

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ*

Работа посвящена изучению опыта совместного использования ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования (ДДЗ) для создания археологических карт. В ходе исследований решена главная задача: разработана и опробована технология цифрового картографирования археологических памятников. Подготовлены цифровые картографические слои для могильников Юстыд, Уландрык I и II, Сары-Габо. Для них созданы цифровые модели рельефа, которые использованы для анализа систем расселения, территориальной организации хозяйства и аналогичных реконструкций. Подготовлена цифровая картографическая основа, включающая картографическую базу данных и идентификационные характеристики памятников. Показана возможность использования ДДЗ для решения задач археологии. Усовершенствованы и отработаны алгоритмы автоматизированного дешифрирования мультиспектральных снимков для целей распознавания, фиксации и описания археологических объектов и их атрибутов. Полученные материалы и результаты съемок (топографическая и космическая сканерная съемка) представлены в наиболее распространенных форматах ГИС MapInfo Pro и ArcView.

Ключевые слова: цифровое картографирование археологических памятников, ГИС-технологии, дистанционное зондирование в археологии, сканерная съемка, дешифрирование мультиспектральных снимков.

Введение

Одна из самых острых проблем сибирской археологии – отсутствие детальной археологической карты Алтая. Для ее разработки важное значение имеют вопросы, связанные с развитием концепции геоинформационного картографирования в археологии; созданием единой методики, позволяющей получать археологические карты требуемого масштаба и территориального охвата; внедрением в археологические исследования единых стандартов и форматов цифровых картографических данных и др. При современном уровне развития геоинформатики и методов дистанционного зондирования (ДЗ) возможно оперативное построение археологических карт с высокой точностью, детальностью и достоверностью. В настоящей работе рассматривается опыт

совместного использования ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования (ДДЗ) для создания археологической карты для участка Чуйского бассейна.

В территориальном плане объектом наших исследований является Юго-Восточный Алтай – долины рек Юстыд, Уландрык, Барбургазы (рис. 1). Район отличается своеобразными горно-степными ландшафтами. Данную территорию не без основания считают археологическим заповедником нашей страны. Здесь сосредоточено множество культурно-исторических памятников разных эпох. Среди них наибольшую известность получили курганы скифского времени. Однако вплоть до 1960-х гг. Юго-Восточный Алтай оставался белым пятном для археологов: не было раскопано ни одного кургана [Кубарев, 1987, 1991]. С 1970-х гг. активно стали проводиться исследования большого числа курганов рядового населения в Чуйской степи [Кубарев, 1987, 1991, 1992]. Но до сих пор Юго-Восточный Алтай, и в частности территория Чуйского бассейна, недостаточно изучены, т.к. изыскания велись в пределах отдельных территориальных участков и могильников.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ, проект № 04-01-00470а «Древние кочевники Алтая: структура, функционирование и развитие систем расселения (I тыс. до н.э.)».



Рис. 1. Долина р. Уландрык. Фото Е.П. Крупочкина.



Рис. 2. Олений камень. Правый берег р. Юстыт.
Фото И.Ю. Слюсаренко.

Причем большинство могильников и тем более обособленно стоящие археологические объекты (херексуры, ритуальные оградки, каменные насыпи и т.д.) до настоящего времени не имеют четкой географической и координатной привязок.

Представленная работа является результатом совместных исследований Дендрохронологического отряда Института археологии и этнографии СО РАН (г. Новосибирск) и географического факультета Алтайского государственного университета (г. Барнаул). Главная цель исследований – разработка технологии цифрового картографирования археологических памятников на примере Чуйского бассейна. Процесс

картографирования предполагает фиксацию археологических объектов, составление цифровых топографических планов могильников, подготовку и корректировку цифровых моделей рельефа, геодезическую проверку ориентации курганов на ранее исследованных могильниках (Уландрык, Юстыд, Барбургазы и др.) для анализа ориентационных свойств памятников. Актуальность темы работы определяется, с одной стороны, отсутствием четко отработанной технологии цифрового картографирования археологических памятников, а с другой – развитием и необходимостью внедрения новых методов геоинформатики и дистанционного зондирования в сферу археологии.

