

## **ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПОСЕЛЕНИИ АККЕЗЕН В ЦЕНТРАЛЬНОМ КАЗАХСТАНЕ**

### ***Александр Николаевич Шеин***

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090, г. Новосибирск, пр-т Ак. Коптюга, 3, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник.

Научный центр изучения Арктики, 629008, Тюменская область, Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Салехард, ул. Республики, д. 20, ведущий научный сотрудник.

Забайкальский государственный университет, 672039, Россия, г. Чита, ул. Александровская, д.30, доцент

e-mail: SheinAN@ipgg.sbras.ru

### ***Ерлан Шарефович Амиров***

Карагандинский государственный университет имени Е.А. Букетова, 100028, Республика Казахстан, г. Караганда, ул. Университетская, д. 28, Старший преподаватель.

e-mail: e.amirov82@gmail.com

### ***Виктор Васильевич Варфоломеев***

Карагандинский государственный университет имени Е.А. Букетова, 100028, Республика Казахстан, г. Караганда, ул. Университетская, д. 28, кандидат исторических наук, Старший научный сотрудник.

e-mail: vicvarfolomeev@mail.ru

В работе представлены предварительные результаты геофизических исследований на поселении эпохи поздней и финальной бронзы Аккезен в Центральном Казахстане. Применены магнитная съёмка и георадиолокация. По результатам проведенного анализа данных сделана оценка эффективности геофизических исследований на древних поселениях такого типа. Выявлены признаки присутствия жилищ по геофизическим данным. Для георадиолокации признаками являются области с повышенными значениями амплитуд сигналов. Для магнитометрии – локальные дипольные контрастные аномалии.

**Ключевые слова:** археогеофизика, магнитная съёмка, георадиолокация, поселение Аккезен.

## **GEOPHYSICAL RESEARCH OF AKKEZEN SETTLEMENT IN CENTRAL KAZAKHSTAN**

### ***Alexandr N. Shein***

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) SB RAS, 3, Akademika Koptuyuga Prosp., Novosibirsk, 630090, Russia, PhD, Research Scientist.

Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District, 20 Respubliki st., Salekhard, Yamal-Nenets Autonomous District, Tyumen region, 629008, Research Scientist.

Transbaikal State University, 30 Aleksandro-Zavodskaya st., Chita, 672039, Russia, associate professor.

e-mail: SheinAN@ipgg.sbras.ru

### ***Erlan Sh. Amirov***

Academician E.A. Buketov Karaganda State University, 100028, The Republic of Kazakhstan City of Karaganda, st. University, 28, Senior lecturer

e-mail: e.amirov82@gmail.com

**Viktor V. Varfolomeev**

Academician E.A. Buketov Karaganda State University, 100028, The Republic of Kazakhstan City of Karaganda, st. University, 28, Phd, Research Scientist.

e-mail: vicvarfolomeev@mail.ru

The article presents preliminary results of geophysical research at the settlement Akkezen of the late and final bronze age in Central Kazakhstan. Magnetic survey and geopenetrating radar are applied. Based on the results of the data analysis, an assessment of the effectiveness of geophysical research at ancient settlements of this type was evaluated. There are signs of the presence of buildings according to the geophysical data. For GPR, the signs are areas with increased signal amplitudes. For magnetometry, the signs are local bipolar contrast anomalies.

**Key words:** archeogeophysic, magnetic exploration, geopenetrating radar, Akkezen settlement

Использование геофизических методов для изучения археологических памятников давно доказало свою эффективность [1, 2]. В последнее время всё чаще с успехом применяется комплексы методов – электротомография, магнитная съёмка, частотное зондирование, георадиолокация и др. [3-6]. Такой подход продуктивен для выявления не фиксируемых на поверхности памятника сооружений, рвов, ям, очагов, кострищ и т.п.

В 2019 г. на поселении бронзового века Аккезен проведены геофизические исследования двумя методами: магнитная съёмка и георадиолокация. Изучаемый археологический памятник находится в Шетском районе Карагандинской области Республики Казахстан, на левобережье р. Талды в 6,5 км к юго-востоку от аула Байбала. Он датируется XIV-X вв. до н.э. и относится к бегазы-дандыбаевской археологической культуре. Площадь памятника по предварительным данным составляет не менее 10 га. Целью работ являлась оценка эффективности геофизических исследований на древних поселениях такого типа и выявление построек по геофизическим данным.

