А.М. Агайдарова
И.Х. Мирхашимов
Ю.С. Переверзев
И.И. Павлов
М.М. Нурпеисов
А.А. Бобачёв

https://doi.org/10.52967/3007-6528.2023.2.76.80

Айгерим Мейиржанкызы Агайдарова[1], a.agaidarova@kape.kz,
Искандер Хайдарович Мирхашимов[1], i.mirkhashimov@kape.kz,
Юрий Сергеевич Переверзев[1], y.pereverzev@kape.kz,
Иван Иванович Павлов[1], i.pavlov@kape.kz,
Марат Мугалович Нурпеисов[2], emo1002@mail.ru,
Алексей Анатольевич Бобачёв[3], bobachev@gmail.com
[1]ТОО «Казахстанское Агентство Прикладной Экологии»,
г. Алматы, Казахстан;
[2]Объединение музеев г. Алматы, Алматы, Казахстан;
[3]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия

Построение трёхмерных моделей внутреннего строения кургана № 4 комплекса «Кайрат»

Изучение объектов культурного наследия без нарушения их структуры и целостности является главным приоритетом в современной археологии. Современное геофизическое оборудование позволяет применять неразрушающие методы исследования на предварительных стадиях изучения исторических памятников (до момента начала раскопок). Инженерно-геофизические методы успешно используются учеными Англии, России, Египта и Мексики. ТОО «КАПЭ», совместно с казахстанским археологами, начиная с 2014 года, успешно проводит исследования погребальных курганов с применением геофизических методов. Высокая результативность исследований позволяет сократить сроки и стоимость выполнения работ. В данной публикации на конкретных примерах демонстрируются возможности и границы применимости методов современной малоглубинной геофизики при археологических исследованиях.

Ключевые слова: курганы, инженерно-геофизические методы, малоглубинная геофизика, геолого-геофизический разрез, моделирование

Айгерім Мейіржанқызы Агайдарова[1],
Искандер Хайдарович Мирхашимов[1],
Юрий Сергеевич Переверзев[1],
Иван Иванович Павлов[1],
Марат Мугалович Нурпеисов[2],
Алексей Анатольевич Бобачёв[3]
[1]Алматы қ. «Қазақстан Қолданбалы Экология Агенттігі» ЖШС, Қазақстан
[2]Алматы қаласы мұражайлар бірлестігі , Алматы қ., Қазақстан
[3]МПП, Мәскеу қ., Ресей

«Қайрат» кешенінің №4 обасының ішкі құрылысының үш өлшемді модельдерін салу

Мәдени мұра нысандарын олардың құрылымы мен тұтастығын бұзбай зерттеу қазіргі археологиядағы басты басымдық болып табылады. Заманауи геофизикалық құрал-жабдықтар тарихи ескерткіштерді (қазу

© 2023 г. Агайдарова А.М., Мирхашимов И.Х., Переверзев Ю.С., Павлов И. И., Нурпеисов М.М., Бобачёв А.А.

жұмыстары басталғанға дейін) зерттеудің бастапқы кезеңдерінде оны бұзбай зерттеу әдістерін қолдануға мүмкіндік береді. Инженерлік-геофизикалық әдістерді Англия, Ресей, Мысыр және Мексика ғалымдары жемісті пайдаланып келеді. 2014 жылдан бастап «ҚҚЭА» ЖШС қазақстандық археологтармен бірге, ИГӘ қолдана отырып, жерлеу обаларына зерттеулер жүргізуде. Зерттеулердің жоғары нәтижелілігі жұмыстарды орындау мерзімдері мен оның құнын қысқартуға мүмкіндік береді. Осы жарияланымда нақты мысалдар арқылы археологиялық зерттеулер кезіндегі қазіргі аз тереңдіктегі геофизика әдістерін қолдану мүмкіндіктері мен шектері көрсетілген.

