторических памятников в штатах Нью-Мексико и Филадельфия. За последние два десятилетия

Боспорские исследования, вып. XXXIII

нием (archaeological soil science; archaeopedology). Благодаря поиску эффективного междисциплинарного взаимодействия совместные полевые исследования археологов и почвоведов проводятся во многих регионах, в том числе и в Крыму. Результаты таких работ взаимно обогащают обе науки. После первых обобщающих работ по оценке скорости почвообразования, которые были основаны преимущественно на историческом методе и радиоуглеродном датировании гумуса, в последние четыре десятилетия произошел стремительный рост количества данных за счет активного использования почвенно-археологического метода датирования и изучения эволюции почв. Почвоведы могут также изучать почвы, которые возникли исключительно благодаря деятельности человека.

Группой ученых из Белгородского государственного национального исследовательского университета под руководством проф., д.г.н. Ф.Н. Лисецкого разработан новый метод почвенно-генетической хронологии (педохронологический метод), который основан на хронофункциях формирования необратимых результатов процесса почвообразования во времени.

Результативность геоархеологических исследований повышается в тех регионах, которые имеют многовековую этнокультурную и хозяйственную историю. На территории Крымского полуострова почвы, сформированные на культурных слоях различного вещественного и гранулометрического состава или измененные антропогенными воздействиями (распашка под зерновые культуры и многолетние насаждения, селитебные территории), представлены повсеместно и в широком хронологическом диапазоне.

Применяя ранее предложенную структуру описания профилей новообразованных почв для региональных почвенно-хронологических баз данных [База почвенно-хронологических данных 2010], сформирован статистически обоснованный массив эмпирических данных о почвах на более чем 30-ти памятниках Крыма. В частности, обоснован хроноряд дневных почв, развитых на памятниках во временном диапазоне от энеолита («культуры раковинных куч» III тыс. до н.э.) до XVIII в. (фельдшанец у высшей точки Тарханкута). Формированию репрезентативных хронорядов погребенных почв способствует наличие археологических памятников, которые могут обеспечить достаточное число повторений для почв с одинаковым датированным временем начала почвообразования: ок. 270 г. до н.э. (Ортли, Кельшейх-1, Панское-I и др.), III в. н.э. (Калос Лимен, Караджа и др.).

С помощью оригинальных методов почвенного датирования и применения ростовых функций, наиболее адекватных для моделирования процесса образования почвы за последние 3000 лет, обоснован фундаментальный вывод о том, что морфологическое строение почвы как органо-минерального природного тела развивается по законам, подобным ростовым процессам у биосистем [Lisetskii, 2012]. Найденные онтогенетические закономерности формирования почв на антропогенно нарушенных поверхностях перспективно использовать для почвенно-хронологического датирования археологических памятников, находящихся в режиме ренатурации после

Смекалова Т.Н. и др. Высокие технологии ... 

прекращения бытования создавших их культур. Если в результате геоархеологических исследований будут разработаны надежные хронофункции изменения необратимых генетических почвенных свойств от времени, то может быть решена обратная задача – датирование почв, сформированных на антропогенных сооружениях [Лисецкий, Голусов, 2012].

Разработанный метод почвенно-генетической хронологии – метод датирования антропогенных сооружений, основанный на математической зависимости необратимых генетических почвенных свойств от времени, определяет востребованность почвоведения для атрибуции и охраны объектов культурного наследия. Особенный интерес для археологии педохронологический метод представляет в тех случаях, когда земляные сооружения (оборонительные, гидротехнические и межевые валы) не содержат артефактов, а подкурганые погребения безынвентарны. Условием для успешного применения метода почвенно-генетической хронологии является необходимость проведения геоархеологических исследований в регионах со сравнительно однородными почвенно-климатическими условиями, получение методически согласованных педохронологических данных в объеме, позволяющем обрабатывать их методами статистики, а также калибровки по этим данным хронофункций изменения почвенных свойств во времени и верификации расчетной формулы датирования почв. Наиболее достоверные результаты датирования с помощью метода почвенно-генетической хронологии могут быть получены для почв возрастом от 200 до 2500 лет.

Верификацию педохронологического метода проводили на двух опорных античных поселениях Северо-Западного Крыма – Панское-I и Кельшейх-1. Это, например, позволило провести датирование хорошо выявляемых на космических снимках межевых валов у поселения Караджа (с. Оленевка Черноморского р-на): они определены как земляные сооружения системы античного землепользования, созданные не позже рубежа IV–III вв. до н.э.

Метод почвенно-генетической хронологии, использующий закономерности формирования во времени новообразованного гумусового горизонта почв, может быть усовершенствован путем построения математических моделей трендовых компонентов протекания других почвообразовательных процессов (выщелачивания, оструктурирования, геохимической трансформации субстрата и др.). Этот метод при корректном использовании по точности может даже превосходить более сложные методы, например, радиоуглеродного датирования. Это связано с тем, что морфологическое строение почв – это всегда вновь приобретенный признак, а функциональные признаки (в том числе содержание и возраст органического вещества) могут быть унаследованы от почвообразующей породы (особенно, когда мы имеем дело с культурными слоями). Необходимый объем эмпирических данных для обоснования дополнительных датирующих почвенно-генетических показателей формируется, используя имеющиеся заделы [Лисецкий, Ергина 2010], по результатам геоархеологических исследований на территории Крымского полуострова с 2011 г.

Боспорские исследования, вып. XXXIII

Не все почвенные свойства имеют однозначную зависимость от длительности и интенсивности агрогенных трансформаций. При земледельческом освоении почв их исходные почвенно-генетические различия не стираются полностью. Тем не менее удалось выявить набор универсальных индикаторов агрогенеза, которые наиболее чувствительны к земледельческим нагрузкам.

Используя группировку в хронопоследовательностях почвенных объектов (целинная, постантичные длительные залежи, постоянно распахиваемые земли, современные пахотные участки, современные длительные залежи) из региона, где масштабное земледелие впервые появилось в период греческой колонизации Северного Причерноморья, были определены наиболее информативные индикаторы агрогенеза из значительного количества показателей физических и химических свойств почв. К примеру, путем геохимического анализа и геоинформационного картографирования около 40 почвенных показателей на сельскохозяйственных землях к западу от Евпатории (на площади 5,5 тыс. га) удалось объективно определить конфигурацию ареала наиболее выпаханых старопахотных почв в пределах сельской округи Керкинитиды.

* * *

За последнее десятилетие естественнонаучные методы, применяемые в археологических исследованиях, шагнули далеко вперед и завоевали доверие среди археологов. Мы сейчас имеем все необходимое для того, чтобы проводить междисциплинарные археологические полевые исследования на высоком современном методическом уровне, чтобы извлекать максимум уникальной информации из памятника, в то же время сохраняя его целостность. Необходимо повсеместно внедрять эти методы в археологическую практику Крыма и проводить раскопки только после того, как будут исчерпаны все возможности неразрушающих методов исследования погребенного памятника.

Очень показательным, что в 2015 г. в НИЦ «Курчатовский институт» была организована лаборатория естественнонаучных методов в гуманитарных науках, а при Крымском федеральном университете им. В.И. Вернадского – исследовательский и координирующий отдел высоких технологий в археологии Причерноморья. Обе эти организации, обладая современными научно-техническими базами, наряду с междисциплинарными исследованиями проводят обучение студентов и аспирантов, а также дают рекомендации действующим археологическим экспедициям, являясь, по сути, предвестниками «археологии будущего». Эти процессы говорят о прогрессивном сближении точных и гуманитарных наук.

Смекалова Т.Н. и др. Высокие технологии ... 

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреанов Б.В.* Дешифрование аэрофотоснимков при изучении оросительных систем // Археология и естественные науки, МИА № 129, М.: Наука, 1965. С. 261–267.
- Борисов Н.В.* Виртуальная 3D-реконструкция боспорской крепости Илурат [Электронный ресурс] // <http://ilurat.nw.ru/content/index.htm>
- База почвенно-хронологических данных: свидетельство № 2010620434 о гос. регистрации базы данных / Ф.Н. Лисецкий, П.В. Голусов, О.А. Чепелев и др.; правообладатель ГОУ ВПО Белгородский государственный университет (БелГУ). № 2010620190; заявл. 26.04.2010; опубл. 16.08.2010.
- Герцен А.Г., Науменко В.Е., Душенко А.А., Корзюк Д.В., Лавров В.В., Смекалова Т.Н., Шведчикова Т.Ю., Чудин А.В.* Предварительные результаты комплексных междисциплинарных исследований Мангупского городища и его окружи в 2015 г.: Традиционные объекты археологического изучения и новые проекты. // КСИА, 2016 г. (в печати)
- Глазунов В.В.* Геофизические исследования на археологических памятниках. Записки ЛГИ, Л.: 1978, т. 76, с. 46–51.
- Глазунов В.В., Наумов А.П.* Геофизические исследования на античном поселении Панское-I.- В сб.: Новое в применении физико- математических методов в археологии. М.: Наука, 1979, с. 22–39.
- Дойель Л.* Полет в прошлое. М.: Наука, 1979. 296 с.
- Игонин Н.И.* Применение аэрофотосъемки при изучении археологических памятников // Археология и естественные науки, МИА № 129, 1965, М.: Наука. С. 257–260.
- Зинько В.Н.* Некоторые итоги изучения сельской округи античного Нимфея. // Материалы по археологии, истории и этнографии Таврии. Вып. V. Симферополь, 1996. С. 12–20.
- Зинько В.М.* Міжнародний колоквиум «Античне місто: проблеми збереження архітектурно-археологічних комплексів» // Археологія. 2006. № 1. С. 103-107.
- Зинько В.Н.* Проблемы сохранения архитектурно-археологических комплексов городища Тиритака // Боспорские исследования. Вып. XVII. Симферополь-Керчь, 2007. С. 128–137.
- Кири П., Брукс М.* Введение в геофизическую разведку. М.: Мир, 1988. 384 с.
- Кордт В.* Материалы по истории русской картографии. Киев: комиссия для разбора древних актов, 1899. Вып. I. 15 с., 32 табл.
- Кутайсов В.А., Смекалова Т.Н.* Ортли. Античные усадьба и виноградник на дальней хоре Херсонеса. Материалы к археологической карте Крыма. Вып. XI. Ч. 2. Симферополь: Доля, 2013. 272 с.
- Лисецкий Ф.Н., Голусов П.В.* Почвенно-хронологические исследования археологических памятников Таманского полуострова // Донская археология. 2002. №3-4 (16-17). С. 102-112.
- Лисецкий Ф.Н., Ергина Е.И.* Развитие почв Крымского полуострова в позднем голоцене // Почвоведение. 2010. № 6. С. 643–657.
- Маркевич А.* TAURICA. Опыт указателя сочинений, касающихся Крыма и Таврической губернии вообще // Известия Таврической ученой архивной комиссии. № 20. Симферополь, 1884. 394 с.
- Масленников А.А., Смекалова Т.Н.* Комплексное исследование памятников боспорской хоры Крымского Приазовья. // Боспор и античный мир., Нижегородский государственный университет, Нижний Новгород, 1997. С. 82–93.
- Пасуманский А.Е.* 2D и 3D документирование археологических памятников и находок // Пастухи и земледельцы раннего железного века в Северо-Западном Крыму. Материалы к археологической карте Крыма / Ред. Смекалова Т.Н. и Кутайсов В.А. 2013. Вып. VIII. Ч. 2. С. 320–332.
- Смекалова Т.Н.* Русские топографические карты XVIII-XX веков как источник по изучению археологических памятников Западного и Восточного Крыма // Боспорские исследования, № 17, Симферополь-Керчь, 2007. С. 78–111.

