

УДК 902:528.9(571.151)+528.8(571.151)

Е.П. Крупочкин, К.А. Боечко

Археологическое картографирование в России: состояние и пути развития*

E.P. Krupochkin, K.A. Boenko

Archeological Mapping in Russia: State and Ways to Develop

Выполнена оценка теории и методологии археологической картографии. Проанализированы основные направления и факторы, обеспечивающие необходимые условия ее развития. Показана и обоснована необходимость внедрения в массовые археологические исследования новых методов математики, геоинформатики и дистанционного зондирования. Для решения задач пространственно-временного анализа первичной археологической информации предложен опыт разработки специализированной ГИС.

Ключевые слова: археологическое картографирование, геоинформатика, археолого-географические информационные системы, новые методы дистанционного зондирования в археологическом картографировании.

Постановка вопроса и аналитический обзор. Главная задача археологического картографирования (АК) – не просто территориальный анализ археологических памятников посредством карт, а их всестороннее изучение. Для того чтобы оценить современное состояние и обозначить направления будущего развития археологического картографирования, рассмотрим кратко историю его становления. Известно, что важнейшим витком развития научно-технической и методической базы отечественной картографии стал советский период. В это время были созданы замечательные картографические произведения, ставшие на долгие годы образцами науки и искусства. Познавательная (гносеологическая) концепция К.А. Салищева не просто себя оправдала, но и получила дальнейшее развитие в рамках картографического метода исследования, разработанного А.М. Берлянтом.

Сегодня гносеологический подход, не отрицающий роль коммуникативных функций карт и проблем картосемиотики, доминирует не только у нас, но и в мировой картографии.

Вся широта охвата и глубина проработки научных проблем отечественной картографии наглядно показана в трехтомнике (под ред. Н.Н. Комедчикова) национальной библиографии научно-технической

The paper estimates the theory and methodology of archeological cartography. The basic directions and the factors providing necessary conditions for its development are analyzed. The authors show and prove the necessity to use new methods of mathematics, geo-informatics and remote sounding for mass archeological researches. In order to decide space and time analysis problems of the primary archeological information they offer the special GIS which include three blocks – the databank, information and logical layers and the block of data modeling. Each block was worked out in details with the description of technical and methodical aspects.

Key words: Archaeological mapping, geo-informatics, archeologo-geographical information systems, new methods of remote sounding in the archaeological mapping.

литературы по картографии (1959–1983) [1]. Для нас особый интерес представляет последний том, в котором содержатся такие разделы, как картографирование населения, экономико-географическое картографирование, картографирование социальной инфраструктуры (сферы обслуживания), картографирование исторических явлений и событий и археологическое картографирование. Интересно, что раздел по археологическому картографированию оказался наименьшим, в нем включены преимущественно планы инструментальной съемки памятников, анализ древних поселений с фрагментами карт-схем крупного масштаба (1:500 – 1:1000).

Большой шаг в развитии археологического картографирования в 90-е гг. прошлого века сделали ученые из Отдела охранных раскопок Института археологии РАН. Так, под руководством Д.С. Коробова была создана инициативная группа «Археолого-географические информационные системы» (АГИС). Работы Д.С. Коробова и Г.Е. Афанасьева [2–4 и др.] способствовали внедрению новых методов в археологию. Электронный журнал в рамках проекта АГИС сразу же положительно себя зарекомендовал. Работы, публикуемые в журнале АГИС, показывают возможности применения ГИС-технологий для решения задач: сбора информации о культурно-исторических памятниках, ее обработки, картографической визуализации (в том

* Работа выполнена при финансовой поддержке фонда «Human Capital Foundation».

числе в виде тематических карт), пространственного моделирования, каталогизации и др.

Вместе с тем, учитывая малую изученность памятников (на общем фоне России), по-прежнему важны следующие задачи:

1. Поиск новых археологических объектов.
2. Извлечение, анализ и историческая интерпретация информации, полученной из найденных объектов.
3. Создание прогнозных моделей и накопление материала в виде баз данных (реляционных, сетевых распределенных и др.) с возможностью получения информации с помощью систем удаленного доступа.

На протяжении многовековой истории нашей науки актуальность первых двух задач постоянно менялась, поскольку менялась их значимость. Известно, что первые шаги в изучении памятников археологии были связаны с накоплением археологического материала традиционными способами – от случайных находок до полевых разведок и охранных раскопок. Далее с ростом количества материала возникла необходимость его систематизации. Как отмечает Г.Е. Афанасьев, «...в настоящее время археологические исследования уже перестали быть просто раскопками археологических объектов. Они становятся составной частью многогранного мультидисциплинарного познавательного процесса, в котором основной упор делается на изучении пространственного распределения накопленного материала в тесной взаимосвязи с природной средой и обитавшими в ней людьми» [5].