Метод георадиолокации основан на отражении электромагнитных волн от границ неоднородностей в изучаемой среде, на которых скачкообразно изменяются электропроводность и диэлектрическая проницаемость. Основными величинами, измеряемыми при георадиолокации, являются время пробега электромагнитной волны от источника до отражающей границы и обратно до

приемника, а также амплитуды этих отражений. Глубинность и разрешающая способность георадиолокации зависят от центральной частоты спектра зондирующего импульса [7].

Результатом георадиолокационного зондирования является радарограмма – массив амплитуд отражённых и дифрагированных волн, записанный в файл и визуализируемый в виде временного или вертикального разрезов исследуемой среды. При высокой пространственной плотности наблюдения (серии профилей на площади) существует возможность трехмерных и/или площадных построений, на которых можно проследить те или иные особенности строения объекта.

Георадиолокационные исследования проведены в площадном варианте на участке 50x100 м, профили располагались каждый метр по короткой стороне прямоугольника (101 шт.), длина каждого из них составляла 50 м соответственно. Шаг зондирования по профилю – 0,03 м. При исследованиях применялся георадар серии ОКО-2 (ООО «Логические системы», Россия). Использовался антенный блок центральной частоты 700 МГц, который обеспечивает глубинность 2-3 м и разрешающую способность по глубине 0,1 м.

Наземная магнитная съёмка проводилась с помощью абсолютного протонного магнитометр ММРОС-1, основанного на эффекте Оверхаузера (производство УГТУ-УПИ, Россия, Екатеринбург). Детальные площадные измерения проводились на участке 100x100 м по системе параллельных профилей, расстояние между которыми было 1 м. Временной промежуток между точками записи составлял 1 с, что соответствует среднему расстоянию 1,5 м между точками измерения. Для учёта вариаций геомагнитного поля проводились измерения на контрольной точке после прохождения каждого профиля [8]. Результаты магнитной съёмки изображаются в виде графиков (их называют иногда профилями), карт профилей и карт амплитуд.

Радарограмма по каждому профилю обрабатывалась в программе GeoScan32 (ООО «Логические системы») и включала редактирование временной

развертки, вычитание среднего, изменение профиля усиления. Типичная обработанная радарограмма приводится на рисунке 6 по профилю 4 м (рис. 1). Здесь наблюдается двуслойная вмещающая среда, без объектов и существенных нарушений. В целом такая спокойная волновая картина способствует выявлению объектов, в том числе каменных строений.

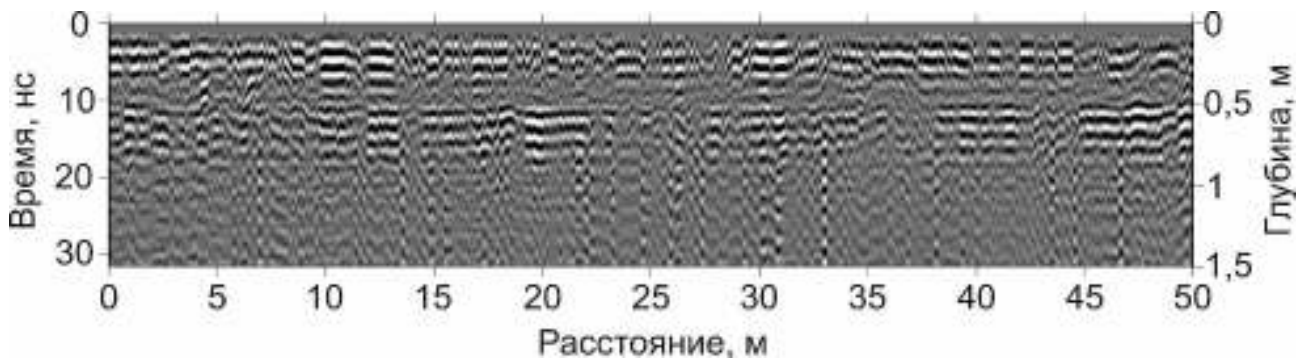


Рис. 1. Пример радарограммы без объектов: 4 м  
Fig 1. Example of a radarogram without objects: 4 m

На рисунке 2 представлена радарограмма по профилю 41 м, на которой присутствуют строения, верхняя часть (стены) которых видна на поверхности (на разрезе отмечено метками – красными вертикальными линиями). Видно, что в районе строения присутствуют нарушения слоистости (28-44 м), причём начинаются эти нарушения за несколько метров до видимых на поверхности каменных кладок. Интенсивность этих нарушений возрастает ближе к середине строения (36-38 м). Глубина нарушений и объектов увеличивается и достигает 0,4-0,8 м. Вместе с объектами погружается граница раздела первого и второго