Боспорские исследования, вып. XXXIII

- Смекалова Т.Н.* Памятники эпохи бронзы и раннего железного века на полуострове Тарханкут: каталог. Материалы к археологической карте Крыма. Вып. II. Симферополь: Доля, 2010. 204 с.
- Смекалова Т.Н.* Космические снимки как инструмент для выявления археологических памятников на полуострове Тарханкут // Материалы к археологической карте Крыма. Вып. III. Симферополь: Доля. 2010а. С. 13–82.
- Смекалова Т.Н.* Дистанционные и геофизические исследования поселений античной эпохи в Северо-Западном Крыму. Материалы к археологической карте Крыма. Симферополь: Доля, 2011, Вып. V. 296 с.
- Смекалова Т.Н.* К вопросу о методике и источниках для изучения античных земельных наделов в Северо-Западном Крыму // Материалы к археологической карте Крыма. Симферополь: Доля, 2012, Вып. VI. Ч. 2. С. 256–269.
- Смекалова Т.Н., Мельников А.В., Масленников А.А.* Эллинистическое поселение Генеральское в Северо-Западном Крыму. Физико-археологические исследования. // Проблемы исследования античных городов. Тезисы докладов Всесоюзного симпозиума, посвященного памяти В.Б. Блаватского. М., «Наука», 1989, с. 78–80.
- Смекалова Т.Н., Мельников А.В., Мыц В.Л., Беван Б.В.* Магнитометрическое изучение гончарных печей средневековой Таврики. СПб: Изд-во С.-Петербургского университета. 2000. 163 с.
- Смекалова Т.Н., Зинько В.Н., Чудин А.В.* Магнитная разведка поселения Тобечик-9 // VIII Боспорские чтения. Керчь, 2007. С. 293–298.
- Смекалова Т.Н., Зинько В.Н., Чудин А.В.* Магниторазведка поселения Аршинцево-3 на хоре Тиритаки. // IX Боспорские чтения, Керчь, 2008. С. 299–302.
- Смекалова Т.Н., Восс О., Мельников А.В.* Магнитная разведка в археологии. Симферополь: Доля, 2010. 78 с.
- Смекалова Т.Н., Ф.Н. Лисецкий, О.А. Маринина, А.В. Чудин, А.С. Гарипов.* Изучение пространственной организации древнего землепользования в Северо-Западном Крыму геоархеологическими методами // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2015. № 2. С. 150–160.
- Треблева Г.В., Горлов Ю.В.* Применение геоинформационных систем-технологий в комплексных палеогеографических и археологических исследованиях на Тамани и Абхазском побережье // Проблемы истории, филологии, культуры. 2004. Вып. XIV. С. 434–440.
- Франтов Г.С., Пинкевич А.А.* Геофизика в археологии. Л.: Недра, 1966. 205 с.
- Шишкін К.В.* З практики дешифрування аерофотознімків у археологічних цілях. // Археологія, 1973, N 10, с. 268–272.
- Щеглов А.Н.* Северо-Западный Крым в античную эпоху. Л.: Наука, 1978. 156 с.
- Щеглов А.Н.* Разведки и раскопки античных сельских поселений и аграрных систем. //Методика полевых археологических исследований. М.: Наука, 1983. С. 12–30.
- Aitken M.J.* The magnetic survey // Appendix to S.S. Frere: Excavations at Verulamium 1959, 5th Interim Report. Antiquaries Journal, 1960. Vol. 40. P. 21–24.
- Aitken M.J.* Physics and archaeology. Oxford, 1974. 291 p.
- Alexakis D., Sarris A., Astaras T., Albanakis K.* Detection of Neolithic settlements in Thessaly (Greece) through multispectral and hyperspectral satellite imagery // Sensors, 9, 2009. P. 1167–1187.
- Bevan B.W.* Electromagnetics for mapping buried earth features // Journal of Field Archaeology. Vol. 10. No. 1. 1983. P. 47–54.
- Bevan B.W., Kenyon J.* Ground-penetrating radar for historical archaeology // MASCA Newsletters. 1975. Vol. 11. P. 2–7.
- Bevan B.W., Smekalova T.N.* Magnetization Directions of Iron Slag in Denmark. // Filtering, Optimization and Modelling of Geophysical data in Archaeological Prospecting. Fondazione ing. Carlo Maurilio Lerici. Politecnico di Milano. 50th Anniversary, 1947-1997. Milano, 2002. P. 9–25.
- Bevan B.W., Smekalova T. N.* Magnetic Exploration of Archaeological Sites // Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites / Ed. by

Смекалова Т.Н. и др. Высокие технологии ... 

- Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013. P. 133–152.
- Bevan B.W., Smekalova T. N., Chudin A.V., Garipov A.S. The discovery of an ancient Greek vineyard // *Archaeological Prospecting*. 2015. Vol. 4. P. 201–224.
- Campana S, Piro S, Felici C, Ghisleni M. From space to place: the Aiali project (Tuscany-Italy). *BAR International Series* 1568, 2006. P. 131–136.
- Carreras Monfort C. Earth Resistance Survey: A Mature Archaeological Geophysics Method for Archaeology // *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites.* / Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013. P. 153–164.
- Cerato I., Perscarin S. Reconstructing Past Landscapes for Virtual Museums // *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites.* / Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013. P. 285–296.
- Ceraudo G. Aerial Photography in Archaeology // *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites.* / Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013. P. 11–30.
- Crawford O.G.S. *Archaeology in the field*. London: Phoenix House, 1953. 280 p.
- Dilke, O.A.W. *Greek and Roman Maps*. London: Thames and Hudson Ltd. 1985. 224 p.
- Harrower M., McCorriston J., Oches E.A. Mapping the roots of agriculture in southern Arabia: The application of satellite remote sensing, Global Positioning System and geographic information system technologies // *Archaeological Prospection* 2002. Vol. 9. P. 35–42.
- Herbich T., D. O'Connor, M. Adams, P. Ballet, U. Hartung. La géophysique dans l'archéologie égyptienne // *Dossiers archeologue*. N 308, 205. P. 62–70.
- Hidalgo R., Manuel J. Keay S. La Itálica de Adriano. Resultado de las prospecciones geofísicas de 1991 y 1993 // *Archivo español de arqueología*. 1999. 72, pp. 73–78.
- Fassbinder P.J., H. Bekker, M. Van Ess. Prospecciones magnéticas a Uruk (Warka). La cité du roi Gilgamesh (Irak) // *Dossiers archeologue*. N 308, 205. P. 20–25.
- Kaimaris D., Georgoula O., Karadedos G., Patias P. Aerial and Remote Sensing Archaeology in Eastern Macedonia, Greece // *22nd CIPA Symposium, Kyoto, Japan, CIPA Archives for Documentation of Cultural Heritage*. 2009. 22(1). P. 1–32.
- Klein M. Computer-Aided 3D Visualisation of Roman Towns // *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites.* Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013. P. 297–308.
- Kwiatk K., Tokarczyk R., Immersive Photogrammetry in 3D Modelling // *Geomagnetics and Environmental Engineering*. Volume 9. Number 2. 2015. P. 15–25.
- Kaufman J., Clement M. and Rennie A.E.W. Reverse Engineering Using Close Range Photogrammetry for Additive Manufactured Reproduction of Egyptian Artifacts and Other Objets d'art // *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, Volume 15, 2015, Issue 1. P. 1006–10011.
- Lipo C.P., Hunt T.L. Mapping prehistoric roads on Easter Island // *Antiquity*. 79, 2005. P. 158–168.
- López-Menchero Bendicho V.M. International Guidelines for Virtual Archaeology: The Seville Principles // *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites.* Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013. P. 269–284.
- Mayer C. Interpretation and Guidelines for Reporting // *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites.* Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013. P. 177–192.
- Mlekuž D. Skin Deep: LiDAR and Good Practice of Landscape Archaeology // *Good Practice in*

Боспорские исследования, вып. XXXIII

- Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites. Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013. P. 113–132.
- Mikkelsen P.H. and T. Smekalova.* Central places from a scientific perspective: From geophysics to micro-morphology // *Wealth and Complexity. Economically specialised sites in Late Iron Age Denmark.* / Eds. E. Stidsing, K. H. Nielsen, and R. Fiedel. Aarhus: Aarhus University Press, 2014. P. 281–288.
- Perschel G.* A new favorable combination of resistivity sounding and profiling in archaeological surveying // *Prospezioni archeologiche*, 1967, Vol. 2, pp. 91–101.
- Plets G., Gheyle W., Verhoeven G., De Reu J., Bourgeois J., Stichelbaut B.* Three-dimensional recording of archaeological remains in the Altai Mountains // *Antiquity: Antiquity Publications Ltd.* Vol. 86. 2012. P. 884–897.
- Robleda Prieto G., Pérez Ramos A.,* Modeling and accuracy assessment for 3D-virtual reconstruction in cultural heritage using low-cost photogrammetry: Surveying of the «Santa María Azogue» church's front // *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W4, 2015, 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 25-27 February 2015, Avila, Spain.* P. 263–270.
- Radcliffe F.* Not Roman centuriation but Greek chora (land division): discovered from the air – 'rectified' by subsequent ground survey! // *AARGnews (newsletter of the Aerial Archaeology Research Group).* 2008. 37. P. 37–39.
- Scheglov A.N.* Severo-zapadniy Krym v antichnuju epohu. L.: Nauka, 1983. 156 p.
- Scheglov A.N.* Razvedki i raskopki antichnykh sel'skikh poselenii i agrarnykh sistem // *Metodika polevykh arheologicheskikh issledovaniy.* M.: Nauka, 1983. P. 12–30.
- Scholl T., Zin'ko V.* Archaeological map of Nymphaion (Crimea). Warsaw 1999. - 126 p.
- Start C., Eitel B.* Geoarchaeological studies in central Crete based on remote sensing and GIS // *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology.* / Posluschny A, Lambers K., Herzog I. (eds). Bonn: Koll. Vor-u. Frühgesch. 2008. P. 299–305.
- Smekalova T.* Magnetic Testing using Overhauser Gradiometer GSM-19WG and Cesium Magnetometer MM-60. // *Dakhleh Oasis Project: Preliminary Reports on the 1994-1995 to 1998-1999 Field Seasons.* / Eds. By C. Hope and G. E. Bowen. Oxford and Oakville: Oxbow books, 2002. P. 31–41.
- Smekalova T.N.* The geophysical survey // *Soknopaion Nesos Project. I.* Pisa/Roma: Fabrizioo Serro Editore. 2012. P. 111–118.
- Smekalova T.N., Myts V.L., Melnikov A.V.* Advances in magnetometry imaging of buried archaeological sites in the Crimea. // *Abstracts of International Symposium on Archaeometry, Heidelberg, Germany, 2-6 April 1990.* P. 35.
- Smekalova T., Maslennikov A.A.* Cadaster of Geophysical Maps of Bospor Sites in the Coast of Azov Sea. // *Geophysical Exploration of Archaeological Sites. Series: Theory and Practice of Applied Geophysics,* edited by A.Vogel and G.N.Tsokas. Vol.7. Vieweg Publishing, Braunschweig/Wiesbaden 1993, pp. 27–35.
- Smekalova T.N., O. Voss.* Magnetic survey on the archaeological sites in Denmark // *Nationalmuseets Arbejdsmark.* 2001. København, 2001. S. 134–146.
- Smekalova T. N., A. J. Mills and T. Herbich,* Magnetic Survey at 'Ain el-Gazzareen, in G. E. Bowen and C. A. Hope, eds, *The Oasis Papers III. Proceedings of the Third International Conference of the Dakhleh Oasis Project.* Oxford: Oxbow, Books, 2004. P. 131–135.
- Smekalova T., O. Voss, S. Smekalov, V. Myts, S. Koltukhov.* Magnetometric Investigations of Stone Constructions within Large Ancient Barrows of Denmark and Crimea. // *Geoarchaeology.* 2005. Vol. 20. No. 5. P. 461–482.

Смекалова Т.Н. и др. Высокие технологии ... 

- Smekalova T. N., Voss O., Smekalov S.L.* Magnetic surveying in archaeology. More than 10 years of using the Overhauser GSM-19 gradiometer. Aarhus: Wormianum, 2008. 78 p.
- Soetsens S., J. Driessen, A.Sarris, S.Topouzi.* The Minoan peak sanctuary landscape through a GIS approach // *Archeologia e Calcolatori*. 2002. Vol. 13. P. 161–170.
- Tabbagh A., Bossnet G., Becker H.* A comparison between magnetic and electromagnetic prospection of a Neolithic ring ditch in Bavaria // *Archaeometry*, 1988, 30, 1. P.132–144.
- Topouzi S., Sarris A., Pikoulas Y., Mertikas S., Frantzis X., Giourou A.* Ancient Mantinea's Defence Network Reconsidered Through a GIS Approach // *Proceedings of CAA 2001 International Conference (Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology)*. April 25-29, 2001, Visby, Gotland, Sweden: Stockholm, 2002. P. 559–566.
- Trier Ø.D., Loska A., Øyen Larsen S., Solberg R.* Detection of burial mounds in high-resolution satellite images of agricultural land. // *Advances on remote sensing for archaeology and cultural heritage management*. Rome: Argo, 2008. P. 17–22.
- Verhoeven G.*, Taking computer vision aloft - Archaeological three-dimensional reconstructions from aerial photographs with PhotoScan // *Archaeological Prospection*. 2011. Volume 18. Issue 1. P. 67–73.
- Verhoeven G., Sevara Ch., Karel W., Ressel C., Doneus M., Briese Ch.* Undistorting the Past: New Techniques for Orthorectification of Archaeological Aerial Frame Imagery // *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites.* / Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013. P. 31–68.
- Vermeulen F.* Roman Urban Survey: The mapping and monitoring of Complex Settlement Sites with Active Aerial Photography // *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites.* / Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013. P. 69–88.
- Ward-Perkins J. B.* *Cities of Ancient Greece and Italy: Planning in Classical Antiquity*. London: Sidgwick & Jackson, 1974. 128 p.
- Weymouth J.W.* 1986. Geophysical methods of archaeological site surveying // *Advances in Archaeological Method and Theory* 9. P. 370–382.
- Zhukovsky M.O., Kuznetsov V.D., Olkhovsky S.V.*, Photogrammetric Techniques for 3-D Underwater Record of the Antique Time Ship from Phanagoria // *XXIV International CIPA Symposium*, 2 – 6 September 2013, Strasbourg, France. P. 717–721.

REFERENCES

- Adrianov B.V. Deshifrovaniye aerofotosnimkov pri izuchenii orositel'nyh system. *Arheologia I estestvennyye nauki. Materialy I issledovaniya po arheologii*, no. 129, M.: Nauka, 1965, pp. 261–267.
- Aitken M.J. The magnetic survey. Appendix to S.S. Frere: Excavations at Verulamium 1959, 5th Interim. Report. *Antiquaries Journal*, 1960, vol. 40, pp. 21–24.
- Aitken M.J. *Physics and archaeology*. Oxford, 1974. 291 p.
- Alexakis D., Sarris A., Astaras T., Albanakis K. Detection of Neolithic settlements in Thessaly (Greece) through multispectral and hyperspectral satellite imagery. *Sensors*, vol. 9, 2009, pp. 1167–1187.
- Baza pochvenno-hronologicheskikh dannyh: svidetelstvo № 2010620434 o gos. Registracii bazy dannyh / F.N. Lisetsky, P.V. Goleusov, O.A. Chepelev et al.: pravoobladatel' Belgorodskiy gosudarstvennyy universitet. № 2010620190; zajavl. 26.04.2010; opubl. 16.08.2010.
- Bevan B. W. Electromagnetics for mapping buried earth features. *Journal of Field Archaeology*, vol. 10, no. 1, 1983. P. 47–54.
- Bevan B. W., Kenyon J. Ground-penetrating radar for historical archaeology. *MASCA Newsletters*. 1975. 11. P. 2–7.
- Bevan B.W., Smekalova T.N. Magnetization Directions of Iron Slag in Denmark. *Filtering, Optimization and Modelling of Geophysical data in Archaeological Prospecting. Fondazione ing. Carlo Maurilio Lericci. Politecnico di Milano. 50th Anniversary, 1947-1997*. Milano, 2002, pp. 9–25.