Пространственный анализ стал сегодня важной составной частью комплексных исследований культурно-исторических памятников. При этом методы пространственного анализа развиваются в рамках одного из направлений картографии и археологии – **археологического картографирования**. Однако стоит акцентировать внимание на то, что без участия специалистов в области картографии, сформулировать главные позиции археологического картографирования, отвечающего современным требованиям, практически невозможно.

Например, к таким требованиям должны относиться новые отечественные стандарты, разработанные на основе общих ГОСТов по цифровой картографии, но с учетом специфики предмета. В связи с этим необходимо внедрять технологии и методы (как часть технологий) цифрового археологического картографирования, элементы математико-картографического моделирования, форматы и стандарты геоинформационных систем и комплексов обработки данных дистанционного зондирования, технологии проектирования локальных и сетевых банков данных и др. Отмеченные принципы и требования полностью соответствуют третьей задаче, сформулированной выше.

При решении задач пространственно-временного анализа археологических данных не последнюю роль

играют ГИС-технологии. Существующие ГИС, на наш взгляд, должны служить инструментом накопления, обобщения и анализа различных данных – полевых, инструментальных, данных дистанционного зондирования, картографических материалов и т.п.

Рассмотрим предлагаемую нами модульно-блочную структуру ГИС-проекта «Археологические памятники Чуйского бассейна», который в настоящий момент находится в стадии реализации. Его структура представлена тремя основными блоками (рис. 1). Первый блок образует банк данных, второй представлен набором информационно-логических слоев, третий – блоком моделирования пространственно-координированных данных.

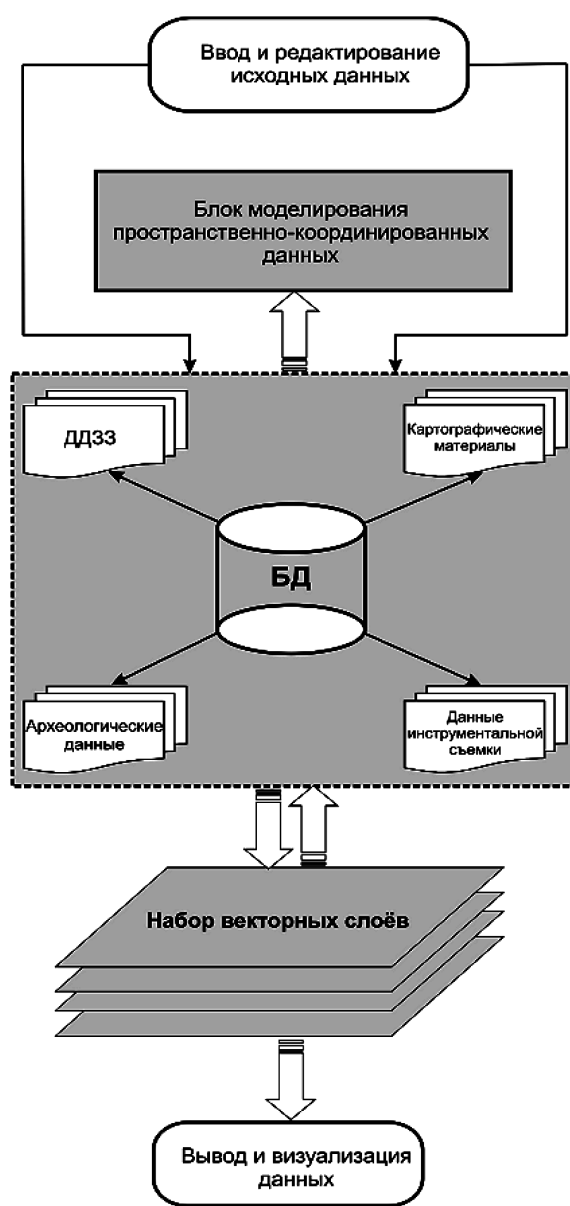


Рис. 1. Модульно-блочная схема ГИС-проекта «Археологические памятники Чуйского бассейна»

Банк данных является ядром системы. Сюда поступает различная информация, характеризующая как сами археологические объекты, так и природные условия территории.

Данные дистанционного зондирования представлены материалами космической съемки, полученными с помощью различных оптико-электронных систем в разное время. Так, к примеру, для работы над археологическим комплексом «Юстыд», расположенным в бассейне Чуи, подготовлены и используются данные многозональной съемки QuickBird (2,5 м, 2004 г.) и Landsat ETM+ (15 м, 2000 г.). При создании цифровых археологических карт использованы снимки Google Earth, конвертированные в формат MapInfo Pro с системой координат WGS-84.

