

**Н. Т. АЗИЕВА<sup>1</sup>, Ж. О. ОРАЛБЕКОВА<sup>1\*</sup>, Б. Б. ШОЛПАНБАЕВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан;

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан.  
e-mail: \*oralbekova@bk.ru

## **КӨЛ БӨГЕТІНІҢ ІШКІ ҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУДЕ ГЕОРАДИОЛОКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ**

Жұмыста бөгеттің ішкі құрылымын, ылғалдану аймағын анықтау арқылы болашақта төтенше жағдайларды алдын алу үшін Үлкен Алматы көлі бөгетіне жүргізілген геофизикалық зерттеу жұмыстары бойынша эксперименттік зерттеулер келтірілді. Зерттеу объектісі Үлкен Алматы көлінің бөгеті болып табылады. Есептің қойылымы бұзылмайтын, жылдам әдісті қолдануды қажет етеді, сонымен қатар әдіс экономикалық тұрғыдан тиімді болуы керек, объектіні визуалды бақылаудың қол жетімді әдістерімен салыстырғанда айтарлықтай шығындарды азайтуға мүмкіндік беруі тиіс. Сол себептен эксперименттік зерттеулер бөгеттің үстіңгі жағы мен етегінде жарты метрлік қадаммен, үш метрлік антенналарды қолдана отырып, георадар “Лоза Б” құралымен жүргізілді. Эксперименттік нәтижелерді өңдеу георадардың кіріктірілген бағдарламалық қамтамасыздандыруында жасалды. Зерттелетін объектінің белгілі бір бөліктері туралы қорытынды және одан әрі әрекет ету туралы ұсыныстар сипатталып берілді. Бұл жұмыстың нәтижелері радарограммаларды интерпретациялау технологиясын одан әрі дамытуға және эксперименталды зерттеулер мен ұқсас радарограммалардың мәліметтерінің нәтижелеріне салыстырмалы талдау жүргізуге мүмкіндік береді. Жұмыс Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетінің ректорының «Үлкен Алматы су қоймасының физикалық параметрлерін георадарлық зерттеулері және ртаның құрылымын компьютерлік модельдеу» жобасы аясында жүзеге асырылды.

**Түйін сөздер:** георадиолокация жүйесі, кіріктірілген бағдарламалық қамтамасыздандыру, георадар, радарограмма, радар суреттерін өңдеу, бұзбайтын әдіс, эксперименттік зерттеулер, интерпретация.

**Н. Т. АЗИЕВА<sup>1</sup>, Ж. О. ОРАЛБЕКОВА<sup>1\*</sup>, Б. Б. ШОЛПАНБАЕВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,  
Астана, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая,  
Алматы, Казахстан.  
e-mail: \*oralbekova@bk.ru

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ПЛОТИНЫ ОЗЕРА**

В работе приведены экспериментальные исследования по геофизическому исследованию дамбы Большого Алматинского озера. Объектом исследования выбрана дамба Большого Алматинского озера для предотвращения в будущем чрезвычайных ситуаций, для выявления внутренней структуры строения дамбы, зоны протечек и увлажнения. Постановка задачи требует применения быстрого и неразрушающего метода, при этом метод должен быть экономически целесообразен.

ным, точным и давать значительную экономию времени и средств по сравнению с доступными имеющимся методами визуального наблюдения объекта. Экспериментальные исследования проводились с помощью геофизического прибора «Георадар «Лоза Б» по подножью и по вершине дамбы с применением трехметровых антенн с шагом по профилю 0,5 м. Обработка экспериментальных результатов производилась во встроенном программном обеспечении геофизического прибора. Дано заключение об определенных участках дамбы Большого Алматинского озера и рекомендации о дальнейших действиях. Результаты данной работы позволят в дальнейшем выработать технологию интерпретации радарограмм и провести сравнительный анализ экспериментальных исследований и результатов данных аналогичных радарограмм. Работа выполнена в рамках проекта ректора Казахского национального педагогического университета имени Абая «Георадарные исследования физических параметров Большого Алматинского водохранилища и компьютерное моделирование структуры среды».