Боспорские исследования, вып. XXXIII

- Bevan B.W., Smekalova T. N. Magnetic Exploration of Archaeological Sites. *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites*. Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013, pp. 133–152.
- Bevan B.W., Smekalova T. N., Chudin A.V., Garipov A.S. The discovery of an ancient Greek vineyard // *Archaeological Prospecting*. 2015, 4, pp. 201–224.
- Borisov N.V. *Virtualnaja 3-D rekonstrukcija bosporskoj kreposti Ilurat* // <http://ilurat.nw.ru/content/index.htm>
- Campana S., Piro S., Felici C., Ghisleni M. *From space to place: the Aiali project (Tuscany-Italy)*. BAR International Series 1568, 2006, pp. 131–136.
- Carreras Monfort C. Earth Resistance Survey: A Mature Archaeological Geophysics Method for Archaeology. *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites*. Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013, pp. 153–164.
- Cerato I., Perscarin S. Reconstructing Past Landscapes for Virtual Museums. *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites*. Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013, pp. 285–296.
- Ceraudo G. Aerial Photography in Archaeology. *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites*. Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013, pp. 11–30.
- Crawford O.G.S. *Archaeology in the field*. London: Phoenix House, 1953. 280 p.
- Dilke, O.A.W. *Greek and Roman Maps*. London: Thames and Hudson Ltd. 1985. 224 p.
- Doiel L. *Polet v proshloe*. M.: Nauka, 296 p.
- Fassbinder P.J., H. Bekker, M. Van Ess. Prospecciones magnetiques à Uruk (Warka). La cité du roi Gilgamesh (Irak). *Dossiers archeologue*. N 308, vol. 205. P. 20–25.
- Frantov G.S., Pinkevich A.A. *Geofizika v arheologii*. L.: Nedra, 1966, 205 p.
- Gertsen A.G., Naumenko V.E., Dushekno A.A., Korzjuk D.V., Lavrov V.V., Smekalova T.N., Svedchikova T.Ju., Chudin A.V. Preliminary results of multidisciplinary investigations of Mangup and its surroundings in 2015 г // *Kratkie soobschenija institute arheologii*, 2016 г. (в печати).
- Glazunov V.V. Geofizicheskie issledovanija na arheologicheskikh pamjatnikah // *Zapiski LGI, L.*, 1978. Vol. 76. P. 46–51.
- Glazunov V.V., Naumov A.P. Geofizicheskie issledovanija na antichnom poselenii Panskoe I // *Novoe v primenenii fiziko-arheologicheskikh metodov v arheologii*. M.: Nauka, 1978. P. 22–39.
- Harrower M., McCorriston J., Oches E.A. Mapping the roots of agriculture in southern Arabia: The application of satellite remote sensing, Global Positioning System and geographic information system technologies. *Archaeological Prospection*. 2002, vol. 9, pp. 35–42.
- Herbich T., D. O'Connor, M. Adams, P. Ballet, U. Hartung. La géophysique dans l'archéologie égyptienne. *Dossiers archeologue*. N 308, 205. P. 62–70.
- Hidalgo R., Manuel J. Keay S. La Italica de Adriano. Resultado de las prospecciones geofisicas de 1991 y 1993. *Archivo español de arqueología*. 1999. vol. 72, pp. 73–78.
- Igonin N.I. Primenenie aerofotos'emki pri izuchenii arheologicheskikh pamjatnikov *Arheologia I estestvennye nauki. Materialy I issledovanija po arheologii*, no. 129, M.: Nauka, 1965, pp. 257–260.
- Kaimaris D., Georgoula O., Karadedos G., Patias P. Aerial and Remote Sensing Archaeology in Eastern Macedonia, Greece. *22nd CIPA Symposium, Kyoto, Japan, CIPA Archives for Documentation of Cultural Heritage*. 2009, vol. 22(1), pp. 1–32.
- Kaufman J., Clement M. and Rennie A.E.W. Reverse Engineering Using Close Range Photogrammetry for Additive Manufactured Reproduction of Egyptian Artifacts and Other Objets d'art. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 2015, vol. 15, issue 1, pp. 1006–10011.
- Kiri P., Bruks M. *Vvedenie v geofizicheskyj razvedku*. M.: Mir, 1988, 384 p.

Смекалова Т.Н. и др. Высокие технологии ... 

- Klein M. Computer-Aided 3D Visualisation of Roman Towns. *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites*. Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013, pp. 297–308.
- Kordt V. *Materialy po istorii russkoi kartografii*. Kiev: Komissija dlja razbora drevnich aktov. 1899, issue I, 15 p., 32 tabl.
- Kutaisov V.A., Smekalova T.N. *Ortli. Antichnye usad'ba I vinogradnik na dal'nei chore Chersonesa. Materialy k arheologicheskoi karte Kryma*. Issue XI, part 2, Simferopol: Dolja, 2013, 272 p.
- Kwiatk K., Tokarczyk R., Immersive Photogrammetry in 3D Modelling. *Geomagnetics and Environmental Engineering*, 2015, vol. 9, no. 2, pp. 15–25.
- Lipo C.P., Hunt T.L. Mapping prehistoric roads on Easter Island. *Antiquity*. 2005, vol. 79, pp. 158–168.
- Lisetskii F.N. Soil reproduction in steppe ecosystems of different ages. *Contemporary problems of ecology*. 2012, vol. 5, no. 6, pp. 580–588.
- Lisetskii F.N., Goleusov P.V. Pochvenno-hronologicheskie issledovaniya archeologicheskikh pamjatnikov Tamanskogo poluostrova // Donskaja archeologija. 2002. No. 3-4 (16-17). P. 102–112.
- Lisetskii F.N., Ergina E.I. Razvitie pochv Krymskogo poluostrova v pozdnem golocene // Pochvovedenie. 2010. No. 6. P. 643–657.
- López-Mencherp Bendicho V.M. International Guidelines for Virtual Archaeology: The Seville Principles. *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites*. Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013, pp. 269–284.
- Markevich A. TAURICA. Opyt ukazatelja sochinenij, kasajuschihsja Kryma I Tavricheskoi gubernii voobsche. *Izvestija Tavricheskoi Uchenoi Archivnoi Komissii*, no 20. Simferopol, 1884, 394 p.
- Maslennikov A.A., Smekalova T.N. Multidisciplinary investigations of the sites of Bosporan chora in Crimean Sea of Azov shore // Bospor i antichnyi mir. Nizhnii Novgorod, 1997. P. 82–93.
- Mayer C. Interpretation and Guidelines for Reporting. *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites*. Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013, pp. 177–192.
- Mlekuž D. Skin Deep: LiDAR and Good Practice of Landscape Archaeology. *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites*. Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013, pp. 113–132.
- Mikkelsen P. H. and T. Smekalova. Central places from a scientific perspective: From geophysics to micro-morphology. *Wealth and Complexity. Economically specialised sites in Late Iron Age Denmark*. Eds. E. Stidsing, K. H. Nielsen, and R. Fiedel. Aarhus: Aarhus University Press, 2014, pp. 281–288.
- Pasumanskii A.E. 2D i 3D dokumentirovanie archeologicheskikh pamjatnikov I nahodok. *Pastuhi I zemledel'tsy rannego zheleznogo veka v severo-zapadnov Krymu. Materialy k arheologicheskoi karte Kryma*. Smekalova T.N. I Kutaisov V.A. Eds. Issue VIII, part 2, Simferopol: Dolja, 2013, pp. 320–332.
- Perschel G. A new favorable combination of resistivity sounding and profiling in archaeological surveying. *Prospezioni archeologiche*, 1967, 2, p. 91–101.
- Plets G., Gheyle W., Verhoeven G., De Reu J., Bourgeois J., Verhegge J., Stichelbaut B. Three-dimensional recording of archaeological remains in the Altai Mountains. *Antiquity*. 2012, vol. 86, pp. 884–897.
- Robleda Prieto G., Pérez Ramos A., Modeling and accuracy assessment for 3D-virtual reconstruction in cultural heritage using low-cost photogrammetry: Surveying of the «Santa María Azogue» church's front. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2015, vol. XL-5/W4, 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 25-27 February 2015, Avila, Spain, pp. 263–270.
- Radcliffe F. Not Roman centuriation but Greek chora (land division): discovered from the air – 'rectified' by subsequent ground survey! *AARGnews* 2008, vol. 37, pp. 37–39.

Боспорские исследования, вып. XXXIII

- Scheglov A.N. *Severo-zapadnyi Krym v antichnuju epohu*. L.: Nauka, 1978, 156 p.
- Shishkin K.K. Iz praktiki deshifrovaniya aerofotosnimkov v arheologicheskikh tseljah // *Arheologija*, 1973, N10. P. 268–272.
- Siart C., Eitel B. Geoarchaeological studies in central Crete based on remote sensing and GIS // *Layers of Perception*. Posluschny A, Lambers K., Herzog I. (eds). *Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Bonn: Koll. Vor-u. Frühgesch. 2008, pp. 299–305.
- Smekalova T. Magnetic Testing using Overhauser Gradiometer GSM-19WG and Cesium Magnetometer MM-60. *Dakhleh Oasis Project: Preliminary Reports on the 1994-1995 to 1998-1999 Field Seasons*. Eds. By C. Hope and G. E. Bowen. Oxford and Oakville: Oxbow books, 2002, pp. 31–41.
- Smekalova T.N. Russkie topograficheskie karty 18-20 vv. kak istochnik po izucheniju arheologicheskikh pamjatnikov Zapadnogo i Vostochnogo Kryma. *Bosporskie issledovaniya*, no. 17, Simferopol-Kerch, 2007, pp. 78–111.
- Smekalova T.N. *Pamjatniki epohi bronzy i rannego zheleznoogo veka na poluostrove Tarhankut. Katalog. Materialy k arheologicheskoi karte Kryma*. Issue II, Simferopol: Dolja, 2010, 204 p.
- Smekalova T.N. Kosmicheskie snimki kak instrument dlja vyjavlenija arheologicheskikh pamjatnikov na poluostrove Tarhankut. *Materialy k arheologicheskoi karte Kryma*. Issue III, Simferopol: Dolja, 2010a, pp. 13–82.
- Smekalova T.N. *Distancionnye i geofizicheskie issledovaniya poselenii antichnoi epohi v severo-zapadnom Krymu. Materialy k arheologicheskoi karte Kryma*. Issue V, Simferopol: Dolja, 2011, 296 p.
- Smekalova T.N. K voprosu o metodike i istochnikah dlja izuchenija antichnykh zenel'nykh nadelov v severo-zapadnom Krymu. *Materialy k arheologicheskoi karte Kryma*. Issue VI, part 2, Simferopol: Dolja, 2011, pp. 256–269.
- Smekalova T.N., Mel'nikov A.V., Maslennikov A.A. Hellenistic settlement of Generalskoe in North-Eastern Crimea. Physico-archaeological investigations. // *Problemy issledovaniya antichnykh gorodov. Tezisy dokladov simpoziuma, devoted to the memory of V.B. Blavatskii*. Moscow, «Nauka», 1989. P. 78–80.
- Smekalova T.N., Myts V.L., Melnikov A.V. Advances in magnetometry imaging of buried archaeological sites in the Crimea. // *Abstracts of International Symposium on Archaeometry, Heidelberg, Germany, 2-6 April 1990*, p. 35.
- Smekalova T., Maslennikov A.A. Cadaster of Geophysical Maps of Bospor Sites in the Coast of Azov Sea. // *Geophysical Exploration of Archaeological Sites*. Series: Theory and Practice of Applied Geophysics, edited by A. Vogel and G.N. Tsokas. Vol.7. Vieweg Publishing, Braunschweig/Wiesbaden 1993, pp. 27–35.
- Smekalova T.N., O.Voss. Magnetic survey on the archaeological sites in Denmark. *Nationalmuseets Arbejdsmark*. 2001. København, 2001. S. 134–146.
- Smekalova T. N., A. J. Mills and T. Herbich, Magnetic Survey at 'Ain el-Gazzareen, in G. E. Bowen and C. A. Hope, eds, *The Oasis Papers III. Proceedings of the Third International Conference of the Dakhleh Oasis Project*. Oxford: Oxbow, Books, 2004, pp. 131–135.
- Smekalova T., O. Voss, S. Smekalov, V. Myts, S. Koltukhov. Magnetometric Investigations of Stone Constructions within Large Ancient Barrows of Denmark and Crimea. *Geoarchaeology*. 2005, vol. 20, no. 5, pp. 461–482.
- Smekalova T.N., Zin'ko V.N., Chudin A.V. magnetic survey of the settlement of Tobechik-9 // VIII Bosporskie Chtenija. Kerch, 2007. P. 293–298.
- Smekalova T.N., Zin'ko V.N., Chudin A.V. Магниторазведка поселения Аршинцево 3 на хоре Тиритаки. // IX Bosporskie Chtenija. Kerch, 2008. P. 299–302.
- Smekalova T. N., Voss O., Smekalov S.L. *Magnetic surveying in archaeology. More than 10 years of using the Overhauser GSM-19 gradiometer*. Wormianum, 2008. 78 p.
- Smekalova T.N., Myts V.L., Melnikov A.V. Advances in magnetometry imaging of buried archaeological sites

Смекалова Т.Н. и др. Высокие технологии ... 

