

doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-381-386



ГЕОРАДАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОТКРЫТОЙ ВОДЕ ОЗЕРА ВОРОБЬИНОГО

✉ Пивовар А.В., Орлов А.В., Летюка Н.И.

¹РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

✉ herzen-osoumu@mail.ru

В статье описана методика применения георадарного комплекса ОКО-3 (НПЦ GEOTEX) на открытой воде. Приведены результаты испытаний применения АБДЛ-Тритон в плавающем кожухе. Выделены преимущества и недостатки метода. Описана расшифровка радарограмм озера Воробьиного (Гончаровское сельское поселение, Выборгский район, Ленинградская область). Выполнено описание озерной котловины и донных отложений.

Ключевые слова: *Антенный блок Тритон, георадар ОКО-3, георадарный метод, озерные отложения, радарограмма, Карельский перешеек, озеро Воробьиное*

Введение. В данном исследовании рассматривается метод проведения георадарных исследований на открытой воде оз. Воробьиное на Карельском перешейке. В ходе исследования озера была собрана и обработана информация, полученная с помощью георадарного комплекса ОКО-3. Исследуемое оз. Воробьиное находится на Северо-Западе Ленинградской области в Выборгском районе, на территории Карельского перешейка. Озеро имеет вытянутую с севера на юг форму протяженностью более 1 км, шириной до 250 м, с большим наличием островов. Средние глубины озера 7-10 метров с наличием впадин до 15 м.

Цели: апробация метода работы с антенной АБДЛ-Тритон в составе георадара ОКО-3 на воде, изучение батиметрии озера, выявление стратиграфии донных отложений.

Задачи: разработать способ удержания антенны на водной поверхности, сравнение результатов работы георадара применяемым методом с данными полученными утвержденными производителем методами; георадарные исследования на озере Воробьином, камеральная обработка результатов исследования на оз. Воробьином.

Методы исследования. Георадарный метод основан на явлении отражения электромагнитных волн от поверхностей, на которых меняются диэлектрические свойства среды.



Рис. 1. Внешний вид антенного блока АБДЛ-Тритон

В состав георадара входят излучающая (источник) и приемная (приемник) антенны. Электромагнитная волна отражается от границ слоев, имеющих различные диэлектрические свойства. Отраженные импульсы принимаются антенной, усиливаются и преобразуются в цифровой вид – радарограмму.

Глубина и разрешающая способность зондирования зависят от рабочей частоты антенного блока. Чем ниже частота, тем больше глубина зондирования и меньше разрешающая способность и наоборот. Рабочие частоты георадара ОКО-3 варьируют от 50 МГц (глубина зондирования 18 м, разрешающая способность 100 см) до 2500 МГц (глубина зондирования 0,4 м, разрешающая способность 1,5 см).

Антенный блок АБДЛ-Тритон (рис. 1) предназначен для работ в труднопроходимых условиях (естественные поверхности, леса, болота и пр.). Он выполнен в виде герметичного полугибкого шланга с защитным кожухом из пожарного рукава. Внутри шланга размещаются передающий и приемный блоки. Блок имеет рабочую частоту 50 МГц, глубину зондирования до 18 м, разрешающую способность 1 м, длину 4,7 м и массу 8 кг.

Антенный блок выполнен герметичным, но, как указывает завод-изготовитель [Методические рекомендации..., 2007], он не плавает и не предназначен для работы под водой. В наших предыдущих исследованиях мы успешно применяли АБДЛ-Тритон при работе на льду и даже на льду покрытым 10-сантиметровым слоем воды.



