

Сидорина И.Е.¹, Позднякова Н.А.², Кружилина А.А.³, Поляков А.В.⁴

ПРИМЕНЕНИЕ ДЗЗ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ ДЛЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

АННОТАЦИЯ

За последние двадцать лет геоинформатика в России стала необходимым инструментом и неотъемлемой частью научных изысканий. Благодаря ее тесному взаимодействию с картографией образовалось новое научно-прикладное направление – геоинформационное картографирование (ГК). Методы пространственного анализа, применяемые в ГК и геоинформатике, вывели археологические исследования на новый уровень. Они развиваются в рамках одной из ветвей картографии – археологического картографирования.

Современная археологическая картография является не только способом отображения находок и исторических событий, но и представляет собой один из методов научного исследования.

Сотрудники кафедры картографии и геоинформатики СПбГУ и Института истории материальной культуры РАН несколько лет ведут совместную работу по дешифрированию и каталогизации археологических памятников эпохи неолита на территории Среднего Енисея (Минусинские котловины) с использованием данных ДЗЗ. Ведется работа по составлению каталога и обнаружению археологических объектов в районе Среднего Енисея. Последние два года появилась возможность использовать новые данные – снимки, сделанные с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Применение БПЛА открыло огромные возможности для дешифрирования археологических памятников.

Применение данных ДЗЗ для геоинформационного картографирования археологических объектов – научное направление, которое именно сейчас активно развивается благодаря технологическим возможностям: снимкам с высоким разрешением и программам, позволяющим проводить обработку полученных пространственных данных. Важно автоматизировать процесс обнаружения и дешифрирования, разработать унифицированную систему условных обозначений для археологических карт, каталогизировать памятники. Нельзя забывать и о том, что грамотная визуализация и проведение геоинформационного анализа данных позволят выявлять закономерности в размещении археологических объектов, моделировать исторические процессы и явления, выдвигать новые гипотезы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоинформационное картографирование, археология, ГИС, космический снимок, дистанционное зондирование Земли, БПЛА.

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб., д. 7–9, 199034, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail*: innablank@mail.ru

² Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб., д. 7–9, 199034, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail*: qlnat@mail.ru

³ Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб., д. 7–9, 199034, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail*: nastyakruga@yandex.ru

⁴ Институт истории материальной культуры РАН, Дворцовая наб., 18, 191186, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail*: poliakov@yandex.ru

**Inessa E. Sidorina¹, Natalia A. Pozdnyakova²,
Anastasia A. Kruzhilina³, Andrey V. Polyakov⁴**

APPLICATION OF DATA OF LAND REMOTE SENSING IN GIS FOR ARCHAEOLOGICAL RESEARCHES

Over the past twenty years, geoinformatics in Russia has become a necessary tool and an essential part of scientific research. Because of its close interaction with cartography, a new applied scientific direction – geoinformation mapping (GM) – was formed. The methods of spatial analysis used in the GM and geoinformatics raised archaeological research to a new level. They develop within the framework of one of the cartography branches – archaeological mapping.

Modern archaeological cartography is not only a way of displaying findings and historical events, but also is one of the methods of scientific research.

The Department of Cartography and Geoinformatics of St. Petersburg State University and the Institute of the History of Material Culture of the Russian Academy of Sciences have been working together for several years on deciphering and cataloging Neolithic archaeological sites in the Middle Yenisei (Minusinsk hollows) using remote sensing data. Work is underway to compile a catalogue and discover archaeological sites in the area of the Middle Yenisei. The last two years, it became possible to use new data – images taken with an unmanned aerial vehicle (UAV). The use of UAVs opened huge opportunities for deciphering of archaeological sites.

The application of remote sensing data for geoinformation mapping of archaeological sites is a scientific area that is actively developing now, thanks to technological capabilities: high resolution imagery and programs that allow processing of spatial data. It is important to automate the process of detection and deciphering, to develop a unified system of symbols for archaeological maps, to catalogue monuments. We should not forget that reasonable visualization and geoinformation analysis of the data will allow us to reveal regularities in the location of archaeological objects, to model historical processes and phenomena, to put forward new hypotheses.