Для поиска и дешифрирования памятников на других площадках (например, на территории Курайской степи) использованы мультиспектральные снимки Ikonos (2,01 м, 2001–2004 гг.) и Landsat ETM+. Последние представлены архивными материалами по состоянию на июнь–август с разными временными датами. При этом очень важно, чтобы данные дистанционного зондирования находились в открытом доступе через сеть Интернет. Бесплатный доступ не только предоставляет возможность осваивать новые технологии в области дистанционного зондирования, но и является стимулирующим фактором их интенсивного развития.

В ходе реконструкции археологического ландшафта и выявления взаимосвязей распределения памятников с факторами природной среды применялись следующие продукты из баз данных Nasa: MOD01 – данные уровня обработки 1А; MOD02 – калиброванные коэффициенты энергетической яркости (уровень 1В); MOD07 (MOD11) – температура поверхности по 5-минутным рядам с шириной ряда 5 км, MOD13Q1 – нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI за 16 дней. Отметим, что для решения наших задач дата съемки не имеет принципиального значения, более значимый фактор – сезон съемки.

Картографические материалы включают карты разных масштабов – от 1: 50000 до 1: 500000. Учитывая размеры могильников и тем более самих археологических объектов, использовать мелкомасштабные карты нецелесообразно. Следует отметить, что крупномасштабные картографические материалы (например, карты М 1: 100000) не содержат полной информации о ситуации местности и рельефе. Во-первых, информация на них в значительной степени устарела, так как вся имеющаяся топооснова составлена по данным съемки 1940 и 1960-х гг. Во-вторых, геодезисты при съемке местности не отмечали отдельно расположенные объекты, а фиксировали только места их повышенной концентрации. Таким образом, проблема, связанная с обновлением топоосновы,

решалась нами с помощью материалов космической съемки, а топографические карты послужили ценным источником информации для восстановления и коррекции цифровых моделей рельефа (ЦМР) исследуемых площадок.

Археологические наблюдения и инструментальная съемка. Археологические данные и большая часть материалов инструментальной съемки левого берега Юстыда были получены по результатам полевых исследований дендрохронологического отряда под руководством И.Ю. Слюсаренко (ИАЭТ СО РАН, 2005–2009). Значительная часть полевых наблюдений была получена по результатам экспедиций Н.И. Быкова (ГОУ ВПО АлтГУ, 2007–2009) по трем участкам – нижней части долины Большого Яломана (Яломанский археологический комплекс), Курайской котловине и прилегающей к ней долине (могильники Курайка, Коол-I и др.). Последние представляют интерес в связи с приведенными И.А. Хрустальной ботаническими описаниями растительности (площадки 50×50 см), которые использованы нами для изучения индикационных характеристик объектов при решении задач автоматизированного дешифрирования.

Кроме того, для формирования единого банка данных Жаном Буржуа и Воутером Гейле (Гентский университет, Бельгия) нам были переданы результаты съемки правого берега Юстыда, которая выполнялась с помощью одночастотного спутникового приемника GPS Leica SR20 в 2004 и 2005 гг. Как правило, съемка памятников одновременно сопровождалась подробным описанием объектов в полевой дневник или ноутбук. Описание содержит информацию о типологии объекта (с предварительным отнесением к определенному типу и культуре), морфологических свойствах, геометрической структуре и составе материала, из которого сложен объект. Кроме описания, для некоторых объектов выполнялась фотосъемка.

На начальном этапе исследований в нашу задачу входили сбор разнородной информации и ее перевод в цифровой формат. Иначе говоря, суть проблемы заключается в унификации различных методических подходов и технологий для получения качественных и доступных для всех специалистов цифровых картографических материалов. Подчеркнем, что разработка единой технологии сплошного картографирования археологических памятников является новой и реализуется для Алтайских гор впервые. Это особенно важно для дальнейшего совершенствования методологии археологических изысканий, соответствующих уровню XXI в. Отметим, что выделенные четыре элемента банка данных – это не окончательная его структура, так как в дальнейшем предполагается ввод новых элементов – географических, социально-экономических, палеоклиматических, дендрохронологических, геофизических.

Все элементы банка данных, как и собственно сам банк данных, являются открытыми, т.е. способными

включать новую информацию для хранения, реализации статистических и картографических запросов, обработки и т.п.

В основу организации пространственных данных в реализуемом ГИС-проекте положен послойный принцип, предполагающий логическое и физическое разделение информации. Такие слои представлены как в векторных, так и в растровых форматах с учетом топологии – геометрического отношения между объектами с сохранением идентификации, позволяющей выполнять операцию «Geolink».

