

**საქართველოს ხელოვნების ეროვნული მუზეუმის ცენტრალური
შესასვლელთან მიმდებარე ტერიტორიაზე მდებარე ხეების
შესაძლო გავლენის შესწავლა, გეოფიზიკური მეთოდებით,
შენობის ფასადის მხარეს მდებარე ფუნდამენტზე**

**ოდილაგაძე დ., ვარამაშვილი ნ., ჭელიძე თ., ღლონტი ნ.,
ქირია ჯ., თარხან-მოურავი ა.**

*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
მიხეილ ნოდიას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი*

1. შესავალი

ხელოვნების მუზეუმის ცენტრალურ შესასვლელთან მდებარეობს მრავალწლიანი ჭადრის ორი ხე, რომელთა ფესვთა სისტემის გავლენა მათგან ფუნდამენტის უახლოეს ნაწილზე შესაძლოა დესტრუქციული აღმოჩნდეს.

მუზეუმის თხოვნის შესაბამისად, მათთვის დახმარების აღმოსაჩენად, თსუ გეოფიზიკის ინსტიტუტმა ამ საკითხის გასარკვევად ჩაატარა მცირე ფორმატის გეოფიზიკური კვლევა გეორადიოლოკაციური და აკუსტიკური მეთოდების კომპლექსური გამოყენებით.

გეორადიოლოკაციის მეთოდი გამიზნულია ახლოკვებედაპირულ სიღრმეებზე (0-50მ) მიწისქვეშა ფენების აგებულების შესასწავლად. მისი საშუალებით შესაძლებელია სხვადასხვა დიელექტრიკული განვლადობის გარემოში, არსებული გარემოს მიმართ არაერთგვაროვანი ანომალიების [1], სიცარიელების [2], დაფარული ობიექტების სტრუქტურისა [3,4,5], მათი ლოკაციის გამოყოფა და დაფიქსირება. შესაძლებელია ასევე გარემოს დატენიანების ხარისხის განსაზღვრა [6] და მეწყრული პროცესების შესწავლა [7]. გეორადიოლოკაციის მეთოდით მიწისქვეშა ფენების სხვადასხვა სიღრმეებზე შესასწავლად გამოიყენება სხვადასხვა სიხშირის ანტენები. დაფარული ობიექტების რადიოსახეების შესასწავლად გამოიყენება გეორადიოლოკაციური ველების ფიზიკური მოდელირების მეთოდი [1,2,3,4,5].

აკუსტიკური მეთოდი ეფექტურია მეწყრული პროცესების დეტექტირებისა და ადრეული შეტყობინების სისტემაში გამოყენებისათვის [8,9]. ულტრაბგერითი მეთოდი გამოიყენება სხვადასხვა გარემოს შინაგანი სტრუქტურის ვიზუალიზაციისათვის, ასევე სამედიცინო მიზნით, სხვადასხვა ტექნოლოგიური პროცესების კონტროლისა და მართვისათვის [10]. ეფექტური მეთოდია სხვადასხვა შენობა-ნაგებობების მექანიკური პარამეტრების შესწავლისათვის მათი მდგრადობის დასადგენად [11].

გეორადიოლოკაციური მეთოდი ელექტრომიების მეთოდებთან კომპლექსში საინტერესო შედეგებს იძლევა გარემოს დატენიანების შეფასებისათვის, მეწყრული პროცესების და სხვა გეოფიზიკური მოვლენების შესასწავლად [5,6,7]. ჩვენთვის საინტერესოა გეორა-

დიოლოკაციური და ულტრაბგერითი მეთოდებით კომპლექსური კვლევა და მისი ეფექტურობის განსაზღვრა.

გეორადიოლოკაციური და ულტრაბგერითი მეთოდებით კომპლექსური კვლევა წარმოდგენილი იყო ჩვენი ნაშრომში [12]. ჩვენი ნაშრომი წარმოადგენს აღნიშნული სტატიის [12] გაგრძელებას და მის გაფართოებულ ვარიანტს.

2. გეორადიოლოკაციური სამუშაოები

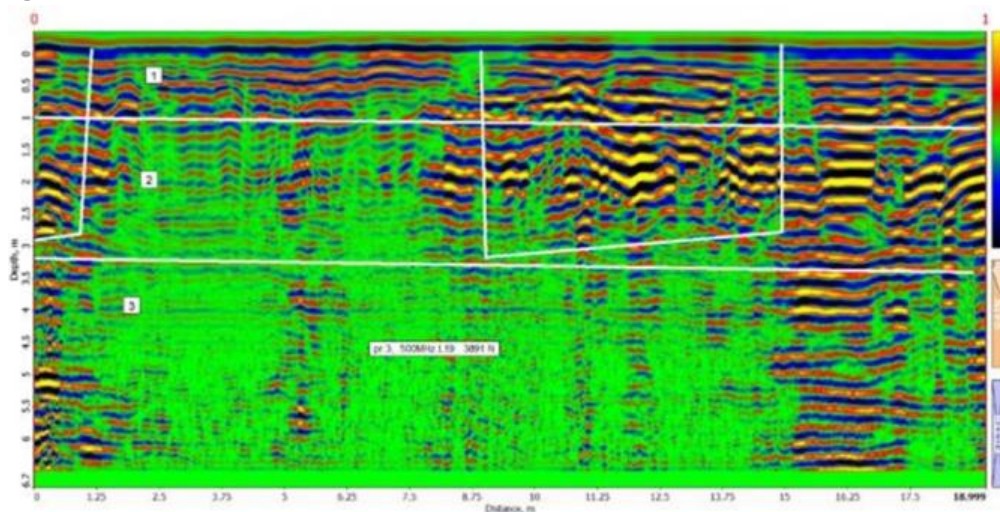
გეორადიოლოკაციური სამუშაოები შესრულდა 14 გეორადიოლოკაციურ (8 პარალელურ და 6 მართობულ) პროფილზე, ამასთან, გამოყენებულ იქნა გეორადარ Zond 12e თავისი საშტატო მაღალი სიხშირის 500 მჰც ეკრანირებული და 2 გჰც ზემოდალი სიხშირის ანტენები, გეორადარული მონაცემები შეკრებილ და დამუშავებულ იქნა საშტატო კომპიუტერული პროგრამული უზრუნველყოფით Prizm 2.7.

ამოცანა მდგომარეობდა ჭადრის ხის ფესვთა სისტემის შესაძლო დაფიქსირებაში შენობის ფონდამენტთან მახლობლად მდებარე ახლოქვეზედაპირული განლაგების სივრცეში.

შესრულებულ გეორადიოლოკაციურ სამუშაოებიდან მოგვაქვს, ჩვენი აზრით მნიშვნელოვანი, ფუნდამენტის გასწვრივი ორი პარალელური პროფილი 500 მჰც და 2 გჰც ანტენებისთვის, რომლებიც განსაზღვრავენ ჩაწვდენის შესაბამის სიღრმეებსა და დაფარულ ობიექტთა გარჩევის უნარიანობას.