KEYWORDS: geoinformation mapping, archeology, GIS, space image, land remote sensing, UAV.

ВВЕДЕНИЕ

За последние двадцать лет геоинформатика в России стала необходимым инструментом и неотъемлемой частью научных изысканий. Благодаря ее тесному взаимодействию с картографией образовалось новое научно-прикладное направление – геоинформационное картографирование (ГК). Если опираться на определение И.К. Лурье, то ГК – это программно-управляемое создание и использование карт на основе ГИС и баз картографических данных и знаний. ГК – отрасль картографии, его суть составляет информационно-картографическое моделирование геосистем [Лурье, 2010]. Произошла интеграция картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования, что существенно расширило возможности для научных изысканий разных направлений.

¹ Saint Petersburg State University, Universitetskaya nab. str., 7–9, 199034, Saint Petersburg, Russia, *e-mail:* innablank@mail.ru

² Saint Petersburg State University, Universitetskaya nab. str., 7–9, 199034, Saint Petersburg, Russia, *e-mail:* qlnat@mail.ru

³ Saint Petersburg State University, Universitetskaya nab. str., 7–9, 199034, Saint Petersburg, Russia, *e-mail:* nastyakruga@yandex.ru

⁴ Institute for the History of Material Culture, Russian Academy of Sciences, Dvotsovaya nab. str., 18, 191186, Saint Petersburg, Russia, *e-mail:* poliakov@yandex.ru

Методы пространственного анализа, применяемые в ГК и геоинформатике, вывели археологические исследования на новый уровень. Они развиваются в рамках одной из ветвей картографии – археологического картографирования.

Работы по созданию информационного обеспечения для решения задач поиска, охраны, изучения и возможного использования археологических памятников выполняются в России с первой половины XIX в. Первая работа представляла собой карту, на которой отображались данные об известных на тот момент древних поселениях и объектах, носящих характер культурно-археологических памятников. Со второй половины XIX в. стали появляться первые методические основы археологического картографирования. В 1874 г. конгресс историков в Стокгольме утвердил для них международные знаки. В 1884 г. в России вышла работа Д.Н. Анучина, посвященная составлению легенд для археологической карты России.

В настоящее время не существует разработанной методики составления археологических карт, как и нет устоявшегося определения о том, что считается археологической картой. Современная археологическая картография является не только способом отображения находок и исторических событий, но и представляет собой один из методов научного исследования.

Советский археолог, автор многочисленных трудов по археологии Европы и СССР, Александр Львович Монгайт, дал определение археологическому картографированию как географическому методу изображения и изучения исторического процесса в пространстве с использованием археологических данных. Он выделял три задачи археологической картографии [Монгайт, 1962]:

1. Визуализация размещения археологических памятников и исторических событий на земной поверхности. Решением данной задачи является создание обзорной научно-справочной карты, которая служит основой для создания гипотез и дальнейших археологических исследований.

2. Благодаря археологической карте делаются обобщения и выводы по вопросам общественной жизни древних людей. Например, изучаются размещения древних поселений, возможные перемещения и взаимосвязи этнических групп; определяются возможные торговые пути и экономические связи между поселениями и т. д.

3. С помощью археологической карты моделируются и изучаются взаимосвязи общественных явлений прошлого с природными условиями тех времен.

Эти задачи актуальны и в рамках геоинформационного археологического картографирования. Благодаря применению ГИС решаются проблемы точной локализации археологических памятников, организации археологических данных с целью поиска других археологических памятников. Существенным преимуществом применения геоинформационных систем является возможность одновременно обрабатывать пространственные, временные и тематические данные. Применяя методы ГИС-анализа, можно получить информацию об историческом прошлом путем его моделирования.

Первый опыт применения ГИС-технологий принадлежит британским и американским исследователям, которые выступили в этой темой на Симпозиуме международного общества доисторических и протоисторических наук в Денвере в 1985 г. С 90-х гг. XX в. геоинформатика активно применялась в зарубежных археологических исследованиях. В России подобные работы стали проводиться на 10 лет позднее.