Логическая организация пространственных данных. Набор отдельных слоев создается в форматах *Tab* и *Shape* с помощью программы MapInfo Pro. В рамках проекта формируются две группы пространственных данных: 1) информационно-картографические слои, образующие географическую основу и 2) слои, формирующие тематическую нагрузку.

Первая группа представлена следующими слоями: рельеф (в виде изолиний и точек с абсолютными отметками высот); гидрографическая сеть (реки, болота, родники и т.п.); растительность; инфраструктура, включающая сеть населенных пунктов и систему коммуникаций; границы территориально-административного деления. Вторая группа представлена набором тематических слоев, содержащих информацию об археологических объектах с таблицами атрибутов, соответствующими этим объектам (см. табл.).

Разрабатываемая база данных для ГИС включает информацию об объектах археологии Юстыдского археологического комплекса, Курайской степи, плато Укок, долин рек Сары-Габо, Уландрык. На сегодняшний день в базе данных зарегистрировано более 1000 объектов Чуйского бассейна. Высокоточная тахеометрическая съемка археологических объектов и ситуации местности выполнялась Е.В. Кравченко при участии Е.П. Крупочкина, что легло в основу состав-

ления детальных археологических планов отдельных модельных площадок Чуйского бассейна.

В рамках подготовки ГИС-слоев важное значение имеет точность пространственного координирования объектов и географическая привязка площадок. Отметим, что фиксация координат памятников производилась нами с помощью GPS приборов: Garmin Etrex (12-канальный навигатор с точностью позиционирования ± 5 м) и многоцелевого навигатора GPS Map 60Cх. Благодаря использованию нового чипсета и усиленной антенне Sirf-III прибор GPS Map 60Cх позволил зафиксировать координаты памятников и площадок с точностью 2–5 м.

В ходе полевого сезона текущего года высокоточная фиксация и съемка памятников долины р. Юстыд была продолжена Жаном Буржуа (Гентский университет, Бельгия) совместно с И.Ю. Слюсаренко (ИАЭТ СО РАН, Новосибирск). Полученные данные также будут использованы в нашем ГИС-проекте для расширения банка данных Чуйского бассейна.

Дополнительно был введен слой «Frame», показывающий границы и включающий идентификационные характеристики площадок.

Второй блок системы состоит из комплекса разнообразных исследовательских инструментов, предназначенных для пространственного анализа объектов археологии. К таким инструментам относятся модули «Поверхность», «APC», «Spatial Analyst», «3D-Analyst», программные средства «Surfer», «Mag», «Statistica» и т.п. Как известно, блок моделирования для большинства ГИС не является базовым, поэтому его реализация возможна за счет отдельных надстроек-модулей, расширяющих функциональность ГИС-пакетов. Например, модули «Поверхность» и «APC», предназначенные для картографического пакета MapInfo Pro, позволяют выполнять процедуру восстановления поверхностей алгоритмами среднезвешенной интерполяции

Структура тематических слоев для ГИС «Археологические памятники Чуйского бассейна»

Наименование слоя (английский)	Наименование слоя (русский)	Информация в таблицах атрибутов
Stone plate	Каменная плита с рисунком	Описание местонахождения объекта
Stelle	Стела	Указание номера площадки и номера объекта
Balbals	Балбалы	
Labyrinths	Каменные сооружения в виде лабиринтов	Указание номера площадки и номера объекта
Stone	Отдельно лежащие камни	–
Stone structures	Сооружения из камня в виде различных фигур	Описание внешних морфологических признаков объекта
Ritual structures	Поминальные выкладки	Указание номера площадки и номера объекта
Kurgans	Курганы	Указание номера площадки и номера объекта
Khereksurs	Херексуры	Указание номера площадки и номера объекта
Stonecircles	Каменные кольца	Указание номера площадки и номера объекта
Ogradki	Оградки	Указание номера площадки и номера объекта

по данным, расположенным в опорных точках или в областях (например, участки наблюдения и сбора образцов древесины и др.). Модули «Spatial Analyst» и «3D-Analyst», разработанные для ГИС ArcView (ESRI), обладают возможностями построения цифровых моделей рельефа и пространственного моделирования археологических данных. С их помощью можно получить изолинейные векторные либо растровые *grid*-модели с возможностью их последующей переклассификации с учетом заданных характеристик. Результатами археологического моделирования с применением таких программ, как «Surfer», «Mag», «Statistica», являются математико-картографические и статистические модели, позволяющие создавать зоны видимости, определять оптимальные площадки наблюдения, вычислять парные и множественные связи между анализируемыми факторами, облегчающими интерпретацию данных. Это важно не только для понимания механизма расселения и уклада жизни древних людей, но и для решения задач поиска новых и еще не исследованных стоянок древнего человека.