Материалы и методы

Рассмотрим методические аспекты картографирования памятников на примере археологического микрорайона «Юстыд». Археологические изыскания в долине р. Юстыт начались в конце 60-х гг. XX в. Наиболее существенные из них проведены Алтайским отрядом под руководством Н.М. Зинякова и Восточно-Алтайским отрядом Североазиатской экспедиции ИИФФ СО АН СССР под руководством В.Д. Кубарева [Быкова, 2002]. За период с конца 1960-х до начала 1980-х гг. были открыты и исследованы целые могильники и отдельные курганы (Юстыд I–XXII), зафиксированы памятники железодельного производства, гончарные мастерские, оленные камни на правом берегу р. Юстыт (рис. 2). Однако проблема картографирования культурно-исторических памятников Юстыда по-прежнему осталась нерешенной.

В 2004 г. свое решение данной проблемы предложила бельгийская группа исследователей Гентского университета [Goossens et al., 2006]. Съемка производилась по правому берегу р. Юстыт от родника Калан до основной дороги, ведущей в пос. Кокоря (рис. 3). В ходе работы решались задачи: 1) разработать и апробировать методику картографирования археологических объектов, основанную на использовании ДДЗ спутниковой системы CORONA; 2) зафиксировать и нанести на единую карту все отмеченные объекты эпох бронзы, железа и средневековья; 3) дополнить список всемирного наследия Юнеско объектами археологии Юго-Восточного Алтая.

Главной задачей в ДЗ с точки зрения археологических изысканий является распознавание образов на снимке, т.е. процесс дешифрирования, предполагающий использование специальных пакетов программ (таких как Photomod, ENVI и др.) и геоинформационных систем, поддерживающих работу с растровыми изображениями (MapInfo Pro, ArcGIS и др.) [Крупочкин, 2004]. Исходные негативы снимков имеют, как правило, ряд искажений, вызванных разными причи-

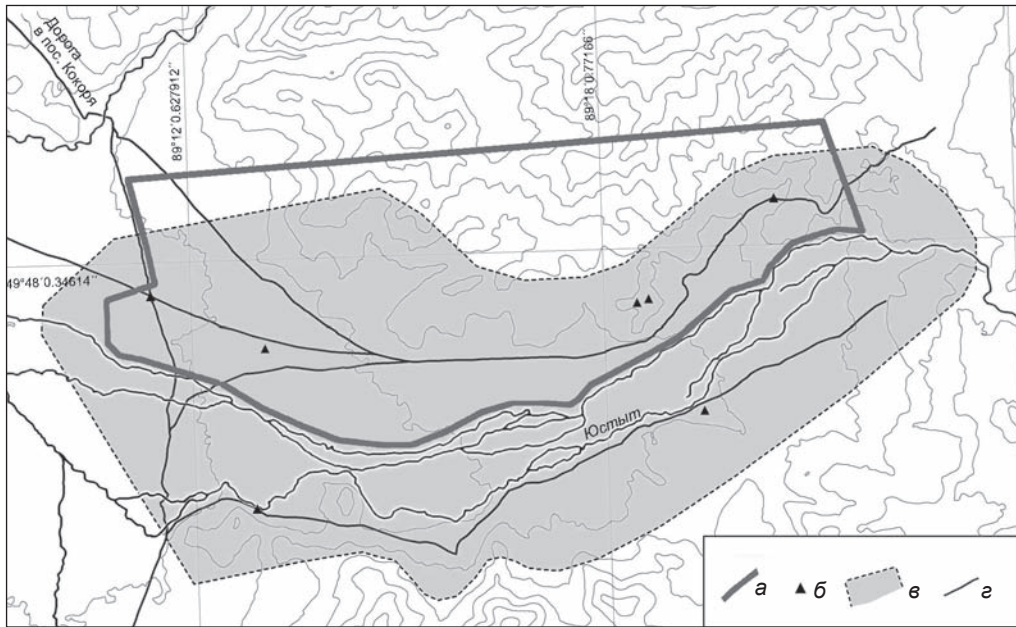


Рис. 3. Схема картографического покрытия археологического микрорайона «Юстыд». а – территория GPS-съемки бельгийской группы исследователей (2004 г.); б – GPS-точки; в – район исследований Дендрохронологического отряда ИАЭТ СО РАН (2005–2008 гг.); г – полевая дорога.

нами (колебанием траектории движения спутника, изменением расположения датчиков и др.). Поэтому космоснимки не могут непосредственно использоваться в ГИС без предварительной фотограмметрической обработки и трансформации (ортофототрансформирование, калибровка, привязка к геодезической системе координат и др.) Результатом этих работ являются снимки, подготовленные в ортогональной проекции (без плановых искажений), которые можно использовать в крупномасштабных археологических исследованиях.