А



Б

Рис. 2 Способ применения антенны АБДЛ-Тритон на открытой воде. А) Укладка антенного блока в плавающий кожух; Б) Работа георадара с АБДЛ-Тритон на открытой воде

Для решения задачи использовать георадарный комплекс с антенным блоком АБДЛ-Тритон на открытой воде, понадобилось разработать способ удержания гибкой пятиметровой антенны на водной поверхности (рис. 2). Для этого антенный блок был помещен в полипропиленовую трубу диаметром 110 мм, длиной отрезков 5 м (из двух отрезков по 2 м и одного в 1 м). Провод связи и трос-поводок были выведены через

заглушку наружу, все соединения и отверстия были загерметизированы намоткой полиэтиленовой стрейч-пленки. В такой защите блок был помещен на воду, где показал отличную плавучесть (рис. 2Б): защитный кожух не погружался в воду более чем на 2-3 см, тем самым обеспечивая идеальное положение антенны относительно водной поверхности. По водной поверхности антенный блок перемещался легко, имел слабую инерцию и быстро терял скорость за счет тупого торца; трос-поводок легко удерживался пальцами и имел слабое натяжение. Всю конструкцию антенны можно было легко развернуть на 180°, поворачивая её рукой за передний край.

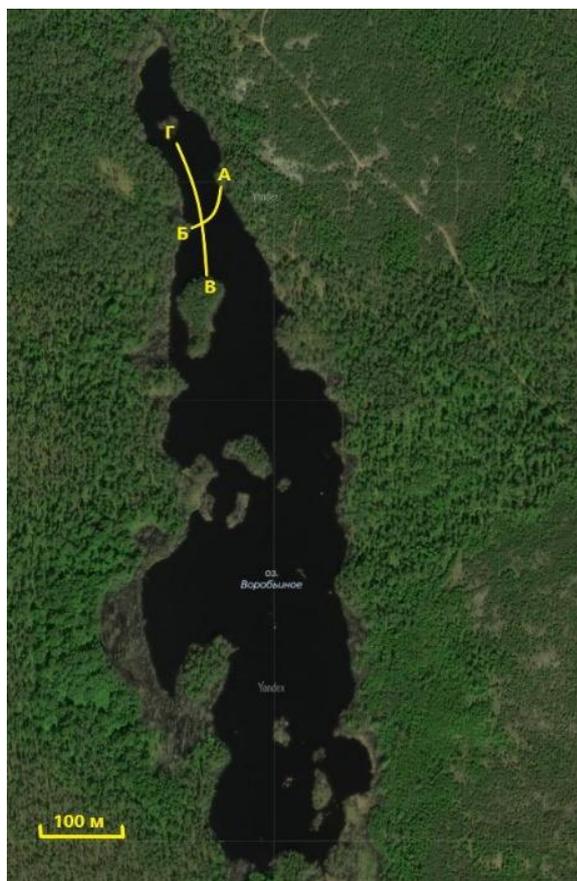


Рис. 3. Общий вид озера Воробьиного (по данным Яндекс-карты, 2023 г.) желтыми линиями обозначены профили георадарной съемки

Георадарная съемка на озере Воробьином (рис. 3) выполнялась 8 ноября 2023 г. с 11.37 до 14.30 (мск.). Погодные условия: облачно, без прояснений, временами морозящие дожди, температура воздуха +5...+7°C, температура воды +4°C, полный штиль.

Георадарный комплекс состоит из георадара ОКО-3 (НПЦ ГЕОТЕХ) с антенным блоком АБДЛ-Тритон, помещенный в плавающий кожух.

Таблица. Параметры настройки георадара для съемки озера Воробьиного

Параметр	Показатель
Количество точек по глубине	511
Накопление сигналов	64
Эпсилон (ϵ) среды	81
Коэффициент усиления	9234
Профиль усиления	Экспонента
Режим сканирования	Непрерывный

Передвижение георадарного комплекса осуществлялось на надувной лодке с буксировкой антенного блока позади судна. Движение выполнялось на веслах, курсом на естественные ориентиры.

Обработка радарограмм производилась с помощью программы Geoscan32.

Результаты и обсуждения. Первое, на что следует обратить внимание, это высокое качество изображения по сравнению с радарограммами полученными при съёмке с ледовой поверхности (рис. 4).

