

# БАЙКАЛЬСКИЙ РЕГИОН

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

## ТЕЗИСЫ

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

18 декабря 2018 г.

Проект № 074-02-2018-334

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

## **ЗНАЧЕНИЕ ГЕОАРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ АРХЕОЛОГИИ**

В мировой практике под «геоархеологией» понимают использование концепций и методов наук о земле в археологических исследованиях для раскрытия природного контекста археологического объекта, археологических данных и реконструктивных построений взаимосвязей природной среды и древних обществ. Основные принципы геоархеологии суммировал М. Р. Уотерс в своей одноименной работе [Waters, 1992]. В соответствии с этими принципами построены все базовые монографии и руководства по геоархеологии.

В самом понимании геоархеологии содержится фактическая дуальность, выраженная в бидисциплинарности (междисциплинарности) содержания этого понятия – археология с ее культурными остатками и следами, с одной стороны, и все, что «гео», связанное с отложениями, процессами их формирования, палеосредой во всем ее многообразии. Фактическая бинарность геоархеологии создает ситуации, когда подходы и методы естественных наук воспринимаются как вспомогательные для решения конкретных археологических задач, особенно в российской археологии, при этом не всегда принимается во внимание согласованность естественнонаучных результатов.

Преодоление этой бинарности видится в осознании трансдисциплинарности археологических исследований. Переход к трансдисциплинарности в теории и практике археологических исследований возможен через геоархеологию. Он позволяет отойти от дуальной сущности понятия «геоархеология» к созданию логически обеспеченной концепции трансдисциплинарного геоархеологического подхода, геоархеологической методологии и методик геоархеологических исследований, основная стратегия которых будет базироваться на том, что основным источником археологической информации является геоархеологический объект.

Геоархеологический объект есть участок местности - фрагмент земной коры, содержащий археологические остатки в экспонированном или стратифицированном залегании [Медведев, 2008]. Он имеет гетерогенный характер и является сложно структурированной системой природно-культурного генезиса - интегральной системой.

Исследования в рамках геоархеологического подхода основываются на порогах узнаваемости и событийном подходе, реализованных в событийно-педолитологическом методах изучения отложений, методах археотафономии, геоархеологическом событийно-контекстуальном методе. Эта новая традиция исследования позволяет создать информационный образ геоархеологического объекта в различных его вариациях.

Полученные информационных образы конкретных геоархеологических объектов формируются в группы объектов, в результате таких группировок создаются типичные информационные образы геоархеологических объектов и ситуаций для разных хроносрезов. Это позволяет достаточно уверенно проводить культурно-хронологическую идентификацию самих объектов, а типичные геоархеологические ситуации, с одной стороны, позволяют организовать целенаправленный поиск объектов того или иного хроносреза, с другой стороны, определить типичность геоархеологических ситуаций как определенного отражения особенностей жизнедеятельности древних сообществ

Литература:

Медведев Г.И. Геоархеология // Антропоген, палеоантропология, геоархеология, этнология Азии. - Иркутск: Изд-во «Отгиск», 2008. - С. 133-155.

Waters M.R. Principles of Geoarchaeology: A North American Perspective. Tuscon: University of Arizona Press, 1992. – 399 p.

Weber Andrzej. W.

## **ЗНАЧЕНИЕ БИОАРХЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ АРХЕОЛОГИИ**

Over the last 10–20 years, the Baikal Archaeology Project generated a large database of radiocarbon dates (C14) and stable isotope measurements (C13, N15, and Sr87) for human skeletons from Mesolithic to Early Bronze Age graves in the Cis-Baikal region of East Siberia. These data allow a number of new insights about the culture history as well as the spatial and temporal variation in subsistence, migrations, mobility, and dietary patterns of these hunter–gatherer groups.

Many of these new insights have been made possible by the recent identification of the old carbon effect in the Cis-Baikal freshwater ecosystem. This is important because it affects radiocarbon dating of human skeletal remains. All animals, including humans, who consumed aquatic foods have C14 dates that are much older than their real historical age. For example, the Baikal seal (*nerpa*), whose diet is 100% fish, has C14 dates that are about 900 years older than their historical age. All animals, including humans, who consume a mixture of aquatic and terrestrial foods, will have C14 dates older than their historical age depending on the proportion of the aquatic food in their diet.