Одна из основных операций трансформации снимка заключается в координатной привязке. Для уточнения пространственных координат в полевых условиях была сформирована сеть контрольных GPS-точек (см. рис. 3) и выбраны географически устойчивые во времени пункты. Для считывания координат использовались три системы: C-Nav (геодезическая система высокого класса точности), 12-канальный карманный приемник Garmin (точность позиционирования 5–10 м) и Motorola Oncore VP (точность позиционирования 15–30 м). Большой эффект был достигнут первой системой, гораздо более дорогостоящей. Две другие можно применять в ряде случаев для обработки изображений только тех объектов, размеры которых составляют от 2 м и больше.

Как показали исследования бельгийцев, наилучшие результаты могут быть получены при использовании космических снимков со спутников Quickbird и Ikonos (с разрешением 0,6 и 1,0 м) (рис. 4). Однако для этого желательно использовать автономную дифференциальную GPS-систему типа C-Nav [Goossens et al., 2006].

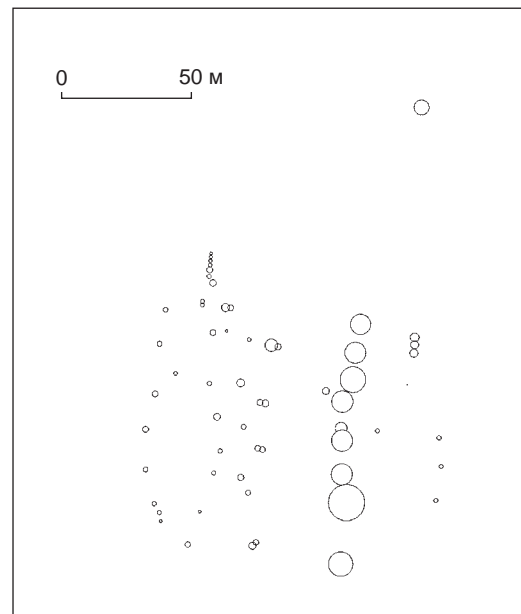


Рис. 4. Топографический план могильника Юстыд XIII. Фрагмент из общего плана бельгийских исследователей [Goossens et al., 2006].

Проблема составления цифровых археологических карт памятников решалась нами с помощью более экономичной технологии. Начальный этап исследований включал рекогносцировку, которая сопровождалась комплексным археологическим и физико-географическим описанием местности (левый и правый берега участка долины р. Юстыд) непосредственно в

поле. Фиксация координат объектов производилась с помощью двух GPS-навигаторов Garmin Etrex (± 5 м) и Garmin Map Сх60 (± 2 м). При этом учитывались факторы, влияющие на точность спутниковых наблюдений: механические препятствия, отражающие объекты, радиопомехи, влияние рефракции и т.д.

Следующий этап – тахеометрическая и теодолитная съемка могильников. Первая отличается от второй прежде всего скоростью выполняемых работ, не требующих прокладывания теодолитного хода. Съемка производилась с помощью высокоточного теодолита 2Т5К. Одновременно составлялся абрис местности, на котором фиксировались снимаемые объекты с элементами рельефа. К сожалению, исследуемая нами территория не охвачена государственной геодезической сетью (ГГС). К тому же станции ГГС, созданные по советским стандартам ГУГК, и тем более отраслевые постепенно «накапливают» суммарное смещение абсолютных координат удаленных пунктов до многих десятков метров [Постнов, Вергунов, 2003]. Кроме того, свободное передвижение по территории было ограничено двумя фак-