Полученные дискретные и континуальные модели могут быть представлены как в виде двумерного массива данных, так и в виде векторных изолинейных моделей. К последним относятся изокорреляты, позволяющие установить пространственные значения корреляции между показателями плотности археологических памятников и факторами среды обитания.

Однако для выполнения реконструкции, ориентированной на методы имитационного моделирования, необходимы достоверные сведения о климате и окружающей среде изучаемой культурной эпохи. Такие сведения позволяют получить комплексные естественно-научные исследования археологических памятников, включающие дендрохронологический, палеокарпологический, радиоуглеродный и геофизические анализы.

Главная задача блока «моделирование» – изучение в ретроспективе палеоклиматической ситуации Чуйского бассейна. Для получения палеоклиматических карт предлагается изолинейный подход, реализуемый по технологии скользящего шестиугольника. При использовании данной технологии вся исследуемая территория покрывается сетью неравных гексагональных ячеек. Причем чем сложнее показатель, тем меньше радиус вписанной окружности. Преимущество такого подхода заключается в том, что ячейки, полученные в результате обработки гексагональной сетью, по сравнению с распространенными квадратными, более компактны и репрезентативны. Карты, составляемые на основе регулярных гексагональных сетей, обладают повышенной точностью, информативностью и реалистичностью археологических реконструкций.

ГИС-модели, в которых заложены параметры колебаний климата в древности и его влияние на систему расселения древних кочевников, открывают новые

возможности для глубокого изучения потенциальных экономических зон и коридоров движения поселений Чуйского бассейна с учетом палеоклиматических особенностей территории. Кроме того, построение таких моделей важно для исторической интерпретации культурно-исторического наследия данного региона начиная с эпохи поздней древности и заканчивая эпохой раннего и развитого средневековья.

Третий блок представлен подсистемой вывода результатов анализа и моделирования данных в аналоговом и цифровом виде. Для этих целей адаптирован механизм конвертации данных из собственного формата ГИС в обменные векторные и растровые форматы, используемые в автоматизированных информационных системах разного функционального типа – tab, shape, hdt, dxf, flm, srf, pcx, wmf, dbf и др. Возможны три основных способа вывода данных: 1) вывод информации на печать (плоттер, принтер и т.п.), 2) визуализация на дисплее рабочего комплекса, 3) конвертация данных и запись файлов определенного типа на магнитные носители.

Проблемы археологического картографирования и пути решения.

Основная проблема заключается в том, что темпы развития археологического картографирования остаются по-прежнему очень низкими. Все другие проблемные вопросы – классификация, семиотика, стандартизация и т.д., являются лишь следствием. Сегодня слабо решается проблема картосемиотики при археологическом картографировании. В условных обозначениях наблюдается большой разноречивостью. В каждой конкретной организации вошли в традицию определенные категории условных знаков, но единого подхода и единых требований нет. Особенно актуальна отмеченная проблема для цифровых археологических карт, так как различные категории ГИС включают собственные наборы условных знаков (шаблоны), которыми пользуются авторы-составители. Есть вопросы и к существующей классификации, в которой блок археологических карт представлен очень узко и односторонне. Классификационные перечни требуют дополнения, уточнения и детализации.

Отметим проблемы взаимодействия дистанционных методов и археологического картографирования. При решении задач археологической картографии данные дистанционного зондирования (ДДЗ) используются однообразно, но это в лучшем случае. Между тем источники ДЗ включают в себя данные космической съемки, данные сканирующих устройств (как пассивных, так и активных – например, радиолокационные системы – РЛС), современные ПЗС-системы (цифровая съемка с помощью приборов с зарядовой связью) и др. Многие научно-прикладные задачи решаются сегодня именно с помощью данных дистанционного зондирования. Это экономит время и трудозатраты, позволяет изучить природный или антропогенный

объект как внешне (форма, положение и т.д.), так и внутренне (состояние, структура и т.п.).

Актуальной задачей является разработка с помощью данных дистанционного зондирования и ГИС то-поосновы для будущих археологических карт. Однако в отечественном археологическом картографировании данные вопросы проработаны слабо.

В XXI в., по мнению многих специалистов [4–6 и др.], количественный объем археологической информации стремительно увеличивается, и в полной мере обрабатывать его традиционными способами становится невозможным. Отсюда возникает необходимость применять новые технологии хранения и обработки археологических данных, связанных с использованием компьютеров и прикладных информационных систем.