Түйін сөздер: обалар, инженерлік-геофизикалық әдістер, аз тереңдіктегі геофизика, геологиялық-геофизикалық қима, модельдеу

Aigerim Agaidarova[1],
Iskandar Mirkhashimov[1],
Yuri Pereverzev[1],
Ivan Pavlov[1],
Marat Nurpeisov[2],
Alexey Bobachev[3]
[1]Kazakhstan Agency of Applied Ecology LLP, Almaty, Kazakhstan;
[2]Association of Museums of Almaty, Almaty, Kazakhstan;
[3]Moscow State University, Moscow, Russia

Construction of three-dimensional models of the internal structure of the mound № 4 of the Kairat complex

The study of cultural heritage sites without violating their structure and integrity is the main priority in modern archaeology. Modern geophysical equipment makes it possible to use non-destructive research methods at the preliminary stages of the study of historical monuments (until the start of the excavations). Engineering geophysical methods are successfully used by scientists from England, Russia, Egypt and Mexico. Since 2014 KAPE LLC, together with Kazakhstan's archaeologists, is successfully conducting research on burial mounds using EGM. The high efficiency of research makes it possible to reduce the time and cost of work. In this publication, specific examples demonstrate the possibilities and limits of applicability of the methods of modern shallow geophysics in archaeological research.

Keywords: mounds, engineering geophysical methods, shallow geophysics, geological and geophysical section, modeling

Исследование археологических памятников геофизическими (ГФ) методами имеет давнюю историю. Первые публикации в советской археологической литературе относятся к 60-м годам XX века.

В начале XXI века в российских изданиях статьи по ГФ-методам появляются вновь. Это связано с новым поколением ГФ-оборудования и компьютерного обеспечения при интерпретации полученных данных. Этот новый технологический этап в геофизике возродил «заветную мечту» археологов, что исторические памятники можно исследовать, не нарушая их структуру и целостность. Обширные археологические исследования в 70–80-х гг. XX века в СССР породили ситуацию кризиса в археологии. Накопление большого количества эмпирических материалов, полученных при раскопках, не приводило к аналитическому осмыслению памятника, но вело его к практическому уничтожению. Понимание порочности данной методики вынуждало искать иные подходы для работы с массовым материалом, прежде всего при обследовании объектов на новостройках и разведках по Своду памятников. Так как обследование территории не всегда ставит целью последующие раскопки, необходимы исследования с целью установления статуса территории как историко-культурной зоны для её охраны. Актуальны ГФ-методы при исследовании антропогенного воздействия на аграрных участках и урбанизированных территориях.

В настоящее время с появлением новых технологий документирования и обработки данных разработаны принципы и алгоритм исследований, предшествующий собственно археологическому исследованию:

– аэрофотосъёмка с помощью БПЛА и последующий геоинформационный анализ;

– геофизические исследования (электрическое профилирование или электропрофилирование (ЭП),

магниторазведка, георадиолокационные обследования, электротомография (ЭТ);

– почвенные исследования;

Типичными объектами для ГФ исследований в археологии являются:

– поселения, городища, печи, подземные хранилища;

– фортификационные сооружения;

– курганные могильники, межкурганное пространство;

– грунтовые могильники, массовые захоронения [Журбин 2018; Чемякина 2008].

По каждому виду объектов проводится работа по формированию методики применения ГФ-методов с учётом структуры, состояния памятника, почвенных и геологических условий.

В Казахстане применение ГФ-методов в археологии имеет локальный характер и не оказывает существенного влияния на традиционный подход к изучению памятников истории. Известно, что, начиная с 2011 г., ТОО «Археологическая экспертиза» проводила геомагнитные исследования на могильнике РЖВ Боралдай в Алматы и средневековом городище Сауран. Более масштабно проведены георадарные изыскания Боралдая в 2015 и 2017 гг. [Отчёт 2017]. Однако полевые материалы не подверглись последующей интерпретации, результаты которой могли бы удовлетворить археологов. Наиболее известны работы ТОО «КАПЭ», проводившиеся целенаправленно и комплексно на памятниках РЖВ в ВКО и Алматинской области (с. Маловодное). В результате этих работ получены достоверные данные по конструкции погребальных и намогильных сооружений памятников.