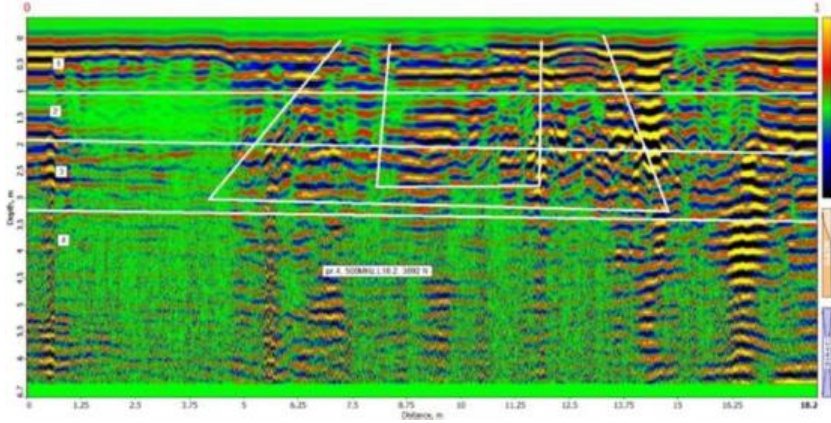


ნახ.1. წარმოდგენილია გეორადიოლოკაციური მეთოდით პროფილირების შესრულების ფოტო გეორადარის ეკრანირებული 500 მჰც მიმღებ-გადამცემი ანტენის გამოყენებით.



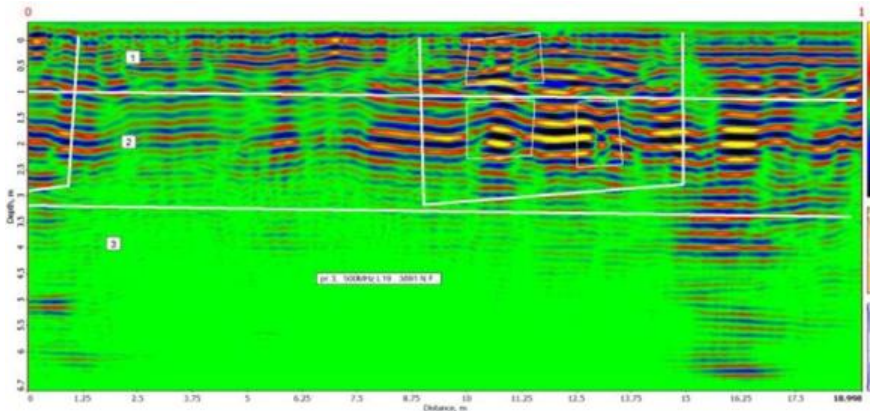
ნახ.2. წარმოდგენილი რადაროგრამა გადის კედლის პარალელურად 1.2 მ ის დაშორებით და შესრულებულია 500 მჰც ანტენით, გეორადარული ჭრილის 19 მ სიგრძის პროფილზე, სიღრმით-7 მ.

ნახ.2-ზე წარმოდგენილ გეორადარულ ჭრილზე გამოიკვეთა სამი გეოელექტრული ფენა. 1, 2 და 3 ფენა შეესაბამება 7 მ სიმძლავრეს, გამოყოფა მოხდა ელექტრომაგნიტური ტალღების სინფაზურობის ღერძების ტექსტურის მიხედვით. მონიშნულია გეორადიოლოკაციური ანომალია 9-15 მ დისტანციებზე, რომლის რადიოსახე შეესაბამება მარცხენა ჭადრის ფესვთა სისტემის განთავსების არაერთგვაროვან არეს, რომელიც ვრცელდება დღიური ზედაპირიდან 3 მ სიღრმემდე. მარჯვენა ჭადრის გავლენა მცირედ ფიქსირდება 0-1.25 მ დისტანციებზე და სიღრმით არაუმეტეს 3 მ, მისი გავლენა, ფუნდამენტის მიმართ პრაქტიკულად აცდენილია. რადაროგრამაზე გეორადიოლოკაციური ანომალიების ნაწილის და გეოელექტრული ფენების რადიოსახეები მონიშნულია თეთრი წირებით.



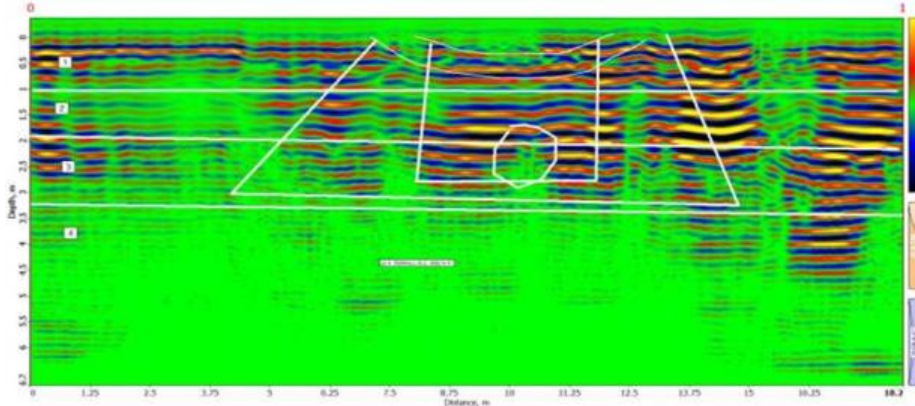
ნახ.3. წარმოდგენილი რადაროგრამა გადის კედლის პარალელურად 0.1 მ-ის დაშორებით და შესრულებულია 500 მჰც ანტენით, გეორადარული ჭრილის 18.2 მ სიგრძის პროფილზე, სიღრმით – 7 მ.

ნახ.3-ზე წარმოდგენილ გეორადარულ ჭრილზე გამოიკვეთა ოთხი გეოელექტრული ფენა. 1, 2, 3 და 4 ფენა შეესაბამება 7 მ სიმძლავრეს, გამოყოფა მოხდა ელექტრომაგნიტური ტალღების სინფაზურობის ღერძების ტექსტურის მიხედვით. მონიშნულია გეორადიოლოკაციური ანომალია 5-15 მ დისტანციებზე, რომლის რადიოსახე შეესაბამება მარცხენა ჭადრის ფესვთა სისტემის განთავსების არაერთგვაროვან არეს, რომელიც ვრცელდება დღიური ზედაპირიდან 3 მ სიღრმემდე. მარჯვენა ჭადრის გავლენა არ ფიქსირდება. მისი გავლენა, ფუნდამენტის მიმართ არა არსებითია. რადაროგრამაზე გეორადიოლოკაციური ანომალიების ნაწილის და გეოელექტრული ფენების რადიოსახეები მონიშნულია თეთრი წირებით.



ნახ.4. წარმოდგენილი რადაროგრამა გადის კედლის პარალელურად 1.2 მ-ის დაშორებით და შესრულებულია 500 მჰც ანტენით, გეორადარული ჭრილის 19 მ სიგრძის პროფილზე, სიღრმით – 7მ. რადაროგრამა დამატებით დამუშავებულია ფურიეს გარდაქმნის ოპციით, გამოიყო რადიოსახეების შესაბამისი ობიექტების შესაძლო რაობა და ლოკაცია.

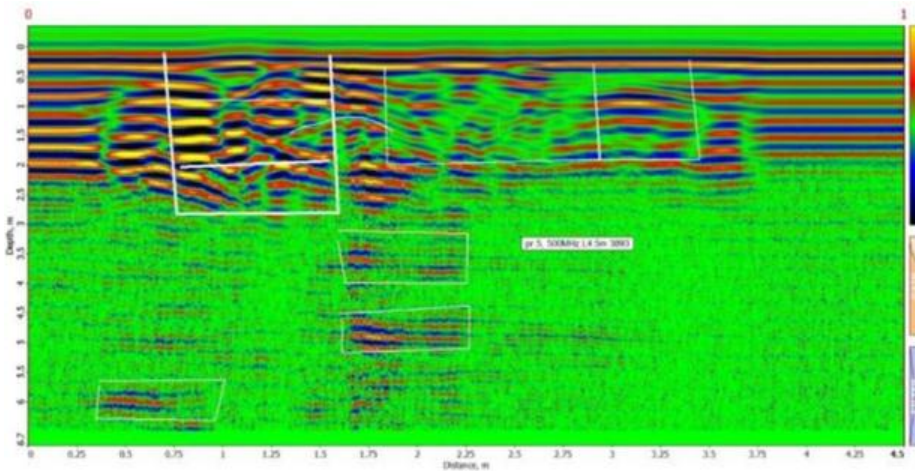
ფუნდამენტზე გავლენის უნარის მქონე ფესვთა სისტემის სახე მინიმალურია, იკვეთება მიწისქვეშა კომუნიკაციების რადიოსახეები.