- in the Crimea. // Abstracts of International Symposium on Archaeometry, Heidelberg, Germany, 2-6 April 1990. P. 35.
- Smekalova T., Maslennikov A.A. Cadaster of Geophysical Maps of Bospor Sites in the Coast of Azov Sea. // Geophysical Exploration of Archaeological Sites. Series: Theory and Practice of Applied Geophysics, edited by A.Vogel and G.N.Tsokas. Vol.7. Vieweg Publishing, Braunschweig/Wiesbaden 1993, pp. 27–35.
- Smekalova T.N., Myts V.L., Melnikov A.V. Advances in magnetometry imaging of buried archaeological sites in the Crimea. // Abstracts of International Symposium on Archaeometry, Heidelberg, Germany, 2-6 April 1990. P. 35.
- Smekalova T., Maslennikov A.A. Cadaster of Geophysical Maps of Bospor Sites in the Coast of Azov Sea. // Geophysical Exploration of Archaeological Sites. Series: Theory and Practice of Applied Geophysics, edited by A.Vogel and G.N.Tsokas. Vol.7. Vieweg Publishing, Braunschweig/Wiesbaden 1993, pp. 27–35.
- Smekalova T.N., O.Voss. Magnetic survey on the archaeological sites in Denmark. Nationalmuseets *Arbejdsmark*. 2001. København, 2001. S. 134–146.
- Smekalova T. N., A. J. Mills and T. Herbich, Magnetic Survey at ‘Ain el-Gazzareen, in G. E. Bowen and C. A. Hope, eds, *The Oasis Papers III. Proceedings of the Third International Conference of the Dakleh Oasis Project*. Oxford: Oxbow, Books, 2004, pp. 131–135.
- Smekalova T., O. Voss, S. Smekalov, V. Myts, S. Koltukhov. Magnetometric Investigations of Stone Constructions within Large Ancient Barrows of Denmark and Crimea. *Geoarchaeology*. 2005, vol. 20, no. 5, pp. 461–482.
- Smekalova T.N., Zin’ko V.N., Chudin A.V. Magnetic survey of the settlement of Tobechik-9 // VIII Bosporskie Chtenija. Kerch, 2007. P. 293–298.
- Smekalova T.N., Zin’ko V.N., Chudin A.V. Magnetic survey of the settlement of Arshincevo 3 na hore Tyritake. // IX Bosporskie Chtenija. Kerch, 2008. P. 299–302.
- Smekalova T. N., Voss O., Smekalov S.L. *Magnetic surveying in archaeology. More than 10 years of using the Overhauser GSM-19 gradiometer*. Wormianum, 2008. 78 p.
- Smekalova T.N., Voss O., Mel’nikov A.V., *Magnitnaja razvedka v arheologii*. Simferopol: Dolja, 2010. 78 p.
- Smekalova T.N. The geophysical survey. *Soknopaïou Nesos Project. I*. Pisa/Roma: Fabrizioo Serro Editore. 2012, pp. 111–118.
- Smekalova T.N., Lisetskii F.N., Marinina O.A., Chudin A.V., Garipov A.S. Izuchenie prostranstvennoi organizacii drevnego zemlepol’zovanija v severo-zapadnom Krymu geoarheologicheskimi metodami. *Vesnik arheologii, antropologii i etnografii*. 2015, no. 2, pp. 150–160.
- Soetsens S., J. Driessen, A.Sarris, S.Topouzi. The Minoan peak sanctuary landscape through a GIS approach. *Archeologia e Calcolatori*. 2002, vol. 13, pp. 161–170.
- Tabbagh A., Bossnet G., Becker H. A comparison between magnetic and electromagnetic prospection of a Neolithic ring ditch in Bavaria. *Archaeometry*, 1988, vol. 30, no. 1, pp. 132–144.
- Topouzi S., Sarris A., Pikoulas Y., Mertikas S., Frantzis X., Giourou A.. Ancient Mantinea’s Defence Network Reconsidered Through a GIS Approach. *Proceedings of CAA 2001 International Conference (Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology)*. April 25-29, 2001, Visby, Gotland, Sweden: Stockholm, 2002, pp. 559–566.
- Trebleva G.V., Gorlov Ju.V. Primenenie geoinformacionnyh system-technologij v kompleksnyh paleogeograficheskikh i arheologicheskikh issledovanijah na Tamani i Abhazskom poberezh’e. *Problemy istorii, filologii, kul’tury*. 2004, issue XIV, pp. 434–440.
- Trier Ø.D., Loska A., Øyen Larsen S., Solberg R. Detection of burial mounds in high-resolution satellite images of agricultural land. *Advances on remote sensing for archaeology and cultural heritage management*. Rome, 2008, pp. 17–22.
- Verhoeven G., Taking computer vision aloft - Archaeological three-dimensional reconstructions from aerial photographs with PhotoScan. *Archaeological Prospection*. 2011, vol. 18, issue 1, pp. 67–73.
- Verhoeven G., Sevara Ch., Karel W., Ressel C., Doneus M., Briese Ch. Undistorting the Past: New

- Techniques for Orthorectification of Archaeological Aerial Frame Imagery. *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites*. Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013, pp. 31–68.
- Vermeulen F. Roman Urban Survey: The mapping and monitoring of Complex Settlement Sites with Active Aerial Photography. *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Non-invasive survey of complex archaeological sites*. Ed. by Cristina Corsi, Bozidar Slapsak, and Frank Vermeulen. Dordrecht: Springer International Publishing, 2013, pp. 69 – 88.
- Ward-Perkins J. B. *Cities of Ancient Greece and Italy: Planning in Classical Antiquity*. London: Sidgwick & Jackson, 1974. 128 p.
- Weymouth J.W. Geophysical methods of archaeological site surveying. *Advances in Archaeological Method and Theory*/ 1986, vol. 9, pp. 370–382.
- Zhukovsky M.O., Kuznetsov V.D., Olkhovsky S.V., Photogrammetric Techniques for 3-D Underwater Record of the Antique Time Ship from Phanagoria. *XXIV International CIPA Symposium*, 2 – 6 September 2013, Strasbourg, France. 2013, pp. 717–721.
- Zin'ko V.N. Some results of the studies of rural territory of ancient Nymphaion //Materialy po archeologii, istorii i etnografii Tavrii. Issue V. Simferopol, 1996. P. 12–20.
- Zin'ko V.N. International colloquium “Ancient town: problems of protection of architectural-archaeological complexes” // Arheologija. 2006. № 1. P. 103–107.
- Zin'ko V.N. Problems of protection of architectural-archaeological complexes of Tyritaka // Bosporskie Issledovaniya. Issue XVII. Simferopol - Kerch, 2007. P. 128–137.

Резюме

Приводится обзор физических основ и результатов применения естественнонаучных методов в археологии с примерами из полевых археологических исследований в Крыму – дистанционные методы исследования (анализ космических снимков и аэрофотографий, геоинформационный анализ прямой и взаимной видимости, изучение детальных топографических карт, трехмерная фотограмметрия, геофизическая съемка и археологическое почвоведение). Наиболее важным принципом является комплексирование взаимодополняющих неразрушающих и скоростных методов археологической диагностики.

Ключевые слова: дистанционные методы исследования в археологии Крыма, анализ космических снимков и аэрофотографий, геоинформационный анализ прямой и взаимной видимости, изучение детальных топографических карт, трехмерная фотограмметрия, геофизическая съемка и археологическое почвоведение.

Summary

The article is presenting a review of the physical principles and applications of natural science methods in the field of archeology of Crimea (remote sensing methods (analysis of satellite imagery and aerial photography, Viewshed analysis of the visibility, the study detailed topographic maps, three-dimensional photogrammetry), geophysical survey, soil science and archeology). The most important principle is the complementary use of non-destructive methods for archaeological diagnostics.

Key words: remote sensing methods in Crimean archaeology, analysis of satellite imagery and aerial photography, Viewshed analysis of the visibility, the study detailed topographic maps, three-dimensional photogrammetry, geophysical survey, soil science and archeology.

Смекалова Т.Н. и др. Высокие технологии ... 

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Смекалова Татьяна Николаевна, д.и.н.,
Научно-исследовательский центр
истории и археологии Крыма
Крымского федерального университета,
зав. отделом естественнонаучных методов в археологии,
198504, г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4,
+7(978)8501320.
tnsmek@mail.ru

Яцишина Екатерина Борисовна, к. ф. н.,
Национальный исследовательский центр
«Курчатовский институт»,
123182, Москва, площадь Академика Курчатова, д.1,
+7(903)1322757.
yacekaterina@yandex.ru

Лисецкий Федор Николаевич, д.г.н., профессор,
Белгородский государственный национальный
исследовательский университет,
директор Федерально-регионального центра
аэрокосмического и наземного мониторинга
объектов и природных ресурсов НИУ «БелГУ»,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85,
+7(4722) 30-13-70.
liset@bsu.edu.ru

Чудин Андрей Викторович, м.н.с.,
Санкт-Петербургский государственный университет,
ул. Ульяновская 1, Петродворец,
С.-Петербург, 198904,
+7(921)9432048.
andrei.chudin@gmail.com

Гарипов Александр Сергеевич, м.н.с.,
Научно-исследовательский центр
истории и археологии Крыма
Крымского федерального университета,
отдел естественнонаучных методов в археологии,
198504, г. Симферополь,
проспект Академика Вернадского, 4,
+7(978)7853655.
garicksasha86@rambler.ru,

Пасуманский Алексей Евгеньевич, программист,
ООО «ЖивойСофт», 119114, Санкт-Петербург,
Дегтярный переулок 11, лит. Б.,
+7(921)-923-92-93.
a.pasumansky@agisoft.com

Боспорские исследования, вып. XXXIII

Кецко Ростислав Сергеевич, м.н.с.,
Научно-исследовательский центр
истории и археологии Крыма
Крымского федерального университета,
отдел естественнонаучных методов в археологии,
198504, г. Симферополь,
проспект Академика Вернадского, 4,
+7(978)7105205.
ros-arch@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Smekalova Tatiana Nikolaevna, PhD,
Vernadsky Crimean Federal University,
198504, Crimea, Vernadsky prospect 4,
head of Department for natural
sciences in archaeology,
+7(978)8501320.
tnsmek@mail.ru

Ekaterina B. Yatsishina, Ph.D (philosophy)
National research centre «Kurchatov Institute»,
1 Akademika Kurchatova pl., Moscow 123182, Russia.
+7(903)1322757.
yacekaterina@yandex.ru

Lisetskii Fedor Nikolaevich, Doctor of geography, Prof.,
Belgorod State national research university,
The director of the Federal-regional centre of aerospace
and surface monitoring of the objects and natural resources,
Russian Federation, 308015, Belgorod, Pobeda Street, 85,
+7(4722) 30-13-70.
liset@bsu.edu.ru

Chudin Andrei Victorovich,
St. Petersburg State University,
Ul'janovskaja 1, Petrodvorets, St. Petersburg, 198904,
junior researcher of Physical Faculty,
+7(921)9432048.
andrei.chudin@gmail.com

Garipov Alexander Sergeevich,
Vernadsky Crimean Federal University,
198504, Crimea, Vernadsky prospect 4,
Department for natural sciences in archaeology,
junior researcher,
+7(978)7853655.
garicksasha86@rambler.ru,

Смекалова Т.Н. и др. Высокие технологии ... 

Pasumanskii Aleksei Eugen'evich,
Agisoft LLC, 119114, Degtyarniy per. 11, lit. B,
programmer,
+7(921)-923-92-93.
a.pasumansky@agisoft.com

Ketsko Rostislav Sergeevich,
Vernadsky Crimean Federal University,
198504, Crimea, Vernadsky prospect 4,
junior researcher of Department
for natural sciences in archaeology,
tel. +79787105205.
ros-arch@mail.ru

