АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ГЕОАРХЕОЛОГИИ

Е.П. Крупочкин

Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

E-mail: krupochkin@mail.ru

ACTUAL QUESTIONS THE USE OF GIS AND REMOTE SENSING IN GEOARCHEOLOGY

E.P. Krupochkin

Altai State University, Barnaul, Russia

E-mail: krupochkin@mail.ru

Abstract. The article presents some relevant aspects of GIS and remote sensing data in the decision - theoretic methodological problems of georhaeology. The author has developed a flow chart which shows the key areas of aerospace information in mass georhaeological research. The main emphasis is on two factors – indicator interpretive properties artifacts which appear in the photographs; potential integrated use of remote sensing data in GIS for developed georhaeology.

No less important result is presented conceptual model georhaeological GIS. Its purpose is not only to provide cartographic specialists archaeological information. The main condition for the development and implementation of its established on the basis of GIS products is extensive information and analytical capabilities. Such opportunities may occur in solving mathematical-cartographic modeling at the junction of industries such as archeology, geography, mathematics , geoinformatics , cartography , etc.

Геоархеологию мы понимаем как область наук на стыке естественно-научного (науки о Земле) и гуманитарного (науки о Человеке) профилей. Ее объектом изучения является древний человек наряду с природными условиями его обитания. Геоархеологию в некоторой степени сама является объектом изучения и одновременно стимулирует к исследованию новых предметов. Согласно А.Г. Генералову [Генералов, 2001] к ним относятся: 1) детерминация и динамика: а) изменения климатов и режимов геологических процессов в четвертичное время, б) возникновения человеческого общества и технологий производства; 2) синхронизация геологических процессов и явлений с этапами развития древнейших производств; 3) взаимодействия палеогеографической среды и палеообществ – палеоэкология человека.

В качестве одного из ключевых предметов изучения следует отметить покомпонентный анализ и реконструкцию взаимообусловленности и зависимости древних людей с элементами (компонентами) экосистем ранних эпох. Такой анализ можно сделать только на основании многосторонних палеогеографических и археологических данных об объектах изучения, а также путем математического и геоинформационного моделирования с заранее определенными условиями и с учетом обнаруженных артефактов. Например, это относится моделированию зон расположения древних стоянок в зависимости от рельефа местности и ландшафтных условий (при допущении, что сам ландшафт в рамках исследуемой эпохи существенно не менялся и т.д.).

О повышенном интересе к относительно новому научному направлению (геоархеологии) свидетельствует создание новых международных лабораторий и соответствующих Интернет-порталов (например, лаборатория геоархеологии и интернет-портал истории Казахстана [2]. В 2011 г. На базе Иркутского государственного университет был учрежден выпуск новой серии журнала «Известия Иркутского государственного университета» под названием «Геоархеология. Этнология. Антропология» [3].

Целью данной работы является развитие технологической базы геоархеологических исследований по отношению к новому, не традиционному (для классической археологии) источнику информации – данным дистанционного зондирования (ДДЗ).

К ДДЗ относятся самые разнообразные данные – архивная аэро- и космическая съемка, аналоговые и цифровые данные (например, сканерная и радарная съемка), данные космической стереосъемки, ПЗС-данные, полученные с помощью оптико-электронных приборов, данные спектрометров и многие др. Вся эта информация при определенных условиях (прежде всего, при условии доступности) может быть полезна для задач геоархеологии. Следует выделить 3 главных направления использования ДДЗ в геоархеологических изысканиях: 1) как источника информации об исследуемой территории, 2) как инструмента изучения археологических объектов и природных условий, от которых они в значительной мере зависят, 3) как элемента геоархеологической ГИС.

