

БАЙКАЛЬСКИЙ РЕГИОН

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

ТЕЗИСЫ

Второй научный семинар «Геоархеологические исследования и информационные технологии: перспективы развития»

24 декабря 2019 г.

Проект № 075–15–2019–866

"Байкальская Сибирь в каменном веке: на перекрестке миров"
грант Правительства РФ

Возможности использования беспилотных летательных аппаратов в археологических исследованиях: аэрофотосъемка, фотограмметрия, топосъемка, 3D-моделирование

И. М. Бердников

Беспилотные летательные аппараты сегодня широко используются в археологии. Их применение открывает новые возможности в области изучения ландшафтных и геоморфологических ситуаций, позволяет создавать точные топо- и ортофопланы, а также 3D-модели объектов [Шуберт, 2016, Симухин и др., 2018; Тихонов, Акматов, 2018].

Возможности фотограмметрии позволяют создавать ортофотопланы, которые являются разновидностью планов местности на точной геодезической основе. Снимки, сделанные при помощи БПЛА, преобразовываются из центральной проекции в ортогональную, после чего пропадает эффект параллакса и рельеф местности отображается достаточно корректно. При аэрофотосъемке применяется такой способ наложения, когда один и тот же участок поверхности одновременно фигурирует на нескольких кадрах. При последующей обработке снимки склеиваются на основании совпадения характерных признаков и формируют единый ортофотопланом. Программное обеспечение позволяет минимизировать возможные дефекты изображений.

При помощи БПЛА также возможна топографическая съемка местности. Для создания топоплана есть два варианта. В соответствии с первым съемка ведется БПЛА со встроенным GNSS-приемником, например, квадрокоптером DJI Phantom 4 RTK. Среди плюсов можно отметить мгновенное получение координатных данных, среди минусов – действие только в сети базовых станций. Второй вариант подразумевает съемку БПЛА со стандартной конфигурацией при помощи опорных точек с точной геопривязкой на местности, которые раскладываются на территории съемки по определенной схеме. Точность результата зависит от точности определения координат опорных точек. К плюсам этого варианта относятся высокая точность позиционирования, к минусам – необходимость иметь дополнительное GNSS-оборудование для определения координат опорных точек.

Еще одной из возможностей БПЛА является создание цифровых моделей местности (ЦММ) или цифровых моделей рельефа (ЦМР), которые позволяют решать различные задачи топографии и создавать трехмерные модели как самой местности, так и отдельных объектов. Современные решения позволяют получать 3D-модели местности при обработке материалов без использования лазерного сканирования. На основе анализа плотного облака точек создается цифровая модель рельефа, из которой можно получить профили сечения местности, отрисовать изолинии поверхности с необходимым шагом, определять любые координаты внутри модели, расстояния и высоты.

В Лаборатории геоархеологии Байкальской Сибири ИГУ для решения перечисленных задач имеется БПЛА Phantom 4 Pro V2.0, оснащенный камерой 1-дюймовой матрицей CMOS, которая позволяет снимать видео в формате 4K со скоростью 60 кадров/с и получать фотографии с разрешением 20 Мп.

Для обработки полученных изображений используется лицензионное программное обеспечение Agisoft Metashape Professional. Это ПО, максимально раскрывающее возможности фотограмметрии, а также включающее в себя технологии машинного обучения для анализа и пост-обработки, что позволяет получать максимально точные результаты. Среди возможности данного ПО следует отметить: фототриангуляцию, работу с плотным облаком точек, создание цифровой модели местности (экспорт ЦМР/ЦММ), экспорт геопривязанных ортофотопланов, измерения (расстояния, площади, объемы), опорные точки (высокоточные изыскания), обработку мультиспектральных изображений, построение и текстуризацию 3D-моделей, 4D моделирование динамических сцен, сшивку панорам и распределенную обработку.

В 2019 г. при помощи БПЛА нами проведено обследование ряда местонахождений на Верхней Лене, на Байкале (стоянка Посольская), что позволило определить перспективные для раскопок площади, а также создана 3D-модель основных плоскостей Шишкинских писаниц.

Список литературы

Симухин А. И., Марнуев П. Е., Д. В. Намсараев, Лбова Л. В. Сыржа – новый объект наскального искусства Забайкалья (опыт бесконтактного документирования) // Известия Иркут. гос. ун-та. Сер. Геоархеология. Этнология. Антропология. 2018. Т. 25. С. 62–85

Тихонов А. А., Акматов Д. Ж. Обзор программ для обработки данных аэрофотосъемки // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 12. С. 192–198.

Шуберт Х. 3Д-фотограмметрия с применением БПЛА в процессе археологического исследования // Вестник Омского университета. Серия «Исторические науки». 2016. № 4 (12). С. 124–127.

