

Ғ.Т. Бексеитов¹ С.Б. Есбай²

*¹ т.ғ.к., әл-Фараби атындағы ҚазҰУ,
Археология, этнология және музеология кафедрасының доценті,
Алматы қ., Қазақстан,*

*¹Халықаралық "Геоархеология" ғылыми-зерттеу зертханасының директоры,
Алматы қ., Қазақстан*

*²Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Қазақстан тарихы кафедрасының оқытушысы,
Алматы қ.,*

*²Халықаралық "Геоархеология" ғылыми-зерттеу зертханасының ғылыми қызметкері,
Алматы қ., Қазақстан*

АРХЕОЛОГИЯ ҒЫЛЫМЫНДА ГАЖ-ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

Аңдатпа

Мақалада авторлар археология ғылымында ГАЖ-технологияларды қолдану, алғашқы георадиолокациялық түсірілім жүргізу мәселелері мен георадардың атқаратын функциясын қарастырады. Археологиялық зерттеулерде пәнаралық сабақтастықтың, ГАЖ-технологиялардың маңыздылығы, рөлі талқыланып отыр. Геоақпараттық технологиялардың көптеген түрлері бар, соның бірі – георадар. Магнитометрия мен электротомографияға қарағанда, георадар археологиялық ескерткіштерді геофизикалық зерттеуде перспективтілігі және тиімділігімен ерекшеленеді. Геоақпараттық жүйелер ХХ ғасырдың 60-жылдарында пайда болған. Посткеңестік елдерде 1990-жылдардан бері геоақпараттық жүйелерді археологиялық зерттеулер барысында қолдануда. 1995 жылы Ресейде ГАЖ-Ассоциациясының құрылуын жоғарыда көтерілген мәселеге дәлел ретінде келтіре аламыз. Отандық археологияда георадиолокациялық түсірілімдер арқылы геосканерлеу соңғы 10-жылдықта қолға алынды. Пәнаралық сабақтастық арқылы зерттеу жұмыстарын жүргізу бірқатар өзекті мәселелерді шешері сөзсіз.

Түйін сөздер: археология, ГАЖ-технология, георадар, география, георадиолокация.

Bekseitov G.T.¹ Yesbay S.B.²

*¹ PhD, associate Professor, Department of Archeology, Ethnology and museology,
al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Kazakhstan*

*¹Director of the international research laboratory "Geoarchaeology",
Almaty, Kazakhstan*

*²lecturer, Department Of history of Kazakhstan, al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Kazakhstan*

*²Researcher at the international research laboratory "Geoarchaeology",
Almaty, Kazakhstan*

APPLICATION OF GIS TECHNOLOGY IN ARCHAEOLOGY

Abstract

In the article, the authors consider the application of GIS technologies in archaeological science, conducting the first geo-radar surveys, and the function of georad. The role and significance of interdisciplinary continuity and GIS technologies are discussed in archaeological research. There are many types of geoinformation technologies, one of which is GPR. Unlike magnetometry and electrotomography, GPR is characterized by the perspective and efficiency of geophysical research of archaeological sites. Geoinformation systems appeared in the 60s of the XX century. In post-Soviet countries, geographic information systems have been used in archaeological research since the 1990s. In 1995, we can cite the creation of a GIS Association in Russia as proof of the problem raised above. In

Russian archeology, geo-radar surveys were started in the last 10 years. Conducting research through interdisciplinary continuity will help solve a number of topical problems.

Keywords: archeology, GIS technology, GPR, geography, geolocation.

Г.Т. Бексеитов¹ С.Б. Есбай²

*¹ к.и.н., доцент, кафедры Археологии, этнологии и музеологии
Казахского Национального университета имени Аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан*

*¹Директор международной научно-исследовательской лаборатории "Геоархеология",
г. Алматы, Казахстан*

*²преподаватель кафедры Истории К
азахстана Казахского Национального университета имени Аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан*

*² Научный сотрудник международной научно-исследовательской лаборатории
"Геоархеология", г. Алматы, Казахстан*

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В АРХЕОЛОГИИ

Аннотация

В статье авторы рассматривают вопросы применения ГИС-технологий в археологической науке, проведения первых георадиолокационных съемок и функции георада. В археологических исследованиях обсуждается роль и значение междисциплинарной преемственности, ГИС-технологий. Существует множество видов геоинформационных технологий, один из которых – георадар. В отличие от магнитометрии и электротомографии, георадар отличается перспективностью и эффективностью геофизического исследования археологических памятников. Геоинформационные системы появились в 60-х годах XX века. В постсоветских странах с 1990-х годов геоинформационные системы используются в ходе археологических исследований. В 1995 году мы можем привести создание ГИС-ассоциации в России в качестве доказательства поднятой выше проблемы. В отечественной археологии георадиолокационные съемки были начаты в последние 10 лет. Проведение исследовательской работы через междисциплинарную преемственность позволит решить ряд актуальных проблем.