На первом уровне технологической схемы (рис. 1) мы предлагаем использовать доступную космическую информацию (Landsat 5-8, Modis, Terra/Aster и др.) а также результаты обработки спутниковых данных, собранных в картографические мозаики. Например, данные Landsat (ETM+), на основе которых создано покрытие для «Google Maps». Такие данные отличает обзорность и схематичность, что дает право рекомендовать их использование для рекогносцировки местности, получения общегеографических и

физико-географических сведений о «территориальном объекте исследований», под которым географы обычно понимают район изучения, территорию с определенным набором ландшафтных компонентов, рельефом, гидросетью, протекающими на ней антропогенными и экологическими процессами. В этом смысле археологические памятники будут относиться к другой – более дробной (по отношению к «территориальному объекту») категории, требующей большей детализации. С позиции пространственно-временного анализа последние в большей степени относятся к дискретным (в территориальном плане) и непрерывными – во временном, поскольку охватывают более чем значительные временные рамки (культурные эпохи).

Несмотря на существующий в мире и в России весьма приличный банк данных с аэро- и космической информацией, не следует полагаться, особенно для данных в свободном – бесплатном доступе, на их точность и высокую информативность. Например, вместо 8 оригинальных каналов Landsat (ETM+) часто предлагаются сжатые данные в формате SID, а это совершенно другой уровень обработки, в результате чего возможности дешифрирования и ценность данных снижаются.

Использование подготовленных ДДЗ также важно для понимания дальнейшей процедуры дешифрирования и разработки алгоритмов, предназначенных для решения определенного класса задач. К подготовленным ДДЗ относятся геопривязанные по орбитальным параметрам, радиометрически нормализованные данные, приведенные в стандартную картографическую проекцию и т.д.

Рис. 1. Схема использования данных дистанционного зондирования в геоархеологических исследованиях

Второй элемент предлагаемой схемы – инструмент изучения археологических памятников. Использование ДДЗ как инструмента изучения артефактов это одна из наиболее сложных задач геоархеологии. Она напрямую будет зависеть от того, насколько эффективно развита технология дешифрирования. На сегодняшний день можно выделить несколько перспективных направлений деятельности, требующих усиления внимания [Крупочкин, 2009; Крупочкин, Боечко, 2010]: 1) поиск археологических объектов, 2) геоархеологическое ГИС-картографирование, 3) комплексная эколого-географическая оценка условий распределения археологических памятников, 4) пространственно-временной анализ взаимосвязей, предполагающий использование реконструктивной информации (археологические описания артефактов и т.п.) и географических данных (палеоинформация, данные о рельефе, данные о компонентах природной среды, ландшафте и др.), 5) разработка оценочных и виртуальных моделей как самих объектов, так и площадок, где они расположены, в т.ч. разработка 3D-моделей по результатам исторических реконструкций.

Приведем некоторые результаты по выделенным выше направлениям. Поиск и распознавание объектов – важнейшая часть геоархеологических исследований, которая тесно взаимодействует с последующими направлениями, особенно со вторым (геоархеологическим ГИС-картографированием). По состоянию на начало текущего года отработана технология автоматизированного поиска артефактов как по панхроматическим ДДЗ, так и по многозональным, включая весь оптический диапазон. Так, например,

протестирован алгоритм поиска «Object Detection», реализованный на языке IDL [Крупочкин, Батуев, 2013]. Однако верификация результатов показала ряд ограничений использования данного алгоритма. В основном он рекомендован для использования в условиях «монгольского» ландшафта, преимущественно по съемке, произведенной в летний сезон. А это означает, что при использовании ДДЗ необходима информация по Red (красному) и ИК (инфракрасному) каналам. Кроме того, для его эффективного применения необходимо эталонирование, т.е. учет детальной информации проективных покрытий для наиболее характерных точек/площадок, так называемых «ключей» (на языке IDL, «регионы интереса» – ROI). По сути, без подспутниковых измерений и полевых исследований его применение довольно сильно ограничено.