Район исследований. Работы проводились в апреле 2023 г. в Енбекшиказахском районе Алматинской области на кургане №4 археологического комплекса «Кайрат», расположенного в 20 км южнее села Байсеит.

Цель исследований. Основными задачами археологической геофизики являются прогноз внутреннего строения кургана, выделение различного рода нарушений в теле насыпи.

Целью данного исследования ставилась апробация программных комплексов *ZondRes3D* и *Golden Voxler Software* для интерпретации данных электротомографии кургана.

Методика исследований. Как правило, курганы частично разрушены в поверхностной части и по периметру основания в результате раскопок, осадков или сельскохозяйственной деятельности.

В реальных условиях исследуемые курганы имеют значительные размеры, неровности рельефа, а также поверхностный глинистый слой, отражающий сигналы георадарных антенн. Нами использованы традиционные ГФ-методы исследования: сейсморазведка, георадарное сканирование, магнитометрия и электроразведка.

Десятилетний опыт геофизических работ ТОО «КАПЭ» на археологических объектах показал, что наиболее эффективным методом исследования является электротомография (ЭТ), а именно 3D-съёмка. Электротомография (ЭТ) осуществлялась с применением электроразведочной станции «Скала 64к15». Измерения проводились двумя методиками исследованиями (протоколами): *Шлюмберже* и *Диполь-диполь*. Для управления комплектом электродов, соединённых в линию, использовался многожильный кабель.

Результатами полевой ЭТ являются геоэлектрические разрезы, характеризующие удельное электрическое сопротивление (УЭС) материалов и аномальных зон (пустот), составляющих сооружение. Измерения выполнены с плотным шагом (малые расстояния между электродами), что обеспечивает высокую детализацию элементов архитектуры или структуры грунтов, складывающих сооружение. Шаг по электродам составлял 4 м, расстояние между косами – 2 м, длина одной расстановки, проходящей от основания к основанию через гребень кургана – 64 м. Данная методика позволила получить высокоинформативную картину строения кургана на глубину до 25 м от поверхности с охватом всей поверхности (купола и основания) кургана.

Результаты. По результатам обработки и интерпретации данных ЭТ по шести продольным профилям построены геоэлектрические 3D-разрезы. На 3D-модели кургана комплекса «Кайрат» чётко обрисованы расположение, форма и относительные размеры аномальной зоны внутри тела кургана (красная область). Аномалия заключена или окружена пространством с меньшим удельным сопротивлением (жёлтая область), природа которой неоднозначна и достоверно может быть определена после вскрытия кургана. Возможно, что это известняки с примесью глинистых, алевритовых и песчаных частиц. Чем больше глинистость горных пород, тем ниже УЭС (рис. 1).

Цветовой гаммой отражено значение удельного электрического сопротивления (УЭС) пород и материалов. По вертикальной шкале – абсолютные высоты над УМ. По горизонтали размеры обследован-