To address this problem, we compared pairs of C14 dates from Neolithic to Early Bronze Age graves obtained for human skeletons and associated remains (teeth or bones) of terrestrial fauna. Since the diet of terrestrial fauna is not affected by the freshwater old carbon, this comparison allowed us to develop mathematical equations to correct C14 dates obtained for human skeletons. Currently, we have about 550 C14 dates from Mesolithic to Early Bronze Age human skeletons from the entire Cis-Baikal. This large set of C14 dates, probably the best worldwide, now allows examination of many other categories of archaeological data from the chronologically dynamic perspective.

The corrected C14 dates allow refinements to the entire Middle Holocene hunter–gatherer culture history both on a regional as well as the micro-regional scales. Importantly, the human culture history of the Cis-Baikal region can now be properly aligned with the climatic and environmental history. Also, the corrected C14 dates allow examination of cemetery chronology and patterns of their use. We have already found substantial variation in what has been assumed to be essentially contemporaneous use of hunter–gatherer cemeteries in each period and in each micro-region. We now see that some cemeteries were used continuously, some very sporadically, some have long history of use and others have very short, not all cemeteries were used parallel to other cemeteries from the same period and from the same area, and some show a very puzzling pattern of substantial break in their use as at the Early Neolithic Shamanka II cemetery on the coast of the Kultuk Bay on Southwest Baikal.

Radiocarbon dating produces also C13 and N15 stable isotope measurements, which provide valuable information about the diet of prehistoric peoples as well as animals. Measurements on animal bones, archaeological and modern, are necessary to understand diets of prehistoric humans. Currently, in our databases we have about 700 such measurements on Mesolithic to Early Bronze Age hunter–gatherer skeletons and about 500 on archaeological and modern faunal bones.

Analysis of the stable isotope results revealed the presence of substantial spatio-temporal variation in Neolithic to Early Bronze Age subsistence and dietary patterns. Essentially, each archaeological micro-region (Angara, Southwest Baikal, Little Sea, and Upper Lena) and each archaeological period (Late Mesolithic, Early Neolithic, Late Neolithic, and Early Bronze Age) had quite different diets. In some places, for example on the Upper Lena, groups that were separated only by about 20km (Obkhoi and Verkholsk) also had different diets. Furthermore, in the Little Sea area two different kinds of diets were identified: one based mostly on game, fish, and seal and the other based mostly on game and fish only. These results suggest that all Neolithic to Early Bronze Age hunter-gatherer groups were firmly based in their own micro-regions and home ranges. Nevertheless, individuals who migrated from one area to another were also identified by this analysis.

Lastly, examination of C13 and N15 isotope data together with C14 dates obtained from the same fragments of human bones allowed assessment of changes in hunter-gatherer diets over time. We found that many, but not all, Early Neolithic groups from the Angara and Southwest Baikal experienced dietary trend towards increased reliance on aquatic foods (fish and seal). During the Late Neolithic and Early Bronze Age the picture is different and more complicated. Some groups experienced no dietary trends at all, some show trends towards increased reliance on game meat, and others show trends towards increased reliance on seal and/or fish.

In sum, the extensive program of C14 dating and stable isotope testing implemented over the last 10–20 years provided a number of unique and important insights about the Mesolithic to Early Bronze Age hunter-gatherer adaptive strategies and culture history. This work will continue.

Щетников А.А., Филинов И.А.