В связи с этим мы приступили к разработке нового алгоритма и программы поиска объектов «Detection Artifacts», в основе которого положена процедура морфологического детектирования объектов по их геометрическим (а точнее – морфометрическим) признакам. Сравнительный анализ современного программного инструментария, среды разработки, его эффективности и доступности, позволили нам остановиться на выборе ПО MatLab. Разработанный и тестируемый экспериментальный модуль выполняет следующую последовательность операций:

1. Ввод данных дистанционного зондирования;
2. Предобработка: фотограмметрическая обработка, специализированная пакетная обработка с целью устранения искажений и улучшения дешифровочных свойств снимка;
3. Определение набора переменных и их характеристик для учета морфометрических свойств объектов поиска, «геометризация», т.е. степень соответствия геометрическим фигурам в плане. Например, округлость как степень отклонения/соответствия кругу, компактность, угловатость, кривизна и др.;
4. Визуализация полученных результатов как по спектральным каналам, так и анализ синтезированного изображения, оценка возможностей его дальнейшего использования;
5. Выполнение операции эталонирования¹, анализ с целью получения рекомендаций к использованию (например, для ГИС-проекта) либо для проведения повторного цикла обработки с набором альтернативных или уточняющих параметров;
6. Вывод результатов, удовлетворяющих специалистов, в удобной и наглядной форме.

Таким образом, важным связующим звеном представленной схемы (см. рис. 1) является процедура дешифрирования. Согласно цели наших исследований процесс дешифрирования наряду с фотограмметрическими измерениями необходим не только для обнаружения, но и для определения максимального набора характеристик археологических объектов.

Среди разнообразных методов дешифрирования в первую очередь выделим классификацию, под которой понимается тематическая обработка, позволяющая производить автоматизированное разбиение снимков на однородные по какому-либо критерию области (классы объектов). С учетом того, что основную информацию о природе объектов на земной поверхности содержат их спектральные характеристики, при классификации рекомендуется использовать спектральные сигнатуры типов покрытий. Такого рода информацию мы регулярно расширяем и обновляем по результатам экспедиционных исследований, проводимых с 2004 г. В территориальном плане районы наших исследований и сбора образцов расположены: в долинах рр. Курайка, Чуя, Уландрык, Юстыг, Ак-Алаха и др. Отметим, что в 2013 г. наборы данных для спектральных библиотек были расширены и заключены в профессиональные оболочки – БД ГИС и Access. Такая работа будет и дальше продолжена за счет включения эталонной информации уже по другим участкам поиска – например, будет обрабатываться территория переходной зоны Алтая, для до сих пор не создана единая БД с точными (проверенными) пространственными данными, достоверными в географическом и историко-археологическом планах.

Мультиспектральный анализ можно предложить использовать в качестве базового инструментария в методе «Дерева решений» (Decision Tree). Для него главным инструментом разработки алгоритмов поиска и изучения археологических объектов является IDL. В процессе обработки создается новое бинарное изображение в двоичной кодировке. Результат 0 посылается по ветви «Нет», результат 1 – по ветви «Да». Практическая реализация одного из разработанных алгоритмов выполнена на примере памятников, расположенных в верхней части долины р. Курайка.

Важное и перспективное направление в изучении археологических объектов отводится методам создания цифровых моделей рельефа, местности (ЦМР, *англ. вариант* – DEM-модель и DTM-модель) и морфометрического анализа. Собственно сам морфометрический анализ дает не только инструментарий количественного описания рельефа земной поверхности, но и служит базой для индикационного (морфометрического) дешифрирования.

Последнее основано на получении таких количественных характеристик, как: форма контуров, степень изрезанности, размеры и соотношения отдельных элементов в структуре объектов, соотношение площадей объектов, определение протяженности, компактности, ориентации, концентрации групп объектов в пределах и др. Отдельные элементы технологии морфометрического дешифрирования в процессе исследований будут дорабатываться исходя из требований точности, скорости обработки данных, удобства

---

¹ Эталонированием называют процедуру получения и учета калибровочной информации для сопоставления результатов дешифрирования и фотограмметрической обработки с натурными измерениями [Книжников и др., 2011].

представления результатов. В настоящий момент написаны и протестированы модули и субпакет мультиспектральной обработки изображений для Matlab (рис. 2), ведется программная реализация и отладка модулей распознавания объектов по морфометрическим признакам на языке IDL (пакет ENVI).