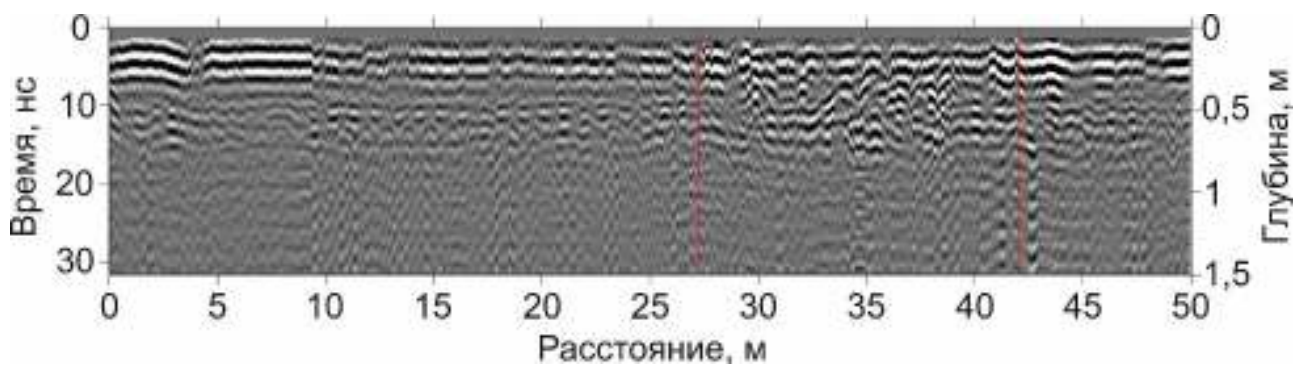


Рис. 2. Пример радарограммы со строениями видимыми на поверхности: 41 м  
Fig. 2. Example of a radarogram with structures visible on the surface: 41 m

слоя. Можно сделать вывод, что строения хорошо дифференцируются на фоне двуслойно вмещающей среды, представленной на рис. 1.

После обработки каждого из профилей (редактирование временной развертки, вычитание среднего, изменение профиля усиления) строились карты амплитуд отраженного электромагнитного сигнала по всей площади (50x100 м) на разных временах, что соответствует разным глубинам. На рисунке 3 представлена такая карта на глубине 0.36 м. Видно, что аномально высокие амплитуды сигналов (оттенки красного) расположены в трёх местах (рис. 3, чёрные цифры).

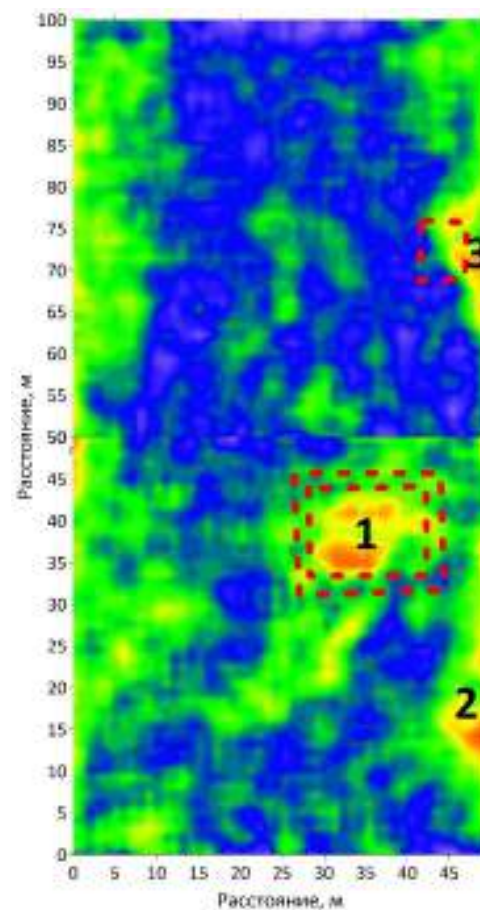


Рис. 3. Карта амплитуд отраженного электромагнитного сигнала на глубине 0.36 м совмещённая со схемой поселения Аккезен

Fig. 3. Map of the amplitudes of the reflected electromagnetic signal at a depth of 0.36 m is combined with the scheme of the Akkezen settlement

При совмещении карты амплитуд, построенной в результате георадарной съёмки, и плана поселения Аккезен, выполненного посредством беспилотных летательных аппаратов DJI Phantom 3 Professional и DJI Mavic Pro с применением



программного обеспечения DJI Go и Pix4D, можно заметить совпадение аномальных зон со строениями (рис. 3, красные пунктирные контуры). Однако вторая георадарная аномалия (42-50 м по X и 10-30 м по Y) никак не проявляется на поверхности и не отмечена на схеме. Таким образом, можно считать это место перспективным для поисков древних строений. Подтверждение этого предположения раскопом позволит утверждать, что метод георадиолокации перспективен для исследования и поиска строений на таких памятниках.