В наше время использование аэрофотоснимков для археологических исследований по-прежнему актуально. Китайский исследователь Пэнг Лу с помощью исторического архива (около 700 снимков) обнаружил в Восточной провинции Хэнань скрытые линейные археологические объекты и предложил наиболее подходящие дешифровочные признаки [Peng Lu и др., 2017].

С 1957 г., с запуском СССР первого искусственного спутника Земли, начался период космической съемки в дистанционном зондировании.

На данный момент съемку Земли из космоса ведут более 50 оптико-электронных и радарных космических аппаратов, принадлежащих двум десяткам стран, в том числе спутники новейшего поколения. Космические аппараты ДЗЗ: Ресурс-ДК1; QUICKBIRD; IKONOS; GeoEye1; WorldView1; WorldView2; EROS; SPOT; IRS; LANDSAT; RADARSAT.

В настоящее время существуют разнообразные виды космической информации. Главным образом, это снимки во всех диапазонах спектра электромагнитных волн, используемых в современных дистанционных методах – видимом и ближнем инфракрасном, тепловом инфракрасном и радиодиапазоне (микроволновом и ультракоротковолновом). Космические методы являются удачным дополнением к традиционным наземным и аэрометодам. Они представляют основу для разработки универсальной системы поиска и наблюдения за состоянием археологических памятников, причем как ранее изученных, так и еще не исследованных.

Наиболее эффективно для современных археологических исследований комплексное применение различных методов. Российскими исследователями была разработана методика, включавшая в себя анализ крупномасштабных карт, современных космических снимков, магнитную и топографическую съемку на территории Юго-Восточного Крыма [Гаврилов и др., 2016]. Способ реконструкции истории землепользования, основанный на интеграции картографических данных, материалов дистанционного зондирования (снимки с КА Landsat-2, 3, 4, 5, 7 и Quick Bird-2) и оценок внутрипочвенного объема камней, предложенный Ф.Н. Лисецким, позволяет идентифицировать в полевых условиях старозалежные земли и датировать их [Лисецкий и др., 2016]. В исследовании кипрского ученого Атоса Агапиу использовались два различных метода дистанционного зондирования в области археологии (КА Landsat и данные DMSP-OLS Night Time Lights Time Series Version 4). В результате было идентифицировано порядка половины неолитических объектов на площади более 180 км² [Athos Agapiou, 2017]. Е.П. Крупочкиным (Алтайский ГУ) разработаны и опробованы методы компьютерного дешифрирования мультиспектральных космических снимков высокого разрешения для идентификации объектов археологии с помощью вегетационных индексов и синтезированных индексных изображений [Крупочкин, 2010].

Помимо фотоизображений эффективно используется радиолокационная съемка. Среди первых подобных исследований – изучение археологами в 1970–1980-х гг. низменностей п-ова Юкатан. Были использованы радиолокационные изображения заболоченных территорий и обнаружено огромное количество сетей сельскохозяйственных дренажных каналов, поднятых полей и обширных мощеных поверхностей. Это имело решающее значение в оценке сложности использования майя водно-болотных угодий, предполагавшей их высокий уровень организации [Derrold, Holcomb, 2007].

В основе изучения природной среды космическими методами лежит дешифрирование снимков, которое основано на использовании зависимостей между параметрами географических объектов и их оптическими характеристиками.

К методам дешифрирования можно отнести: визуальное (традиционное), ручное, полуавтоматизированное и автоматизированное и т. д. Наиболее перспективным методом является автоматизированное дешифрирование с помощью специальных программных комплексов. К преимуществам компьютерного метода можно отнести возможность преобразования яркостей цифровых снимков для улучшения их восприятия, а также классификация по заданным признакам. Но так как возможности программных продуктов ограничены, есть необходимость и в ручном дешифрировании.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Несколько лет назад сотрудники кафедры картографии и геоинформатики СПбГУ и Института истории материальной культуры РАН начали совместную работу по дешифрированию и каталогизации археологических памятников эпохи неолита на территорию Среднего Енисея (Минусинские котловины) с использованием данных ДЗЗ.