Рис. 2. Тестирование модуля морфометрического дешифрирования с результатами автоматизированного обнаружения археологических объектов в долине р. Ак-Алаха (космический снимок Pleiades, 2013)

Отметим, что разработанные нами алгоритмы и модули способствовали обнаружению новых объектов, которые ранее не были картированы или описаны в каких-либо археологических документах. Как правило, это курганные насыпи, расположенные в 5-10 км от населенных пунктов в долинах рек Чуя, Юстыт, Курайка, Уландрык, Сары-Габо и др. Значительная часть из них не изучена, не имеет описаний и информации по датированию. Характерно, что многие из них обеспечили наполняемость и обновление разработанной совместно с Н.И. Быковым электронной базы данных «Археологические объекты Курайской степи (Республика Алтай)».

Особое внимание следует акцентировать на главном (третьем) элементе схемы – «Использование ДДЗ в геоархеологических ГИС», который находится на стадии апробации. С помощью данных радарной топографической съемки (SRTM, Aster) а также с использованием инструментальных наземных съемок разработаны виртуальные модели: археологического микрорайона «Юстыт» (рис. 3), отдельно расположенных площадок в долинах рек Курайка и Чуя (район слияния рр. Актру и Куркурек), Ак-Алаха (плато Укок). На основе имеющихся цифровых моделей производится анализ распределения памятников, их классификация в зависимости от абсолютных значений высот местности, освещенности, попадания в «зоны видимости», теплообеспеченности и др. производных от рельефа характеристик.

Рис. 3. TIN-модель долины р. Юстыт с расположенными на левом берегу объектами (под номером 1 обозначен увеличенный фрагмент площадки)

В качестве основы геоархеологического анализа и историко-географических реконструкций предлагаем использовать типовую технологию, включающую создание межотраслевой геоархеологической ГИС (рис. 4). ДДЗ используются здесь как при формировании банка геоданных, так и в блоке математико-картографического моделирования. Для того, чтобы разобраться в специфике перечисленных источников, рассмотрим концептуальную модель геоархеологической ГИС.

В основе предлагаемой модели лежат понятия: **модель → моделирование → математико-картографическое моделирование**, которые занимают почетное место в теории и методологии не только естественных наук, но и в науках о человеке и обществе. К сожалению, применяются они не всегда уместно, особенно когда забывается то, что модель – это упрощенная копия объекта, временно заменяющая его и облегчающая процесс изучения. Также неправомерно обозначать этими понятиями методические подходы и способы, служащие лишь для получения моделей.

Центральное звено геоархеологической ГИС согласно нашему представлению должно быть представлено не моделированием, а «математико-картографическим моделированием». Применительно к задачам геоархеологии сущность МКМ просматривается в трех главных звеньях технологической цепочки научно-познавательного процесса:

1. Создание математических и информационно-алгоритмических моделей по различным источникам.
2. Построение и анализ ГИС-моделей, позволяющих наглядно представить результаты моделирования первого этапа.
3. Верификация разработанных моделей для решения научно-практических задач.

Чтобы обеспечить географически достоверными сведениями процесс анализа новых карт, рекомендуется использовать специальные модели-изокорреляты, построенные с помощью регрессионных математико-статистических моделей. Они показывают пространственную тесноту связей между распределением памятников, геоэкологическими и геолого-геоморфологическими факторами и др.

Рис. 4. Концептуальная модель геоархеологической ГИС

Современное математико-картографическое моделирование, теоретические основы которого разработаны С.Н. Сербенюком, В.С. Тикуновым, В.А. Червяковым и др. отечественными геоинформатиками еще в прошлом столетии, актуально и сегодня. Оно построено на системном сочетании математических и картографических моделей, при котором образуются цепочки, циклы и алгоритмы: **карта → математическая модель → новая карта → новая математическая модель**. Такое понимание не только не ограничивает роль МКМ, а напротив – расширяет рамки и возможности его применения для решения спектра геоархеологических задач. Классификация разрабатываемых информационных и ГИС-моделей для геоархеологических изысканий представлена ниже (см. табл.).