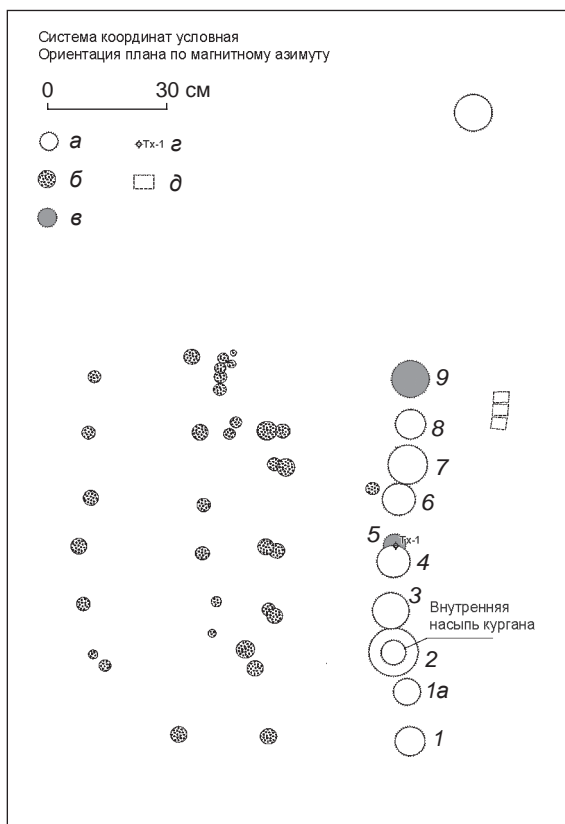


Рис. 5. Топографический план могильника Юстыд XIII по данным полевых съемок, выполненных в 2005–2008 гг. Дендрохронологическим отрядом ИАЭТ СО РАН.

а – нераскопанный курган; б – раскопанный курган; в – поминальная выкладка; z – контрольная точка планово-высотной съемочной сети; д – тюркская оградка.

торами: во-первых, она является пограничной зоной, а во-вторых, представлена весьма сложными участками рельефа. Поэтому географическую привязку снимаемых площадок мы выполняли по трем точкам (станция и две дополнительные крайние точки, расположенные по диагонали площадки), координаты которых фиксировались при помощи GPS-приемника. В дальнейшем в процессе камеральной обработки данных полевых съемок, а также для составления цифровых топографических планов местности использовались программные пакеты и модули: Credo DAT, ГИС MapInfo Pro, ГИС-приложение «Spatial Analyst» для ArcView (рис. 5). Для передачи данных с GPS и обеспечения совместимости ГИС-форматов все представленные картографические материалы были подготовлены в универсальной геоцентрической системе WGS-84 (разработана в 1984 г. и используется в настоящее время в радионавигационной системе Navstar). Для Республики Алтай большинство топографических карт составлено в поперечно-цилиндрической проекции Гаусса–Крюгера СК-42. Из числа картографических проекций, наиболее часто употребляемых в ГИС по ряду основных параметров квазигеоида, самой близкой к СК-42 является проекция WGS-84, чем и обоснован ее выбор.

Наряду с составлением топографических планов и археологических карт осуществлялась подготовка и корректура цифровых моделей рельефа (ЦМР)* могильников и других модельных площадок [Крупочкин, 2007]. Наиболее распространенными способами организации и представления ЦМР являются растровые модели данных и основанная на сети триангуляции (TIN) особая модель пространственных данных, аппроксимирующая рельеф многогранной поверхностью с высотными отметками в узлах треугольной сети. Методы и алгоритмы создания и обработки ЦМР применимы и к иным физическим или статистическим рельефам и полям: погребенному рельефу (в археологии), барическому (в климатологии) и т.п.

В современной геоинформатике и картографии различают цифровые модели высот (Dem-1) и производные от них – рельефа (Dtm). В этом случае под Dtm понимается совокупность производных от рельефа морфометрических показателей. Необходимость различения связана отчасти с наименованием и содержанием американского стандарта на ЦМР (Dem-2) [Баранов и др., 1999].

*ЦМР – средство цифрового математического представления трехмерных пространственных объектов (поверхностей, рельефов) в виде трехмерных данных как совокупности высотных отметок и иных значений аппликат (координаты Z) в узлах регулярной сети с образованием матрицы высот, нерегулярной треугольной сети (TIN) либо как совокупности записей горизонталей или иных изолиний [Баранов и др., 1999].

При создании цифровых моделей рельефа нами использовались два источника данных: отметки высот, фиксированных в GPS Waypoints-точек и расчетные значения абсолютных высот пикетов, полученные в ходе камеральной обработки результатов тахеометрической съемки. Для решения технической задачи моделирования и визуализации ЦМР использовался функциональный подход, предполагающий описание рельефа некоей функцией, аппроксимирующей с помощью другой функции: $\sum_{i=1}^N V_i V_i Z_{\min}$, где V_i – углы наклона поверхности, $\sum_{i=1}^N V_i Z_{\min}$ – функционал. Аппроксимация позволяет исследовать числовые характеристики, качественные (морфологические) и количественные (морфометрические) свойства рельефа территории. Для решения этой задачи необходимо

выполнение условия $\sum_{k=1}^N [P(X_k Y_k) - f(x_k y_k)] = \min$,

где $f(x_k y_k) = Z$ – дифференцирующая функция. Поскольку результат должен быть представлен в виде карты, координаты в плане (X, Y) были заменены географическими координатами ($\chi; \phi$). Пересчет в географическую систему координат производился путем проецирования осей координатной системы, где Гринвичский меридиан представлен как $\chi = X$, а линия экватора как $\phi = Y$.