ნახ.5. წარმოდგენილი რადაროგრამა გადის კედლის პარალელურად 0.1 მ-ის დაშორებით და შესრულებულია 500 მჰც ანტენით, გეორადარული ჭრილის 18.2 მ სიგრძის პროფილზე, სიღრმით – 7მ. რადაროგრამა დამატებით დამუშავებულია ფურიეს გარდაქმნის ოპციით, გამოიყო რადიოსახეების შესაბამისი ობიექტების შესაძლო რაობა და ლოკაცია.

ფუნდამენტზე გავლენის უნარის მქონე ფესვთა სისტემის სახე მინიმალურია, იკვეთება მიწისქვეშა კომუნიკაციების რადიოსახეები, ასევე შესაძლო ფესვთა, ფუნდამენტისადმი მოგეზილობის აცდენა, 10-11 მ დისტანციებზე და სიღრმეებზე 2-2.5 მ, რასაც შესაძლოა ხელი შეუშალა მიწისქვეშა ზღუდემ.

ამრიგად, ფუნდამენტზე ნეგატიური გავლენის მქონე ფესვთა სისტემის არსებობა ფუნდამენტის უშუალო მახლობლობაში არ დაიმზირება.



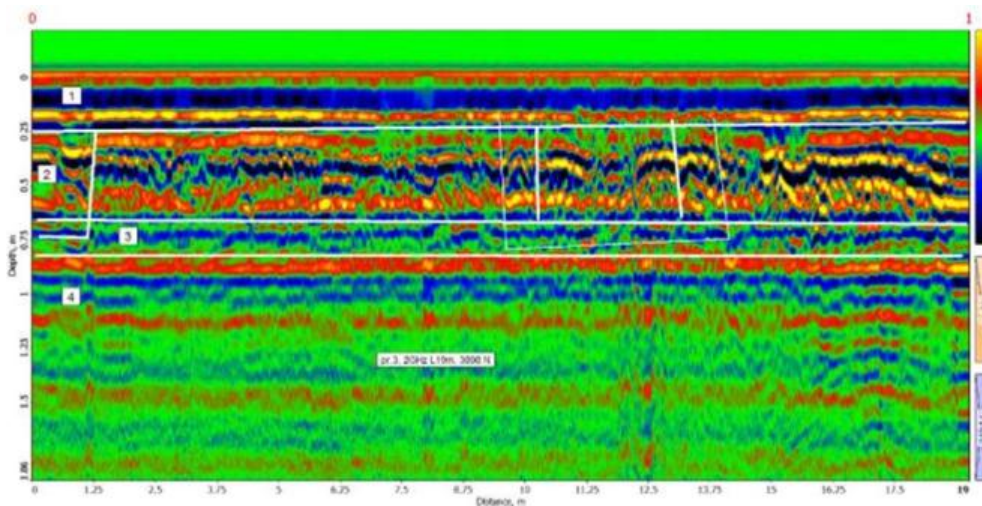
ნახ.6. წარმოდგენილია პროფ. 5, მოგეზილი მართობულად 1-4 პროფილების მიმართ და გადის მარჯვენა ჭადრის განთავსების მახლობლად 0.8 მ დაშორებით ვარჯისგან. გეორადიოლოკაციური ანტენა- 500 მჰც სიხშირე.

პრ. 5-ის ინტერპრეტაციიდან გამოვყოფთ ქვა-ყუთის დამახასიათებელ რადიოსახეს. ე.წ. „ბოუ-თაის“, რომელიც გამოიკვეთა 0.75-1.5 მ დისტანციებზე 2-2.5 მ დაღრმავებით, ის გართულებულია ახლო მდებარე ანომალიებით. გამოყოფილია ძლიერი ამრეკლადობის ვერტიკალური ზღუდეები 0.8 და 1.6 მ დისტანციებზე. სუსტად გამოიყო მეორე ბოუ-თაი,

ანუ ორმოს ტიპის სდრუე, შესაძლოა შევსებული განსხვავებული მასალით, 2-3 მ დისტანციებზე. მსგავსი რადიოსახეები მეტ-ნაკლები სიცხადით, გართულებებით, დაფიქსირდა მეორე ჭადრის მახლობლად პროფილებზე.

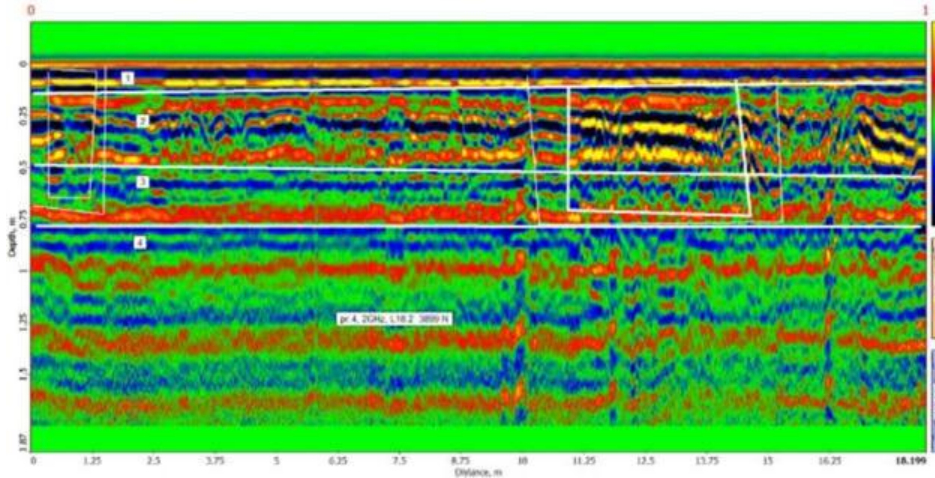


ნახ.7. წარმოდგენილია გეორადიოლოკაციური მეთოდით პროფილების შესრულების ფოტო გეორადარისზე მაღალი 2 გჰც მიმღებ-გადამცემი ანტენის გამოყენებით.



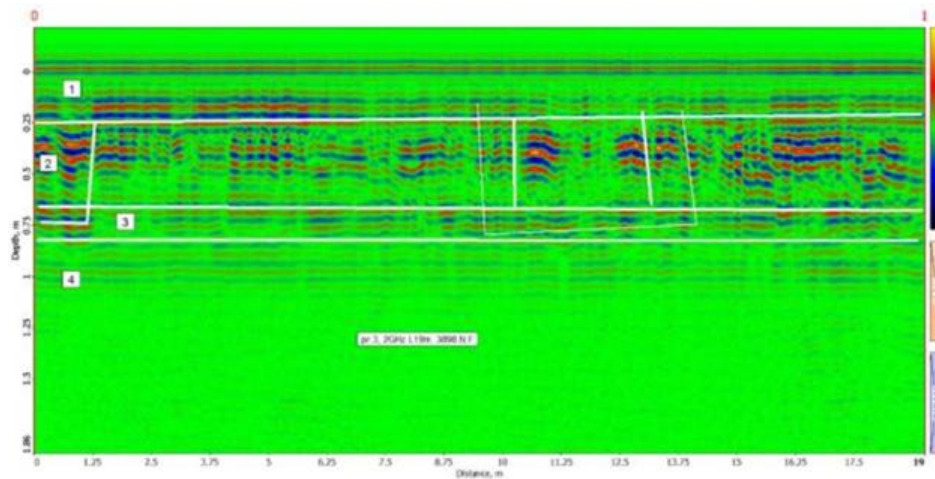
ნახ.8. 2 გჰც მიმღებ-გადამცემი ანტენის მოქმედებით წარმოდგენილ გეორადარულ ჭრილზე გამოიკვეთა ოთხი გეოელექტრული ფენა. დაშორება შენობიდან 1.2 მ.