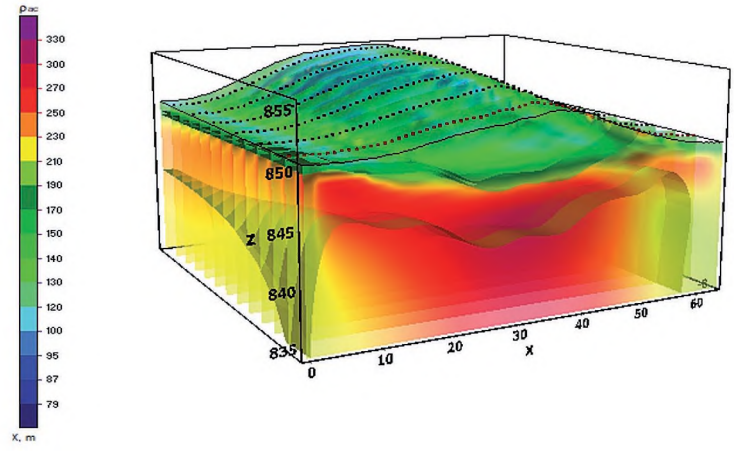


Рис. 1. 3D-модель кургана
1-сур. Обаның 3D моделі
Fig. 1. 3D model of the barrow

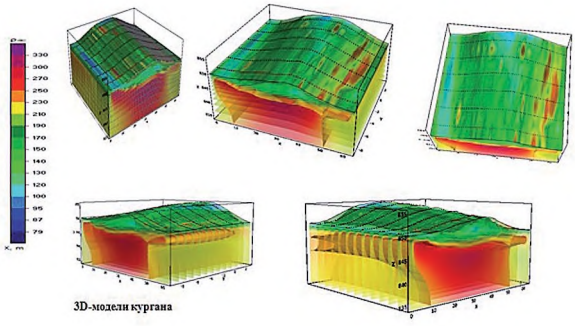


Рис. 2. 3D-модели кургана в разных ракурсах
2-сур. Обаның әртүрлі ракурстағы 3D моделі
Fig. 2. 3D models of the barrow in different angles

ного участка – в метрах. Использовано программное обеспечение ZondRes3D (рис. 2, 3, 4)

Цветовой гаммой отражено значение удельного электрического сопротивления (УЭС) пород и материалов. Использовано программное обеспечение ZondRes3D.

Заключение. Экспресс-методы геофизического обследования курганов, в частности, электротомография, позволяют в сжаты сроки в первом приближении получить представление о строении объекта, структурных особенностях, характере и мощности складывающих его грунтов, а также наличии и расположении аномальных зон и участков в теле кургана. Последующая обработка материалов в программных комплексах ZondRes3D и Golden Voxler Software позволяет графически представить в трёхмерном пространстве локацию и размеры внутренних аномальных зон – пустот, помещений, ходов и т. п. Полученные ГФ-данные могут быть использованы при принятии решений о целесообразности проведения раскопок и детальной проработке стратегии действий в отношении дальнейшего изучения культурно-исторического памятника традиционными методами.

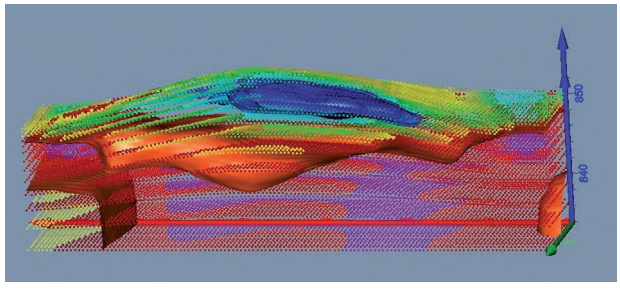


Рис. 3. 3D-модель кургана.
Использовано программное обеспечение
Golden Voxler Software

3-сур. Обаның 3D моделі. Golden Voxler Software
бағдарламалық жасақтамасы қолданылды

Fig. 3. 3D model of the barrow.
Made with Golden Voxler Software

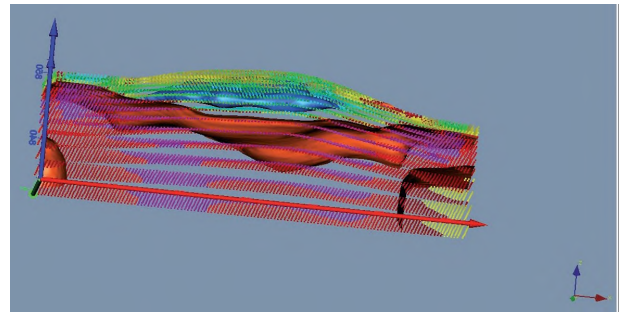


Рис. 4. 3D-модель кургана.
Использовано программное обеспечение
Golden Voxler Software

4-сур. Обаның 3D моделі. Golden Voxler Software
бағдарламалық жасақтамасы қолданылды

Fig. 4. 3D model of the barrow.
Made with Golden Voxler Software

Следующим этапом развития сотрудничества между геофизиками и археологами должны стать обязательные обмены информацией и сопоставление результатов ГФ и археологических исследований (верификация данных) по окончанию полевых работ. Это взаимодействие позволит развить оба перспективных направления и снизить угрозу разрушения исторических памятников.