Геодезическая проверка ориентации курганов производилась по ранее исследованным могильникам Юго-Восточного Алтая (Уландрык, Юстыд, Барбургазы и др.). Ее суть заключается в определении географических азимутов осей срубов с учетом измеренного магнитного азимута и магнитного склонения, определяемого по топографической карте. Для установления сезонности захоронений важной информацией является закрытость горизонта. Чем выше этот показатель, тем больше географический азимут восхода Солнца. Измерения закрытости горизонта производились для каждого кургана с помощью теодолита с точностью до минуты. Даты восхода и захода Солнца на конкретный год определялись с помощью программы Redshift по методике, предложенной Н.И. Быковым [Быков, Быкова, 2003; Быков и др., 2004].

Сравнительный анализ двух подходов, представленных в первом случае широким использованием радионавигационной системы Navstar и высокоточных GPS-станций, а во втором – комбинированием традиционных методов съемки с ГИС-технологиями и данными дистанционного зондирования, позволил сделать определенные выводы.

1. Необходимо оценить возможность замены (полной или частичной) полевого метода наблюдения и съемки археологических памятников дистанционным. Для этого требуется оценка соотношения цены заказа

новой космической съемки (либо получения архивных материалов) на интересующую территорию и общей предполагаемой стоимости исследований.

2. Следует учитывать технические параметры съемочной аппаратуры (сенсора) и характеристики предлагаемых космических снимков. Прежде всего нужно обращать внимание на пространственное и радиометрическое разрешение снимка, уровень фотограмметрической обработки, предполагающей выполнение процедур: ортотрансформирования (устранение искажений на снимке, вызванных расчлененностью рельефа), геометрической и радиометрической калибровки (устранение влияния различий освещенности, обусловленных геометрией съемки; устранение дефектов изображения; компьютерная коррекция яркостных значений снимка; расчет калибровочных коэффициентов и др.), преобразования фотограмметрической системы координат снимка в геодезическую и др.

3. Детальное изучение современных условий проведения космической съемки и наблюдаемые тенденции к удешевлению материалов ДЗ позволяют рекомендовать более широкое использование космических снимков для обеспечения массовых археологических исследований культурно-исторических памятников.

Предпочтительность использования методов ДЗ и математико-картографического моделирования для решения задач археологии определяется широким спектром возможностей:

- получения картографического материала с разреженной (по сравнению с топографическими картами сопоставимого масштаба) нагрузкой;
- заказа снимков значительного пространственного охвата;
- получения и анализа цифрового изображения большой площади (до 25 км²);
- картографирования археологических памятников, которые обычно не показаны на топографических или других специальных картах и планах либо показаны с недостаточной точностью и детальностью;
- объективизации на основе математико-картографических моделей (поля плотности древнего населения, карты динамики и «ретроспективного прогноза») реконструкции хода исторических процессов;
- изучения этапности и форм расселения древнего человека, а также датирования захоронений с помощью астрономо-геодезической информации и фитоиндикационного метода;
- составления цифровых археологических планов и тематических карт;
- поиска и идентификации новых археологических объектов с помощью алгоритмов автоматизированного дешифрирования;
- пространственного 3D- и анимационного моделирования археологических комплексов в их взаимосвязи с природной и антропогенной средой и др.

Путем сопоставления полевых наблюдений и данных дешифрирования по мультиспектральному снимку Quickbird (участок долины р. Юстыт) были получены определенные результаты. Рассмотрим технологические принципы и основные этапы дешифрирования. С учетом имеющейся информации на снимке нами был определен приоритетный способ дешифрирования, основанный на использовании не только RGB-каналов (R – красный, G – зеленый, B – синий), но и инфракрасного (IR). Это объясняется: отсутствием в настоящий момент панхроматического изображения с высоким или относительно высоким (2,01 м) разрешением; особенностями ландшафтов «монгольского типа», где четко можно выделить морфоструктурные элементы памятников (кольца, контуры оградок, структурные элементы херексуров, платформы и оградки отдельно стоящих курганов, возвышения и западины и т.п.); отсутствием данных стереосъемки, которые позволили бы значительно усилить поиск и выявить возможности типологизации археологических памятников на основе трехмерного математико-картографического моделирования рельефа исследуемой территории.