Минусинские котловины, уникальные по своим природно-климатическим условиям, расположены в среднем течении р. Енисей. С эпохи палеолита они были заселены различными народами, многие из которых сыграли огромную роль в истории Евразии. Изучение оставленных ими уникальных археологических памятников продолжается уже почти 300 лет, но обнаружена и зафиксирована только малая их часть.

Главным объектом данного исследования являются могильники, которые в свою очередь состоят из курганов. Курганы с земляными насыпями, высоко возвышающимися на поверхности, хорошо заметны на космических снимках высокого разрешения, и выявляются по прямым или косвенным визуальным признакам. Распаханные курганы можно выделить по пятнам округлой формы на пахоте. Курганы с каменно-земляными и каменными насыпями фиксируются по светло-зеленым пятнам с белесым оттенком. Курганы с каменными ящиками в гробницах, которые видны на поверхности, отличаются прямоугольниками светлого цвета с оттененными темными контурами. Грунтовые могильники можно распознать только по косвенному признаку – пятнам более темной растительности.

Минусинская котловина имеет на своей территории значительное количество археологических памятников афанасьевской культуры (первый этап эпохи металла степей Енисея (конец IV тыс. – начала II до н.э.)). По большей части памятники представлены могильниками, реже встречаются поселения. Представители этой культуры первыми в Южной Сибири стали сооружать курганы. Вокруг могил выкладывалась каменная ограда из плоских обломков каменных плит. Насыпи, если и есть, то очень невысокие. Обычно ограды расположены отдельно друг от друга. Могильники сильно различаются, могут включать в среднем до 15 курганов. Размеры – от 3 до 25 м.

У памятников окуневской культуры (археологическая культура скотоводов бронзового века южной Сибири (II тыс. до н. э.)) ограда четырехугольная и состоит из плит песчаника, поставленных на ребро. Размеры – от 2,5 × 3 м до 40 × 40 м. Чаще всего 12 × 12 м. Могильники чаще состоят из 1, реже из 4 курганов. Насыпи практически не видны.

Одной из основных задач картографирования, в том числе и геоинформационного, является разработка системы условных обозначений. В археологии до сих пор нет унифицированной общепринятой системы условных знаков для создания археологических карт. Для упрощения процесса распознавания и разработки единообразной системы условных обозначений археологических объектов, было решено разработать каталог археологических памятников на территорию Среднего Енисея. Аналогом является каталог для дешифрирования топографических объектов. [Альбом образцов топографического дешифрирования аэроснимков. Тр. ЦНИИГАиК. Вып 180. М., 1967].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Компания СКАНЭКС предоставила 7 снимков космических аппаратов Spot 5 и 6. Территориальный охват – северная и центральная часть Республики Хакасия. В качестве исходных данных были использованы: планы могильных сооружений и GPS координаты наиболее характерных памятников разных археологических культур.

В программном комплексе ENVI производилась обработка и извлечение полезной информации с космических снимков.

Методы извлечения информации при всем их многообразии сводились к двум основным:

1. Визуальному при работе как с фотоматериалами, так и с изображением на экране монитора;

2. Автоматизированному, осуществляемому преимущественно на персональных компьютерах, реже на специально предназначенных для этого приборах.

В ходе визуального дешифрирования осуществлялся подбор оптимальных параметров для отображения снимков. К улучшающим параметрам относились преобразования, основанные на изменениях **цвета, яркости и контрастности** изображения. В ходе автоматического способа была испробована попытка классификации изображений методами без учителя **IsoData** и **K-Means**.

Второй этап работы включал поиск и выделение археологических объектов. Обнаруженные археологические объекты по растровым данным и создание векторных объектов. В итоге было обнаружено 750 археологических памятников.

Наряду с космической съемкой производилась тестовая работа с аэрофотоснимками. Съемка производилась в целях археологических изысканий вдоль проектируемой железной дороги, соединяющей Красноярский край и Республику Тыва. Снимки покрывают узкую полосу шириной примерно 1 км и длиной 30 км, маршрут проходит вдоль р. Иджим, от места ее впадения в р. Ус и до пос. Маральский.