1, 2, 3 და 4 ფენა (ნახ. 8) შეესაბამება 2 მ სიმძლავრეს, გამოყოფა მოხდა ელექტრომაგნიტური ტალღების სინფაზურობის ღერძების ტექსტურის მიხედვით. მონიშნულია გეორადიოლოკაციური ანომალია 10-14 მ დისტანციებზე, რომლის რადიოსახე შეესაბამება მარცხენა ჭადრის ფესვთა სისტემის განთავსების არაერთგვაროვან არეს, რომელიც ფიქსირდება დღიური ზედაპირიდან 1მ სიღრმემდე. მარჯვენა ჭადრის მიმდებარე ზღუდე ფიქსირდება 0-1.25მ დისტანციებზე და სიღრმით არაუმეტეს 0.75 მ, მისი გავლენა, ფუნდამენტის მიმართ პრაქტიკულად აცდენილია. რადაროგრამაზე გეორადიოლოკაციური ანომალიების ნაწილის და გეოელექტრული ფენების რადიოსახეები მონიშნულია თეთრი წირებით.



ნახ.9. 2 გჰც მიმღებ-გადამცემი ანტენის მოქმედებით წარმოდგენილ გეორადარულ ჭრილზე გამოიკვეთა ოთხი გეოელექტრული ფენა. დაშორება შენობიდან 0.1 მ.

1, 2, 3 და 4 ფენა (ნახ.9) შეესაბამება 2 მ სიმძლავრეს, გამოყოფა მოხდა ელექტრომაგნიტური ტალღების სინფაზურობის ღერძების ტექსტურის მიხედვით. მონიშნულია გეორადიოლოკაციური ანომალია 10-14მ დისტანციებზე, რომლის რადიოსახე შეესაბამება მარცხენა ჭადრის ფესვთა სისტემის განთავსების არაერთგვაროვან არეს, რომელიც ფიქსირდება დღიური ზედაპირიდან 1 მ სიღრმემდე. მარჯვენა ჭადრის მიმდებარე ზღუდე სუსტად ფიქსირდება 0-1.25მ დისტანციებზე და სიღრმით არაუმეტეს 0.75მ, მისი გავლენა, ფუნდამენტის მიმართ პრაქტიკულად აცდენილია. რადაროგრამაზე გეორადიოლოკაციური ანომალიების ნაწილის და გეოელექტრული ფენების რადიოსახეები მონიშნულია თეთრი წირებით.

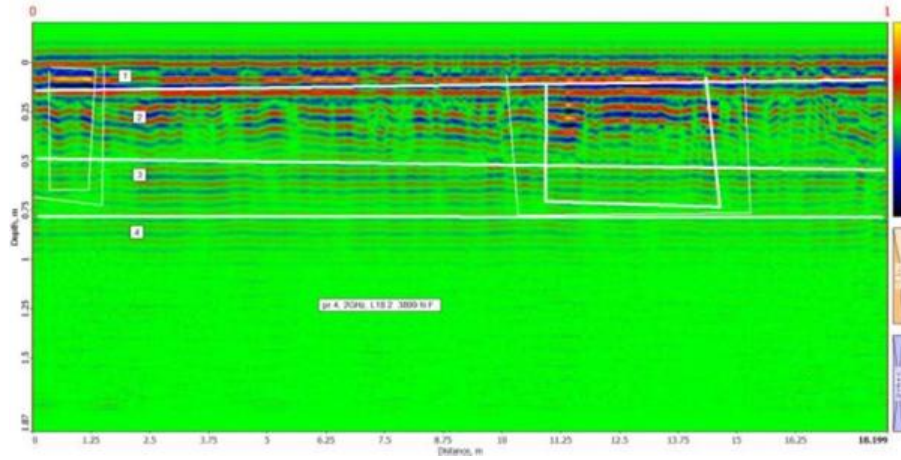


ნახ.10. წარმოდგენილი რადაროგრამა გადის კედლის პარალელურად 1.25 მ – ის დაშორებით და შესრულებულია 2 გჰც ანტენით, გეორადარული ჭრილის 19 მ სიგრძის პროფილზე, სიღრმით – 2მ. რადაროგრამა დამატებით დამუშავებულია ფურიეს გარდაქმნის ოპციით, გამოიყო რადიოსახეების შესაბამისი ობიექტების შესაძლო რაობა და ლოკაცია.

ნახ.10-ზე წარმოდგენილი რადაროგრამა გადის კედლის პარალელურად 1.25 მ-ის დაშორებით და შესრულებულია 2 გჰც ანტენით, გეორადარული ჭრილის 19 მ სიგრძის პრო-

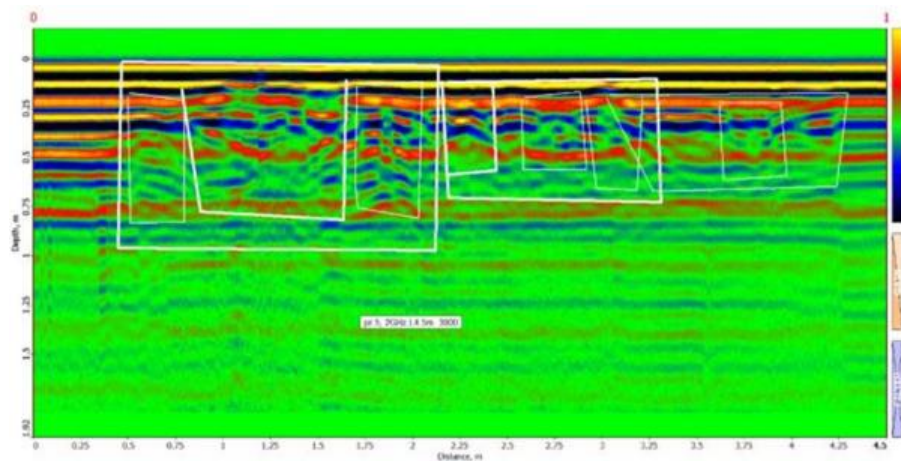
ფილზე, სიღრმით – 2 მ. რადაროგრამა დამატებით დამუშავებულია ფურიეს გარდაქმნის ოპციით, გამოიყო რადიოსახეების შესაბამისი ობიექტების შესაძლო რაობა და ლოკაცია.

ფუნდამენტზე გავლენის უნარის მქონე ფესვთა სისტემის სახე 1 მ-დე სიღრმეებისთვის მინიმალურია.



ნახ.11. წარმოდგენილი რადაროგრამა გადის კედლის პარალელურად 0.1 მ-ის დაშორებით და შესრულებულია 2 გჰც ანტენით, გეორადარული ჭრილის 18.2 მ სიგრძის პროფილზე, სიღრმით – 2მ.