ЛИТЕРАТУРА

Балков Е.В., Панин Г.Л., Манштейн Ю.А., Манштейн А.К., Белобородов А.К. Электротомография: аппаратура, методики и опыт применения // Геофизика. 2012. № 6. С. 54-63.

Бобачев А.А., Модин И.Н., Перваго Е.В., Шевнин В.А. Многоэлектродные электрические зондирования в условиях горизонтально-неоднородных сред // Разведочная геофизика. Обзор. АОЗТ «Геоинформмарк». Вып. 2. М. 1996. 50 с.

Журбин И.В. Комплексные исследования археологических памятников и геоинформационный анализ междисциплинарных данных // Историческая информатика. 2018. С. 89–105.

Отчёт о научно-исследовательской работе ТОО «Археологическая экспертиза» «Проведение геофизических работ на Боралдайском плато для строительства музея». Алматы 2017 г. // Архив ТОО «Археологическая экспертиза». 2017.

Чемякина М.А. Археолого-геофизические исследования грунтовых могильников Западной Сибири // Вестник НГУ. Сер. История, филология. 2008. Т. 7. вып. 3 Археология и этнография С. 44–54.

Loke M.H., Barker R.D. Least-squares deconvolution of apparent resistivity pseudosections // Geophysics. 1995. No. 60. Pp. 1682–1690.

REFERENCES

Balkov, E. V., Panin, G. L., Manshteyn, Y. A., Manshteyn, A. K., Beloborodov, A. K. 2012. In: *Geofizika (Geophysics)*, 6, 54-63 (in Russian).

Bobachev, A. A., Modin, I. N., Pervago, E. V., Shevnin, V. A. 1996. *Mnogoelektrodnye elektricheskie zondirovaniya v usloviyakh gorizontalno-neodnorodnykh sred. Razvedochnaya geofizika. Obzor (Multielectrode electrical sounding in conditions of horizontally inhomogeneous Media. Prospecting Geophysics. Review)*. Issue 2. Moscow: “Geoinformmark” Publ. (in Russian).

Zhurbin, I. V. 2018. In: *Istoricheskaya informatika (Historical informatics)*, 3, 89–105 (in Russian).

Provedenie geofizicheskikh rabot na Boraldayskom plato dlya stroitelstva muzeya (Conducting Geophysical Work on the Boralday Plateau for the Construction of a Museum). 2017. Almaty: Archive of LLP “Arkheologicheskaya expertiza” (in Russian).

Chemyakina, M. A. 2008. In: *Vestnik NGU. Ser. Istoriya, filologiya (Vestnik Novosibirsk State University. Series: History and Philology)*, 7 (3), 44–54 (in Russian).

Loke, M. H., Barker, R. D. 1995. In: *Geophysics*, 60, 1682–1690 (in English).

Мүдделер қақтығысы туралы ақпаратты ашу. Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді. / Раскрытие информации о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / Disclosure of conflict of interest information. The authors claim no conflict of interest.
Мақала туралы ақпарат / Информация о статье / Information about the article.
Редакцияға түсті / Поступила в редакцию / Entered the editorial office: 28.03.2023.
Жариялауға қабылданды / Принята к публикации / Accepted for publication: 28.04.2023.
Авторлар жұмысқа бірдей үлес қосты. / Авторы внесли равноценный вклад в работу. / The authors have made an equal contribution to the work.