Цифровая и кибер-археология

Н. Е. Бердникова

Использование современных компьютерных технологий в археологических исследованиях имеет несколько этапов своего развития. Начало это процесса связано с применением различных математических методов с использованием компьютеров. В таком виде она возникла с широким использованием вычислений в 1960-1970-х, с применением количественных методов в археологии и с появлением первых компьютерных возможностей [Wilcock, 1999; Forte, 2015]. В 1980-е гг. появление персональных компьютеров интенсифицировало развитие программного обеспечения для математического моделирования. Этот этап обозначают как цифровую или вычислительную археологию (Digital Archaeology).

С введением в 1990 г. Полом Рейли термина виртуальная археология начинается исчисление второго этапа развития компьютерных технологий в археологии. Виртуальная археология направлена на применение компьютерных технологий для создания высококачественных изображений археологических объектов, а также для помощи в археологических исследованиях, прежде всего, на реконструкцию моделей прошлого [Forte, 2015; Hookk, 2016]. Виртуальная археология была моделью, ориентированной на реконструкцию моделей прошлого. Виртуальная археология родилась без соответствующего теоретического фона, была нацелена при демонстрации большого потенциала компьютерных изображений и компьютерной графики на виртуальный процесс реконструкции, который был безапелляционно отделен от археологической интерпретации [Forte, 2015].

Появление кибер-археологии произошло в конце 2000 гг. Она является интеграция последних достижений в области компьютерных наук, техники, науки и археологии, способ описания совместных усилий цифровых археологов и компьютерных ученых по разработке киберинфраструктуры для археологии. Кибер-археология представляет постмодернистскую эволюцию виртуальной археологии, ее кибернетический кодекс.

Кибер-археология нацелена на развитие интерактивных и иммерсивных кибер миров в области гипердействительности. Фактически, кибер-археология направлена на изучение прошлого посредством взаимодействия с мультимодальными имитационными моделями наборов археологических данных в различных областях знаний. Кибер-археология делает упор на сбор цифровых данных, курирование с помощью веб-киберинфраструктуры, анализ и распространение через Интернет, а также доступ к более защищенным высокоскоростным оптоволоконным сетям и в 3D. платформы

визуализации. Кибер-археология воплощает несколько интерпретаций посредством виртуальных моделирований, включающих реальные и цифровые данные. Поэтому интерпретация прибывает из диалектики между реальными данными (места, объекты, пейзаж, музеи, и так далее) и виртуальными. В этой второй категории мы должны включать данные, собранные цифровыми инструментами (такими как лазерные сканеры, георадары, дистанционное зондирование), которые производят 3D модели археологических доказательств и археологические 3D модели, восстановленные для виртуальных сред. Кибер-археология предполагает, что прошлое не может быть реконструировано, а скорее смоделировано, прежде всего в интерактивном режиме. Кибер-археология воплощает несколько интерпретаций посредством виртуальных моделирований, включающих реальные и цифровые данные.

Активное развитие кибер-археологии не сняло две крупные проблемы: в использовании современных цифровых технологий: прозрачность или верификация, стандарты для обработки и ввода информации. Для корректного ввода в БД, в кибер-инфраструктуру многоаспектной археологической информации необходимо, чтобы последняя должна быть собрана, структурирована в рамках единых принципов, стандартов. Все археологические действия должны сопровождаться: стандартами, методиками, протоколами. Особенно, это важно при переводе археологического объекта в информационную систему.

Список литературы

Forte M. Cyberarchaeology: a Post-Virtual Perspective // *Humanities and the Digital. A Visioning Statement* / eds. D.T.Golberg, P.Svensson. - Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2015. – P. 295 – 309.

Hookk, D.Y. From illusions to reality: transformation of the term «virtual archaeology» // *Archaeological and anthropological sciences*. – 2016. – Vol. 8. – P. 647-650. <https://doi.org/10.1007/s12520-014-0201-8>

Wilcock J.D. The Best Fit? 25 Years of Statistical Techniques in Archaeology // *Archaeology in the Age of the Internet. CAA97. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 25th Anniversary Conference, University of Birmingham, April 1997 (BAR International Series 750)* / L. Dingwal, S. Exon, V. Gaffney, S. Laflin, M. van Leusen (eds.). – Oxford: Archaeopress, 1999. - P. 35-52.

Разработка информационной системы поддержки археологических исследований

Е. С. Фереферов, А. А. Ветров

Проведение археологических исследований связано с получением большого объема разнородной информации: пространственных данных, фотоматериалов, описаний артефактов, результатов геохимических исследований, радиоуглеродного датирования, 3D-сканирования. Применение для обработки полученных данных современных информационных технологий, в том числе геоинформационных, позволяет значительно автоматизировать процессы археологических исследований, а также повысить качество результатов и их доступность. Одной из проблем внедрения информационных технологий в археологию является отсутствие единых стандартов организации исследований и описания получаемых на каждом этапе результатов. Как правило, археологические информационные системы создаются в рамках одного проекта для исследований конкретного археологического объекта или ориентированы на презентацию находок (виртуальные музеи).