Отметим, что интерпретация и анализ археологического материала невозможны без его пространственной привязки. Специализированного археологического программного обеспечения для таких целей пока нет. На сегодняшний день в археологическом сообществе назрела необходимость унификации описания археологических памятников в связи с созданием российского государственного реестра объектов культурно-исторического наследия, учета этих сведений при подготовке кадастровых документов земельных участков, а также облегчения обработки формализованных данных. Исходя из поставленных задач многие ученые начинают осознавать насущность разработки таких специализированных программных комплексов с возможностью автоматического вывода результатов обработки, в том числе в виде цифровой археологической карты.

В последнее время нами ведется активная работа в области информатизации и компьютеризации археологических исследований. Реализуется ГИС-проект «Археология Чуйского бассейна», продолжен сбор информации и ее конвертация в специальные форматы данных для ГИС, разрабатываются новые оригинальные методы математико-картографического моделирования для отдельных модельных площадок Чуйского бассейна. Памятники из условной системы координат переводятся в единую систему координат на сфере. Далее разрабатываются новые тематические карты, отражающие сезонность захоронений, нагреваемость (распределение тепла земной поверхности), плотность памятников и др. (рис. 2).

Результаты исследований, выводы и рекомендации.

1. Одна из актуальных задач современного общества – сохранение объектов культурно-исторического наследия. С научной точки зрения для таких объектов необходим полный цикл исследований. Вместе с тем на обширных пространствах нашей страны большая часть археологических памятников не только не исследована, но и не зафиксирована. Другая важная

задача – это получение полного и объективного представления о распределении памятников в исследуемом пространстве; о плотности и концентрации находок, характере их распространения; о ландшафтах территории с точки зрения эффективности их культурно-хозяйственного и транспортного освоения. Такое представление можно получить в результате создания специальных археолого-географических карт.

При этом необходимо учесть громоздкость и трудоемкость традиционных методов археологического картографирования. К примеру, в процессе изучения значительного количества памятников достаточно сложно визуально определить по традиционным бумажным картам центр, периферию и закономерности их распределения. В некоторых случаях проблему может решить выборочное исследование, ограниченное некоторым числом памятников относительно их общего количества (генеральной совокупности). Но при изучении крупных регионов (например, Сибири) данный подход также может оказаться неточным, допускающим существенные ошибки репрезентативности. Кроме того, на таких обширных пространствах необходимо учитывать дифференциацию природных и климатических условий, т.е. географический фактор зональности, что обязывает увеличивать выборку и приближать ее к генеральной совокупности.

Для оперативного решения задач поиска, регистрации, каталогизации и картографирования археологических памятников предлагается создание и реализация соответствующего ГИС-проекта. В рамках проекта разработаны основные блоки и модули, выбраны и обоснованы источники получения первичной информации об исследуемых объектах. Представлены новые методические подходы обработки археологических данных, основанные на результатах дешифрирования космических снимков высокого разрешения. Таким образом, междисциплинарные методы позволяют не только решать задачу картографирования, но и выйти на уровень реконструкции общественной и территориальной организации древнего расселения.

2. С начала 1990-х гг. накоплен огромный материал в области археологического картографирования, который долгое время не подвергался анализу и систематизации. Между тем появилась необходимость решения ряда проблем – систематизации археолого-картографических произведений, разработки методов стандартизации для проектирования и составления археологических карт разных масштабов, генерализации при цифровом археологическом картографировании и многих других.

Благодаря стремительному развитию науки и техники появился интерес к новым методам интерпретации артефактов. В частности, к таким методам относятся следующие виды моделирования: математическое, информационное, имитационное, фотограмметрическое, стереомоделирование и др. Их