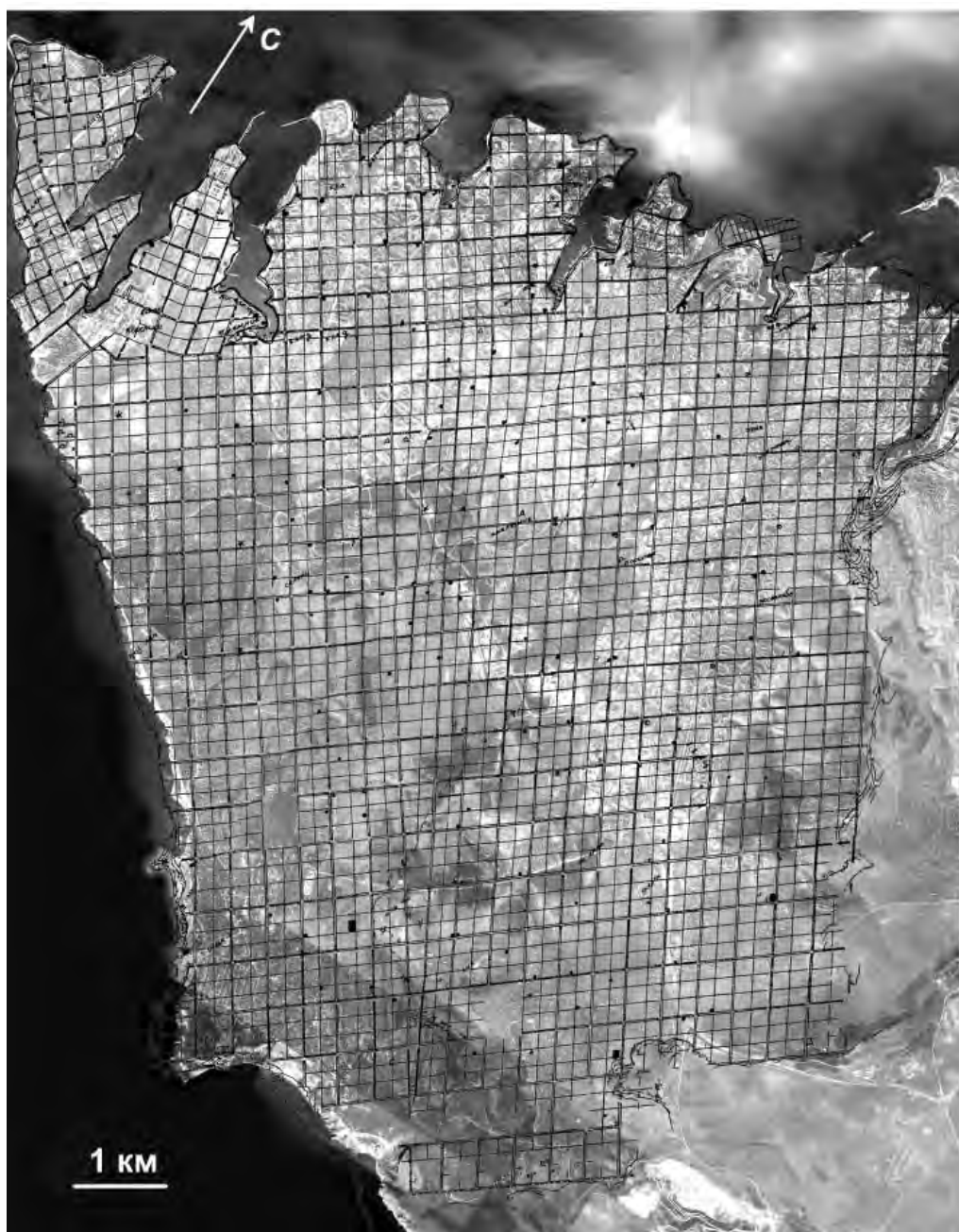


Рис. 1. Территория ближней хоры Херсонеса на Гераклейском п-ве. Античная система межевания земельных наделов. Каждый прямоугольный участок 630x420 м разделен на четыре единичных гражданских надела. Схема наделов, составленная Г.М. Николаенко (2001, с. 72-73), показана на фоне современного космического снимка.

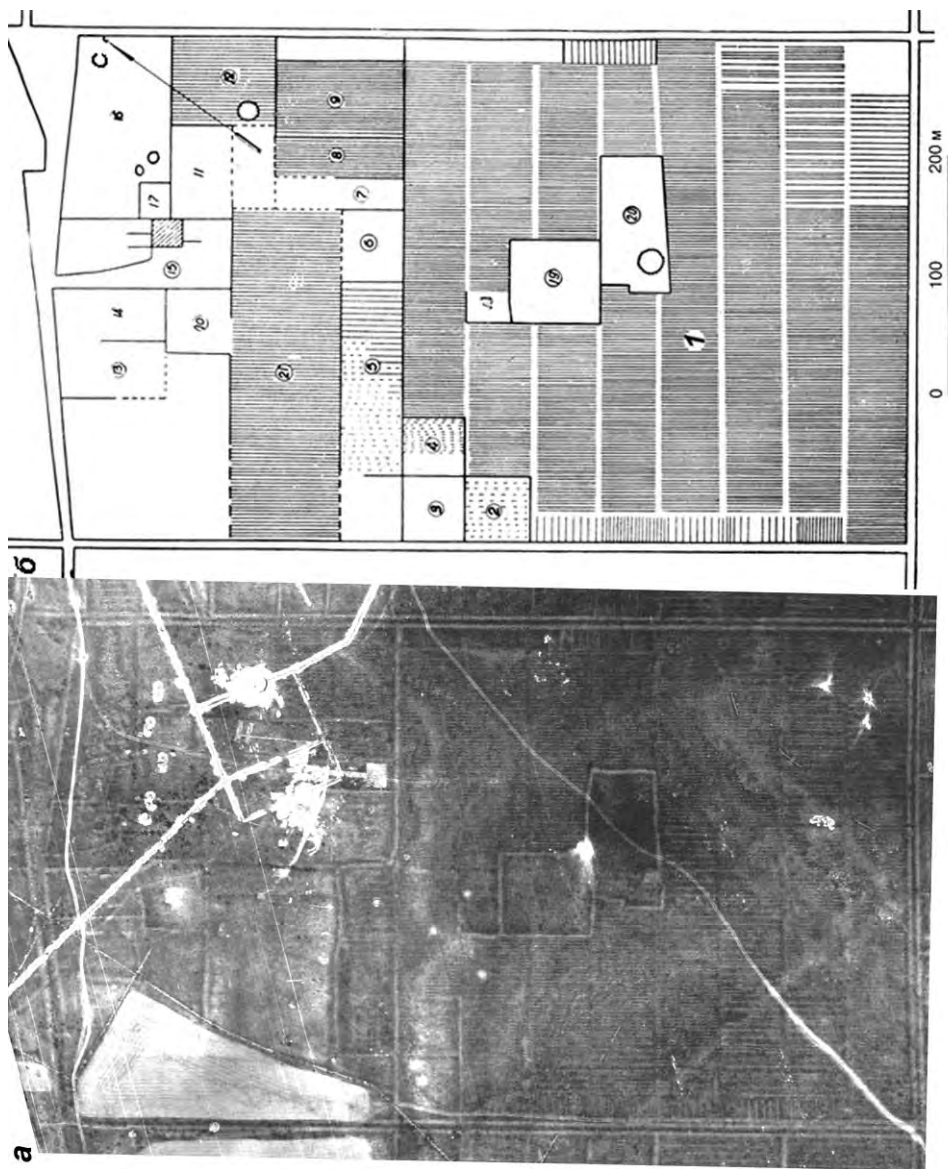


Рис. 2. Ныне застроенный античный земельный участок № 26 на ближней хоре Херсонеса в районе бухт Омега (Круглой) и Камышевой:
а – увеличенная часть немецкой трофейной аэрофотография 1943 г. из Национального архива США; б – план участка по: (Стржелецкий 1961, с. 182, рис. 26).

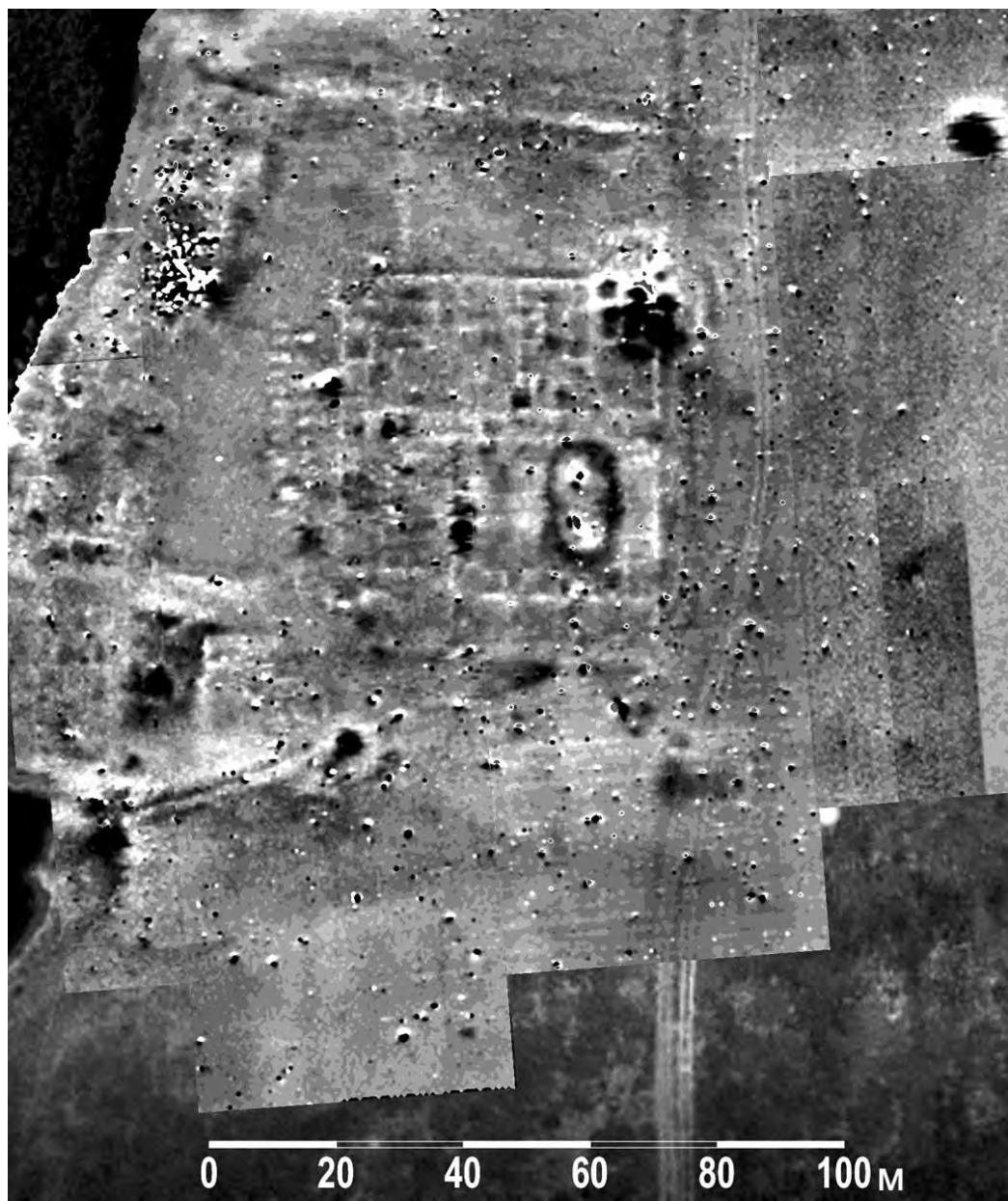


Рис. 3. Магнитная карта, заснятая на херсонесской усадьбе Ортли, совмещенная с космическим снимком. Темные области соответствуют положительным, а светлые – отрицательным магнитным аномалиям. Хорошо видны прямоугольные очертания стен (отрицательные аномалии) античной усадьбы херсонесского типа с башней в северо-восточном углу, погибшей в сильном пожаре (интенсивная положительная аномалия).



Рис. 4. Херсонесская усадьба Оргли и примыкающий к ней с востока виноградник размерами 210 x 210 м.
а — космический снимок исследуемой местности, сделанный 16 мая 2006 г.;

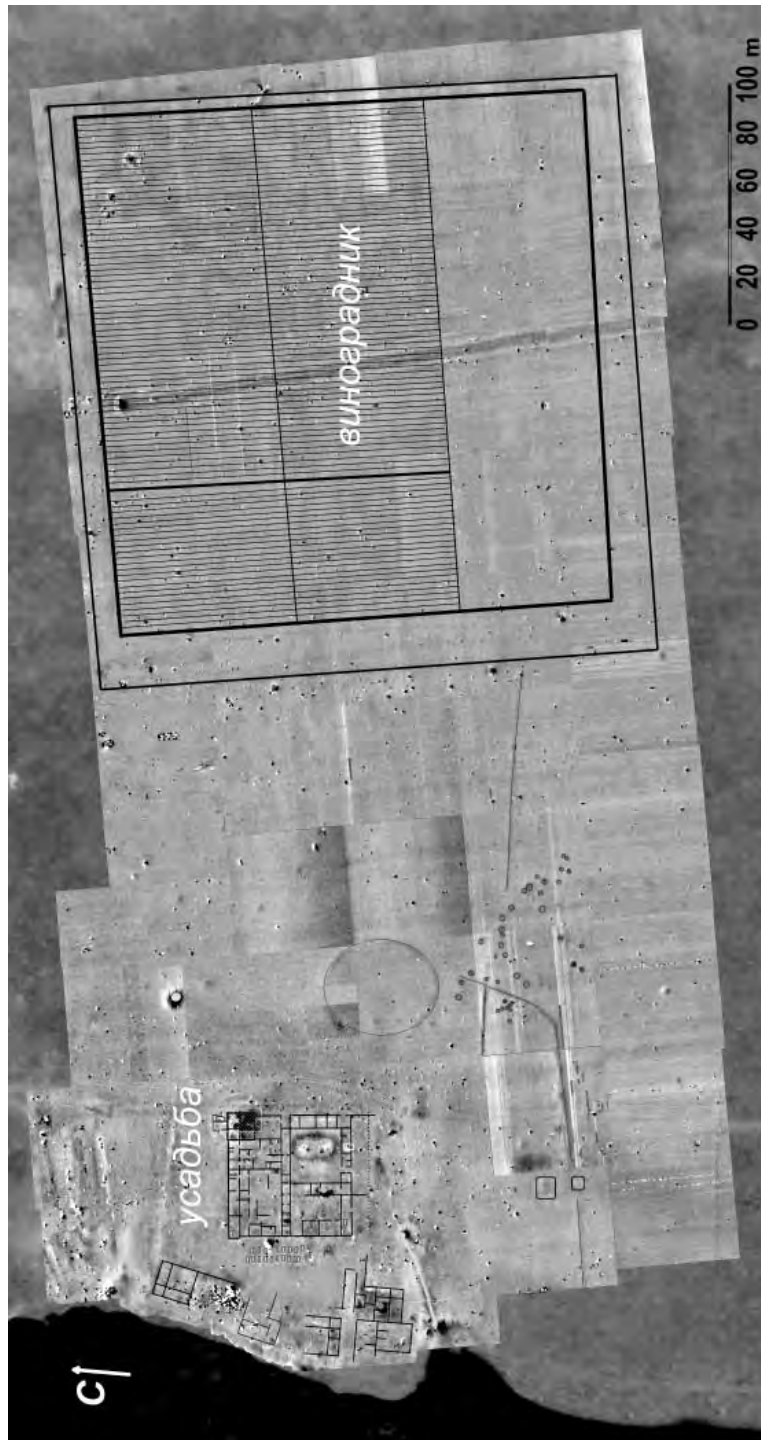


Рис. 4. Херсонесская усадьба Ортли и примыкающий к ней с востока виноградник размерами 210 x 210 м.
б – карта интерпретации данных магнитной съемки, совмещенная с магнитной картой и космическим снимком. Стены помещений и плантажных стен вино-
градника показаны черными линиями.