Предложена архитектура информационной системы для поддержки археологических исследований, обеспечивающая регистрацию, учет и анализ разноформатных археологических данных на всех этапах исследований. Система состоит из набора связанных подсистем, ориентированных на решение отдельных задач археологии. Например, проведение полевых работ, фотофиксацию, учет публикаций и отчетов результатов датирования, сбор и представление данных пространственного размещения. Для создания системы применяются технология и инструментальное средство ГеоАРМ [Фереферов, Бычков, Хмельнов, 2014; Bychkov, Hmelnov, Fereferov, Rugnikov, Gachenko, 2018], обеспечивающие автоматизацию разработки прикладных систем за счет применения декларативных спецификаций. Использование данной технологии позволяет решить задачу гибкой модернизации – обеспечивает расширение перечня показателей без перекомпиляции всей системы, что актуально в условиях формирующихся стандартов археологических исследований. Кроме того, в ГеоАРМ интегрирован картографический модуль, а также есть возможность взаимодействия с внешними подсистемами для решения специфических задач.

Для информационной поддержки исследований непосредственно в местах проведения раскопок в условиях отсутствия доступа к Интернет разработан инструментальное средство подготовки и интеграции данных (ИС ПИД). Пользователь при помощи данного инструментального средства может настроить необходимую конфигурацию локальной (off-line) подсистемы, выбирая спецификации соответствующих подсистем. Затем ИС ПИД сгенерирует необходимые таблицы для СУБД SQLite и спецификацию для работы с ними. Для работы с подсистемами в off-line режиме достаточно установить на переносной компьютер файл БД в формате SQLite, спецификацию и ГеоАРМ. После проведения полевых работ собранные данные загружаются в основную БД при помощи того же инструмента.

Также в рамках проекта была реализована поддержка визуализации 3D моделей ландшафтов и археологических находок. 3D модели объектов, созданные известными системами моделирования (например, Agisoft [Agisoft Metashape URL: <https://www.agisoft.com/>], Meshmixer [Meshmixer. URL: <http://www.meshmixer.com>] в формате obj могут быть сохранены в БД. Просмотреть такие 3D модели можно непосредственно из АИС «Геоархеология». Визуализация 3D моделей объектов реализована при помощи библиотеки Tree.js [Tree.js – JavaScript 3D library URL: <https://threejs.org/>].

Список литературы

Фереферов Е.С., Бычков И.В., Хмельнов А.Е. Технология разработки приложений баз данных на основе декларативных спецификаций // Вычислительные технологии. 2014. Т. 19, № 5. С. 85–100.

Bychkov I.V., Hmelnov A.E., Fereferov E.S., Rugnikov G.M., Gachenko A.S. Methods and tools for automation of development of information systems using specifications of database applications // Proc. of the 3rd Russian-Pacific Conf. on Computer Technology and Applications (RPC 2018). 2018. DOI: 10.1109/RPC.2018.8482170

Использование бурового оборудования UWITEC в рамках комплексных исследований озерных отложений Байкальской Сибири

А. А. Щетников, И. А. Филинов

Мультидисциплинарное изучение разрезов рыхлых отложений, позволяющее получать высокоразрешающие осадочные летописи позднего кайнозоя в целях

реконструкции глобальных изменений климата и особенностей ответа региональных природных систем на эти изменения, является одним из наиболее актуальных направлений современных исследований в науках о Земле. В последние десятилетия изучение variability природных процессов во временном и пространственном аспекте приобрело особое значение в связи с обострившейся необходимостью выяснения причин и механизмов формирования не всегда благоприятного для человека климатического тренда, создания и верификации его прогнозных и ретроспективных моделей.

Значительные достижения в области изучения позднекайнозойской эволюции природной среды и климата Байкальского региона были сделаны в результате реализации крупных междисциплинарных проектов Байкал-бурение и Хубсугул-бурение. При этом, целостная и связная картина временной, и, особенно, пространственной динамики региональных ландшафтов и климата позднего плейстоцена и голоцена все еще остается не совсем ясной.

Решение этих проблем наметилось с вовлечением в анализ других природных осадочных архивов Байкальского региона – прежде всего донных отложений малых и средних озер и торфяников. Комплексное палеогеографическое изучение таких объектов стало основой создания уникальных по степени детальности информации и надежности возрастных моделей климато-стратиграфических и палеогеографических сценариев конца позднего плейстоцена и голоцена.

Исследование разрезов донных отложений озерных водоемов наш коллектив проводит при помощи единственной в азиатской части России буровой станции UWITEC (Австрия), позволяющей отбирать колонку рыхлых осадков ненарушенной структуры мощностью до 30 м при глубинах озера до 100 м. Данное буровое оборудование комплектуется платформой, позволяющей работать как на открытой воде, так и со льда.

Мультидисциплинарное исследование полученных с использованием данного оборудования кернов субаквальных отложений позволило нам, например, получить непрерывную, надежно геохронологически обоснованную, со средним разрешением от 50 до 200 лет запись динамики растительности, климата и альгофлоры Байкальской Сибири в МИС-3 – МИС 1.