**Классы моделей в блоке математико-картографического моделирования
геоархеологической ГИС**

Класс	Наименование модели
Информационные модели (K_I)	Информационно-картографические модели, состоящие из геоархеологических и пространственных геоданных Стохастические модели Детерминистские модели Модели баз данных и СУБД
Математические модели (K_M)	Статические модели Динамические модели Модели структуры Модели взаимосвязей
ГИС-модели (K_{gis})	Векторные модели Растровые модели Дискретно-континуальные модели Топологические модели Нетопологические модели Плановые модели 3D-модели (виртуальные)
DEM-модели (K_{dem})	Ортофотопланы Анаглифические модели DEM и DTM-модели Виртуальные и анимационные модели
Синтетические модели (K_s)	Интегральные модели зависимости полей потенциалов населения от географических факторов Модели аппроксимации интегральных характеристик

Несмотря на разнообразие представленных моделей, важен не только сам процесс (новизна технологии, внедрение новых методик и т.д.) но и результат их внедрения в науку и практическую деятельность.

Так, к примеру, полученные модели позволили выполнить количественный анализ элементов расселения и установить факторы, оказывающие наибольшее влияние на распределение памятников. «Центры масс» – места наибольшей концентрации древнего населения, смоделированные с помощью ГИС показали модель расселения древних и средневековых кочевников скифского времени на плато Укок. Для их выявления учитывался имеющий опыт создания регулярных сеток [Крупочкин, 1998] а также некоторые результаты сравнительного анализа регулярных сетей различной конфигурации в ГИС.

В дальнейшем примененный нами метод скользящего кружка (разработан ранее проф. В.А. Червяковым) был реализован в ГИС-среде при создании пространственной модели реконструированной плотности населения древних кочевников, в которой определены «ядра» плотности и численности. Получены ГИС-модели плотности древнего населения (скифская эпоха) на долину Юстыда (Юго-Восточный Алтай), аналогичная работа проводится и сейчас для других археологических районов.

Большие перспективы в блоке МКМ связаны с использованием цифровых моделей рельефа (англ. – DEM-модели) для анализа распределения памятников и выявления пространственных связей с факторами природной среды. По результатам исследований российских (Г.Я. Барышников, Н.И. Быков, В.Е. Гагин, Глебова А.Б. и др.) и зарубежных (Fuash Eric, Jacobson Eesther, Bourgeois Jean, De Wulf Alain, и др.) коллег, занимающихся проблемами на стыке археологии, географии и др. наук, информация о рельефе важна не только для понимания закономерностей расселения древнего человека. Это важнейший фактор, дающий ценные сведения для палеогеографических и палеоэкологических реконструкций. Так, например примененный Г.Я. Барышниковым картографический метод показал высокую зависимость между палеолитическими находками и зоной компенсации горных систем азиатского континента [Барышников, 2012, с. 432].

На примере геолого-геоморфологического анализа стоянок древнего человека на Алтае Г.Я. Барышниковым установлены наиболее благоприятные высотно-экологические ниши, занимаемые переходной зоной. Показано, что вероятность находок артефактов высока именно в переходных зонах (зоны компенсации). Совместно с А.М. Малолетко определена зона катастрофического паводка, возникшего в результате прорыва подпружных приледниковых озер. Результаты исследований познавательных возможностей рельефа, которые проявляются в изучении его как главного распределителя солнечной и земной энергий [Червяков, Крупочкин, 2004], а также его палеогеографических свойств [Малолетко А.М., 1980; 1989 и др.] свидетельствуют о больших и во многом еще не раскрытых перспективах использования ГИС-анализа для геоархеологических реконструкций.

Обсуждение результатов исследований.