Как и в случае с космической съемкой, изначально проводилось визуальное дешифрирование, но уже без этапа улучшающих преобразований, что связано с высокой детальностью снимков.

Для каталога выбирались только эталонные объекты, которые являются характерными для определенной культуры (например, объекты афанасьевской и окуневской культуры).

Для занесения объекта в каталог была разработана следующая структура (рис. 1).

Фрагмент исходного изображения	Отдешифрированное изображение	Информация, полученная при анализе памятника
		Объект находится в районе Ермаковское, Красноярский край, на правом берегу реки Иджим. Координаты кургана 52°17'16,19"N, 93°22'56,29"E. Конструкция кургана прямоугольная, имеется насыпь, вокруг которой расположен ров.
		Объекты находятся в районе Ермаковское, Красноярский край, на правом берегу реки Иджим. Примерное местоположение курганов 52°17'12,94"N, 93°23'42,70"E. Цепь прямоугольных курганов СЗ-ЮВ направления, ограды и надмогильные конструкции не сохранились.
		Объекты находятся в районе Ермаковское, Красноярский край, на правом берегу реки Иджим. Примерное местоположение курганов 52°13'18,74"N, 93°33'59,61"E. Памятники круглые, с каменной насыпью.
		Объекты находятся в районе Ермаковское, Красноярский край, на правом берегу реки Иджим. Примерное местоположение курганов 52°13'09,87"N, 93°34'23,47"E. Памятники разных диаметров и конструкций.

Рис. 1. Каталог дешифрирования археологических памятников
Fig. 1. Catalogue photo-interpretation archaeological monument

К описательной информации относятся результаты визуального и инструментального анализа:

1. Местоположение памятника относительно крупных населенных пунктов или объектов гидрографии;
2. Координаты центра объекта в формате DD MM SS;
3. Диаметр или размеры стенок, в зависимости от формы сооружения;
4. Характерные особенности конструкции.

Космические снимки пока дают меньшую детализацию чем данные аэрофотосъемки. Работа по составлению каталога и обнаружению археологических объектов в районе Среднего Енисея продолжилась с появлением новых данных (снимков, сделанных с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА)).

Применение БПЛА открыло огромные возможности для дешифрирования археологических памятников. Аппараты бывают самолетного и вертолетного типов. Первые применяются в основном для создания ортофотопланов территорий, цифровых моделей местности, мониторинга протяженных объектов. Их преимущества включают высокую крейсерскую скорость, значительную дальность полета и автономность. БПЛА вертолетного типа используются для перспективной съемки, мониторинга небольших территорий, обследования сложных конструкций, лидарной съемки и построения 3D-моделей объектов. Основные преимущества: малые размеры, взлет и запуск с любых площадок, возможность зависания над определенным участком местности.

Поэтому данные аппараты активно стали использовать в археологических исследованиях. Например, изучая археологические памятники на Соловецких островах, А.А. Медведев применил съемку с БПЛА в оптическом и тепловом диапазонах, в ходе обработки результатов которой выявлено более 10 новых объектов [Medvedev et al., 2015].

Экспедиция Института истории материальной культуры РАН несколько лет работала над изучением могильника Нумахыр, расположенного в восточной части Усть-Абаканского района Республики Хакасия. На его территории в основном расположены объекты афанасьевской и окуневских культур. В 2015 г. была произведена аэрофотосъемка местности квадрокоптером DJI Phantom 3 Advanced, результаты которой и были обработаны на кафедре картографии и геоинформатики СПбГУ. Были использованы программные продукты: Agisoft Photoscan Professional, SAS. Planet, QGIS (рис. 2).

В свободно распространяемой программе SASPlanet, которая предназначен для просмотра и загрузки спутниковых снимков высокого разрешения и обычных карт, представляемых такими сервисами, как GoogleEarth, GoogleMaps, BingMaps, DigitalGlobe, «Космоснимки», Яндекс.карты, Yahoo! Maps поочередно подгружались спутниковые данные на район исследования. И самым удачным вариантом стал снимок с сервиса Bing. С помощью данного снимка визуально идентифицировано 28 объектов афанасьевской культуры и 2 окуневской.