**Ключевые слова:** система георадиолокации, встроенное программное обеспечение, георадар, радарограмма, обработка радарных изображений, неразрушающий метод, экспериментальные исследования, интерпретация.

**N. T. AZIYEVA, Z. O. ORALBEKOVA<sup>1</sup>\*, B. B. SHOLPANBAEV<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian national university, Astana, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Abai Kazakh national pedagogical university, Almaty, Kazakhstan.

e-mail: oralbekova@bk.ru

## **APPLICATION OF THE GPR TECHNOLOGIES TO STUDY THE INTERNAL STRUCTURE OF THE LAKE DAM**

*The paper presents experimental studies on the geophysical study of the dam of the Big Almaty Lake. The object of the study was the dam of the Big Almaty Lake to prevent future emergencies, to identify the internal structure of the structure of the dam, the zone of leakage and moisture. The formulation of the problem requires the use of a fast and non-destructive method, in addition, the method must be economically feasible, accurate and provide significant savings in time and money compared to the available methods of visual observation of the object. Experimental studies were carried out using the geophysical instrument "Georadar "Loza B" along the foot and along the top of the dam using three-meter antennas with a step along the profile of 0.5 m. The experimental results were processed in the built-in software of the geophysical instrument. The conclusion is given on certain sections of the dam of the Big Almaty Lake and recommendations on further actions. The results of this work will allow us to further develop technology for interpreting radargrams and conduct a comparative analysis of experimental studies and the results of data from similar radarograms. The work was carried out within the framework of the project of the rector of Abai Kazakh National Pedagogical University "GPR studies of the physical parameters of the "Big Almaty" reservoir and computer modeling of the structure of the environment."*

**Key words:** Ground-penetrating radar system, embedded software, georadar, radarogram, radar image processing, non-destructive method, experimental research, interpretation

**Кіріспе.** Гидротехникалық құрылыстар ағынды реттеу және аумақтарды суландыру көлемін сақтау қажет болған кезде стандартты түрде жобаланады. Гидротехникалық құрылыстар кешендерін құру мәселелерін қарастыру аумақтың су теңгерімінің өзгеруіне алып келеді. Зерттеудің жаңалығы ағынды суларды реттеудің сапалы жаңа бағдарламаларын қалыптастырудың алғышарты ретінде гидротехникалық құрылыстарды пайдалануға болатындығымен анықталады. Бұл

әсіресе сейсмологиялық тұрақты емес аудандар үшін қажет. Мүмкін болатын сейсмологиялық жүктемені ескеріп қана қоймай, сонымен қатар қолданыстағы гидротехникалық құрылыстарды жаңғырту үшін қолданылатын режимдер мен технологияларды ескере отырып, жобалау қажет екендігі анық.

Зерттеу нысаны Алматы қаласынан оңтүстікке қарай 15 шақырым жерде орналасқан Үлкен Алматы көлінің (ҰАК) бөгеті болып табылады [1]. ҰАК мақсаты энергетика, сумен жабдықтау және жерді жасанды суару су қоймасы болып табылады. Шығыңқы пішіні бар бөгет биіктігі шамамен 6 м., зерттелетін объектінің ұзындығы 250 м., ені 6 м. Бөгет Алматы қаласының кейбір елді мекендерін ауыз сумен қамтамасыз ететіндіктен, көл аумағына кіру жабық және қатаң қорғалған болып табылады.

Зерттеудің тәжірибелік маңыздылығы гидротехникалық кешендердің қалыптасуы су балансының сапасын жақсарту жүйесін құруға ғана емес, сонымен бірге пайдаланылатын технологиялардың қауіпсіздігін технологиялық қамтамасыз етуге мүмкіндік беретіндігімен анықталады.

Эксперименттік зерттеулер бөгет құрылысының ішкі құрылымын, ағу аймағын анықтау, сондай-ақ болашақта төтенше жағдайлардың алдын алу мақсатында георадар “Лоза Б” аспабын қолдану арқылы жүзеге асырылды. Жұмыстар Қазақстан Республикасы Ішкі істер министрлігі Алматы қаласы Төтенше жағдайлар департаментінің қызметкерлерімен бірлесіп жүргізілді.