Геоархеология сегодня является новой областью исследований, которая опирается на естественно-научные методы (картографический, геоинформационный, дистанционный и др.), но сохраняя преемственность по отношению к гуманитарным. К последним относятся археологические, предполагающие проведение раскопок, сбор артефактов в полевых экспедиционных условиях. Принципиальное значение для развития геоархеологии имеют методы моделирования. Их становление и развитие происходит на стыке археологии, картографии, математики, геоинформатики и др. отраслей знаний. Как представляется авторам, они должны сопровождаться: расширением и алгоритмизацией набора приемов математической обработки данных дистанционного зондирования, инструментальной съемки памятников и экспедиционных отчетов; конструированием новых типов археологических карт, разносторонне характеризующих явления в статике, динамике и взаимосвязях; совершенствованием технологических схем и методик последовательного получения всех видов моделей автоматизированным путем и др.

Отметим, что практическая реализация перечисленных выше направлений деятельности возможна только при условии разработки эффективной ГИС-технологии, которой принадлежит ключевая роль интегрирующего инструмента. Такая технология должна объединять результаты дистанционных исследований, накапливать и обновлять с помощью средств СУБД атрибутивную и картографическую информацию об артефактах и окружающей среде, иметь возможность моделировать и анализировать полученные данные, выполнять классификацию и каталогизацию уже изученных объектов.

Использование ГИС-инструментария обеспечивает переход геоархеологических изысканий от классического уровня (натурные измерения) к новому – геоинформационному. Он позволяет использовать в геоархеологическом анализе разнообразные модели, проводить эксперименты в камеральных условиях. Такие модели могут быть статическими, динамическими, пространственно-временными, дискретными и континуальными и др. Высокая абстрактность класса информационных моделей в виде набора численных показателей и математических уравнений удачно дополняется географической конкретностью моделей других классов. Среди них особенно следует выделить картографическую (прежде всего, цифровую). В предлагаемой концептуальной модели (см. рис. 4) обосновывается важность блока МКМ, поскольку он формализует полученные выводы и результаты, придает им доказательную базу.

Не менее значимая роль (после ГИС) в теории и методах геоархеологических исследований, по нашему убеждению, принадлежит дистанционному зондированию. Дистанционный метод, с одной стороны, является новой и мало изученной сферой для археологов. С другой стороны, повсеместное использование материалов аэрокосмической съемки в науках о Земле давно уже стало очевидным фактом и неотъемлемой частью современных исследований. Положительные примеры разработки нового инструментария для решения задачи морфометрического дешифрирования, наглядно демонстрируют возможности использования ДДЗ, обеспечивающих автоматизированный поиск археологических объектов. При наличии мультиспектральных снимков высокого разрешения разработанная нами технология дешифрирования позволяет сделать геоархеологический анализ массовым и доступным для многих специалистов межатраслевого блока.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант №13-05-00995-а.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Генералов А.Г. Поздний палеолит-ранний мезолит Канско-Енисейского региона. – Диссертация...соискание ученой степени доктора исторических наук. Специальность: 07.00.06 (Археология). – Иркутск: Иркутский гос. ун-т, 2001. – 418 с.
2. Портал «История Казахстана» // Разработан в Kaznetmedia при поддержке АО «Самрук-Казына» и Службы Центральных Коммуникаций РК. Поддержан президентом РК Н.А. Назарбаевым. – Режим доступа [URL]: <http://e-history.kz/ru> – Дата обращения: 25 февраля 2014 г.
3. Официальный сайт журнала «Известия Иркутского государственного университета» //
4. ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет». – Режим доступа [URL]: <http://isu.ru/ru/publication/izvestia/index.html> – Дата обращения: 01 марта 2014 г.
5. Крупочкин Е.П. Некоторые методические вопросы цифрового картографирования археологических памятников //Археология, этнография и антропология Евразии. – Новосибирск: изд-во ИЭАТ СО РАН, 2009. – №3(39). – С. 95-102.
6. Крупочкин Е.П., Боечко К.А. Археологическое картографирование в России: состояние и пути развития //Известия Алтайского государственного университета. – Барнаул: изд-во Алт. гос. ун-та, 2010. – №3-2(67). – С. 110-119.
7. Крупочкин Е.П., Батуев А.Р. Дешифрирование мультиспектральных космических снимков для решения задач поиска и идентификации археологических памятников // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – Барнаул, 2013. – Т.6., №2. – С. 114-124.
8. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования /Ю.Ф. Книжников,

В.И. Кравцова, Тутубалина О.В. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 416 с.