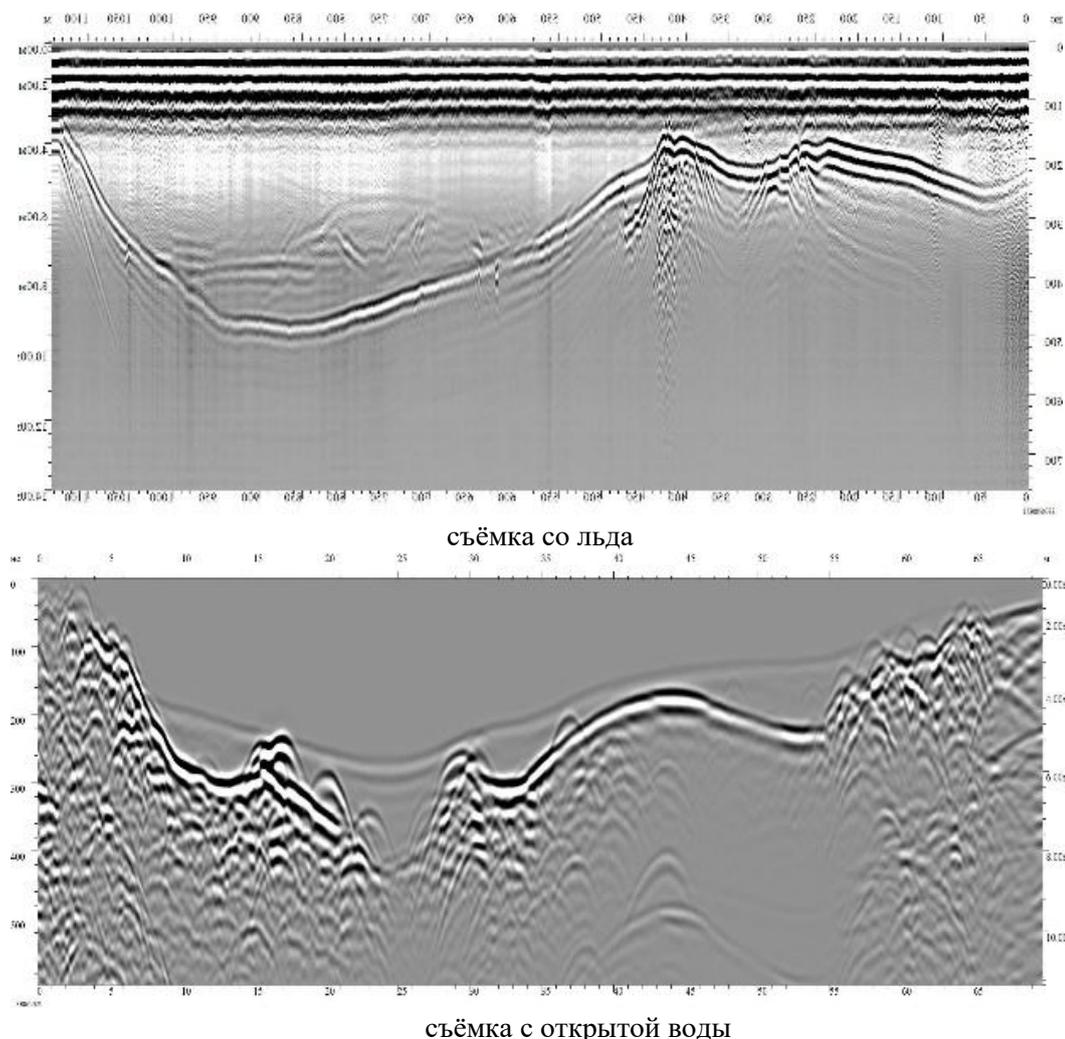


Рис. 4. Сравнение качества радарограмм полученных от АБДЛ-Тритон разными способами

В результате георадарной съёмки, были отмечены [Старовойтов, 2008] присутствие озерно-ледниковых отложений (рис. 5 и 6), которые хорошо идентифицируются по сильному затуханию радиоволны и присутствию в нем твердых объектов (валунов).

Современные (голоценовые), биогенные отложения озера на радарограмме не выделяются, вероятно по причине их сильной разуплотненности и маломощности (разрешение АБДЛ-Тритон составляет 100 см).