## **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОСАДОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА НА ПРИМЕРЕ ОПЫТА ИЗК СО РАН**

К настоящему времени в мире наработан широкий спектр методов и подходов к изучению четвертичных отложений, в т.ч. и для решения археологических задач. И этот арсенал неуклонно пополняется, повышается точность и разрешающие возможности инструментальной базы. Главным трендом современных исследований в данном направлении является междисциплинарный анализ осадочных летописей - получение мульти-прокси записей развития природной среды и климата. В зависимости от задач и целей нашим коллективом используются различные методы. В стандартный набор входят, прежде всего, биостратиграфические методы - палинологический анализ, анализ микро- и макротериофаун, а также малакофаун, диатомовый анализ для субаквальных осадочных архивов. Исследования вещественного состава осадочных толщ в целях уточнения литологических свойств осадков, детализации стратиграфии, реконструкции условий и особенностей седиментогенеза, в т.ч. реконструкции источников сноса, проводятся с использованием литолого-геохимических, а также петро- и палеомагнитных методов исследования. Опробование разрезов донных отложений озерных водоемов нами выполняется при помощи единственной в Азиатской части России буровой станции UWITEC, позволяющей отбирать колонку рыхлых осадков ненарушенной структуры мощностью до 30 м при глубинах озера до 100 м.

Гранулометрические исследования мелкообломочных фракций производится на лазерном микроанализаторе частиц Microtrac X100. Диапазон размеров измеряемых частиц

составляет от 704 мкм до 0.146 мкм. Для каждого образца определяются моды распределения и рассчитываются: средний размер зерна как средневзвешенное значение, медианный размер, степень сортировки, динамический фактор F и показатель дисперсности. Для характеристики вещественного состава отложений проводятся петрохимические исследования. Определение содержаний редких и рассеянных элементов в породах выполняется РФА методом, определение содержаний оксидов породообразующих элементов выполняется методом «мокрой химии». Определение редкоземельных элементов выполняется методом ICP-MS в т.ч. с использованием лазерной абляции (LA) для микрообразцов.

При анализе отложений также используются возможности электронной сканирующей микроскопии в целях изучения типоморфных свойств обломков песчаной размерности (прежде всего микроморфологии поверхности и в целом габитуса, а также характера диагенетических преобразований).

Палеомагнитный метод, как известно, включает в себя определение угловых параметров геомагнитного поля на основе результатов размагничивания образцов переменным магнитным полем. Для выявления экскурсов геомагнитного поля делается оценка относительной палеонапряженности геомагнитного поля. Петромагнитные исследования направлены на измерения скалярных магнитных параметров, изучение анизотропии магнитной восприимчивости, определения состава магнитных минералов, измерение параметров магнитного гистерезиса.

Особая задача работ на разрезах - проведение литолого-фациального анализа отложений с составлением литолого-стратиграфической схемы, реконструкцией обстановки установлением факторов осадконакопления. Все это требует построения надежной и высокого разрешения возрастной модели формирования изучаемых разрезов с подключением геохронометрических методов и прежде всего  $^{14}\text{C}$  AMS датирования осадочных комплексов. Для определения возраста отложений старше 50 тыс. лет применяются  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  OSL методы датирования.

В целях картирования геологических структур (восстановления геометрии относительно протяженных границ, поверхности коренных пород под рыхлыми осадками), дистанционного поиска и разведки археологических месторождений нами применяется метод георадиолокационной съемки. В распоряжении нашего коллектива имеется георадар "Око-2". В зависимости от задач на него устанавливаются антенные блоки АБДЛ "Тритон" (АБ 90) либо АБ 150М.

Фереферов Е.С., Ветров А.А

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Основой любой современной информационной системы (ИС) является база данных (БД), которая обеспечивает хранение собранных данных в структурированном виде. Поэтому при разработке ИС большое внимание необходимо уделить выбору Системы управления базами данных (СУБД). Существует несколько классификаций СУБД. Одной из основных является разделение на настольные и клиент-серверные. Настольная СУБД предназначена для однопользовательской работы, а клиент-серверная для многопользовательского режима работы. Следующей классификацией является разделение систем на коммерческие и «свободные» то есть с открытым исходным кодом. Работа с

