

## Исследования многолетнемерзлых пород методом ЗСБ на Научно-исследовательской станции «Остров Самойловский»

*В. В. Потанов<sup>1\*</sup>, А. А. Заплавнова<sup>1</sup>, А. А. Картозия<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. Трофимука А.А. СО РАН,  
г. Новосибирск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация  
\* e-mail: potapovvv@ipgg.sbras.ru

**Аннотация.** В период с 5 июля по 7 августа 2021 года проводился полевой выезд на НИС «Остров Самойловский». В рамках этого выезда осуществлялись измерения методом ЗСБ. Цель исследования заключалась в определении мощности многолетнемерзлых пород (ММП) на о. Самойловский и его окрестностях в пределах дельтовой части р. Лены с помощью метода ЗСБ. Мощность ММП ранее оценивалась в 400-1000 м по данным метода МТЗ. При зондированиях размер генераторной петли составлял 200×200 м. Регистрация электромагнитного поля осуществлялась одновитковой петлей размером 20\*20 метров с различными разносами: - 100, 0, 100 метров от центра генераторной петли вдоль двух профилей. В результате измерений мы получили два типа кривых кажущегося сопротивления: кривые с высоким влиянием процессов вызванной поляризации (ВП) и без такого значительного влияния. Из анализа полученных разрезов следует, что мощность многолетнемерзлых пород (ММП) составляет около 700 метров. Можно отметить, что метод ЗСБ позволяет определять геоэлектрическое строение верхней части разреза (ВЧР) глубиной до 800 метров.

**Ключевые слова:** многолетнемерзлые породы, метод зондирования становлением поля, геоэлектрический разрез, удельное электрическое сопротивление

## Investigations of permafrost rocks by the TEM method at the Research Station «Samoylov Island»

*V. V. Potapov<sup>1\*</sup>, A. A. Zaplavnova<sup>1</sup>, A. A. Kartoziya<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk,  
Russian Federation

<sup>2</sup> V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy  
of Sciences (IGM SB RAS), Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: potapovvv@ipgg.sbras.ru

**Abstract.** In the period from 07/05/2021 to 08/07/2021, a field survey was carried out near the Scientific Station «Samoylov Island». Within the framework of this trip, measurements were carried out by the TEM method. The purpose of the research was to determine the thickness of permafrost on the island using the TEM technique. We previously estimated the permafrost thickness of Samoylov Island and its environs as 400-1000 m by using the MTS technique. The size of the generator loop was 200×200 m. The electromagnetic field registration was carried out by a single-turn loop measuring 20\*20 meters with different spacings: - 100, 0, 100 meters from the center of the generator loop along with two profiles. The apparent resistivity curves obtained in the study area are divided into two types: curves with a high influence of induced polarization (IP) processes and without such a significant influence. According to the interpreting sections analysis, the permafrost thickness is about 700 meters. This result is shown in both sections. Also

can be noted, that the TEM technique makes it possible to determine the geoelectric properties of the upper part of the section up to 50 meters deep.

**Keywords:** permafrost, transient electromagnetic method, geoelectric section, electrical resistivity

### *Введение*

В период с 05.07.2021 года по 07.08.2021 года проводился полевой выезд на НИС «Остров Самойловский». В рамках этого выезда осуществлялись измерения методом ЗСБ. Цель исследования заключалась в определении мощности многолетнемерзлых пород (ММП) на о. Самойловский и его окрестностях в пределах дельтовой части р. Лены с помощью метода зондирования становлением в ближней зоне (ЗСБ). Ранее мощность многолетнемерзлых пород (ММП) ориентировочно оценивалась здесь в 400-1000 м по данным метода МТЗ [1].

### *Методика*

Измерения методом ЗСБ проводились в течение 6 дней. В пределах участка исследований были выполнены профильные зондирования методом ЗСБ, вдоль 2 профилей различной длины. Один профиль пересекал о. Самойловский с юго-запада на северо-восток. Второй профиль располагался на южном берегу Оленекской протки напротив о. Самойловский по направлению с севера на юг. При зондированиях размер генераторной петли составлял 200×200 м. Регистрация электромагнитного поля осуществлялась одновитковой петлей размером 20\*20 метров с различными разносами: - 100, 0, 100 метров от центра генераторной петли.