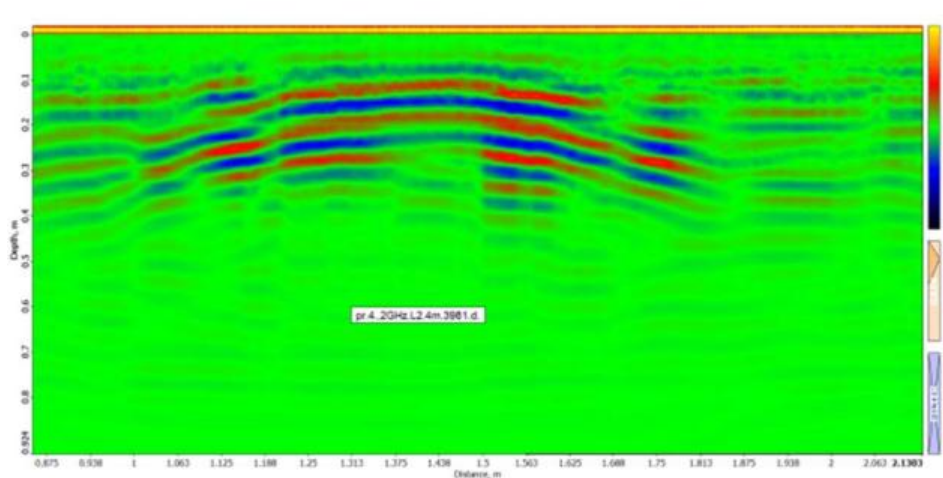
რადაროგრამა დამატებით დამუშავებულია ფურიეს გარდაქმნის ოფციით. გამოიყო რადიოსახეების შესაბამისი ობიექტების შესაძლო რაობა და ლოკაცია. ფუნდამენტზე გავლენის უნარის მქონე ფესვთა სისტემის სახე 1 მ-დე სიღრმეებისთვის უმნიშვნელოა.



ნახ.12. წარმოდგენილია პროფ-5, მოგეზილი მართობულად 1-4 პროფილების მიმართ და გადის მარჯვენა ჭადრის განთავსების მახლობლად 0.8 მ დაშორებით ვარჯისგან. გეორადიოლოკაციური ანტენა- 2 მჰც სიხშირე.

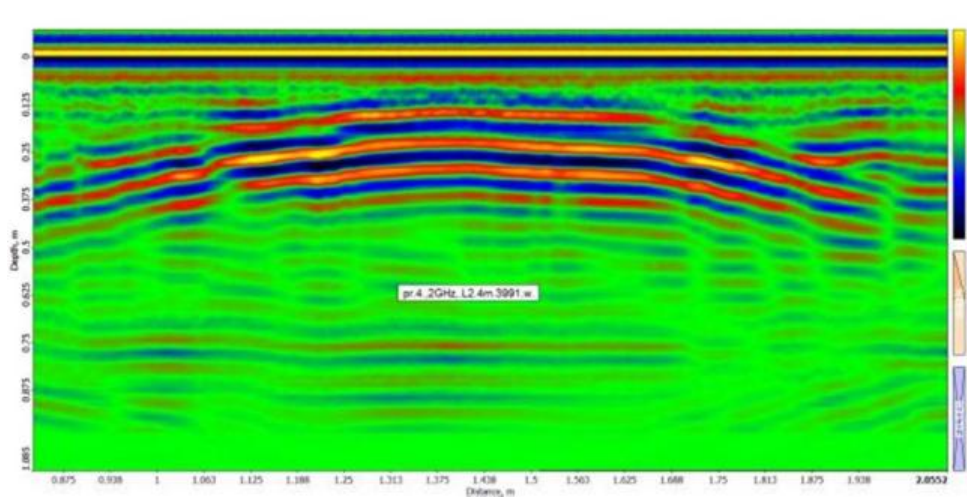
ნახ.12-ის ინტერპრეტაციიდან გამოვყოფთ ქვა-ყუთის დამახასიათებელ რადიოსახეს ე.წ. „ბოუ-თაის“, რომელიც გამოიკვეთა 0.5-2 მ დისტანციებზე 1 მ დადრმავებით, რომელიც გართულებულია ახლომდებარე ანომალიებით. გამოყოფილია ამრეკლადობის ვერტიკალური ზღუდეები 0.5-0.8 და 1.75-2 მ-ის დისტანციებზე. გამოიყო მეორე „ბოუ-თაი“, ანუ ორმოს ტიპის სიღრუე, 2.25-3.25მ დისტანციებზე. მსგავსი რადიოსახეები მეტ-ნაკლების სიცხადით, გართულებებით, დაფიქსირდა მეორე ჭადრის მახლობლად პროფილებზე.

ფესვთა რადიოსახეების დასაზუსტებლად შესრულდა ელექტრომაგნიტური ველების ფიზიკური მოდელირების[1,2,3,] გეორადიოლოკაციური სამოდელო კვლევა 5 სმ დიამეტრის ხის ტოტების გადანაჭერი მშრალი და დატენიანებული ნიმუშებისთვის. ქვემოთ მოგვყავს მათი რადიოსახეები 2 გჰც გეორადიოლოკაციური ანტენის გამოყენებით შვიდი პარალელური პროფილიდან ცენტრალური პროფილებისთვის შესრულებული რადაროგრაფებიდან.



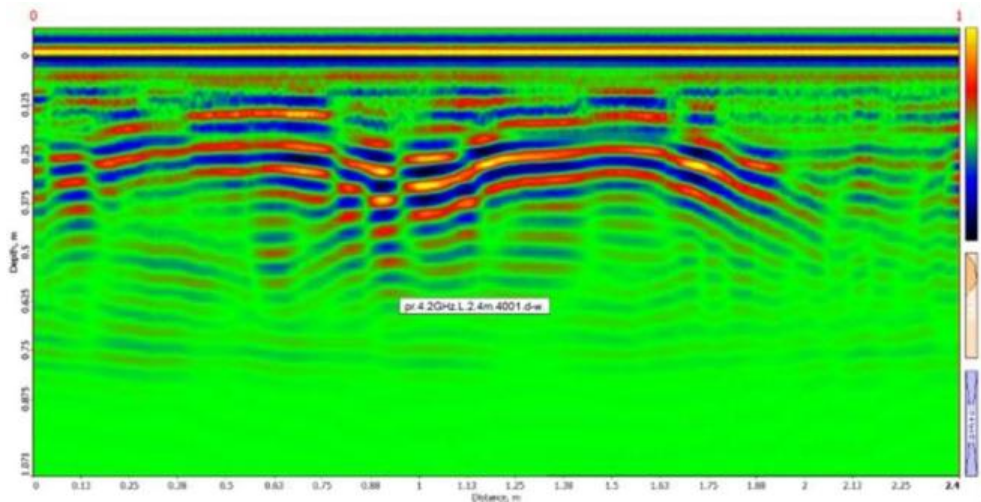
ნახ.13. წარმოდგენილია რადაროგრამა ხის გადანაჭერი 5 სმ მშრალი კუნძისთვის, პროფილის სიგრძე 2.4 მ.

ნახ.13-დან იკვეთება სინფაზურობის ღერძების ჰიპერბოლა, რომელთა წვერშიც ფიქსირდება 1.5 მ დისტანციაზე 7 სმ სიღრმეზე ნიმუშის განთავსების ლოკაცია. ნიმუშის რადიოსახე შეესაბამება ნიმუშის ლოკაციას.



ნახ.14. წარმოდგენილია რადაროგრამა ხის გადანაჭერი 14 სმ დატენიანებული კუნძისთვის, პროფილის სიგრძე 2.4 მ.

ნახ.14-დან იკვეთება სინფაზურობის ღერძების მკაფიოდ გამოხატული ჰიპერბოლა, რომელთა წვერშიც ფიქსირდება 1.5 მ დისტანციაზე 14 სმ სიღრმეზე ნიმუშის განთავსების ლოკაცია. ნიმუშის რადიოსახე შეესაბამება ნიმუშის ლოკაციას.



ნახ.15. წარმოდგენილია რადაროგრამა ხის მშრალი და დატენიანებული ნიმუშის გადანაჭერისათვის 2 მმ სიხშირის გეორადიოლოკაციური ანტენის გამოყენებით, პროფილის სიგრძე 2.4 მ.