За основу классификации принято изображение, полученное в ближнем инфракрасном спектре, т.к. имеющийся у нас снимок характеризуется узким оптическим диапазоном: от 0,48 до 0,83 мкм. Преобразование исходного изображения из IR-диапазона осуществлялось с помощью общего индекса растительности – NDVI. На первом этапе выполнялось преобразование по классам канала IR по отношению к Red (красному) по формуле $NDVI = IR + Red / IR - Red$.

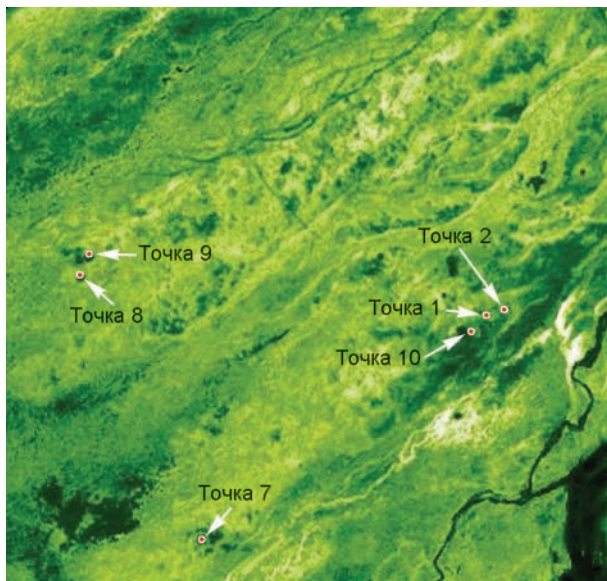


Рис. 6. Фрагмент синтезированного изображения, полученного в результате обработки исходного космического снимка с помощью алгоритма «Гаусса–Лапласа».

На полученном в результате обработки снимке светлые участки соответствуют большему значению индекса, что означает более активную вегетацию. Следует обратить внимание, что при расчетах вегетационных индексов для анализа растительности мы получаем не абсолютные значения, а относительную оценку определенного свойства растительности. На обработанном снимке видны лишь территориальные различия, т.е. где активность вегетации выше, а где ниже.

На втором этапе применялись алгоритмы управляемой классификации полученного снимка. С помощью сравнительного анализа результатов дешифрирования были определены наиболее эффективные алгоритмы, позволяющие выделить на фоне общей мозаики характерные локальные участки, показывающие расположение как отдельных курганов, так и их совокупностей в виде цепочек по преобладающим осям направлений (север–юг, юго-запад–северо-восток). Принцип работы алгоритмов основан на использовании математических операторов «Гаусса–Лапласа» и «Фильтр переменных», которые предназначены для сглаживания изображения (удаления «шумов») и подчеркивания границ объектов.

На снимке, обработанном с помощью алгоритма «Гаусса–Лапласа» (рис. 6), четко видны контуры памятников. По прямым и косвенным дешифровочным признакам ясно, что точка 7 представляет собой курган с каменной насыпью. Границы насыпи размыты. Склоны кургана задернованы, однако темные полосы показывают наличие участков с незадернованными камнями либо однородным грунтом. Темный цвет в центре кургана означает отсутствие растительности, что подтверждают полевые наблюдения (наличие нескольких микроям со средней глубиной 30 см). В юго-западной части цвет преобладающего класса спектра не выделяется на общем фоне. Отсюда можно предположить, что здесь внешний контур объекта нарушен. Как показали полевые наблюдения, в этой части кургана действительно наблюдается разброс материала (рис. 7).

Алгоритм «Фильтр переменных» также позволил выделить несколько объектов на мультиспектральном снимке. К примеру, четко выделяется цепочка пазырыкских курганов с направлением оси юго-восток–северо-запад (рис. 8, точки 20–21). Однако определить наличие отдельных археологических объектов практически невозможно в силу плохо выраженных демаскирующих признаков, а также из-за небольших размеров самих курганов в цепочке (от 2 до 5 м в диаметре). Другие методы классификации снимка, удаляющие «шумы» и улучшающие качество изображения, положительных результатов не показали. Поэтому для аналогичных условий поиска и координатной фиксации археологических объектов можно рекомендовать алгоритм «Фильтр переменных», т.к. он позволяет найти

и отобразить на мультиспектральном снимке структурные элементы, выраженные в морфологическом плане, но «скрытые» для обычного визуального дешифрирования.