Схема расположения (рис. 1) петель диагональная, с расстоянием между центрами генераторных петель 300 метров, а между центрами измерительных петель 100 метром. Таким образом обеспечивалось проведение профильных измерений с непрерывным перемещением вдоль профиля генераторной петли без лишних переключений проводов.

Для качественного измерения всего диапазона времен зондирования сила тока в генераторной петле менялась: малый ток – около 0.5 А, средний ток – около 2А, большой ток – около 14 А. Питание генератора осуществлялось 3-мя автомобильными аккумуляторами емкостью 75 Ач и напряжением 12 В. На малом токе измерялись ранние времена, на большом токе измерялись поздние времена, и в дальнейшем в процессе обработки сигналы с разных режимов тока совмещались с соответствующей нормировкой, чтобы получить всю кривую зондирования, которая содержит информацию о всем измеренном диапазоне глубин. Длительность токового импульса составляла – 20 мс, паузы – 20 мс.

Данный режим был выбран исходя из измеряемой длительности сигнала и экономии времени на измерения. Количество измерений на одной точке составило около 5 тысяч импульсов, что было необходимо для получения качественного конечного полевого материала. Большинство сигналов ЗСБ имели длительность от 40 мкс до 4-5 мс.

При проведении исследований на НИС «о. Самойловский» было измерено 28 пикетов вдоль 2 профилей. Схема профилей показана на рис. 2.

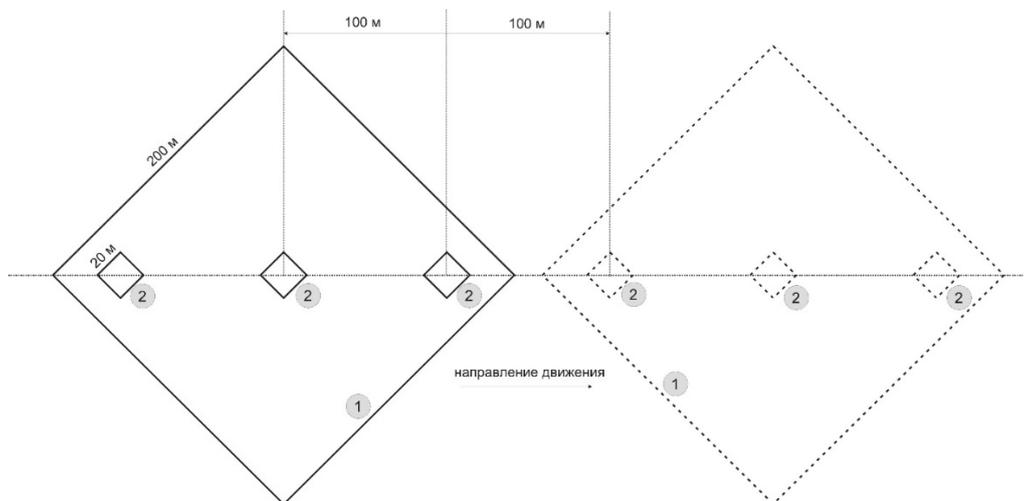


Рис. 1. Схема профильных измерений на НИС «о. Самойловский» методом ЗСБ: 1) – генераторная петля, 2) измерительная петля

Предварительная обработка сигналов ЗСБ проводилась в специализированном программном комплексе «FastSnap Software», поставляемом совместно с аппаратурой FastSnap [2,3]. Этот программный комплекс обладает всеми необходимыми процедурами для получения конечных сигналов ЗСБ и включает в себя: суммирование сигналов от всех импульсов, сшивку данных от разных записей, нормировку данных на ток и момент генераторно-измерительного комплекса, фильтрацию, интерполяцию и др. Методика предварительной обработки описана в монографии разработчиков программного комплекса [4].