коммерческими системами требует оплаты лицензии, и, как правило, отсутствует возможность вносить модификацию в реализацию работы таких систем. «Свободные» СУБД не требуют отчислений и поощряют развитие функциональности своих продуктов с помощью труда сторонних разработчиков. По типу хранения СУБД делятся реляционные и нереляционные. Реляционные базы данных используют структурированный язык запросов (Structured Query Language, SQL [Кригель, Трухнов, 2010]) для определения и обработки данных. С одной стороны, это открывает большие возможности для разработки: SQL один из наиболее гибких и распространённых языков запросов, так что его выбор позволяет минимизировать ряд рисков, и будет особенно кстати, если предстоит работа с комплексными запросами. Нереляционные базы данных (NoSQL [Фаулер, Садаладж, 2013]), в свою очередь, предлагают динамическую структуру данных, которые могут храниться несколькими способами: ориентированно по колонкам, документо-ориентировано, в виде графов или на основе пар «ключ-значение». Немаловажным моментом при выборе СУБД является поддержка пространственных данных. Для разработки информационной системы поддержки геоархеологических исследований лучше всего подойдет клиент-серверная реляционная СУБД PostgreSQL [PostgreSQL: Электронный ресурс...] с открытыми исходным кодом и поддержкой хранения и обработки пространственных данных.

Геоархеологические исследования должны быть обеспечены надежными отказоустойчивыми и, учитывая постоянный рост объема информации, расширяемыми средствами хранения данных. Для решения таких задач подходят системы хранения данных (СХД). СХД – комплексное программно-аппаратное решение по организации надёжного хранения информационных ресурсов и предоставления гарантированного доступа к ним.

Для организации оперативной работы с данными должно использоваться публичное или частное облачное хранилище файлов. Облачное хранилище данных (англ. cloud storage, ОХД) — модель онлайн-хранилища, в котором данные хранятся на многочисленных распределённых в сети серверах, предоставляемых в пользование клиентам. ОХД дает возможность доступа к данным с любого компьютера, имеющего выход в Интернет, а также возможность организации совместной работы над документами, что повышает вероятность сохранения данных даже в случае аппаратных сбоев. Публичными облачными хранилищами являются такие интернет-сервисы, как: Dropbox, OneDrive, Google Drive, iCloud, Яндекс.Диск, Облако Mail.Ru. В качестве частного хранилища для поддержки археологических исследований может быть использовано программное решение с открытым исходным кодом Nextcloud [Nextcloud: Электронный ресурс...].

Учитывая стремительный рост объемов разноформатных данных археологических исследований, для их обработки могут быть востребованы технологии работы с Большими данными. На сегодня наиболее перспективным подходом для обработки больших данных является использование идеологии, представленной компанией Google в модели фреймворка MapReduce. Данный фреймворк реализует модель распределенных вычислений, используемую для параллельных вычислений над очень большими, вплоть до нескольких петабайт, наборами данных в компьютерных кластерах. Обработка сводится к принципу, «проще скопировать программу к данным, чем скопировать данные к программе». В качестве основы предлагается использовать проект Hadoop [Hadoop: Электронный ресурс...], находящийся под управлением Apache Software Foundation. Hadoop используется для надежных, масштабируемых и распределенных вычислений, но может также применяться и как хранилище файлов общего назначения, способное вместить петабайты данных. В настоящий момент Hadoop находит применение в исследовательских и производственных целях. Состоит из двух ключевых компонентов: распределенной

файловая системы HDFS, которая отвечает за хранение данных на кластере Hadoop и системы MapReduce, предназначенная для вычислений и обработки больших объемов данных на кластере.