ნახ.15 რადაროგრამიდან იკვეთება მშრალი და დატენიანებული ხის გადანაჭერი 5 სმ სისქის ნიმუშებისთვის ნაკლებად მკაფიოდ მშრალისთვის და უფრო მკაფიოდ დატენიანებული ნიმუშის რადიოსახეები. ნიმუშთა განთავსების ლოკაცია შეესაბამება რადიოსახეებით მათ დაფიქსირებულ მდებარეობას.

5 სმ დიამეტრის ხის ფესვის იმიტაციისთვის გამოყენებული ხის ტოტის 5 სმ გადანაჭერი ნიმუში მკაფიოდ გამოხატულ რადიოსახეებს იძლევა, რაც არ დაფიქსირებულა შენობის ფუნდამენტთან გატარებულ პროფილებზე. ამრიგად, შეიძლება ითქვას რომ ფუნდამენტთან უშუალო სიახლოვეში ფესვთა გავლენა მინიმალურია და უხიფათოა ნაგებობისთვის მიწისქვეშა დაზიანების თვალსაზრისით.

ულტრაბგერითი სამუშაოები

როგორც მსოფლიო გეოფიზიკურ საზოგადოებაში აპრობირებული, სხვადასხვა საინჟინრო და საყოფაცხოვრებო ამოცანების გადასაწყვეტად, ნაგებობების და მათი ინფრასტრუქტურის მდგომარეობის შეფასება-გამოკვლევისა და სარესტავრაციო სამუშაოების მიზანდასახულად განხორციელებისთვის, სულ უფრო ხშირად გამოიყენება გეოფიზიკურ მეთოდებს.

ჩვენს მიერ გეოფიზიკური სამუშაოების შესასრულებლად გამოყენებული იქნა შვეიცარიული კომპანიის (PROCEQ, <https://www.proceq.com/>) მიერ წარმოებული ულტრაბგერითი აპარატურა, რომლის სახელწოდება არის Pundit PL-200 და Pundit PL-200PE.

იმპულსური ექო გადამწოდი (Pulse Echo Transducer) – Pundit PL-200PE

იმპულსური ექო გადამწოდი წარმოადგენს ულტრაბგერითი ტალღების გადამწოდს. მისი საშუალებით შეიძლება ჩატარდეს რამდენიმე ტიპის ტესტირება (სკანირება):

B-Scan

სკანირებული ზედაპირის მართობული კვეთის შესწავლა. იგი ხელს უწყობს მილების, ბზარების, სიცარიელების და ა.შ. ძებნას.

A-Scan

უშუალოდ სიგნალის პირდაპირი ანალიზის საშუალებას იძლევა. აქვს სისქის ავტომატური წაკითხვა (ექო ტრეკერი).

Area Scan

შესასწავლი ობიექტის სიჩქარის ან სისქის მნიშვნელობები, ზედაპირის კონტურული რუკის სახით

ულტრაბგერითი სამუშაოების ჩატარების შედეგად მიღებული ტალღური და ტომოგრაფიული სურათების დამუშავება და ვიზუალიზაცია შესრულდა **Pundit – 200** და **Pundit – 20PE**-ს სამუშაო პროგრამის “**PL-Link**”საშუალებით.

დასახული ტექნიკური სამუშაოების შესასრულებლად დაისახა სამუშაო გეგმა, რომლის მიზანსაც წარმოადგენდა ხელოვნების მუზეუმის მთავარი შესასვლელის წინ არსებული ორი ჭადრის მიმდებარე მიდამოს შესწავლა, ჭადრების ფესვების სიდრმისეული გავრცელების მიზნით. წარმოდგენილი ულტრაბგერითი ხელსაწყო (**Pundit – 200** და **Pundit – 20PE**) არაა გათვალისწინებული მსგავსი ტიპის სამუშაოების შესასრულებლად, მაგრამ ჩვენ ვცადეთ დასახული სამუშაოს შესრულება, რათა შეგვეფასებინა ჩვენი ხელსაწყოს შესაძლებლობები.

სამუშაოები ჩავატარეთ ტომოგრაფიის (**B-Scan**) მეთოდით (ნახ.16).

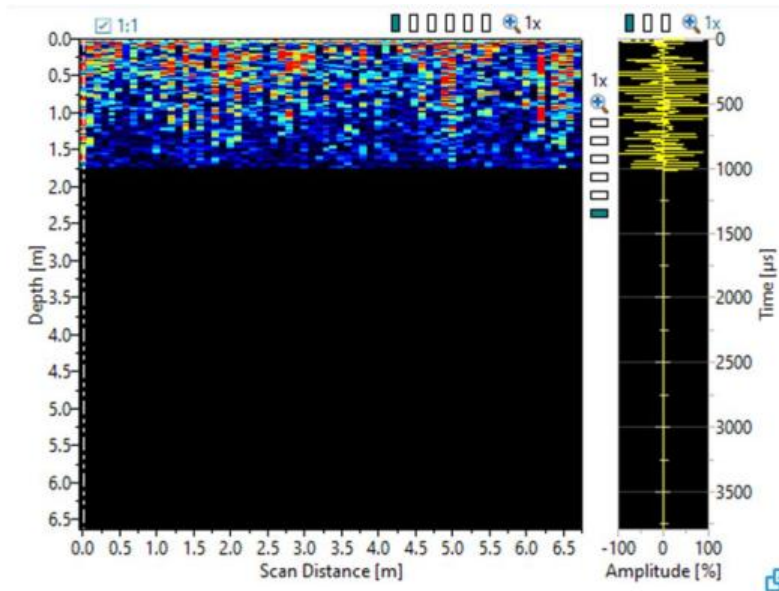


ნახ.16. ულტრაბგერითი ხელსაწყო **Pundit – 200PE**.

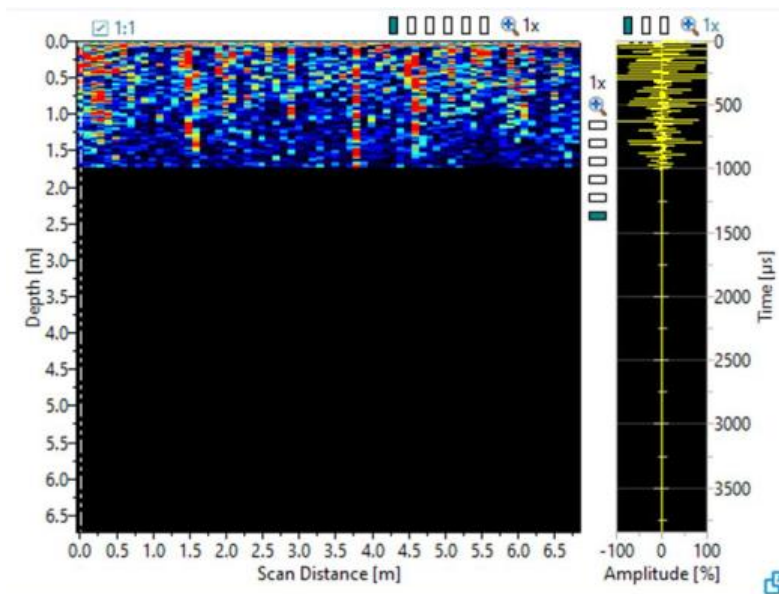
სკანირება ჩავატარეთ სამ ზოლზე:

1. კედელთან ახლოს 69 წერტილზე, 10 სანტიმეტრის დიაპაზონით;
2. პირველი ზოლის პარალელურად, მისგან დაახლოებით 60 სმ დაშორებით, 68 წერტილზე, 10 სმ დიაპაზონით;
3. პირველი და მეორე ზოლის პარალელურად, მეორე ზოლიდან 60 სმ დაშორებით, მათ პარალელურად, 69 წერტილზე, 10 სმ დიაპაზონით.