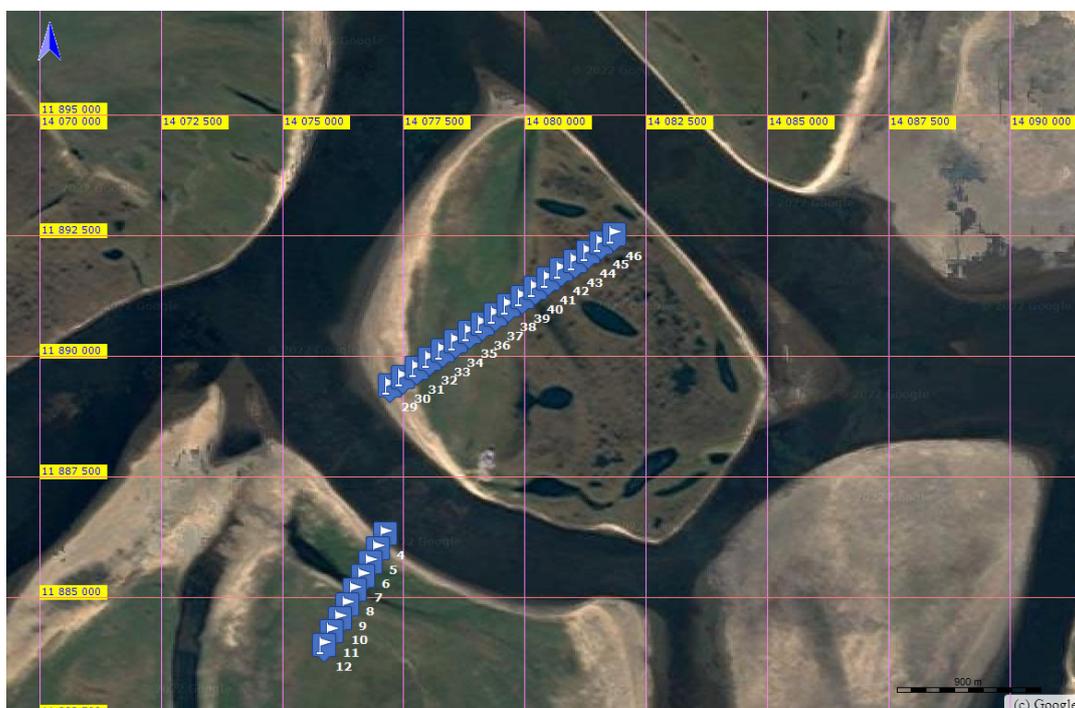


Рис. 2. Схема профилей и пикеты при измерениях методом ЗСБ на НИС «о. Самойловский»: южный профиль – первый, северный профиль – второй

После предварительной обработки были получены конечные сигналы становления и их трансформации в кривые кажущегося сопротивления. Все кривые кажущегося сопротивления, полученные на участке исследований, разделяются на два типа: кривые с высоким влиянием процессов вызванной поляризации (ВП) и без такого значительного влияния.

На рисунке 3 показаны типичные кривые кажущегося сопротивления для пикетов с ВП и без него.

Как видно из графиков кривые имеют следующий вид: начало всех кривых начинается с очень высоких сопротивлений в несколько кОм с дальнейшим уменьшением сопротивлений до нескольких сотен Ом.

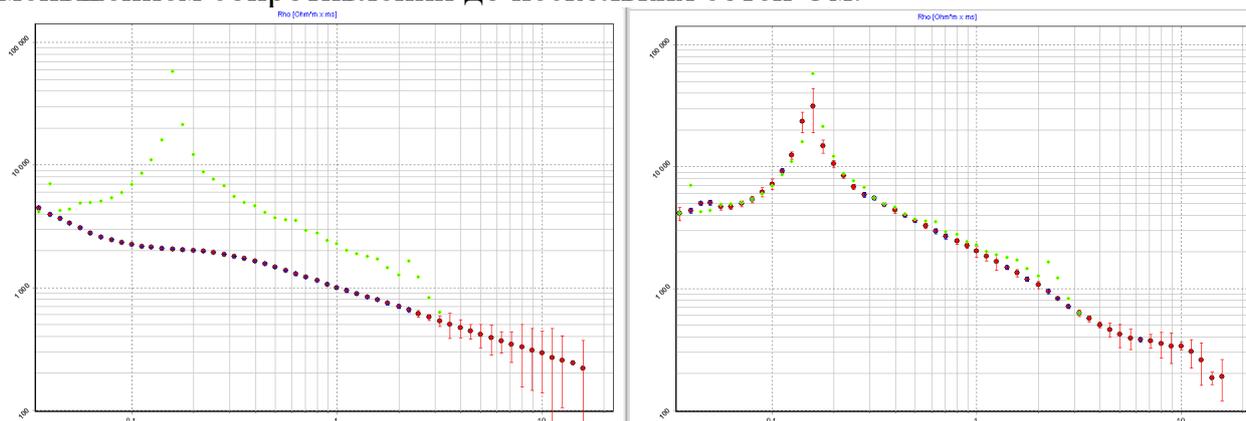


Рис. 3. Кривые кажущегося сопротивления: слева – на пикете 36 без значительного влияния ВП, справа – на пикете 11 со значительным влиянием ВП