В результате детальной обработки данных магнитной съёмки была получена карта магнитного поля на квадрате 100x100 м (рис. 4). Было выделено 8 локальных дипольных контрастных аномалий (рис. 4, чёрные овалы). При совмещении магнитного поля с планом Аккезена, становится понятно, что семь из восьми выделенных магнитных аномалий можно приурочить к объектам

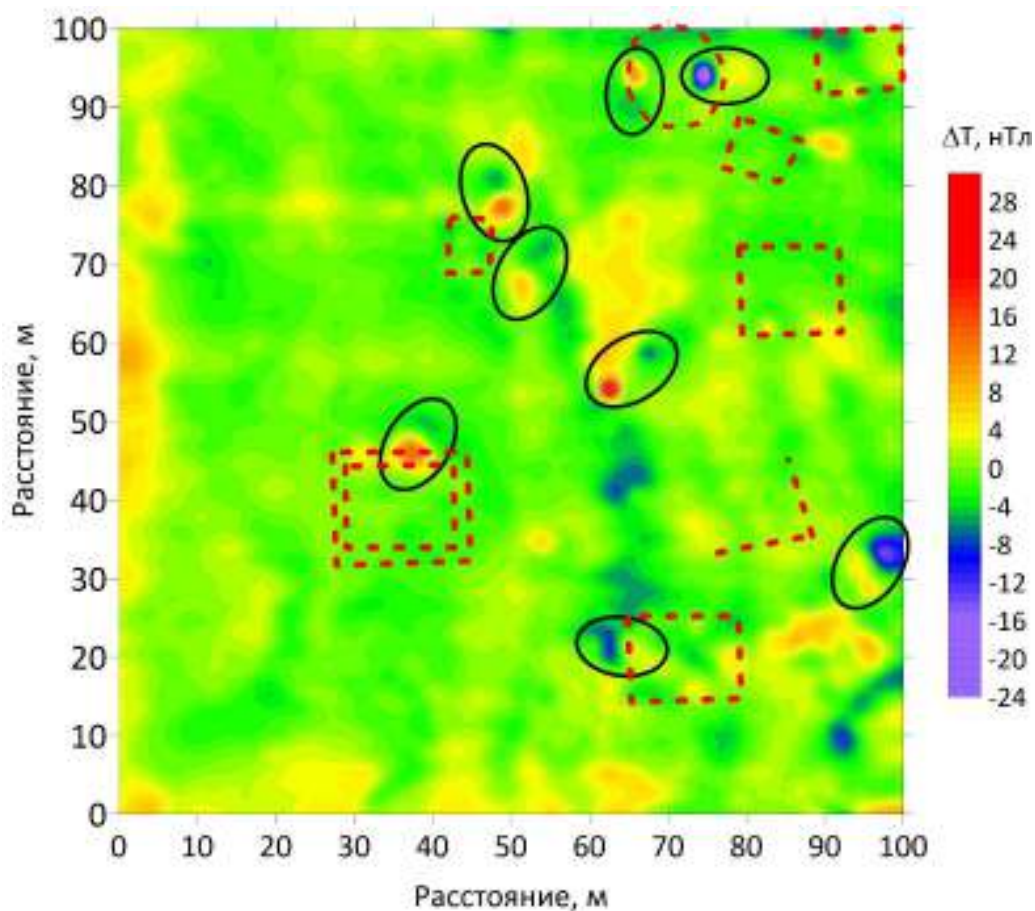


Рис. 4. Карта магнитного поля, совмещённая со схемой поселения Аккезен  
Fig. 4. Map of the magnetic combined with the scheme of the Akkezen settlement

памятника (рис. 4, красные контуры). Одна непривязанная аномалия с координатами (100,35) находится в густой растительности, поэтому постройка может быть погребена или пропущена.

Проведённые геофизические исследования позволяют сделать следующие выводы:

На археологических памятниках такого типа можно с успехом применять как георадиолокацию так и магнитную съёмку, но совместное использование этих геофизических методов позволит с большей уверенностью локализовать археологический объект.

Георадиолокация позволяет определять размеры и положение конструкций сооружений памятника. Магнитная съёмка маркирует положение объекта дипольными контрастными аномалиями, которые приурочены к краям строений памятников.