**Материалдар мен әдістер.** Эксперименттік зерттеулер бейіні бойынша 0,5 м. қадаммен, биіктігі 3 м. антенналары бар бөгеттің етегінде “Лоза Б” георадарын қолдану арқылы жасалды [2-4]:

– бөгеттің етегінде 0,5 м. қадаммен екі бағытта жеке профильдермен бейінді тексерулер жүргізілді, кері бағытта бір антеннаны екінші антеннаның соңына байлап, антенналарды бір қатарға біріктіру әдісімен орындалды (1-сурет).

Түсірілім шығыс бағытта жүргізілді, 1-суретте қызыл көрсеткішпен және кері бағытта көк көрсеткішпен белгіленген. Профильдің ұзындығы шамамен 250 м.

— бөгеттің жоғарғы жағы бойынша 0,5 м. қадаммен екі бағытта жеке бейіндермен бейінді тексерулер жүргізілді (2-сурет). Профиль ұзындығы шамамен 250 м.



Сурет 1 – Үлкен Алматы көлінің бөгеті

Жасыл көрсеткішісі бар 2-суретте ортасында темір құбыры бар шаршы бетон, екі темір бағананың арасындағы қашықтық сары көрсеткішпен, бүйірінде жатқан бетон плитасы қызғылт көрсеткішпен белгіленген.

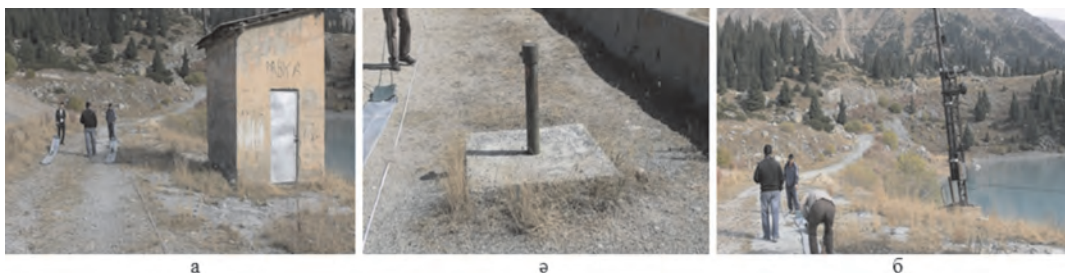


Сурет 2 – Бөгеттің жоғарғы жағы

Зерттеу аймағында сондай-ақ бірнеше беттік және жер асты нысандары бар, олардың көпшілігі 3-4 суреттерде бейнеленген.



Сурет 3 – Жер үсті және жер асты объектілері:  
а) дөңгелек ұшы бар құбыр; ә) Н-көрнекті құбыр



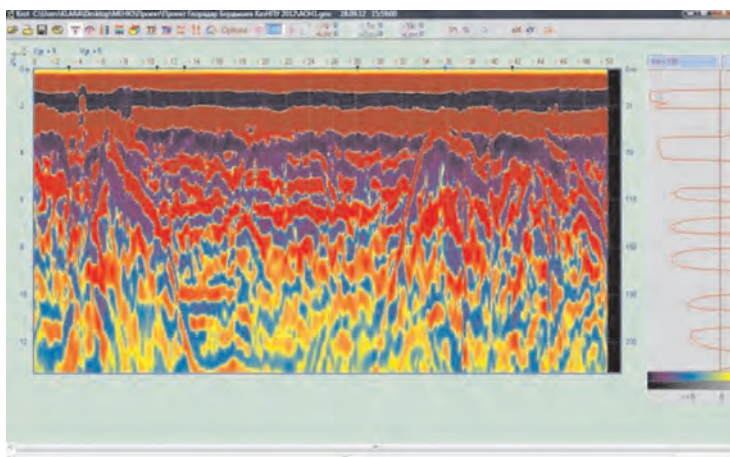
Сурет 4 – Жер үсті нысандары: а) үйшік; ә) ортасында темір құбыры бар шаршы бетон;  
б) электр беру желісі бар баған



**Нәтижелер мен оларды талқылау.** Георадарлық түсірілімнің нәтижесі ретінде георадардың әр позициясында қабылдау антеннасы жазған жеке сигналдар жиынтығын аламыз [5]. Әдетте, бұл жолдар жиынтығының суреті радарограмма түрінде өзгермелі тығыздық әдісімен көрсетіледі. Эксперименттік нәтижелерді өңдеу “Krot179Ns” кіріктірілген бағдарламалық қамтамасыздандыруда жүргізілді, нәтижеде интерпретациялауға ыңғайлы радар суреттері алынды.