ულტრაბგერითი იმპულსის გარემოში შეღწევის სიღრმე დამოკიდებულია გარემოს სიმკვრივეზე, მასში არსებულ სიციარიელებზე, ბზარებზე და სხვადასხვა ჩანართებზე და დაახლოებით 0.5 მეტრიდან 1 მეტრამდე მერყეობს.

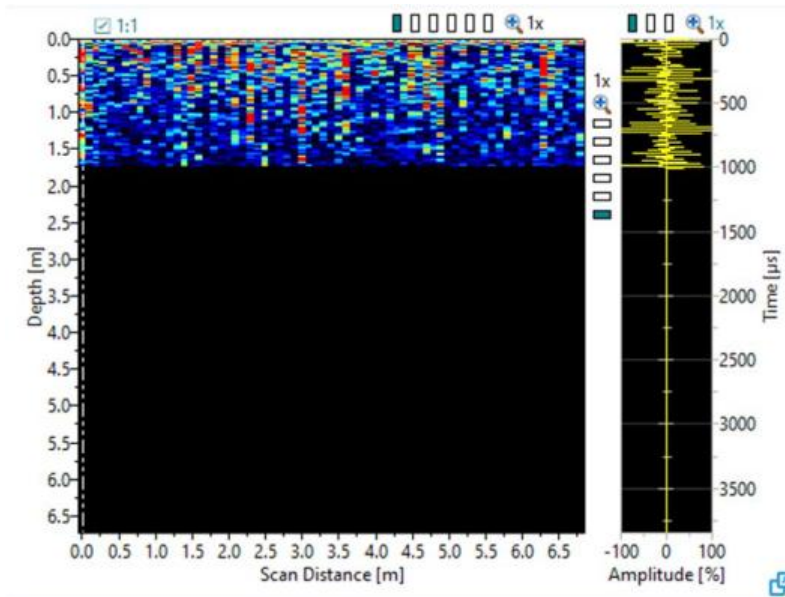


ნახ.17. ხელოვნების მუზეუმის კედელთან ახლოს, ხისგან მაქსიმალური დაშორებით მიღებული B-Scan (ტომოგრამა) ჩანაწერი



ნახ.18. ხელოვნების მუზეუმის კედელიდან 60 სმ დაშორებით, ხესა და კედელს შორის მიღებული B-Scan (ტომოგრამა) ჩანაწერი

წარმოდგენილ ტომოგრამებში მუქი ფერის არეები გვიჩვენებს შესუსტებულ უბნებს. ნახ. 17, 18, 19 ტომოგრამების შედარებითი ანალიზი გვიჩვენებს გარკვეულ განსხვავებებს მათ შორის. ამასთან, უნდა ითქვას, რომ ძალზედ ძნელია შესუსტებული არეების იდენტიფიცირება და მათი დაკავშირება ფესვთა სისტემასთან. შესუსტებული არეები შეიძლება დაკავშირებული იყოს აქ ჩატარებულ სხვადასხვა ტექნიკურ სამუშაოებთან. კედლის მიმდებარე და დანარჩენ ტომოგრამებს შორის არაა ისეთი განსხვავება, რომ ის ცალსახად დავუკავშიროთ ფესვთა სისტემას.



ნახ.19. ხელოვნების მუზეუმის კედელიდან 120 სმ დაშორებით, ხესთან მაქსიმალურად ახლოს მიღებული B-Scan (ტომოგრამა) ჩანაწერი

დასკვნა

საქართველოს ხელოვნების ეროვნული მუზეუმის ცენტრალური შესასვლელთან მიმდებარე ტერიტორიაზე მდებარე ჭადრის ხეების ფესვთა სისტემის გავლენის გეორადიოლოკაციური და აკუსტიკური მეთოდებით შესწავლის შედეგად შეიძლება ითქვას, რომ შენობის ფასადის მხარეს მდებარე ფუნდამენტზე ეს გავლენა მინიმალურია, ვინაიდან ფესვთა არსებობა უშუალოდ ფასადის ფუნდამენტთან, არ ფიქსირდება. მიზეზი რის გამოც ფესვთა სისტემა ვერ აღწევს ფასადის ფუნდამენტს, როგორც ჩანს, არის შემზღვევითი ბარიერული არეს არსებობა.

ლიტერატურა – References – Литература

- [1] Odilavadze D.T., Chelidze T.L. Geophysical modeling of the georadiolocation field in direct and inverse tasks of electro-dynamics. Geophysical Journal V.35, №4, 2013 pp. 154-160 (in Russian).
- [2] Odilavadze D.T., Chelidze T.L. Physical modeling of lava tubes in the GPR. Mikheil Nodia Institute of Geophysics, Transactions, vol. LXVII; ISSN 1512-1135, Publishing house of the Tbilisi State University, Tbilisi, 2017, pp. 129-142.
- [3] Odilavadze D., Chelidze T., Ghlonti N., Kiria J., Tarkhnishvili A. Physical modelling of a layered wedge type model in direct and inverse tasks of georadiolocation. Mikheil Nodia Institute of Geophysics, Transactions, vol. LXIX; ISSN 1512-1135, Publishing house of the Tbilisi State University, Tbilisi, 2018, pp. 44-61
- [4] Odilavadze D., Kiria J., Ghlonti N., Yavolovskaya O. The Results of Archaeogeoradiolocation Investigations of the Territory Inside the Rampart of St. Sophia Church of Khobi. „Moambe” Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, V.14, n.4, 2000, pp.51-56
- [5] Odilavadze D., Tarkhan-Mouravi A., Varamashvili N., Arziani Z. Prevention of the Danger Triggered by an Earth quake of Exogenous and Endogenous Processes, using a Combination of Geophysical Geoelectric Methods in Geotechnics. International Scientific Conference Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation, Tbilisi, 2019.

- [6] Odilavadze D.T., Varamashvili N.D. Vertical electrical sounding and georadiolocation to assess groundwater level during orchard cultivation. *Journal of the Georgian Geophysical Society*, 23(2), 2020.
- [7] Varamashvili N., Odilavadze D., Kiria J., Ghlonti N., Tarkhan-Mouravi A., Amilakhvari D. Vertical Electrical Sounding and Georadiolocation to Assess Landslide Area Water Saturation. *International Scientific Conference „Natural Disasters in the 21st Century: Monitoring, Prevention, Mitigation“ Proceedings*, ISBN 978-9941-491-52-8, Tbilisi, Georgia, 2021.
- [8] Varamashvili N., Chelidze T., Chelidze Z., Chikhladze V., Tefnadze D. Acoustic pulses detecting methods in granular media. *Journal of Georgian Geophysical Society*, v. 16, 2013.
- [9] Varamashvili N., Chelidze T., Chelidze Z., Gigiberia M., Ghlonti N. Acoustics in Geophysics and Geomechanics. *Journal of Georgian Geophysical Society*, v. 21, 2019.
- [10] Mohd Taufiq Mohd Khairi, Sallehuddin Ibrahim, Mohd Amri Md Yunus, Mahdi Faramarzi, Goh Pei Sean, Jaysuman Pusppanathan, Azwad Abid, Ultra sound computed tomography for material inspection: Principles, design and applications. *Measurement* 146, 2019, pp. 490–523.
- [11] Varamashvili N., Asanidze B., Jakhutashvili M. Ultrasonic Tomography and Pulse Velocity for Nondestructive Testing of Concrete Structures. *Journal of Georgian Geophysical Society*, v. 23(2), 2020.
- [12] Odilavadze D., Varamashvili N., Chelidze T., Ghlonti N., Kiria J., Tarkhan-Mouravi A. A. Complex study of the subsurface at a small depth using georadiolocation and ultrasound methods. *International Scientific Conference „Geophysical processes in the Earth and its envelopes“*, Tbilisi, 2023.

