

## **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  $\delta$ , 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  $\varphi$  – 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  $\varepsilon_t$  – 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  $\delta$ ) 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  $\Delta S$  – 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 Саратского 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](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