По снимкам БПЛА с помощью программного продукта Agisoft Photoscan Professional был построен ортофотоплан с пространственным разрешением 4 см. С применением улучшения визуализации, регулировки насыщенности цвета, визуально были идентифицированы археологические объекты.

Таким образом, в ходе нашего исследования выявлены курганы, найденные в 2000 г. Н.А. Боковенко, но не обнаруженные экспедицией А.В. Полякова, плюс к этому – 10 новых объектов (предположительно 7 афанасьевских курганов и 3 окуневских).

Лучше всего для идентификации памятников подходит ортофотоплан, имеющий высокое пространственное разрешение и позволяющий детально рассмотреть исследуемую территорию. Но использование бесплатных картографических сервисов (Google, Yandex,

Bing) может помочь в обнаружении новых объектов. В полевой сезон 2017 г., применив результаты дешифрирования, было подтверждено нахождение двух курганов афанасьевской культуры.

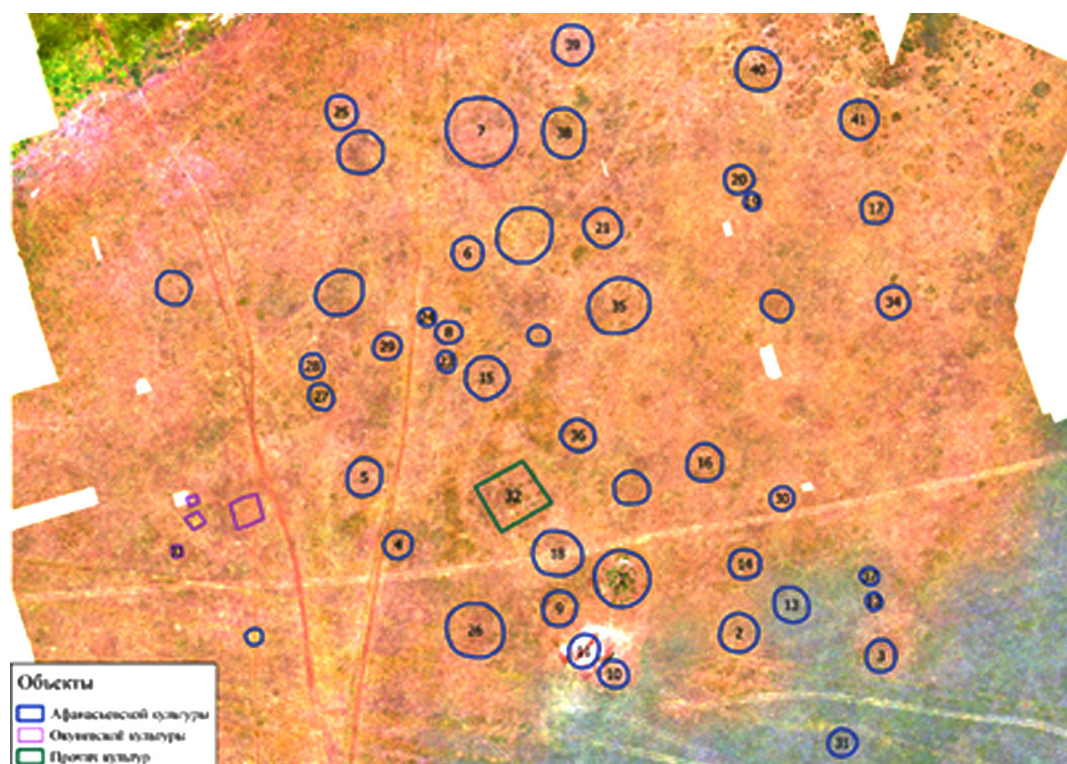


Рис. 2. Схема археологических памятников в районе могильника Нумахыр на ортофотоплане
Fig. 2. The scheme of archaeological monuments near the Numakhyr on the orthophotomap

Следующая задача, требующая внимания, – автоматизация процесса дешифрирования и идентификации курганов различных культур. Построение системы дешифрировочных признаков, которая позволяла бы однозначно идентифицировать археологические объекты. Сделать это только по данным оптического диапазона практически невозможно, так как по цвету ограды курганов практически не отличаются от типовых объектов местности. Необходимы дополнительные сведения: съемка в NIR (для последующего расчета NDVI) или тепловом диапазоне.

