

ОБЗОР ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ АСТРОАРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ В СЕВЕРНОЙ ХАКАСИИ (ГРЯДА СУНДУКИ)

Елизавета Александровна Бубирь

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант, тел. (984)295-05-15, e-mail: gkjslk@mail.ru

Елена Геннадьевна Гиенко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры космической и физической геодезии, e-mail: elenagienko@yandex.ru

В статье кратко рассмотрены основные геодезические методы исследования астроархеологических памятников в Северной Хакасии (гряда Сундуки), представлены новые методы исследования и приведены итоги проделанной работы.

Ключевые слова: астроархеология, геодезические методы, астрономия, археология, геодезия, датировка памятников.

REVIEW OF GEODESIC METHODS FOR THE STUDY OF ASTROARCHAEOLOGICAL MONUMENTS IN NORTHERN KHAKASSIA (ROW OF SUNDUKI)

Elizaveta A. Bubir

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, phone: (984)295-05-15, e-mail: gkjslk@mail.ru

Elena G. Gienko

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Space and Physical Geodesy, e-mail: elenagienko@yandex.ru

The article briefly describes main geodetic methods of research astroarchaeological sites in Northern Khakassia (row of Sunduki), presents new research methods and presents the results of the work done.

Key words: astroarchaeology, geodesic methods, astronomy, archeology, geodesy, dating of monuments.

Астроархеология – междисциплинарная наука, изучающая астрономический контекст археологических памятников с привлечением астрономических и геодезических методов. Астроархеологические памятники, как правило, относятся к культовым сооружениям, построенным для ведения календарей, проведения обрядовых действий, организации пространства захоронений. Множество подобных памятников сконцентрировано на небольшой территории в местности Сундуки (Северная Хакасия). Здесь отмечено присутствие нескольких

древних культур, начиная с XXV– IX вв. до н. э. (Окунево) до VIII–III вв. до н. э. (Тагар). Около тридцати лет на данной территории выполнялись экспедиционные исследования под руководством доктора исторических наук В. Е. Ларичева, с привлечением специалистов из СГУГиТ (НИИГАиК, СГГА). В результате многолетней работы была выработана уникальная методика астроархеологических исследований, основанная на точных астрономических и геодезических измерениях и расчетах.

Результаты астроархеологических исследований в местности Сундуки с обзором литературы приведены в [12], а некоторые положения, касающиеся астрономических и геодезических методов изучения астроархеологических памятников, изложены в [1, 2, 4, 5, 7, 8]. Ниже приведены основные положения методики.

1. Исходные установки.

Выбор места наблюдателя и направления наблюдения является одним из ключевых моментов исследования. Определяется и утверждается, как правило, профессиональным археологом, хотя может быть первоначально рассчитано по геодезическим измерениям и астрономическим расчетам.

Место наблюдения должно было быть археологически подтверждено, т. е. рядом должны были располагаться такого рода объекты, как каменные выкладки (вымостки), менгиры, подпертые плиты. В большинстве случаев наблюдается связь памятников с петроглифами.

Также при выборе места наблюдения необходимо помнить о законе перспективы, в соответствии с которым выбирается ближний или дальний горизонт для измерений: чем дальше горизонт, тем больше неопределенность места наблюдателя. Предпочтительнее работать с ближним горизонтом. Дальний горизонт достоверен, если направление на дальний горизонт (ландшафт) продублировано отметками на ближнем горизонте.

Направление наблюдения также должно было быть археологически подтверждено: искусственные (петроглифы, установленные плиты, «щели», «трубы») и естественные объекты (примечательные детали ландшафта).

Требуемая точность должна быть определена при любых действиях, связанных с геодезическими измерениями. Обоснование точности дано в статье [2].

Требуемая точность геодезических измерений (1 угловая минута) основана на том, что древние строители культовых сооружений решали прямую задачу по непосредственным наблюдениям Солнца, Луны и звезд. Решение такой задачи возможно с точностью, равной разрешающей способности невооруженного человеческого глаза – 1–1,5 угловые минуты.

Такая точность работы дает следующие возможности:

- доказательства высоких умений и знаний древних, что подтверждается измерениями и астрономическими расчетами;
- датировки памятника по Солнцу;
- обнаружения звездной астрономии и датировки памятника по звездам;
- уточнения деталей функционирования памятника.

Ориентирование памятника по азимуту. Для того чтобы сориентировать памятник, в большинстве случаев определялся азимут начального направления на удаленный ориентир по измеренным зенитным расстояниям Солнца с точностью 1 угловая минута, и далее выполнялась привязка остальных направлений к начальному. Азимут направления можно также определять по часовому углу Солнца, по ГНСС-измерениям, по компасу с коррекцией склонения магнитной стрелки. Сравнительный анализ методов определения ориентировки археологических памятников дан в публикациях [4, 5, 8].