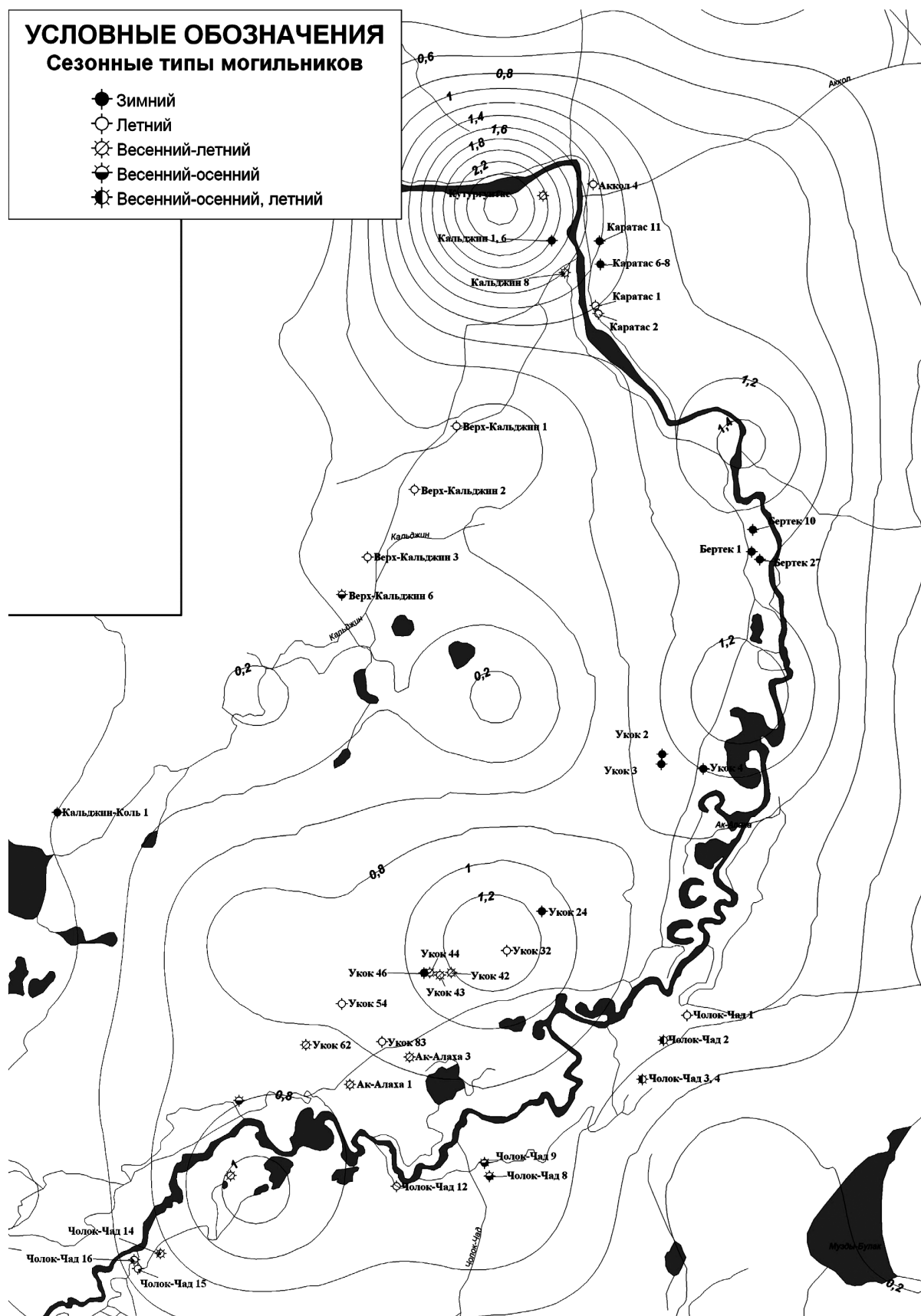


Рис. 2. Фрагмент карты сезонности захоронений плато Укок (Чуйский бассейн, Республика Алтай)

синтез может быть представлен в виде теории и технологии математико-картографического моделирования пространственной организации археологических культур. Несмотря на то, что теория математико-картографического моделирования появилась еще в 1980-е гг., в археологию она вписалась только сегодня. Высокий уровень развития компьютерной индустрии открыл новые горизонты применения математико-картографического моделирования для решения задач: пространственно-временного анализа археологических памятников, изучения вопросов расселения, демографии, палеоэкономических и палеоэкологических реконструкций, социальной организации и т.д.

В процессе разработки математико-картографических моделей предлагается использовать данные массовых археологических наблюдений памятников, результаты фотограмметрической обработки и дешифрирования космических снимков, а также дендро-хронологического и палеоклиматического анализов и др. Главным способом визуализации разработанных моделей является изолинейный (континуальный). Изолинейные модели, визуализированные в *n*-мерном пространстве с помощью ГИС, показывают археологу абстрактный рельеф, созданный событиями изучаемой им исторической эпохи. Совмещение разновременных изолинейных моделей дает возможность изучать динамику явлений; пространственную зависимость между компонентами природной среды и геодемографической ситуацией; разрабатывать ретроспективные модели. Прогностический характер последних выражается не только в определении «ядер» (ареалов) максимальной плотности поселений, но и в установлении центров производства. Совмещение разновременных изолинейных моделей с помощью оверлейных операций в ГИС дает возможность проследить главные направления и коридоры движения в связке с географическими и климатическими условиями.

Для реализации задач математико-картографического моделирования в нашем ГИС-проекте предусмотрен блок моделирования пространственных данных (см. рис. 1). При разработке математических моделей применяется процедура алгоритмизации и формализации поставленных задач. Для реализации предложенных моделей и трехмерного моделирования предлагается технология аппроксимации исходных данных на основе эквиклеточных (гексагональных) сетей. Для этого в настоящее время ведется разработка нового специализированного модуля (программы), реализуемого с помощью языка *MapBasic*.