Работа выполнена при поддержке проекта ФНИ № 0331-2019-0007 «Геоэлектрика в исследованиях геологической среды: технологии, полевой эксперимент и численные модели» и гранта комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан AP05131853 «Древнейшие города Казахстана (исследование городских и культурно-хозяйственных центров эпохи бронзы)».

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

13. Журбин И. В. Археология и геофизика: принципы комплексных исследований // Российская археология. – 2004. – №3. – С. 79–88.
14. Эпов М. И., Молодин В. И., Чемякина М. А. Итоги и перспективы геофизических исследований археологических памятников Алтая и Западной Сибири // Современные проблемы археологии России. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2006. Т. 8. С. 76–90.
15. Опыт детализации результатов магнитной съёмки археологических памятников электроразведочными методами / Е.В. Балков, О.А. Позднякова, П.Г. Дядьков, Ю.Г. Карин, И.О. Шапаренко, Д.И. Фадеев // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2019. – Т. 17. – № 4. – С. 13-22
16. Журбин И.В., Иванова М.Г. Геофизические исследования Кушманского городища Учцакар в Прикамье // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2018. – Т. 46. – №1. – С. 76–85.
17. Изучение погребального кургана древних кочевников Казахстана с использованием методов малоглубинной геофизики / М.И. Гонтарь, И.Х. Мирхашимов, И.И. Павлов, Е.Т. Толегенов // Инженерная и шахтная геофизика. 2018.

18. Шейн А.Н., Гаркуша Ю.Н., Новиков А.В. Возможности применения геофизических методов на поселенческих комплексах Приполярья (по материалам работ на городище Усть-Войкарское) // Вестник НГУ. Серия: История, филология. – 2017. – Том 16. – №7: Археология и этнография – с. 50-65
19. Владов М.Л., Старовойтов А.В. Введение в георадиолокацию. Учебное пособие – М.: Издательство МГУ, 2004. – 153 с.
20. Инструкция по магниторазведке. Наземная магнитная съемка, аэромагнитная съемка, гидромагнитная съемка. Л.: Недра, 1981. 263 с.

#### REFERENCES

1. Zhurbin I. V. Arheologija i geofizika: principy kompleksnyh issledovanij // Rossijskaja arheologija. – 2004. – №3. – S. 79–88.
2. Jepov M. I., Molodin V. I., Chemjakina M. A. Itogi i perspektivy geofizicheskikh issledovanij arheologicheskikh pamjatnikov Altaja i Zapadnoj Sibiri // Sovremennye problemy arheologii Rossii. Novosibirsk: Izd-vo IAJeT SO RAN, 2006. T. 8. S. 76–90.
3. Opyt detalizacii rezultatov magnitnoj s#emki arheologicheskikh pamjatnikov jelektrozvedochnymi metodami / E.V. Balkov, O.A. Pozdnjakova, P.G. Djad'kov, Ju.G. Karin, I.O. Shaparenko, D.I. Fadeev // Vestnik NGU. Serija: Informacionnye tehnologii. – 2019. – T. 17. – № 4. – S. 13-22
4. Zhurbin I.V., Ivanova M.G. Geofizicheskie issledovanija Kushmanskogo gorodishha Uchkakar v Prikam'e // Arheologija, jetnografija i antropologija Evrazii. – 2018. – T. 46. – №1. – S. 76–85.
5. Izuchenie pogrebal'nogo kurgana drevnih kochevnikov Kazahstana s ispol'zovaniem metodov maloglubinnoj geofiziki / M.I. Gontar', I.H. Mirhashimov, I.I. Pavlov, E.T. Tolegenov // Inzhenernaja i shahtnaja geofizika. 2018.
6. Shein A.N., Garkusha Ju.N., Novikov A.V. Vozmozhnosti primenenija geofizicheskikh metodov na poselencheskikh kompleksah Pripoljar'ja (po materialam rabot na gorodishhe Ust'-Vojkarskoe) // Vestnik NGU. Serija: Istorija, filologija. – 2017. – Tom 16. – №7: Arheologija i jetnografija – s. 50-65
7. Vladov M.L., Starovojtov A.V. Vvedenie v georadiolokaciju. Uchebnoe posobie – М.: Izdatel'stvo MGU, 2004. – 153 s.
8. Instrukcija po magnitorazvedke. Nazemnaja magnitnaja s#emka, ajeromagnitnaja s#emka, gidromagnitnaja s#emka. L.: Nedra, 1981. 263 s.

© А.Н. Шейн, Е.Ш. Амиров, В.В. Варфоломеев, 2020