Интересный результат показал алгоритм построения гиперспектрального куба – «3D Cube». Трехмерная функция «3D Cube» позволила выполнить мультиспектральный анализ с созданием синтезированного файла, который можно анализировать как в пространственном отношении, так и в спектральном (имеется в виду вычисление статистических параметров яркостных значений пикселей полученных матриц изображения). В результате применения данной функции получено комбинированное изображение с объемным эффектом, далее путем соединения каналов RGB – псевдогиперспектральный трехмерный куб. Применение алгоритма «Build 3D Cube» показало значительную эффективность анализа по отношению к бинарному (черно-белому) изображению, а также к снимку в диапазоне RGB от 0 до 255 (цветное изображение или черно-белое с 256 вариантами градаций серого).

На полученном снимке улучшены демаскирующие признаки археологических объектов (форма, размеры, тон и т.д.) (рис. 9); с их помощью без особых затруднений можно выделить херексуры, расположенные на открытых участках местности вдоль полевых дорог. Определяемы размеры насыпей, планиметрия (расположение в плане), морфология (внешняя структура поверхности). Так, например, на одних объектах наблюдается значительное превышение в центре херексуры, выраженное в рельефе, на других – существенные понижения (западины), что может означать провал внутренней конструкции погребения либо перенос материала. На объектах 16 и 17 четко видны западины в центрах. На периферии выделяется внешний пояс, сложенный предположительно из крупных камней, образующих различаемый контур.

Дальнейшая обработка снимка предполагает применение уже известных и разработку новых способов автоматизированного дешифрирования, основанных на принципах и подходах управляемой классификации, т.е. создание обучающих алгоритмов, которые программа использует для автоматического поиска и выделения классов «по образцу». Для повышения эффективности цифрового картографирования памятников необходимо разрабатывать и совершенствовать методы математико-картографического моделирования. Решение подобных задач возможно путем создания ЦМР снимаемых площадок.



Рис. 7. Курган, соответствующий координатам точки 7 космического снимка. Фото Е.П. Крупочкина.

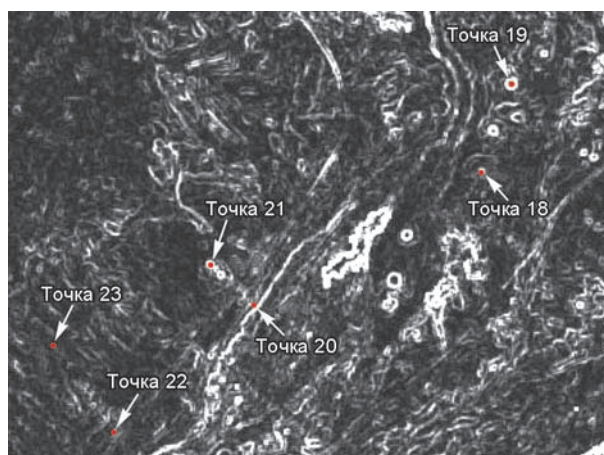


Рис. 8. Фрагмент синтезированного изображения, полученного в результате обработки исходного космического снимка с помощью алгоритма «Фильтр переменных».

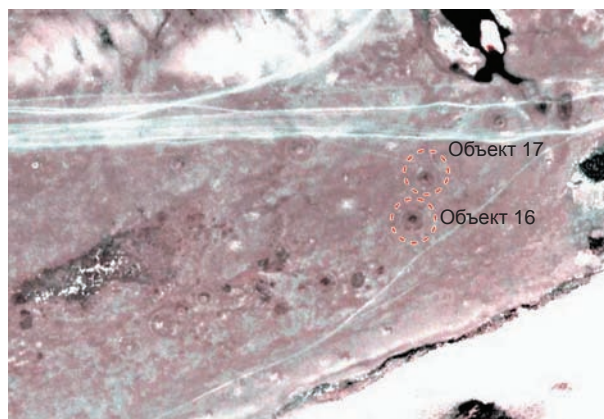


Рис. 9. Фрагмент синтезированного изображения, полученного в результате обработки исходного космического снимка с помощью функции «Build 3D Cube».

Результаты и выводы

В ходе исследований получены цифровые картографические материалы по археологии Юго-Восточного Алтая (Чуйская котловина). В частности, подготовлены цифровые картографические слои для могильников Юстыд, Уландрык I и II, Сары-Габо. Для них созданы цифровые модели рельефа, которые могут быть полезны для анализа систем расселения, территориальной организации хозяйства и аналогичных реконструкций.