Ключевые слова: археология, ГИС-технология, георадар, география, георадиолокация.

Соңғы уақытта отандық археологияда геоақпараттық технологияларға сүйенетін зерттеулер саны айтарлықтай кеңейді. Әрине, бұл заманауи әлемдік археологияның жалпы даму тенденцияларымен байланысты. Өткен ғасырдың 90-жылдарынан археологияда өзіндік «геоақпараттық» аталатын ғылыми сала қалыптаса бастаған. Алғаш рет археологиялық зерттеулерде кешенді теориялық және методикалық тұрғыдан геоақпараттық әдістерді қолдану Жерорта теңізі аймағында антикалық мәдени қабаттарды зерттеуде пайдаланылды. Кез-келген гипотезаны жан-жақты ұсыну мүмкіндігі аналитикалық құралдардың мүмкіндіктерімен шектелген. Ғылыми техникалық революцияның арқасында, қазіргі уақытта осы мақсатты орындау үшін кеңістіктік деректерді алу, жинау, сақтау, өңдеу және көрсетуге арналған құралдар бар. Бұл құралдар географиялық ақпараттық жүйелер (ГАЗ) деп аталатын бағдарламалық жасақтаманың түрлеріне біріктірілген.

Археология адамды әлеуметтік жағынан зерттейтін ғылымдардың бірі. Оның мақсаты материалдық мұраны барынша толыққанды қалпына келтіру. Маңызды міндет көне олжалар мен құнды артефактілерге зиян келтірмей, неғұрлым көп ақпарат алу болып табылады. Археологиялық кешенді зерттеу қатарына көптеген гуманитарлық, қоғамдық, жаратылыстану, техникалық, географиялық ғылымдар мәліметтері қатыстырылып отыр [1].

XVIII ғасырда В.Н. Татищев негізін салды деп есептелетін, тарихи география ғылымы пайда болады. Пәннің негізгі зерттеу объектісі адам мен қоршаған орта байланысы арқылы қалыптасқан әлдебір орта. Дегенмен, тек жазба деректермен жұмыс жасау тиімсіз тұғын. Осы мәселерді шешу үшін, А.М. Микляев негізін салған – археологиялық география ғылымы қалыптасты. Зерттеу объектісі сақталып, материалдық деректер, қазба нәтижесі мен археологиялық зерттеулер арқылы қоршаған орта мен адам байланысын анализдеуге мүмкіндік ашылады. Осыған байланысты жаңа сала ландшафтардың тарихи географиясы пайда болып отыр [2].

Геоақпараттық жүйелер (ГАЗ) – қоршаған ортаны зерттеудегі аппаратты-программалы адами-машиналық кешен. ГАЗ термині 1980 жылдардағы археологиялық зерттеулерде жиі кездескенімен, 1970 жылдардағы археологиялық зерттеулердегі картографиялық және статистикалық компьютерлік қосымшаларда ГАЗ-технологияларға жатады. Алғашқы ГАЗ-технологиялар (археологиялық объектілердің цифрлік тематикалық карталары) Солтүстік Америкада пайда болған. XX ғасыр 60-жылдарының басында Оңтүстік Канада жер ресурстарын зерттеу үшін Р. Томлисонмен алғашқы геоақпараттық жүйе жасалып шықты. Геоақпараттық жүйелердің дамуында 60-жылдар ортасы мен 80-жылдар басында Говард Фишердің Гарвардтық лабораториясы үлкен рөл атқарды. 1995 жылы Ресейде ГАЗ-Ассоциациясы құрылған [3, С. 9].

Европа археологиясында ГАЗ-ді кешенді қолдану 1990-жылдар басында, негізінен мәдени ресурстарды басқарумен (МРБ) байланысты. Портативті компьютерлер мен заманауи топографиялық құрылғылар (тахеометр, GNSS қабылдағыштар, лазерлік сканер) арқасында ГАЗ қосымшалары даму үстінде [4, С. 31]. Атқаратын функциялары бойынша ГАЗ-ды келесідей бөлуге болады:

1. Инструменталды ГАЗ (instrumentalGIS) – картографиялық мәліметтер базасын, кеңістіктік талдауды, күрделі сұраныстарды өңдеуді және қағаз жүзінде шығаруды қамтамасыз ететін жүйелер;