Геоинформационные системы (ГИС) – системы обеспечивающие работу с пространственными данными, аналогично СУБД, разделяются на коммерческие и «свободные», а также на настольные и web ориентированные. Среди коммерческих систем наиболее функциональными и известными являются настольные продукты ArcGIS и MapInfo. В России распространена ГИС Карта (КБ “Панорама”) – универсальная ГИС, имеющая средства создания и редактирования электронных карт, данных дистанционного зондирования (ДДЗ), выполнения различных измерений и расчетов, построения трехмерных моделей, обработки растровых данных, средства подготовки графических документов в электронном и печатном виде, а также средства для работы с базами данных. Единственной серьезной альтернативой коммерческим системам является свободная ГИС с открытым кодом – QGIS (Quantum GIS) [QGIS: Электронный ресурс...] и бесплатный программный пакет с открытым исходным кодом GRASS, используемый для управления и анализа геопространственных данных, обработки изображений, создания графиков и карт, пространственного моделирования и визуализация. Web ориентированные системы, такие как Open Street Map, Google Maps, Яндекс.Карты, онлайн-версия 2ГИС в первую очередь предназначены для представления результатов работы в упомянутых профессиональных настольных ГИС. Для работы с геоархеологическими данным может использоваться QGIS, которая поддерживает СУБД PostgreSQL с расширением PostGIS. Сегодня одной из самых популярных сред создания картографических web-сервисов с открытым кодом является MapServer, который имеет большие функциональные возможности, обеспечивает работу с большим количеством картографических форматов, как векторных, так и растровых, а также легко интегрируется с различными СУБД. MapServer полностью соответствует стандартам, разработанным OpenGIS Consortium и является наиболее адекватным инструментом для создания геопортальных систем поддержки научных исследований.

Для разработки прикладного программного обеспечения (ПО), например, реализующего взаимодействие пользователей через экранные интерфейсы с данными, существует большое количество инструментов и технологий. Большинство современных систем разработки ПО включают средства автоматизации, которые позволяют снизить временные затраты на реализацию каких-либо типовых функций. В настоящее время активно ведутся исследования в области автоматизации разработки как пользовательских интерфейсов (например, Model-Based User Interface Development), так и ИС в целом (например, Model Driven Architecture [Грибачёв, 2004], порождающее программирование [Чарнецки, Айзенекер, 2005]), позволяющих повысить эффективность процесса создания приложений. Основной идеей этих исследований является структурирование метаданных (данных о структуре) ИС в виде моделей системы различными средствами (например, надстройки над моделями классов UML [Cherkashin et al., 2012], применение модельных каркасов [Черткова, 2007], или построения онтологий предметной области [Грибова, Клещев, 2005]). Формализация знаний о структуре ИС в модели позволяет единожды выделить схожие структуры данных и присущие им бизнес-процессы в отдельные компоненты, а также сгенерировать соответствующие им сценарии создания структур в СУБД, алгоритмы обработки бизнес-процессов, экранные формы и распространять их на все подобные компоненты. Сгенерированный код при этом часто является грубым каркасом будущей системы, поэтому практически всегда его требуется дорабатывать программистам вручную.

Одной из перспективных технологий автоматизации создания информационных систем является технология создания приложений баз данных (ПБД) на основе декларативных спецификаций [Фереферов, Бычков, Хмельнов, 2014], которые являются средством представления и хранения моделей системы. Спецификация ПБД содержит минимально необходимую информацию о его структуре, которой, однако, оказывается достаточно для автоматической реализации приложения, и, в частности, создания пользовательских интерфейсов, обеспечения выполнения CRUD-функций, построения пользовательских запросов, поддержки взаимодействия с ПД, а также организации взаимодействия с внешними подключаемыми модулями для решения специфических задач. Представление моделей в виде спецификаций позволяет решить задачу гибкой модернизации системы по атрибутам, что актуально в условиях формирующихся стандартов археологических исследований.

Развитие технологий 3D-моделирования открывает большие возможности для решения научно-практических задач в области истории и археологии. В последние годы цифровые технологии стали широко применяться в музейных экспозициях для представления объектов культурно-исторического наследия. Новое поколение мультимедийных устройств (3D-сканеры, 3D-принтеры) представляют собой мощную активно развивающуюся технологию, которая может играть важную роль при взаимодействии посетителей с экспонатами культурно-исторического наследия. 3D-оцифровка и воссоздание моделей уникальных объектов культурно-исторического наследия решает задачу их презентации в условиях ограниченного доступа к оригиналам и позволяет ученым со всего мира проводить исследования.