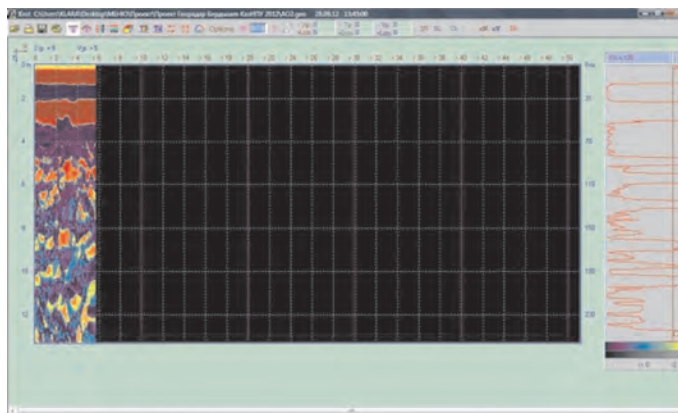
Эксперименттік зерттеулерді жүргізу және өңдеу кезінде осы аймақтың жер асты ортасының құрылымының қызықты фактілері табылды. Георадарлық зерттеу кезінде топографиялық объектіні әзірлеу және белгілеу белгілі бір қашықтық пен тереңдікте аномальды факторлары бар топырақтың құрылымын көрсетті.

Аномальды факторлары бар объектінің георадарлық эксперименттік зерттеулерінің деректері 5-7 суреттерде келтірілген. Төмендегі суреттерде абсцисса осі бойынша солдан оңға қарай сандар - профиль бойымен өлшенген метрдегі координатаны, оң жақтағы тік шкала - қабылдау антеннасының сигналын наносекундта тіркеу уақытын білдіреді [6, 7].



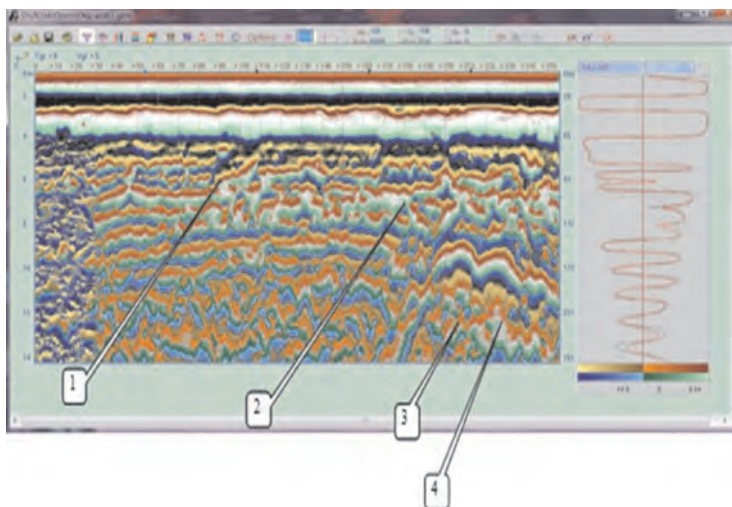
**Сурет 5** – Аномальды факторлары бар топырақ құрылымының бөлімі

5-суретте 6-дан 10-ға дейін және 34-тен 46 метр арылығындағы қашықтықта аномальды факторлары бар топырақ құрылымының бөлімін анық байқауға болады.



**Сурет 6** – Профильдеуден кейінгі аномальды факторлары бар топырақ құрылымы

Радарограммаларды интерпретациялау 250 метрге дейінгі қашықтықта диэлектрлік тұрақты  $\epsilon = 9$  тең болған жағдайда жүргізілді (7-сурет).