Стоит отметить высокую точность ориентирования астроархеологических памятников по сторонам света, а также многократно повторяемую ориентацию в меридиане (направление север-юг). Например, направление меридиана во всех трех каньонах Первого сундука задано с точностью не хуже 15 угловых минут (четверть градуса).

Топографический план и вертикальная съемка горизонта. Создание топографического плана и вертикальная съемка горизонта являются важнейшими составляющими методики астроархеологических исследований. Подробный топографический план, точно сориентированный по астрономическому азимуту необходим для общего обзора, для предоставления отчетной документации. Вертикальная съемка горизонта выполняется с целью вычисления экваториальных координат – склонений, для дальнейших астрономических заключений.

На площадке наблюдателя осуществляется следующий порядок действий:

- определение географической широты по ГНСС-навигатору;
- определение азимута по Солнцу;
- измерение горизонтальных и вертикальных направлений на приметные ориентиры горизонта;
- вычисление с помощью программируемого микрокалькулятора склонений суточных параллелей, проходящих через приметные ориентиры;
- определение характерных точек восхода-захода светил в астрономически значимые дни года.

Вычисление склонений суточных параллелей δ , проходящих через заданную точку горизонта (с азимутом A и высотой h измеряемого направления), выполняется по формуле [3]:

$$\sin d = \sin h \sin \varphi + \cos h \cos \varphi \cos A, \quad (1)$$

где φ – географическая широта места наблюдения, азимут A отсчитывается от северного направления.

В измеренную высоту h вводятся поправки за рефракцию и суточный параллакс Луны или Солнца, а также за видимый угловой радиус Солнца или Луны, если для расчетов необходим верхний или нижний край светила.

Склонение Солнца в течение года меняется от зимнего солнцестояния к летнему в пределах

$$-\varepsilon_t \leq \delta_{\odot} \leq \varepsilon_t, \quad (2)$$

где ε_t – наклон эклиптики к экватору в эпоху наблюдения t .

Склонение Луны может отличаться от склонения Солнца на величину наклона орбиты Луны к эклиптике (около 5 градусов).

По величине склонения, рассчитанной для данной точки, можно определить, какое светило могло пересекать горизонт, а также, в случае наблюдения Солнца или Луны, в какой сезон.

Оценка точности измерений и датировки являются необходимыми действиями при астроархеологических исследованиях. Основной ошибкой измерений является неопределенное положение наблюдателя. При малом расстоянии между астроплощадкой и объектами наблюдения (фактор «близкого горизонта») значения измеряемых горизонтальных и вертикальных направлений (а следовательно, и значения вычисляемых склонений δ) оказываются весьма чувствительны к изменениям положения наблюдателя. В зависимости от изменения положения наблюдателя измеряемый угол меняется на величину:

$$\Delta\beta'' = \frac{\Delta Sp''}{D}, \quad (3)$$

где ΔS – изменение положения наблюдателя (вправо-влево, вверх-вниз);

D – расстояние до наблюдаемого объекта.

Ошибку датирования астроархеологических памятников по Солнцу дает медленное изменение наклона эклиптики к экватору во времени, вследствие чего малым погрешностям вычисленного склонения Солнца в моменты солнцестояния соответствуют большие погрешности в датировке астрономического события. Повысить точность датирования можно с использованием дифференциальных формул.

2. Новые технологии при астроархеологических исследованиях.

В настоящее время в астроархеологических исследованиях применяются следующие новые технологии:

- лазерное сканирование [13];
- моделирование луча света с помощью лазера тахеометра [9, 10, 12];
- работа с фотографиями горизонта, сделанными в моменты восхода-захода Солнца, а также с фотографиями светотеневой картины [5, 8];
- применение астрономических программ-планетариев [11, 14];
- применение ГИС-программ (GoogleEarth) [1].

Перечисленные технологии позволяют уточнить датирование и детали функционирования астроархеологических памятников, а также расширить область применения астрономии в археологии

3. Итоги исследований.

Результатом проделанной работы являются статистические данные по произведенным исследованиям (таблица) [6].

Статистические данные

Наименование	Наблюдательные площадки		Направление меридиана	Наблюдения светил			Комплексы петроглифов, связанные с астрономическими площадками
	опубликовано	разведано		Солнце	Луна	Звезды	
1	2	3	4	5	6	7	8
Первый Сундук	8	10	3	РС: В2, 31 ЛС: В3, 31	НЛ: 2 ВЛ: 3	1 (Арктур)	2
Пятый Сундук	1	2	1	ЛС: 31	НЛ: 1 ВЛ: 1	—	1
Грудь-гора	4	7	1	РС: В2, 31 ЛС: В1 ЗС: В3, 32	НЛ: 3	—	3
г. Солбон	2	3	—	ВЗС: 1 (над 1 Сундуком)	НЛ: 1	—	2
Серафимов камень	5	5	3	ЛС: В2 (над 1 Сундуком), 33	—	1 (Арктур и Бетельгейзе)	4
Саратский сундук	3	8	3 Запад-Восток 2	ЛС: В1, 31 ЗС: В3 РС: В2	НЛ: 1 ВЛ: 1	—	4
Саратский некрополь	3	3	1	ЛС: В2, 32 ЗС: В2, 32 РС: В2, 32	ВЛ: 1 НЛ: 1	—	3

Условные обозначения: ЛС – летнее Солнце, ЗС – зимнее Солнце, РС – Солнце в равноденствие, НЛ – низкая Луна, ВЛ – высокая Луна, В – восход, З – заход. Цифры после букв – количество зафиксированных (или опубликованных) направлений.