საქართველოს ხელოვნების ეროვნული მუზეუმის ცენტრალური შესასვლელთან მიმდებარე ტერიტორიაზე მდებარე ხეების შესაძლო გავლენის შესწავლა, გეოფიზიკური მეთოდებით, შენობის ფასადის მხარეს მდებარე ფუნდამენტზე ოდილავაძე დ., ვარამაშვილი ნ., ჭელიძე თ., ღლონტი ნ., ქირია ჯ., თარხან-მოურავი ა.

რეზიუმე

ჩვენი კვლევის საგანი იყო, გეორადიოლოკაციური და ულტრაბგერითი მეთოდებით, საქართველოს ხელოვნების ეროვნული მუზეუმის ცენტრალური შესასვლელთან მიმდებარე ტერიტორიაზე მდებარე ჭადრის ხეების ფესვთა სისტემის გავლენის შესწავლა შენობაზე. გეორადიოლოკაციის მეთოდი ეფექტურია სიღრმეებზე (0-50 მ) მიწისქვეშა ფენების აგებულების შესასწავლად. კვლევისას გამოყენებულ იქნა გეორადარი Zond 12e თავისი საშტატო მაღალი სიხშირის 500 მჰც ეკრანირებული და 2 გჰც ზემაღალი სიხშირის ანტენებით. გეორადარული მონაცემები შეკრებილი და დამუშავებული იქნა საშტატო კომპიუტერული პროგრამული უზრუნველყოფით Prizm 2.7. გეორადარის საშუალებით შესაძლებელია სხვადასხვა გარემოში არსებული სიცარიელების, ბზარების, შესუსტებული გარემოს გამოყოფა. შესაძლებელია ასევე გარემოს დატენიანების ხარისხის განსაზღვრა. გეორადიოლოკაციის მეთოდით მიწისქვეშა ფენების სხვადასხვა სიღრმეებზე შესასწავლად გამოიყენება სხვადასხვა სიხშირის ანტენები. გარემოს მექანიკური პარამეტრების განსაზღვრისათვის და მისი მექანიკური აგებულების დადგენისთვის ასევე ეფექტური საშუალებაა ულტრაბგერითი მეთოდი. წარმოდგენილ სამუშაოებში გამოყენებული იქნა შვეიცარული კომპანიის PROCEQ-ის მიერ წარმოებული ულტრაბგერითი აპარატურა, იმპულსური ექო გადამწოდი – Pundit PL-200PE. მიღებული მასალის დამუშავება შესრულდა Pundit – 200 და Pundit – 20PE-ს სამუშაო პროგრამის “PL-Link” საშუალებით. ულტრაბგერითი აპარატურით შესაძლებელია გარემოში არსებული სიცარიელების, ბზარების გამოყოფა და მათი გეომეტრიული პარამეტრების შესწავლა. ასევე გარემოს მექანიკური მახასიათებლების დადგენა. წარმოდგენილი კვლევა (მიწისქვეშა ფენების შესწავლა) არ არის ტიპური ულტრაბგერითი მეთოდისათვის, თუმცა საინტერესო იყო სამუშაოს შესრულება გეორა-

დიოლოკაციურ მეთოდთან ერთად და კომპლექსური ძიების შესაძლებლობის დადგენა. რადიოლოკაციით და ულტრაბგერითი მეთოდით მიღებული შედეგები ერთმანეთს არ ეწინააღმდეგება და ამით დასკვნების საიმედოობას ზრდის.

საკვანძო სიტყვები: გეორადიოლოკაცია, ულტრაბგერა, ტომოგრაფია.

**STUDYING THE POSSIBLE IMPACT OF THE TREES LOCATED NEAR
THE CENTRAL ENTRANCE OF THE NATIONAL MUSEUM OF ART
OF GEORGIA ON THE FOUNDATION ON THE FACADE SIDE
OF THE BUILDING USING GEOPHYSICAL METHODS**

Odilavadze D., Varamashvili N., Chelidze T., Glonti N., Kiria J., Tarkhan-Mouravi A.

Abstract

The subject of our research was to study the influence of the root system of the cedar trees on the building in the area near the central entrance of the National Museum of Art of Georgia, using georadiolocation and ultrasound methods. The radiolocation method is effective for studying the structure of underground layers (0-50 m) depths. Georadar Zond 12e with its standard high-frequency 500 MHz shielded and 2 GHz high-frequency antennas was used in the research. Georadar data were collected and processed with Prizm 2.7 regular software. With the help of georadar, it is possible to highlight voids, cracks and weakened environment. It is also possible to determine the degree of humidity of the environment. Antennas of different frequencies are used to study underground layers at different depths by radiolocation method. Ultrasonic method is also an effective tool for determining the mechanical parameters of the environment and its mechanical structure. In the presented works, the ultrasonic equipment manufactured by the Swiss company PROCEQ, pulsed echo transmitter – Pundit PL-200PE was used. Processing of the obtained material was performed by means of the Pundit – 200 and Pundit – 20PE working program "PL-Link". Using ultrasonic equipment, it is possible to highlight voids and cracks in the environment and study their geometrical parameters, as well as determining the mechanical characteristics of the environment. The presented research (study of underground layers) is not typical for the ultrasound method, although it was interesting to perform the work together with the geolocation method and to determine the possibility of complex investigation. The results obtained by radiolocation and ultrasound method do not contradict each other and increase the reliability of the conclusions.

Key words: Georadiolocation, ultrasound, tomography.

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЕРЕВЬЕВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ
У ЦЕНТРАЛЬНОГО ВХОДА НАЦИОНАЛЬНОГО МУЗЕЯ ИСКУССТВ
ГРУЗИИ, НА ФУНДАМЕНТ С ФАСАДНОЙ СТОРОНЫ ЗДАНИЯ
ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

**Одилавадзе Д., Варамашвили Н., Челидзе Т., Глonti Н.,
Кириа Дж., Тархан-Моурави А.**

Реферат

Предметом нашего исследования было изучение влияния корневой системы кедровых деревьев на здание в районе центрального входа Национального музея искусств Грузии методами георадиолокации и ультразвука. Радиолокационный метод эффективен для изучения строения подземных слоев (0-50 м) глубин. В исследованиях использовался георадар Зонд 12е со штат-

ной высокочастотной экранированной антенной 500 МГц и высокочастотной антенной 2 ГГц. Данные георадара собирались и обрабатывались с помощью штатной программы Prizm 2.7. С помощью георадара можно выделить пустоты, трещины и ослабленную среду. Также возможно определение степени влажности окружающей среды. Антенны разных частот используются для исследования подземных слоев на разных глубинах радиолокационным методом. Ультразвуковой метод также является эффективным средством определения механических параметров окружающей среды и ее механического строения. В представленных работах использовалось ультразвуковое оборудование производства швейцарской фирмы PROCEQ, импульсный эхопередатчик – Pundit PL-200PE. Обработку полученного материала проводили с помощью рабочих программ Pundit-200 и Pundit-20PE «PL-Link». С помощью ультразвукового оборудования можно выделить пустоты и трещины в окружающей среде и изучить их геометрические параметры, а также определение механических характеристик окружающей среды. Представленное исследование (изучение подземных слоев) не характерно для ультразвукового метода, хотя было интересно выполнить работу совместно с георадиолокационным методом и определить возможность комплексного исследования. Результаты, полученные георадиолокационным и ультразвуковым методом, не противоречат друг другу и повышают достоверность выводов.

Ключевые слова: Георадиолокация, ультразвук, томография.