Работа выполнялась параллельно с составлением топографических планов. В процессе создания электронных карт отрабатывались и совершенствовались система условных обозначений, способы картографического изображения археологических памятников, алгоритмы автоматизированного дешифрирования мультиспектральных снимков.

Проведен комплекс работ по геоинформационному картографированию археологических памятников на примере археологического микрорайона «Юстыд». Подготовлена цифровая картографическая основа, включающая картографическую базу данных и идентификационные характеристики памятников. Исходными материалами для формирования ГИС «Юстыд» послужили результаты GPS-картографирования и инструментальной съемки памятников 2005–2007 гг., а также результаты дешифрирования мультиспектрального космического снимка Quickbird верхнего участка долины реки. Полученные данные представлены в наиболее распространенных форматах ГИС MapInfo Pro и ArcView.

Выполнена геодезическая проверка ориентации курганов на ранее исследованных могильниках в долинах Уландрыка и Юстыта для анализа ориентационных свойств памятников. В полевых условиях с помощью теодолита измерены углы закрытости горизонта, что важно при определении сезона захоронений.

Проведенные в 2005–2008 гг. экспедиционные работы в долине Юстыта позволили:

- выявить и описать археологические и физико-географические особенности памятников по ключевым площадкам;
- сопоставить полученные предварительные результаты дешифрирования имеющегося космического снимка с ожидаемыми;
- оценить относительную погрешность примененных алгоритмов и определить дальнейшую направленность научных исследований для совершенствования способов и алгоритмов дешифрирования.

Учитывая все еще довольно значительную стоимость космических снимков высокого разрешения, целесообразно использовать их комплексно, т.е. не только для определения местоположения и размеров

объектов, но и для составления цифровых моделей рельефа, анализа ландшафтной структуры и др., что будет повышать их экономическую эффективность.

Список литературы

Баранов Ю.Б., Берлянт А.М., Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Серапинас Б.Б., Филиппов Ю.А. Геоинформатика: Толковый словарь основных терминов. – М.: ГИС-Ассоциация, 1999. – URL: <http://www.gisa.ru/geoinfoslovar.html> (дата обращения: 15.01.2008).

Быков Н.И., Быкова В.А. Ориентация погребенных людей в курганах скифской эпохи как источник историко-географической информации // География и природопользование Сибири. – 2003. – Вып. 6. – С. 214–226.

Быков Н.И., Быкова В.А., Панюшкина И.П., Слюсаренко И.Ю. Дендрохронологическая и геодезическо-астрономическая оценка последовательности сооружения курганов в могильниках пазырыкской культуры Алтая // Комплексные исследования древних и традиционных обществ Евразии. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2004. – С. 258–264.

Быкова В.А. История археологической изученности бассейна Чуи // География и природопользование Сибири. – 2002. – Вып. 5. – С. 245–255.

Китов А.Д. Компьютерный анализ и синтез геоизображений. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 220 с.

Крупочкин Е.П. Геоинформационный подход к картографированию археологических памятников (на примере территории Республики Алтай) // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2004. – Т. 10, ч. 2. – С. 218–222.

Крупочкин Е.П. Опыт использования ГИС-технологий для решения задач картографирования археологических памятников // Северная Евразия в антропогене: человек, палеотехнологии, геоэкология, этнология и антропология: Мат-лы Всерос. конф. с междунар. участием, посвященной 100-летию со дня рождения М.М. Герасимова. – Иркутск: Оттиск, 2007. – Т. 1. – С. 312–321.

Кубарев В.Д. Курганы Уландрыка. – Новосибирск: Наука, 1987. – 302 с.

Кубарев В.Д. Курганы Юстыда. – Новосибирск: Наука, 1991. – 190 с.

Кубарев В.Д. Курганы Сайлюгема. – Новосибирск: Наука, 1992. – 220 с.

Постнов А.В., Вергунов Е.Г. Основы геодезического обеспечения археологических исследований с применением спутниковых навигационных приемников. – Новосибирск: Свет, 2003. – 160 с.

Goossens R., De Wulf A., Bourgeois J., Gheyle W., Willems T. Satellite imagery and archaeology: the example of CORONA in the Altai Mountains // J. of Archaeological Science. – 2006. – N 33. – P. 745–755.