На радарограмме хорошо различимы скальные породы, представленные в данном районе преимущественно гранитами. В их толще отчетливо выделяются разрывные нарушения и тектонические дислокации. В центре озёрной котловины выделяются грабены и сбросы, что косвенно может указывать на тектоническое происхождение [Кузнецов и др., 2020].

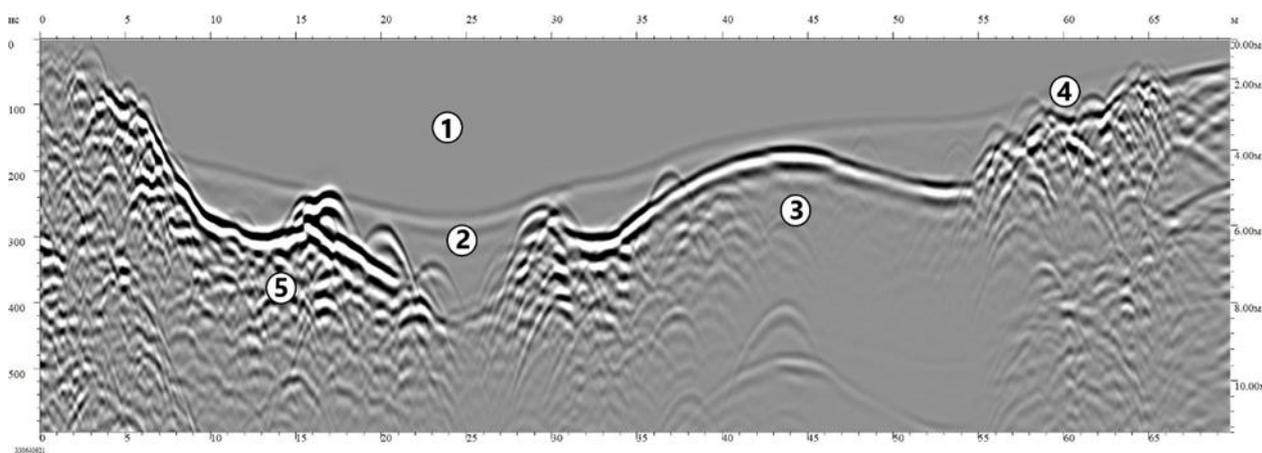


Рис. 5. Радарограмма поперечного профиля по линии А–Б (рис. 3).
Цифрами обозначены: 1 – водная масса; 2 – озерно-ледниковые отложения; 3 – скальные породы; 4 – скопления валунов; 5 – тектонические дислокации.

Поверхность скальных пород дна имеет сглаженный характер, сформированный, вероятнее всего в результате ледниковой денудации. На что указывают крупные скопления валунов.