3. В структуре ГИС-проекта основной акцент направлен на использование данных дистанционного зондирования, под которыми мы будем понимать преимущественно космические снимки. Предлагаемый источник исходных данных для решения археологических задач не является традиционным, а для многих

археологов, напротив – принципиально новым. При этом важно уметь использовать космические снимки не только для просмотра территории, где запланированы полевые работы. Главная задача – научиться извлекать максимум информации как о территории, так и о самих объектах изучения. К первой категории относятся показатели, характеризующие растительный покров, подстилающую поверхность, температурные градиенты и т.п. Вторая категория представлена морфометрическими показателями, фрактальными коэффициентами и индексами, позволяющими выполнять автоматизированное распознавание археологических объектов в разных географических условиях.

Дистанционное зондирование – это новый и эффективный аппарат исследования массового археологического материала. Отметим, что данные дистанционного зондирования являются важным источником информации для специализированных археолого-информационных систем. Большую роль играет сегодня ориентация на программное обеспечение, совмещающее функции векторных и растровых систем. Вместе с тем нельзя недооценивать важность разработки принципиально новых методических подходов и авторских программных продуктов, в значительной степени расширяющих существующие возможности обработки данных дистанционного зондирования. К последним относится разрабатываемая нами программа автоматизированного поиска и дешифрирования археологических объектов на космических снимках.

Для решения задачи поиска и идентификации археологических объектов используется математическое описание пространственного распределения яркостей и корреляций. В основу разрабатываемого модуля для ПК *Enví* положен принцип формирования признаков пространств крупномасштабных изображений и алгоритм автоматизированного выделения искомым участков (могильников, насыпей, оградок и других сооружений). Работа алгоритма построена на сравнении значимых клик участков изображения заданной размерности, называемых окнами анализа. При реализации алгоритма сегментации, необходимого для анализа космических снимков различного разрешения, использована взвешенная мера количественной оценки близости текстурных образцов в пространстве признаков, построенных с применением структурно-яркостных характеристик эскизов образцов. Для определения оптимальной меры количественной оценки близости текстурных образцов проведены соответствующие эксперименты. При этом особое внимание уделено анализу взвешенного евклидова расстояния.

Первая фаза тестирования алгоритма при поиске объектов на трехканальных (RGB) снимках уже показала неплохие результаты. На рисунке 3 представлен фрагмент площадки №4 (долина Юстыда, Республика



Рис. 3. Результат автоматизированного поиска курганов в заданной области

Алтай), где программа осуществляла поиск объектов в пределах заданного окна. Результаты поиска при распознавании курганных насыпей оказались в целом положительными при относительной погрешности 87%. Эксперименты показали целесообразность использования программы, когда обработке подвергаются снимки высокого разрешения. Такое разрешение должно составлять, как минимум, половину от среднего размера объектов. Таким образом, при диаметре

курганных насыпей от 4 до 8 м и пространственном разрешении снимка 3 м, результат оказался весьма приличным. Тем не менее есть объекты, которые слабо выражены в трехканальном изображении, соответственно, программа их не смогла распознать. В этом случае необходимо совершенствование алгоритма поиска с ориентацией на использование спектрально-аналитических данных и разработку специальных цифровых масок.

Библиографический список

1. Комедчиков Н.Н., Лютый А.А., Нарских Р.С. Национальная библиография научно-технической литературы по картографии. 1959–1983 гг. – М., 1997. – Т. 3.
2. Афанасьев Г.Е., Савенко С.Н., Коробов Д.С. Древности Кисловодской котловины. – М., 2004.

3. Афанасьев Г.Е., Коробов Д.С. Использование ГИС в изучении системы расселения аш-тигоров и выделении зон биопродуктивности в VII–XII вв. на Северном Кавказе // Археология и геоинформатика. – 2007. – Вып. 4. – Электронный оптический диск (CD-ROM). – Загл. с экрана.

4. Коробов Д.С. Применение методов пространственного анализа при изучении системы расселения алан Кисловодской котловины // Археология и геоинформатика. – 2008. – Вып. №5. – Электронный оптический диск (CD-ROM). – Загл. с экрана.

5. Афанасьев Г.Е. Основные направления применения ГИС- и ДЗ-технологий в археологии // Геоинформационные

технологии в археологических исследованиях (Москва, 2 апреля 2003 г.): сб. докл. / Ин-т археологии РАН. – Электронный оптический диск (CD-ROM). – Загл. с экрана.

6. Васильев Ст.А. Проект «АИС Археограф» // Археология и геоинформатика. – 2006. – Вып. №3. – Электронный оптический диск (CD-ROM). – Загл. с экрана.