9. Крупочкин Е.П. Вопросы использования регулярных пространственных сеток в геоинформационном картографировании // Интеркарто 4: ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий: Материалы Международной конференции (Барнаул, 1-4 июля 1998 г.). – Барнаул, Россия: Изд-во Алтайского госуниверситета, 1998. – С. 203-207.

10. Барышников Г.Я. Рельеф переходных зон горных стран: монография / Г.Я. Барышников. – Барнаул: изд-во Алт. гос. ун-та, 2012. – 499 с.

11. Червяков В.А., Крупочкин Е.П. Дискретный и континуальный подходы к картографированию морфометрии рельефа // Интеркарто 10: Устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение и практический опыт: Материалы Международной конференции (Владивосток-Чанчунь, 12-19 июля 2004 г.). – Владивосток, Россия: Изд-во ТИГ ДВО РАН, 2004. – С. 43-48.

12. Малолетко А.М. Уровни долин и заполнение пещер Алтая // Карст Алтае-Саянской горной области и сопредельных горных стран: тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. «Проблемы горного природопользования». – Горно-Алтайск, 1989. – С. 13-15.

13. Малолетко А.М. О происхождении Майминского вала // Вопросы географии Сибири. – Томск, 1980. – Вып. 13. – С. 92-98.

Космический мониторинг опасных гидрометеорологических явлений и оценка их последствий на территории Пермского края

С. В. Пьянков, А.Н. Шихов

Пермский государственный национальный исследовательский университет

Пермь, Россия, E-mail and3131@inbox.ru

Space monitoring and estimation of consequences of hydrometeorological hazards in Perm region

S.V. Pyankov, A.N. Shikhov

Perm State National Research University

Perm, Russia, E-mail and3131@inbox.ru

Abstract. This article analyzes the application of remote sensing data for operational monitoring of hydrometeorological hazards, and estimation of their consequences on the territory of Perm region. The author shows the necessity of application of remote sensing data on the example of three problems in the study area. There are problems of monitoring of hydrological hazards in the period of spring high water, monitoring of the development of droughts and estimation of damage from hydrometeorological hazards for forest resources of the region.

Опасные гидрометеорологические явления (ОГМЯ) представляют собой один из основных источников чрезвычайных ситуаций природного характера как на территории России в целом, так и в Пермском крае в частности. Происходящие на современном этапе глобальные и региональные изменения климата могут стать причиной увеличения повторяемости, интенсивности ОГМЯ и масштабов ущерба от них. В этих условиях основным путем обеспечения безопасности окружающей среды, населения и экономики является совершенствование системы мониторинга и прогнозирования ОГМЯ, а также информационного обеспечения органов государственной власти, местного самоуправления и населения.

Существующая структура и функционирование региональной системы мониторинга ОГМЯ в Пермском крае не являются оптимальными. Развитие технологий оперативного мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы позволяет в настоящее время значительно повысить эффективность мониторинга ОГМЯ. Современная система мониторинга может быть основана на широком применении ГИС-технологий, средств и методов космического дистанционного зондирования и мезомасштабных моделей прогноза погоды.

В целях комплексного решения обозначенных проблем, в настоящее время в Пермском государственном национальном исследовательском университете разрабатывается система мониторинга опасных гидрометеорологических явлений Пермского края на базе ГИС-технологий. Получение оперативных данных о состоянии атмосферы и подстилающей поверхности основано на комплексном использовании средств и методов космического мониторинга, сети наземных наблюдений, глобальной и мезомасштабной модели прогноза погоды.