Сурет 7 –  $\epsilon = 9$  болғандағы топырақ құрылымы

7-суретте келесі белгілеулер: 1 - электр беру желісі бар баған; 2 - ортасында темір құбыры бар шаршы бетон; 3 - бүйірінде жатқан бетон плитасы; 4 - ортасында темір құбыры бар шаршы бетон.

**Қорытынды.** Төтенше жағдайларды алдын алу мақсатында Үлкен Алматы көлі бөгетінің геофизикалық түсірілімі бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Бөгеттің ішкі құрылымы, ағып кету аймағы (ылғалдану) анықталды. Эксперименттік нәтижелерді өңдеу георадардың кіріктірілген бағдарламалық қамтамасыздандыруында жүргізілді.

Жалпы, профильдің сыртқы түріне сүйене отырып (қабаттардың бағыты, объектілерден гипербола) бөгет 12-14 м. тереңдікке дейін құрғақ деп айтуға болады. Бөгет, егер ол терең жер астында ағып кетсе, онда қысым көп болады.

Келешекте радараграммаларды интерпретациялауға арналған өзіндік бағдарламалық қамтамасыздандыру құрылады.

**Алғыс.** Эксперименттік зерттеулер жүргізу барысында ҚР Ішкі істер министрлігі Алматы қаласы Төтенше жағдайлар департаментінің қызметкерлеріне, сондай-ақ Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетінің профессоры Әбдімәулен Сүлейменұлы Бердішевке құнды кеңес бергендері үшін алғыс білдіреміз.

## ӘДЕБИЕТ

- 1 [https://ru.wikipedia.org/wiki/Большое\\_Алматинское\\_озеро](https://ru.wikipedia.org/wiki/Большое_Алматинское_озеро)
- 2 Владов М.Л., Старовойтов А.В. Введение в георадиолокацию. М.: Издательство МГУ. 2004. 153 с.
- 3 Denivos R.R., Kapustin V.V. Processing of georadar data in automatic mode // Journal Geophysics. 2010. 4. pp. 76-80.

4 Özdemir C., Demirci Ş., Yiğit E., Yılmaz B. A review on migration methods in b-scan ground penetrating radar imaging // *Mathematical Problems in Engineering*. 2014. art. no. 280738. DOI: 10.1155/2014/280738

5 Митин И.В., Русаков В.С. Анализ и обработка экспериментальных данных. М.: Физический факультет МГУ. 2012. 44 с.

6 Zhartybayeva, M., Oralbekova, Z., Iskakov, K. The interpretation of the radarograms on the basis of experimental data // *Acta Physica Polonica A*. 2015. v.128(2). pp. 467-468.

7 Iskakov K., Boranbayev S., Alimbayeva Z., Issin B. Experimental data of research using ground-penetrating radar Zond-12c and interpretation of georadarograms // *Acta Physica Polonica A*. 2016. 130 (1). pp. 322-324.

## REFERENCES

1 [https://ru.wikipedia.org/wiki/Большое\\_Алматинское\\_озеро](https://ru.wikipedia.org/wiki/Большое_Алматинское_озеро)

2 Vladov M.L., Starovoitov A.V. *Vvedenie v georadiolokaciyu*. М.: Izdatel'stvo MGU. 2004. 153 s.

3 Denivos R.R., Kapustin V.V. Processing of georadar data in automatic mode // *Journal Geophysics*. 2010. 4. pp. 76-80.

4 Özdemir C., Demirci Ş., Yiğit E., Yılmaz B. A review on migration methods in b-scan ground penetrating radar imaging // *Mathematical Problems in Engineering*. 2014. art. no. 280738. DOI: 10.1155/2014/280738

5 Mitin I.V., Rusakov V.S. *Analiz i obrabotka eksperimental'nyh dannyh*. М.: Fizicheskij fakul'tet MGU. 2012. 44 s.

6 Zhartybayeva, M., Oralbekova, Z., Iskakov, K. The interpretation of the radarograms on the basis of experimental data // *Acta Physica Polonica A*. 2015. v.128(2). pp. 467-468.

7 Iskakov K., Boranbayev S., Alimbayeva Z., Issin B. Experimental data of research using ground-penetrating radar Zond-12c and interpretation of georadarograms // *Acta Physica Polonica A*. 2016. 130 (1). pp. 322-324.