ВЫВОДЫ

Применение данных ДЗЗ для геоинформационного картографирования археологических объектов – научное направление, которое именно сейчас активно развивается благодаря технологическим возможностям: снимкам с высоким разрешением и программам, позволяющим проводить обработку полученных пространственных данных.

Важно автоматизировать процесс обнаружения и дешифрирования, разработать унифицированную систему условных обозначений для археологических карт, каталогизировать памятники. Нельзя забывать и о том, что грамотная визуализация и проведение геоинформационного анализа данных позволят выявлять закономерности в размещении археологических объектов, моделировать исторические процессы и явления, выдвигать новые гипотезы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Акашева А.А.* Пространственный анализ данных в исторических науках. Применение геоинформационных технологий: Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет. 2011. 79 с.
2. *Афанасьев Г.Е., Савенко С.Н., Коробов Д.С.* Древности Кисловодской котловины. М.: Научный мир, 2004. 240 с.
3. *Багаутдинов Р.С.* Исследование возможности использования космических снимков для выявления археологических объектов / Р.С. Багаутдинов, В.Н. Копенков, В.Н. Мышкин, В.В. Сергеев, С.А. Трибунский // Компьютерная оптика. 2015. Т. 39, № 3. С. 439–444.
4. *Гаврилов А.В., Смекалова Т.Н., Беван Б.В., Гарипов А.С.* Дистанционные и геофизические исследования поселенческих памятников в степной части округа античной Феодосии // Вестник Российского Гуманитарного Научного Фонда. 2016. № 3–4(84–85). С. 29–46.
5. *Коробов Д.С.* Основы геоинформатики в археологии: Учебное пособие. М.: Изд-во Московского ун-та, 2011. 224 с.
6. *Крупочкин Е.П.* О новых возможностях дистанционного поиска археологических памятников по данным NDVI и результатам пространственной фильтрации мультиспектральных снимков // Известия Алтайского государственного университета. 2010. № 3–1. С. 105–115.
7. *Лисецкий Ф.Н., Маринина О.А., Терехин Э.А.* Опыт комплексного картографирования разновременных залежей на щебнистых почвах в сельской округе Керкинитиды // Проблемы истории, филологии, культуры. 2016. № 2. С. 227–246.
8. *Лурье И.К.* Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: Учебник. М.: КДУ, 2010. 424 с.
9. *Монгайт А.Л.* Задачи и возможности археологической картографии // Советская археология. 1962. № 1. С. 19–43.
10. *Орлов П.В., Татаурова Л.В., Лашев М.В.* Использование беспилотных летательных аппаратов и систем высокоточного спутникового позиционирования для построения трехмерных ландшафтных моделей археологических памятников // Виртуальная археология (неразрушающие методы исследований, моделирование, реконструкции): материалы Первой Междунар. конф. / Государственный Эрмитаж. СПб.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2013.
11. *Athos Agapiou.* Remote sensing gheritage in a petabyte-scale: satellite data and heritage Earth Engine applications // International Journal of Digital Earth. 2017. V. 10, No 1. P. 85–102.
12. *Derrold W. Holcomb, Irina LitaShingiray.* Imaging Radar in Archaeological Investigations: An Image Processing Perspective // James Wiseman, Farouk El-Baz. Remote Sensing in Archaeology (Interdisciplinary Contributions to Archaeology). Springer, 2007. 553 p.
13. *Medvedev A.A., Martinov A.Y., Kudikov A.V.* Remote sensing of the neolithic artifacts in the russian north // Proceedings of XXVII International Cartographic Conference, Rio de Janeiro, Brazil, 23–28 August 2015. 2015.
14. *Peng Lu, Ruixia Yang, Panpan Chen, Yangshan Guo, Fulong Chen, Nicola Masini, Rosa Lasaponara.* On the use of historical archive of aerial photographs for the discovery and interpretation of ancient hidden linear cultural relics in the alluvial plain of eastern Henan, China // Journal of Cultural Heritage. Supplement, March, 2017. V. 23. P. 20–27.