Внедрение 3D-технологий в историко-культурологических исследованиях началось сравнительно недавно. В основном культурно-исторические 3D-проекты в России и за рубежом направлены на оцифровку экспонатов и памятников с целью их последующей интерактивной визуализации, организации он-лайн выставок (например, виртуальная выставка Музея египетской археологии Питри, Англия). Международный проект CyArk (<http://www.cyark.org>), основанный в 2003 году, ставит своей целью сохранение для будущих поколений информации об объектах культурного наследия, находящихся под угрозой исчезновения. В рамках проекта планируется оцифровать не менее 500 исторических памятников. В своей работе CyArk использует бесплатную 3D-онлайн-библиотеку. Отдельного внимания заслуживает проект “Smithsonian X 3D” (<https://3d.si.edu/browser>), реализуемый Смитсоновским институтом (США) на основе программного обеспечения от компании Autodesk. В рамках проекта планируется оцифровать более 137 миллионов экспонатов, которые находятся в музеях США, с последующей их демонстрацией в сети Интернет.

В России также активно ведутся работы по оцифровке культурно-исторических объектов и созданию виртуальных музеев. Например, проект виртуальной реконструкции монастырей города Москвы (<http://hist.msu.ru/3D/monastery-auth-1.htm>), реализуемый на кафедре исторической информатики Исторического факультета МГУ. Можно отметить опыт компании «Киберон Групп» по оцифровке, хранящейся в музее Императорского фарфорового завода Государственного Эрмитажа, коллекции фарфоровых статуэток под названием «Народности России», созданных в 1907-1917 П.П. Каменским. Помимо этого лаборатория междисциплинарных археологических исследований "Артефакт" Томского государственного университета создала виртуальный 3D музей “Древнее искусство Сибири” (<http://www.artefact.tsu.ru/virtualmuseum>) с публикацией данных на зарубежном сервисе <https://sketchfab.com/>. Аналогичный проект по трёхмерному представлению археологических находок представлен мультимедиа центром НГУ - <https://3d.nsu.ru/>. Стоит

отметить и другие музеи, которые оцифровывают свои коллекции, и выкладывают их в общий доступ, например, Государственный музей изобразительных искусств имени А.С. Пушкина (<https://sketchfab.com/arts-museum.ru>) и др. Из недостатков публикации таких моделей можно выделить низкое качество публикуемых трёхмерных моделей, пригодных только для просмотра, но никак не для возможного изучения с исследовательскими целями.

#### Литература:

Грибачёв К. Delphi и Model Driven Architecture. Разработка приложений баз данных. - СПб.: Питер, 2004. – 352 с.

Грибова В.В., Клещев А.С. Концепция разработки пользовательского интерфейса на основе онтологий. // Вестник ДВО РАН. - 2005. - № 6. - С. 123-128.

Кригель А., Трухнов Б. SQL. Библия пользователя. — М.: «Вильямс», 2010. – 752 с.

Фаулер М., Садаладж П.Дж. NoSQL: новая методология разработки нереляционных баз данных - NoSQL Distilled. — М.: «Вильямс», 2013. – 192 с.

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.

Чарнецки К., Айзенкер У. Порождающее программирование. Методы, инструменты, применение. Для профессионалов. - СПб: Питер, 2005. - 736 с.

Черткова Е.А. Применение модельных каркасов для разработки графического пользовательского интерфейса. // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2007. - № 1(36). - С. 150-153.

Cherkashin E.A., Paramonov V.V., Terehin I.N., Tertychniy V.S. New transformation approach for model driven architecture // 35th international convention on information and communication technology, electronics and microelectronics. - 2012. - P. 1082-1087

Hadoop. [Электронный ресурс]. – <http://hadoop.apache.org/> (дата обращения: 05.12.2018).

Nextcloud. [Электронный ресурс]. – <https://nextcloud.com/> (дата обращения: 08.12.2018).

QGIS. [Электронный ресурс]. – <https://qgis.org/ru/site/> (дата обращения: 05.12.2018).

PostgreSQL: The PostgreSQL Global Development Group [Электронный ресурс]. – <http://www.postgresql.org/> (дата обращения: 04.12.2018).