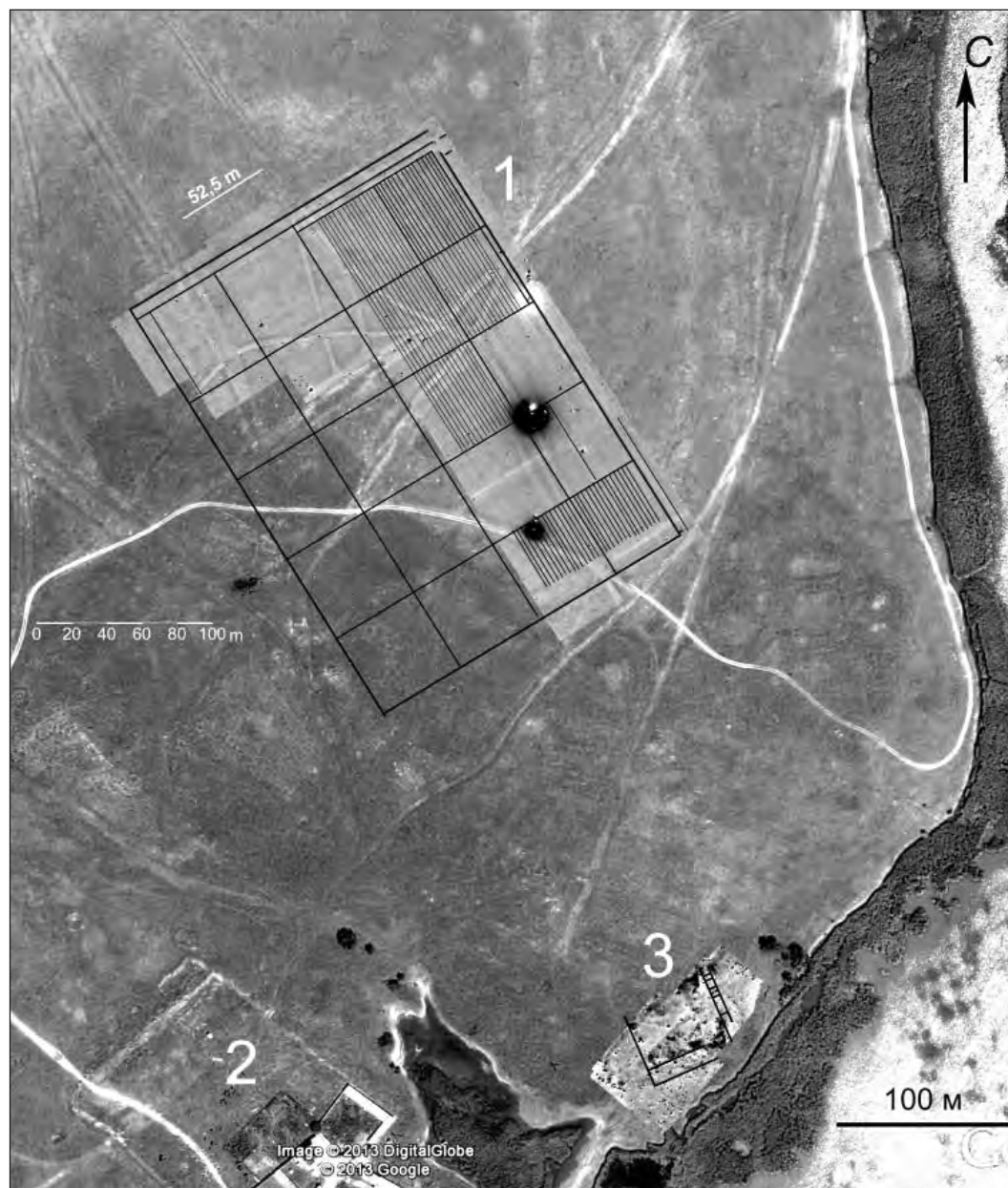


Рис. 5. Мамай Тюп. Карты магнитного поля, полученные на античных винограднике (1) и усадьбе (2), совмещенные с космическим снимком. 3 – современная ферма.

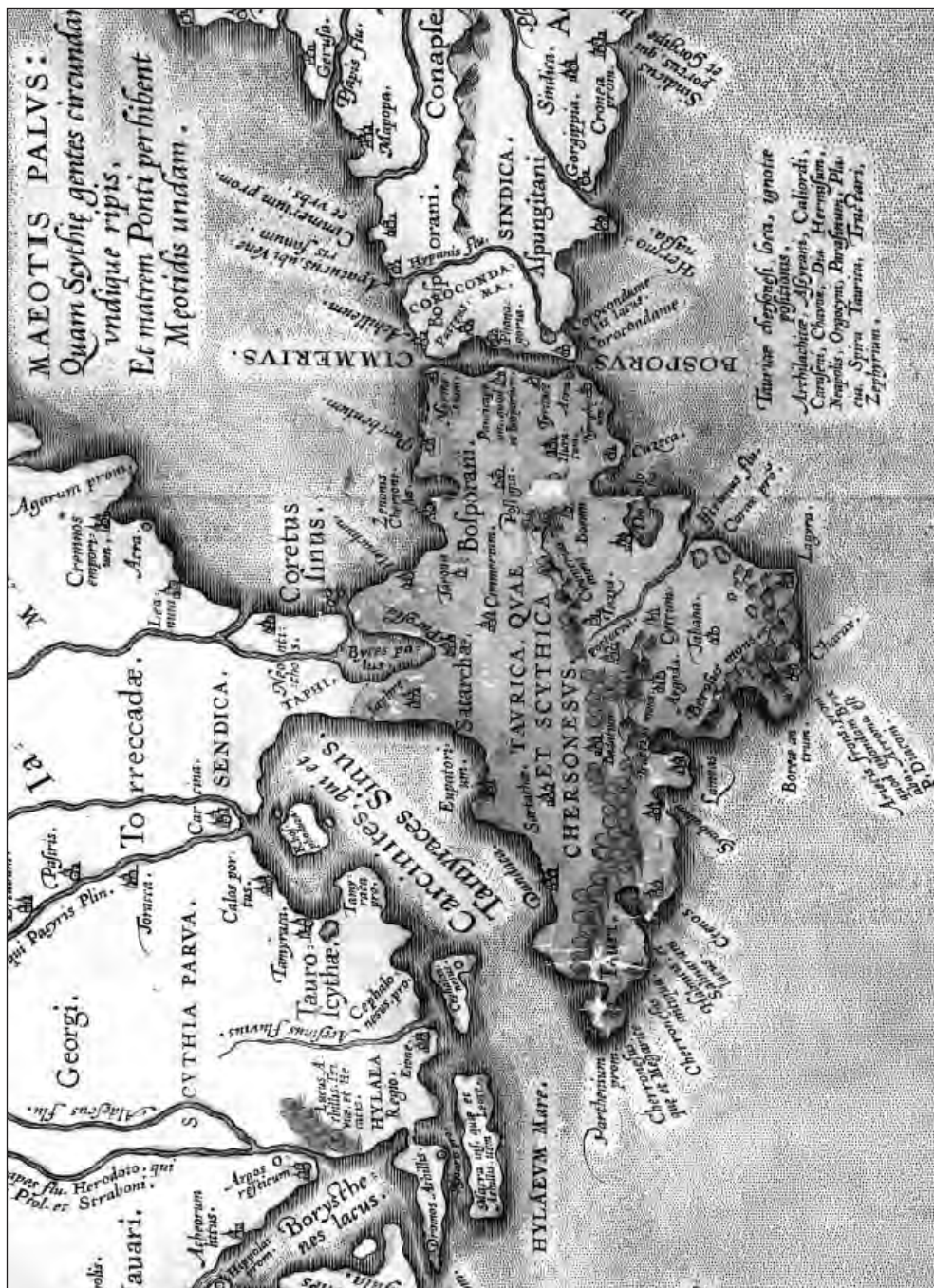


Рис. 6. Часть итальянской карты Черного моря, 1590 г., изображающая Крым.

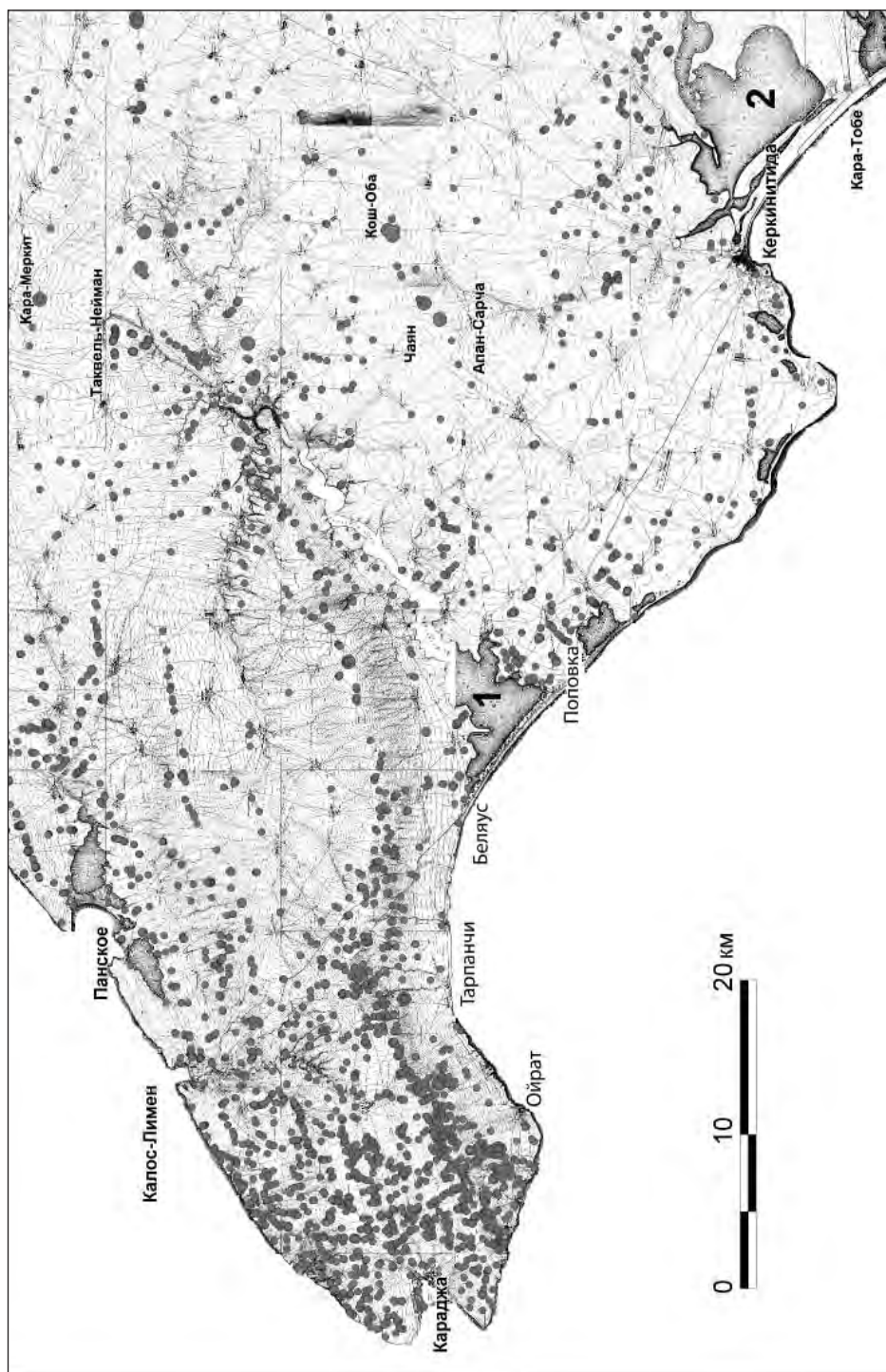


Рис. 7. а – карта распространения курганов в Северо-Западном Крыму, построенная на основе полуверстовой карты конца XIX в. Озеро Донузлав находится в средней части карты, озеро Сасык – у ее юго-восточного угла.