Подводя итоги, можно сказать, что астрономия играет большую роль в археологии и помогает в решении ряда вопросов, таких как: датировка памятников, создание календарей, организации пространства согласно астрономическим направлениям, реконструкции строительства памятников, а также понимания мировоззрения древних.

Движение светил сейчас и в древности – подчиняется определенным законам. Знание этих законов – ключ к понимаю мироустройства древних людей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аль Анбаги Х. И. К., Андрюхина Ю. Н., Гиенко Е. Г. Астрономо-геодезические измерения в комплексе с ГИС-технологиями как инструмент для астроархеологических исследований (на примере Саратовского некрополя, Северная Хакасия) // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке» :

- сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 2. – С. 136–141.
2. Гиенко Е. Г., Айткулова А. Х. Обоснование точности геодезических и астрономических изысканий при астроархеологических исследованиях // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 2 (18). – С. 35–42.
 3. Гиенко Е. Г., Канушин В. Ф. Геодезическая астрономия : учеб. пособие. – Новосибирск : СГГА, 2006. – 137 с.
 4. Гиенко Е.Г. Методы определения ориентировки археологических памятников // Сборник материалов научно-методической конференции «Методика исследования культовых комплексов». – Барнаул, 2012. – С. 20–23.
 5. Гиенко Е. Г. Определение астрономической ориентировки археологических памятников по часовому углу Солнца на примере петроглифа со спиральями (Горный Алтай)// *Archaeoastronomy and Ancient Technologies*. 2016, 4(2), 59–68. http://aaatec.org/art/a_ge7.
 6. Гиенко Е. Г., Серкин Г. Ф., Паршиков С. А. Ларичев В. Е. Астроархеология в Сибири // *Астрономические методы исследований археоастрономических объектов горной гряды «Сундуки» и других астрономических объектов: сб. тр. Всеросс. полевого семинара.* – Новосибирск, 2017. – С. 36–46.
 7. Гиенко Е. Г. Уточнение датирования и особенностей функционирования астроархеологических памятников по астрономо-геодезическим данным // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 4. – С. 19–32.
 8. Куницкий В. И., Гиенко Е. Г. Анализ точности метода определения ориентировки плоскостей с петроглифами по времени их освещенности солнцем // *Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.).* – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 2. – С. 3–8.
 9. Ларичев В. Е., Гиенко Е. Г., Паршиков С. А. Свет и тень в стенах тагарского святилища // *Современные решения актуальных проблем евразийской археологии : сб. науч. ст.* – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та. 2013. – С. 291–296.
 10. Ларичев В. Е., Гиенко Е. Г., Паршиков С. А. Святилище Храм времени в Северной Хакасии: Методы исследования и реконструкция его назначения // *Universum Humanitarium*, НГУ. – 2017. – № 2. – С. 34–47.
 11. Ларичев В. Е., Гиенко Е.Г, Паршиков С.А. Серафимов камень – астрономическая обсерватория и астросвятилище Окуневской культуры // *Проблемы археологии, этнографии и антропологии Сибири и сопредельных территорий (Мат. Год. сесс. Ин-та археологии и этнографии СО РАН 2012 г.).* – Новосибирск : Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2012. – Т. XVIII. – С. 206–210.
 12. Ларичев В. Е., Гиенко Е. Г., Паршиков С. А. Храм Времени и связанные с ним комплексы сакрального характера // *Проблемы археологии, этнографии и антропологии Сибири и сопредельных территорий (Мат. Год. сесс. Ин-та археологии и этнографии СО РАН 2009 г.)* – Новосибирск : Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2009. – Т. XV. – С. 317–322.
 13. Прокопьева С. А. Применение технологии трехмерного наземного лазерного сканирования при решении задач археологии // *ГЕО-Сибирь-2006. Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 24–28 апреля 2006 г.).* – Новосибирск : СГГА, 2006. Т. 1, ч. 2. – С. 164–167.
 14. Larichev V. E., Gienko E. G., Parshikov S. A. Stellar Astronomy of the Bronze Age Sanctuaries in North Khakassia // *Archaeoastronomy and Ancient Technologies*. – 2015. – 3(1). P. 42–64.

© Е. А. Бубирь, Е. Г. Гиенко, 2019