### *Результаты*

По результатам обработки измеренных сигналов была проведена первичная инверсия и получены предварительные разрезы по профилям. Инверсия проводилась сотрудниками лаборатории геоэлектрики ИНГГ СО РАН под руководством г.н.с. Антонова Е. Ю.

Ниже на рисунках 4-5 приведены предварительные профильные геоэлектрические разрезы, которые могут дать представление о строении участка работ.

По итогам анализа интерпретационных разрезов определено, что мощность многолетнемерзлых пород (ММП) составляет около 700 метров, для полученных разрезов, а значения сопротивления варьируются в интервале 1900-5000 Ом\*м. Однако есть различия в строении глубинной части на рассматриваемых профилях. На первом профиле при приближении к руслу Оленекской протоки (рис. 4, точки 12-4) наблюдается уменьшение значений удельного электрического сопротивления (УЭС) на глубине 600-700 метров. Это может говорить о меньшей температуре ММП. Такой эффект может быть связан с активной разломной зоны.

Разломы в период своего активного состояния являются флюидопроводниками и вызывают вертикальное перераспределение избыточных токов, что отражается в геоэлектрическом поле [5]. Предположение о существовании активной



На втором профиле (рис. 5, точки 29-46), который полностью находится на о. Самойловский, таких участков не наблюдается и параметры ММП стабильны как по мощности, так и по значениям сопротивления. Можно отметить, что метод ЗСБ позволяет определять геоэлектрическое строение верхней части разреза (ВЧР) глубиной до 50 метров.

На первом профиле отчетливо выделяются зоны оттайки из-за влияния русла реки (рис. 4, точка 6-4), представляющего большого размера проводник вблизи пунктов измерений. Глубина этой зоны составляет около 1-2 метров. Кроме того, озера или старицы четко отражаются в разрезе областями пониженных сопротивлений глубиной до 10 метров. На втором профиле видны различия в ВЧР для затопляемой и незатопляемой частей острова Самойловский (рис. 5, граница на точке 38). Эти различия представляют из себя уменьшение сопротивления верхнего слоя, которое связано с оттайкой ММП из-за привноса тепла во время паводков на затопляемой части о. Самойловский. Литологическое расчленение разреза по данным этого исследования не осуществлялось.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бердичевский М. Н., Куликов В. А. Чувствительность глубинного магнитотеллурического зондирования в присутствии флюидонасыщенных разломов // *Физика Земли*. – 1994. – №. 6. – С. 39-49.
2. Большианов Д. Ю., Васильев Б. С., Виноградова Н. П., Гавриш А. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Лаптево-Сибироморская. Лист S-51 – Оленёкский зал., S-52 – дельта р. Лены. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. 274 с. + 9 вкл.
3. Заплавнова А.А., Потапов В.В., Картозия А.А. Глубинное строение приустьевой части дельты реки Лены по данным МТЗ // *Электроразведка 2021: Сборник тезисов научно-практической конференции* – Издательский дом Академии Естествознания – М. – С. 21-26 – 2021
4. Современная практическая электроразведка / Рос. Акад. Наук, Сиб. Отд-ние, Ин-т земной коры. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2018. 231 с.
5. Шарлов М.В, Агафонов Ю.А., Стефаненко С.М. Современные телеметрические электроразведочные станции SGS-ТЕМ и FastSnap. Эффективность и опыт использования // *Приборы и системы разведочной геофизики. Ежеквартальное официальное издание Саратовского от-ния Евро-Азиатского геофиз. о-ва*. 2010а. №01 (31). С. 27-31.
6. FastSnap Цифровая электроразведочная станция. Руководство по эксплуатации и программному обеспечению (РЭ) // ООО «Сигма-Гео». Иркутск: 2017. - 177 с.

© В. В. Потапов, А. А. Заплавнова, А. А. Картозия, 2022