2. ГАЗ «вьюер» (viewerGIS) – бұрын енгізілген деректерді қарастыруға мүмкіндік беретін, құрылған ГАЗ-дің аспаптық мәліметтер базасына сұраныстарын орындайтын жүйелер;

3. Анықтамалық картографиялық жүйелер (information cartographic system) - енгізілген картографиялық дерекқорға гетерогенді сұраныстардың орындалуын қамтамасыз ететін «вьюер» типіндегі жүйелер (соңғыларын жаңарту мүмкіндігі жоқ);

4. Векторланған растрлық картографиялық карталар (raster cartographic maps vectorizers):
– кеңістіктік ақпаратты сканерден енгізуді және одан векторлық формаға автоматты немесе жартылай автоматты түрлендіруді қамтамасыз ететін жүйелер;

– кеңістікті модельдеуге арналған арнайы құрылғы – нысанды модельдеу мәселелерін шешуге бағытталған аппараттық және бағдарламалық құралдар;

– қашықтықтан зондтау мәліметтерін өңдеу және дешифрлеу құралдары – әуе кемелері мен жасанды жерсеріктерден алынған жер бетінің сандық кескіндерін өңдеуге арналған бағдарламалық-техникалық құралдар [5, С. 113].

Жоғарыда көрсетілген функцияларға сүйенсек, ГАЗ геомәліметтерді басқару мен таратудың ең перспективті және әмбебап жүйелері болып табылады. Қазіргі заманғы ГАЗ тек векторлық деректерді ғана емес, растрлық және мәтіндік деректерді де талдауға мүмкіндік береді [6, С. 87-89].

Георадар – әуе кеңістігін түсіретін классикалық түрден ерекшелігі, зерттелетін ортаны зондтауға арналған радиолокатор. Зерттеу ортасы жер (осыған байланысты – георадар атауы неғұрлым кең таралған), су, ғимарат қабырғасы және т.б. болуы мүмкін. Соңғы онжылдықта геоақпараттық жүйелер, магнитометрия секілді заманауи әдістер, интенсивті топотүсірілім, георадарлық барлау мен түрлі off-site (камералды) зерттеулер Шығыс Европа елдері археологиясында қолданылуда [7, С. 185].

Жоғарыда аталған әдістер археология ғылымында, тарихи-мәдени зерттеулерде нәтиженің дәлдігін анықтауға айтарлықтай септігін тигізеді. Мәдени ескерткіштердің әртүрлі типіне және аймақтық сипатына қарай георадарлық зерттеудің методикасын даярлау аса маңызды. Жыл сайын георадардың көптеген түрлері мен оған сай бағдарламалар шығуда.

Георадиолокациялық сканерлеуді қолдану қазіргі уақытта зерттелетін объектінің әр түрлі сипаттамаларын табысты және дәл анықтау үшін ең перспективті болуда, бұл құрылғының ерекше жоғарғы рұқсат ету қабілеті мен кедергіге төзімділігі арқасында мүмкін болды. Бұрын пайдаланылған басқа зерттеу әдістерімен салыстырғанда, георадар жұмысы үшін төмен энергия және ресурс шығыны мен бір мезгілде үйлесімді жылдам әрекет ету тән, сол себепті бұл құрылғы көптеген салаларда танымалдыққа ие.

Георадарды құрастыру Рига азаматтық авиация инженерлер институтында (РААИИ) 1966 жылдан бастап жүргізілді. Табиғи жағдайларда жасалған эксперименттер негізінде, салыстырмалы түрде жұқа, жоғары сіңіретін ортаны зондтайтын, арнайы радиолокаторларды құрастыруға арналған әдістер зерттелген. Антеннаның соққылы қозуын пайдалану теңіз мұзы электрлік сипаттамаларын әртүрлі жиіліктерде бағалауға мүмкіндік береді. Теңіз мұзы қалыңдығын алғаш рет радиолокационды өлшеу 1971 жылы жүргізілген. Аталған зерттеу 1969 жылы М.И. Финкельштейн ұсынған синтезделген видеоимпульсивті сигналдың әдістемесі арқылы жасалып

отыр. Бұл әдістеме теңіз мұзы қалыңдығын алғаш өнеркәсіптік радиолокационды өлшеуіш «Аквамарин»-ге қолданылды [8, С. 7].

1973 жылы ұшақ бортынан Орта Азияның шөл аудандарында сулы қабаттардың тереңдігін анықтау және өлшеу мүмкіндігі дәлелденген. РААИИ-да әзірленген ұзақтығы 50 нс импульстік козуы бар антенна, спектрдің орталық жиілігі 65 МГц-ке жуық радиолокатор қолданылды. Ұшақтың ұшу биіктігі 200-400 м, зондтау тереңдігі 20 метрден жоғары болған. Ұқсас зерттеу жұмыстары 1974 жылы әктасқа жасалды [8, С. 8].