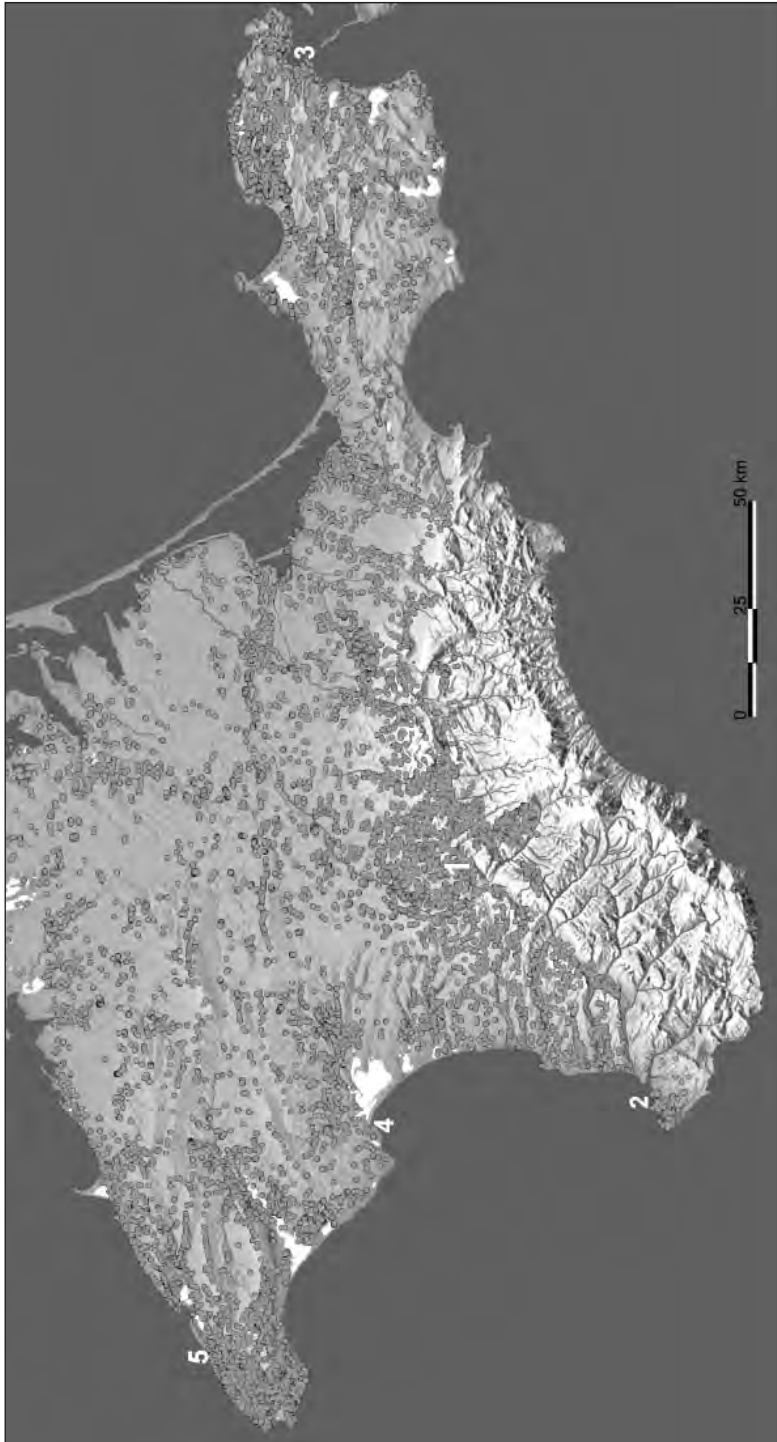


Рис. 7. б – карта распространения курганов в Крыму, построенная на основе полуверстовой карты конца XIX в. В качестве фона выбрана карта рельефа Крыма, построенная на основании цифровой модели поверхности. Курганы показаны кружками.

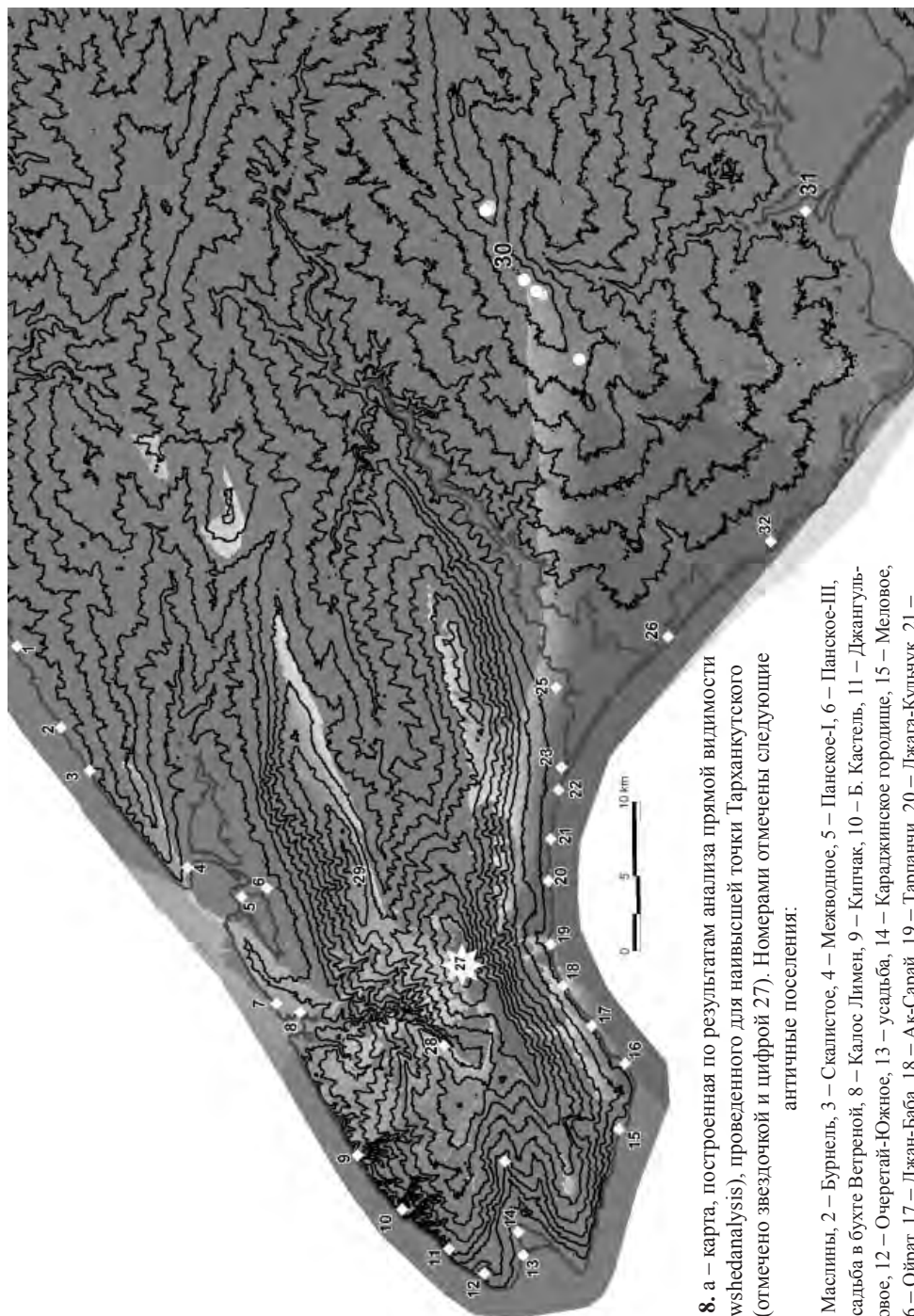


Рис. 8. а – карта, построенная по результатам анализа прямой видимости (viewshedanalysis), проведенного для высшей точки Тарханкутского п-ва (отмечено звездочкой и цифрой 27). Номераи отмечены следующие античные поселения:

- 1 – Маслины, 2 – Бурнель, 3 – Скалистое, 4 – Межводное, 5 – Панское-1, 6 – Панское-Ш, 7 – усадьба в бухте Ветреной, 8 – Калос Лимен, 9 – Кипчак, 10 – Б. Кагель, 11 – Джангуль-Мысовое, 12 – Очеретай-Южное, 13 – усадьба, 14 – Караджинское городище, 15 – Меловое, 16 – Ойрат, 17 – Джан-Баба, 18 – Ак-Сарай, 19 – Тарпанчи, 20 – Джага-Кульчук, 21 – Кульчук, 22 – Белиус, 23 – Западнотузлавское, 25 – Озеровка, 26 – Поговка, 27 – Чокрак-Верхнее, 28 – Кунан, 31 – Керкитида. Курганная группа Чайн-Апан-Сарча показана кружками и номером 30.

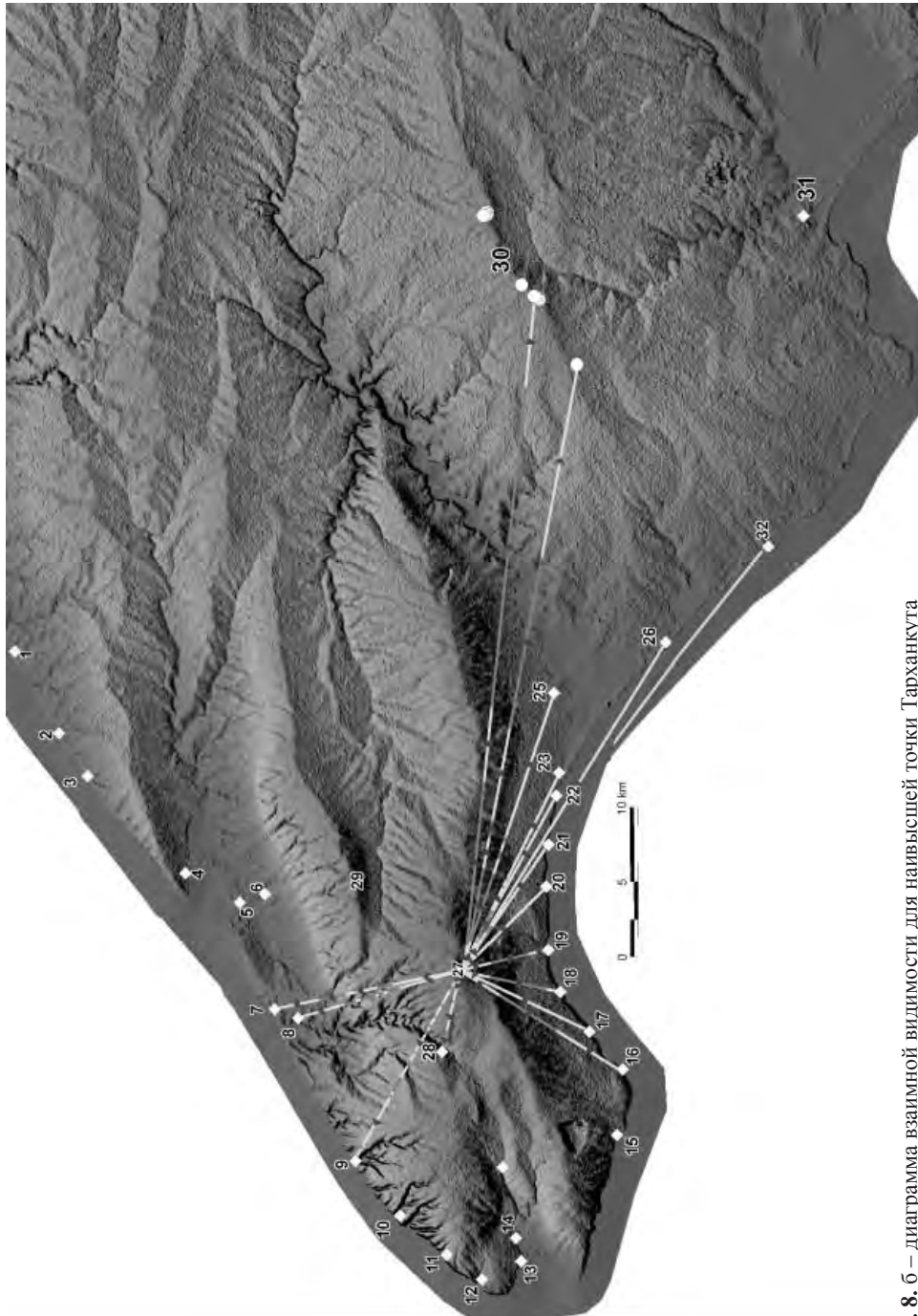


Рис. 8. б – диаграмма взаимной видимости для наивысшей точки Тарханкута (27) и некоторых античных поселений Северо-Западного Крыма. Поселения (7-9, 28, 16-26), к которым идут лучи из наивысшей точки (27), видны от нее. Построены на основании цифровой модели поверхности.



Рис. 9. Реконструкция трехмерной модели каменной ящика № 196 на Тарханкутском п-ве в Северо-Западном Крыму. Для обработки в программе AgisoftPhotoScan было использовано 17 кадров по 12 МПикс, сделанных с высоты 5-метровый рейки на фотоаппарат Pentax Optio W90. Фото и модель А.Е. Пасуманского.



Рис. 10. Графическая реконструкция херсонесской усадьбы в бухте Ветреной на окраине пгт Черноморское в Северо-Западном Крыму. Модель помещена на топографию местности. Реконструкция Р.С. Кецко.



Рис. 11. Работа с четырехколесным магнитометром на немагнитной тележке. Магнитометр GSM-19WG канадской фирмы Gem Systems, тележка производства Geometrics, США.