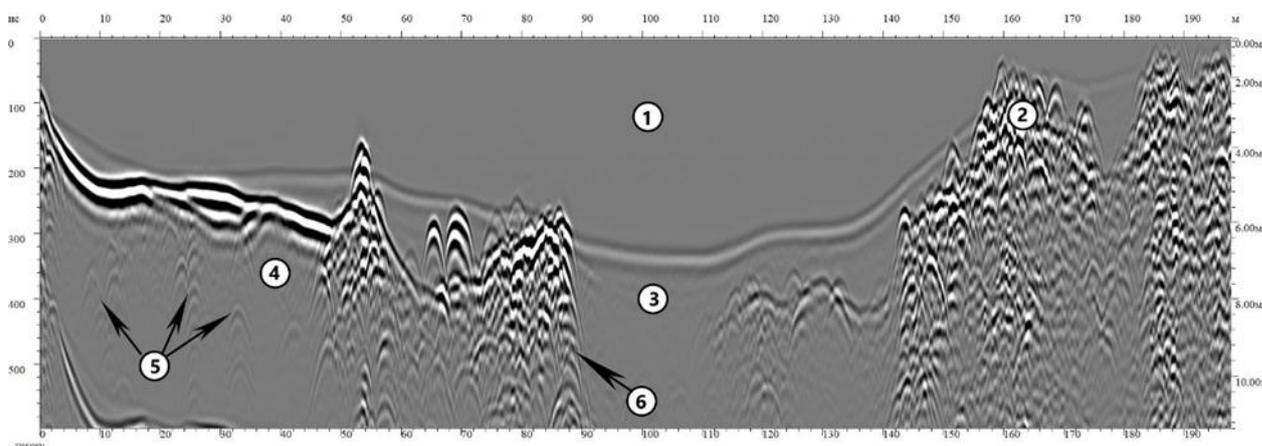


Рис. 6. Радарограмма продольного профиля по линии В–Г (рис. 3)
Цифрами обозначены: 1 – водная масса; 2 – скопления валунов; 3 – озерно-ледниковые отложения; 4 – скальные породы; 5 – вертикальные трещины в скальных породах; 6 – зеркало скольжения.

Выводы. Георадарные исследования на озере Воробьином показали:

1. Современные озерные отложения не выделяются на радарограмме полученные от антенного блока АБДЛ-Тритон, однако хорошо идентифицируются суглинистые озерно-ледниковые.
2. В скальных породах видны разрывные нарушения и тектонические дислокации.
3. Скопления валунов дают сильные помехи на границы нижележащих слоев, что мешает их выделению.
4. Котловина озера, вероятно, имеет тектоническое происхождение, подвергавшейся ледниковой эрозии.
5. К преимуществу метода использования АБДЛ-Тритон на открытой воде можно отнести: 1) простота конструкции, 2) доступность конструктивных деталей, 3) легкость управления, 4) возможность работать в теплый период года, 5) радарограмма получается более подробной и отчетливой, чем при работе через ледовый покров, который дает обширные помехи.

6. К недостаткам метода необходимо отнести: 1) вероятность парусности конструкции, которую пока не удалось выявить, так как работы проводились при полном штиле и 2) вероятность сноса антенны при работе в зоне течений.

ЛИТЕРАТУРА

Кузнецов Д.Д., Субетто Д.А., Лудикова А.В. и др. Новые сведения об отложениях Гейниокского пролива (Карельский перешеек) // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-запада России. 2020. № 7. С. 318-321. doi: 10.24411/2687-1092-2020-10751

Методические рекомендации по обследованию водоемов и болот с использованием георадара «Око-2» / ООО «Логические системы». 2007.

Старовойтов А.В. Интерпретация георадиолокационных данных: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 011200 "Геофизика" / А. В. Старовойтов; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Геологический фак., Каф. сейсмометрии и геоакустики. Москва: Изд-во Московского ун-та, 2008. - 187 с.

GROUND PENETRATING RADAR STUDIES ON THE SURFACE OF WATER LAKE VOROBINOYE

Pivovar A.V., Orlov A.V., Letyuka N.I.

Herzen Russian State Pedagogical University, St. Petersburg, Russia

The article describes the method of using the OKO-3 georadar complex (CG GEOTECH) in open water. The results of testing the use of ABDL-Triton on water are presented. The advantages and disadvantages of the method are written. The radargrams of Lake Vorobinoye (Vyborg district, Leningrad region) have been deciphered. A description of the lake basin and bottom sediments has been written.

Keywords: *Antenna Triton, ground penetrating radar OKO-3, GPR-method, lake sediments, radargram, Karelian Isthmus, Lake Vorobinoye*

REFERENCES

Kuznetsov D.D., Subetto D.A., Ludikova A.V., Orlov A.V., Shatalova A.E., Dudorkin E.C., Tumskaja V.V. Sediments of the Hejnjoki Strait (Karelian Isthmus) – new data // Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia. 2020. Issue 7. P. 318-321. doi:10.24411/2687-1092-2020-10751

Methodological recommendations for surveying reservoirs and swamps using the Oко-2 georadar / Logical Systems LLC. 2007.

Starovoitov A.V. Interpretation of georadar data: a textbook for students studying in specialty 011200 "Geophysics" / A. V. Starovoitov; Moscow State University named after M. V. Lomonosov, Faculty of Geology, Dept. seismometry and geoacoustics. Moscow: Moscow University Publishing House, 2008. - 187 p.