Георадардың сериялық үлгілері 70-жылдардың басында шыға бастаған. 80-жылдардың ортасында георадиолокациялауға деген қызығушылық электроника мен есептеуіш техниканың дамуына байланысты дамиды. Дегенмен, материалды өңдеу қиындығына байланысты, бұл қызығышулық тоқтап қалған. Кезекті ғылыми-техникалық революция болған 90-шы жылдары дербес компьютерлер қолжетімді болып, георадиолокациялауға деген қызығушылық қайтадан өсіп, әлі күнге дейін әлсіреген жоқ [8, С. 10].

Георадар тау-кен зерттеулерін жүргізу, гляциология, археология, сот медицинасында, жер асты суларының деңгейін картаға түсіру үшін де қолданылады. Геологияда – геологиялық кескінді құру, жер асты сулары деңгейін, мұз қалыңдығын, өзендер мен көлдер түбінің тереңдігі мен бейінін, карьерлерде пайдалы қазбалардың таралу шекарасын, карст қақпалары мен бос кеңістіктердің орналасуын анықтау үшін пайдаланылуда.

Археологияда георадиолокация археологиялық объектілер мен олардың таралу шекарасын анықтауда қолданылады. Бүгінгі күнде барлық шетелдік ірі археологиялық зерттеулер георадиолокациялаусыз жүргізілмеуде. Оның басқа геофизикалық әдістермен (электротомография, магнитометрия және т.б.) салыстырғанда танымалдығының себебі, георадарды қолдану арқылы жер қабаттары құрылымын өте нақты көрсетуінде. Сонымен қатар, археологиялық ескерткіштерді қазу, әдетте, ежелгі сәулет конструкциялары қалдықтарының ішінара бұзылуына немесе қажетсіз объектілерді (қазіргі инженерлік коммуникациялар, кабельдер, құбыржолдар) ашуға әкеп соғады, ал қашықтықтан геофизикалық зерттеу әдістері бұған жол бермеуге мүмкіндік береді [8, С. 11].

Археологиялық ескерткішті кешенді геофизикалық зерттеу (георадар) міндеттері:

– геофизикалық аппаратураны пайдалана отырып, қазба жұмыстары басталғанға дейін зерттеу учаскесінде магнит өрісі мәндерінің деректерін тіркеу, сондай-ақ сол учаскені геолокациялық зондтау жүргізу немесе стратиграфиялық картинаны анықтау үшін радарограммалардың жеке профильдерін түсіру;

– алынған және өңделген нәтижелерге анализ жасау;

– ескерткіш туралы қолжетімді ақпарат көлемін пайдалана отырып интерпретациялау, сәйкестендіру және археологиялық объектілермен байланысты ауытқуларды жоспарға салу;

– қазба, шурф, бұрғылау нәтижелері мен өңделген нәтижелерді дешифрлеу мен интерпретациялауға салыстырмалы анализ жасау;

– алынған геофизикалық және археологиялық деректер кешенінің негізінде археологтарға геофизикалық жабдықтың қандай да бір түрін тарту жөнінде ұсыныстар беру, әрбір түрі мен типі үшін жекелеген археологиялық объектілерді іздестіру және оқшаулау үшін оны неғұрлым табысты қолдану шарттарын ұсыну [8, С. 12].

Георадардың жұмыс істеу принципі екі датчиктегі (жоғарғы және төменгі) магнит өрісінің мәнін өлшеуден және нақты уақыт кезеңінде жердің жалпы магнит өрісінің мәнінің айырмашылығын және болжамды объектіден магнит өрісінің мәнін алудан тұрады. Датчиктер арасындағы қашықтық – 2 м, төменгі датчиктің биіктігі күндізгі бет үстінен 0,3 м. Алынған мәліметтер арнайы программалар арқылы өңделеді. Ірі георадарлық түсірілімдердің бірі Татарстан Республикасында жүргізілген тұғын [9].

Болгар мемлекеттік тарихи-сәулет қорық-мұражайы федералды (жалпыресейлік) маңызы бар тарихи және мәдени мұра объектісі және Татарстан Республикасы мәдени мұрасының аса құнды объектісі.

Қорық аумағында археологиялық іздестіру кезінде георадар алаңдық түсіру режимінде пайдаланылды. Атап айтқанда, параллель профильдер сериясы бойынша өлшеу жүргізіліп, содан кейін ақпараттың геомассиві бағдарламалық қалпына келтірілді (деректердің үш өлшемді георадиолокациялық текшесі).