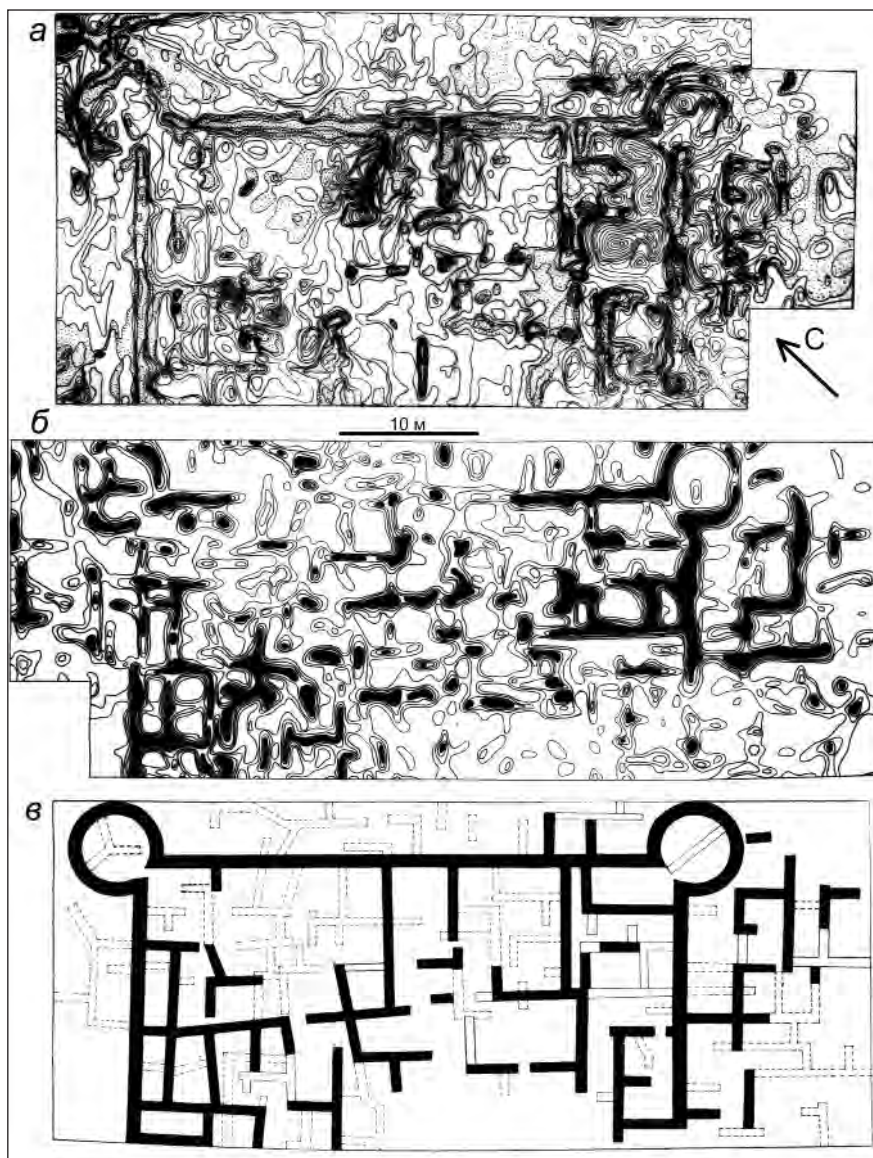


Рис. 12. Античное поселение Панское-I в Северо-Западном Крыму, усадьба У7. Карты магнитного поля (а), кажущегося электрического сопротивления (б) и план раскопа (в). Геофизическая съемка проведена в 1970-е гг. группой Санкт-Петербургского горного института под руководством В.В. Глазунова. Раскопки Тарханкутской экспедиции ИИМК РАН под руководством А.Н. Щеглова.



Рис. 13. Космический снимок с наложенными на него магнитными картами античного поселения Панское-I. Цифрами показаны частично или полностью раскопанные усадьбы 2, 6, 7, 9. Магнитная съемка выявила планировку нераскопанных усадеб, а также надела с виноградным плантажом.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АДСВ	–	Античная древность и средние века
Античная скульптура	–	Матковская Т., Зинько Е., Иллариошкина Е. и др. Античная скульптура из собрания Керченского государственного историко-культурного заповедника. Т.1. - К.: 2004
АП УРСР	–	Археологічні пам'ятки УРСР
АСГЭ	–	Археологический сборник Государственного Эрмитажа
БИ	–	Боспорские исследования
Боспорские надгробия	–	Матковская Т., Твардецки А., Тохтасьев С., Бехтер А. Боспорские надгробия II в. до н.э. – III в. н.э. Из собрания Керченского историко-культурного заповедника. Лапидарная коллекция. Кн. 2. Часть I, К.: 2009.
БФ	–	Боспорский феномен
БЧ	–	Боспорские чтения
ВВ	–	Византийский временник
ГИАМЗ ХТ	–	Государственный историко-археологический музей-заповедник «Херсонес Таврический»
ГИМ	–	Государственный исторический музей
ДБ	–	Древности Боспора
ИАК	–	Известия Археологической комиссии
ИА НАНУ	–	Институт археологии Национальной Академии наук Украины
МАИЭТ	–	Материалы по археологии, истории и этнографии Таврии
МГУ	–	Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
МИА	–	Материалы и исследования по археологии СССР
РА	–	Российская археология
ПИФК	–	Проблемы истории, филологии, культуры

Список сокращений 

ОАК	–	Отчеты Императорской Археологической комиссии
СА	–	Советская археология
САИ	–	Свод археологических источников
CXM	–	Сообщения Херсонесского музея
СЭ	–	Советская этнография. Москва
ТГЭ	–	Труды Государственного Эрмитажа
ХСб	–	Херсонесский сборник
AARGnews	–	Newsletter of the Aerial Archaeology Research Group
JDAI	–	Jahrbuch des Deutschen Archäologischen Instituts
JRMES	–	Journal of Roman Military Equipment Studies
LIMC	–	Lexicon Iconographicum Mythologiae Classicae
IG	–	Inscriptiones Graecae
IGBulg. III, 1	–	Inscriptiones Graecae in Bulgaria repertae Ed. G. Michailov. Serdicae, 1961. Vol. III, f. 1
IOSPE I ²	–	<i>Latyshev B.</i> Inscriptiones antiquae orae septentrionalis Ponti Euxini. Petropoli, 1916. Vol. I ²
FGH	–	<i>Jakoby F.</i> Die Fragmente der griechischen Historiker. B.; Leiden. 1923–1962
FHG I-IV	–	<i>Müller K.</i> - O. Fragmenta historicorum Graecorum. Parisii, 1841, 1848, 1849, 1851. Vol. I-IV
LSJ	–	<i>Liddell H. G., Scott R., Jones H. S.</i> A Greek-English Lexicon. Oxf. 1968
MASCA	–	University of Pennsylvania. Museum Applied Science Center for Archaeology
SC 1, 2	–	<i>Латышев В. В.</i> Scythica et Caucasica. Известия древ- них писателей, греческих и латинских, о Скифии и Кавказе. СПб., 1893–1906. Т. 1-2
RGZM	–	Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Mainz



СОДЕРЖАНИЕ

СТАТЬИ

<i>В.Н. Зинько</i> Особенности природно-ландшафтной ситуации на европейском побережье Боспора Киммерийского в период эллинской колонизации	3
<i>Е.А. Молев</i> К вопросу о вероятности подчинения Боспора персам	17
<i>В.П. Яйленко</i> Три историко-ономастических фракийско-скифских очерка: алазоны, амазонки, Эксампей	30
<i>Ю.А. Виноградов., С.В. Кашаев</i> Античные поселения Артющенко-1 и Артющенко-2 на Таманском полуострове. К оценке масштабов природного разрушения	95
<i>В.Г. Зубарев, С.Л. Смекалов, С.В. Ярцев</i> Ландшафтная география археологических памятников центральной части урочища Аджиэль	110
<i>М.М. Казанский</i> Пути проникновения готов на Боспор Киммерийский и природные условия Северного Причерноморья в III в.	137
<i>Ю.В. Артюхин</i> Факторы изменчивости природных условий существования греческих колоний на берегах Меотийского озера и Киммерийского Боспора в позднеантичную эпоху	163
<i>А.И. Айбабин</i> Византийские порты в Крыму в IV–VII вв.	186
<i>А.А. Тортика</i> Историческая география кочевников Крыма во второй половине V – начале VII вв.:	



экология хозяйства и численность населения	210
<i>Э.А. Хайрединова</i> Пряжки типа «Сиракузы» из Керчи	242
<i>Н.И. Винокуров, Л.Ю. Пономарев</i> Центральный участок салтово-маяцкого поселения на городище Артезиан (по итогам исследований на раскопе III в 2002–2010 гг.)	266
<i>В.В. Майко</i> Фортификационные сооружения Сугдеи первой половины XIII в.	301
<i>Д.А. Прохоров</i> Последствия природных катаклизмов и стихийных бедствий на Крымском полуострове в описаниях авторов и документах XVII–XVIII вв.	319
<i>И.А. Завадская</i> Проблемы интерпретации слоев разрушения на археологических памятниках: о роли археосейсмологических исследований	348

ПУБЛИКАЦИИ

<i>А.В. Котина</i> Коллекция терракотовых статуэток из раскопок в Пантикапее антового храма эллинистического времени	365
<i>Е.В. Фокеева</i> Проблема атрибуции женской гермы из Керченского музея	385
<i>С.Б. Ланцов, М.С. Шапцев</i> «Мегарские» чаши из сборов и раскопок А.С. Голенцова в 70–90 гг. XX в. на городище Кульчук	397
<i>Д.В. Журавлев, Д.А. Костромичев</i> Две могилы из западного некрополя Херсонеса Таврического (раскопки Р.Х. Лепера)	411



М.С. Шатцев

Портретные эмблемы римского времени
на доньях краснолаковых сосудов
из раскопок античных памятников Крыма 428

С.А. Мульт, В.В. Кропотков

Детское погребение в амфоре
из могильника Левадки (Центральный Крым) 435

ИСТОРИЯ НАУКИ

Т.Н. Смекалова, Е.Б. Яцишина, Ф.Н. Лисецкий,

А.В. Чудин, А.С. Гарипов, А.Е. Пасуманский, Р.С. Кецко

Высокие технологии в археологии на примере Крыма 445

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ 503



CONTENTS

ARTICLES

<i>Zin'ko V.N.</i> Features of natural and landscape situation on the European coast of the Cimmerian Bosphorus during the Hellenic colonization	3
<i>Molev E.A.</i> To a question about the probability of submission of the Bosphorus Persians	17
<i>Yailenko V. P.</i> Three historic-onomastis Thracian-Scythian eassays: the Alazonians, the Amazons, Exampaioi	30
<i>Vinogradov Iu.A., Kashaev S.V.</i> Ancient settlements Artiushchenko-1 and Artiushchenko-2 on the Taman peninsula. To assess the extent of natural damage	95
<i>Zubarev V.G., Smekalov S.L., Yartsev S.V.</i> Landscape geography of the archaeological sites of the central part of the tract Adzhiel	110
<i>Kazanski M.M.</i> Routes of entry of the Goths Cimmerian Bosphorus and natural conditions in the Northern Black Sea Region in the III century	137
<i>Artiukhin Iu.V.</i> Variability factors of natural conditions for the existence of Greek colonies on the Meotian Lake banks and the Cimmerian Bosphorus in the Late ancient epoch	163
<i>Aibabin A.I.</i> The Byzantine Ports in the Crimea in the IV-VII centuries	186
<i>Tortika A.A.</i> Historical geography of nomads of Crimea in the second half of V – beginning of VII ages: ecology of economy and quantity of population	210



<i>Khairedinova E.A.</i> «Syracusae» buckle type from Kerch	242
<i>Vinokurov N.I., Ponomarev L.Iu.</i> Central site Saltovo-Mayak settlement on the fortified settlement Artesian (According to the research in excavation III, 2002–2010)	266
<i>Maiko V.V.</i> Fortification buildings of Sugdea first half of XIII century	301
<i>Prokhorov D.A.</i> Effects of natural hazards and natural disasters in the Crimean Peninsula in the descriptions of authors and documents of the XVII–XVIII centuries	319
<i>Zavadskaia I.A.</i> Problems of interpretation of the destruction layers at archaeological sites: about the role of archaeoseismological investigation	348

PUBLICATION

<i>Kotina A.V.</i> The collection of terracotta figurines from excavations of the Hellenistic temple in Pantikapaion	365
<i>Fokeeva E.V.</i> Herm of a goddess from the Kerch museum: style and date	385
<i>Lantsov S.B., Shaptsev M.S.</i> «Megarian» bowls from A.S. Golentsov's collecting and excavation in 70 – 90th of XX century on the settlement Kulchuk	397
<i>Zhuravlev D., Kostromichev D.</i> Two graves from the Western necropolis of Cherosonesos Taurica (excavations of R.Kh. Leper)	411
<i>Shaptsev M.S.</i> Portrait emblems of the Roman time in the bottoms of red slip vessels from the excavation of ancient settlement of the Crimea	428



Muld S.A., Kropotov V.V.
Child Burial in the Amphora
from cemetery Levadki
(the Central Crimea) 435

HISTORY OF SCIENCE

*Smekalova T.N., Yacishina E.B., Lisetsky F.N., Chudin A.V.,
Garipov A.S., Pasumanskii A.E., Ketsko R.S.*
High technologies in archeology
with the examples of Crimea 445

LIST OF ABBREVIATIONS 503



Научное издание

Боспорские исследования

Вып. XXXIII

Сборник

Ответственный редактор: **Зинько** Виктор
Николаевич, доктор исторических наук

Ответственный секретарь: **Зинько** Алексей
Викторович, кандидат исторических наук

Перевод на английский *Н.М. Красина*

Корректор *Г.Н. Хлебникова*

Компьютерная верстка *Л.К. Мусихина*



Подписано в печать 26.08.2016 г.
Формат 70x100 $\frac{1}{16}$. Усл. печ. л. 41,6.
Тираж 300 экз. Заказ 923.

Издательство: ООО «Керченская городская типография»
298300, Республика Крым, г. Керчь, ул. Кирова, 13, офис 1.

Отпечатано в ООО «Керченская городская типография»
298300, Республика Крым, г. Керчь, ул. Кирова, 13, офис 1.