REFERENCES

1. *Afanasyev G.E., Savenko S.N., Boxes D.S.* Antiquities of the Kislovodsk hollow. M.: Scientific world, 2004. 240 p. (in Russian).
2. *Akasheva A.A.* The space analysis of data in historical sciences. Use of geoinformational technologies: educational and methodical grant. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University, 2011. 79 p. (in Russian).

3. *Athos Agapiou*. Remote sensing heritage in a petabyte-scale: satellite data and heritage Earth Engine applications International Journal of Digital Earth, 2017. V. 10, No 1. P. 85–102.
4. *Bagautdinov R.S.* Research of a possibility of use of space pictures for identification of archaeological objects R.S. Bagautdinov, V.N. Kopenkov, V.N. Myshkin, V.V. Sergeyev, S.A. Tribunsky. Computer optics. 2015. V. 39, No 3. P. 439–444 (in Russian).
5. *Derrold W. Holcomb, Irina LitaShingiray*. Imaging Radar in Archaeological Investigations: An Image Processing Perspective James Wiseman, Farouk El-Baz. Remote Sensing in Archaeology (Interdisciplinary Contributions to Archaeology. Springer, 2007. 553 p.
6. *Gavrilov A.V., Smekalova T.N., Bevan B.V.* Garipov Ampere-second. Distant and geophysical surveys of settlement monuments in a steppe part the district of antique Feodosiya the Bulletin of the Russian Humanitarian Scientific Fund, 2016. No 3–4(84–85). P. 29–46 (in Russian).
7. *Korobov D.S.* Fundamentals of geoinformatics in archeology: Manual. M.: Publishing house of the Moscow university, 2011. 224 p. (in Russian).
8. *Krupochkin E.P.* About new opportunities of distant searching of archaeological monuments according to NDVI and to results of space filtration of multispectral pictures News of the Altai state university, 2010. No 3–1. P. 105–115 (in Russian).
9. *Lisetsky F.N., Marinin O.A., Terekhin E.A.* Experience of complex mapping of deposits occurring at different times on the shchebnistykh soils in rural the District of Kerkinitidy Problemy of history, philology, culture. 2016. No 2. P. 227–246 (in Russian).
10. *Lurye I.K.* Geoinformational mapping. Methods of geoinformatics and digital processing of space pictures: Textbook. M.: KDU, 2010. 424 p. (in Russian).
11. *Medvedev A.A., Martinov A.Y., Kudikov A.V.* Remote sensing of the neolithic artifacts in the russian north Proceedings of XXVII International Cartographic Conference, Rio de Janeiro, Brazil, 23–28 August 2015. 2015.
12. *Mongayt A.L.* Tasks and possibilities of archaeological cartography. Soviet archeology. 1962. No 1. P. 19–43 (in Russian).
13. *Orlov P.V., Tataurova L.V., Lashev M.V.* Use of unmanned aerial vehicles and the systems of high-precision satellite positioning for creation of three-dimensional landscape models of archaeological monuments the Virtual archeology (non-destructive methods of researches, model operation, reconstruction): materials of the First International conference State Hermitage. SPb.: State publishing house. Hermitage, 2013 (in Russian).
14. *Peng Lu, Ruixia Yang, Panpan Chen, Yangshan Guo, Fulong Chen, Nicola Masini, Rosa Lasaponara.* On the use of historical archive of aerial photographs for the discovery and interpretation of ancient hidden linear cultural relics in the alluvial plain of eastern Henan, China Journal of Cultural Heritage. Supplement, March 2017. V. 23. P. 20–27.