Іздестіру объектілерінің өлшемдеріне қарай (ұзындығы мен ені 5-10 м), георадиолокациялық зерттеулердің қатардағы учаскесінің орташа мөлшері 4200 м² (70 × 60 м) құрады .

2013 жылы қорық территориясының 82000 м² зерттелінген. Жанама белгілері бойынша ескерткі сәулет құрылыстарына немесе құрылыс іздеріне жатқызуға болатын бірқатар объектілер табылды, объектілердің бір бөлігі қазба жұмыстары арқылы ашылды. Одан әрі фотограмметрияның көмегімен қазба жұмыстарының үш өлшемді үлгілері салынған. Модемде бөлінген қабаттар мен құрылыстардың шекаралары георадиолокациялық зерттеулер нәтижелері бойынша аномалия шекарасымен салыстырылған [9].

Георадиолокациялық зерттеулер MALA GeoScience Inc фирмасының ProEx георадарымен жұмыстардың эксперименталды учаскесінің үстіндегі профильдер жүйесі бойынша жүргізілді. Жергілікті жерде профильдерді байланыстыру одометрдің көмегімен жүзеге асырылған. Антенналарды таңдау зерттеудің тереңдігіне, сондай-ақ мәдени қабаттың қуатты болуына байланысты. Орталық жиілігі 250 МГц экрандалған саңылау антенналары пайдаланылды. Тәжірибелік жұмыстар барысында жазбаның ақпараттылығын арттыру үшін георадиолокациондық деректер массивін жинау үшін бақылаудың оңтайлы желісі таңдалды. Профильдер арасындағы қашықтық 50 см құрайды. Жерленген мәдени құндылықтың қалдықтары үш өлшемді объекті болғандықтан, археологиялық зерттеулер кезінде неғұрлым қолайлысы жоспарлы түсірілім. Геосканерлеу барысында археологиялық қазбалар жүргізу үшін бірнеше перспективті учаскелер анықталған [8, С. 13].

Сонымен, бүгінгі таңда археологиялық зерттеулерде (экспедиция, барлау, камералдық жұмыстар) ГАЗ-технологияларды практикада қолдана отырып нәтижені арттыруға болады. Радар техникасын (георадар) пайдалану кезінде жер асты құрылыстарын іздестіру нәтижелері ескерткіштің (оба, топырақ қорымдары) нақты орналасқан жерін анықтауға мүмкіндік беруде. Далалық зерттеулерде бірнеше ГАЗ-әдістерді кешенді қолдану арқылы бірқатар методологиялық мәселелерді оңай және жылдам шешуге қабілетті. Нәтижесінде, ХХІ ғасыр археологияға зерттеулерді жеңілдету, кеңейту және жеделдету мүмкіндіктерінің кең ауқымын әкелгенін көре аламыз.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1. Гарбузов Г.П. Использование геоинформационных технологий в Таманском региональном археологическом проекте / Г.П. Гарбузов, К. Мюллер, Ю.В. Горлов // Материалы международной научной конференции «Боспорский феномен колонизация региона, формирование полисов, образование государства» Часть 2 Санкт-Петербург, 2001 – С. 246-249*
- 2. Гарбузов Г.П. Археологические исследования и дистанционное зондирование Земли из космоса / Г.П. Гарбузов // Российская археология - 2003 - №2 - С 45-55*
- 3. Коробов Д.С. Основы геоинформатики в археологии. – М.: Издательство Московского университета, 2011.– 224 с.*
- 4. Рудая Н.А. Методы естественных наук в археологии. Учебно-методический комплекс. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2011.– 50 с.*
- 5. Журкин И. Г., Шайтура С. В. Геоинформационные системы. – Москва: Кудлиц-пресс, 2009. – 272 с.*
- 6. Васильев С.А. АИС Археограф: система описания археологических памятников и ввода данных в ГИС // Информационный бюллетень ассоциации «История и компьютер». – 2006. – № 34. – С. 87–89.*
- 7. Быков Л.В., Татаурова Л.В., Светлейший А.З. Трехмерная реконструкция археологических памятников и объектов на основе данных дистанционного зондирования и глобальных навигационных спутниковых систем // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (23). – С. 185–192.*
- 8. Владов М.Л., Старовойтов А.В. Введение в георадиолокацию.– М.: Издательство МГУ, 2004. – 153 с.*
- 9. Бредников К.И., Хасанов Д.И. Применение георадара в археологических исследованиях на территории Болгарского историко-архитектурного музея-заповедника // Ученые записки Казанского университета, январь 2014.*