© Д.В. Саввин, Л.Л.Федорова, А.В. Омельяненко, М.Р. Никифорова, 2011

УДК 622.2715:550:621.396.96

Д.В. Саввин, Л.Л.Федорова, А.В. Омельяненко, М.Р. Никифорова

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КРИОГЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД МЕТОДОМ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ

Рассмотрены возможности дистанционного исследования криогенного состояния и строения массива горных пород. Приведены примеры экспериментальных исследований сезонно-талого слоя, линз льда и зон талых пород методом георадиолокации.
Ключевые слова георадиолокация, криолитозона, сезонно-талый слой.

Для повышения производительности труда, экономической эффективности и уменьшения энергоемкости технологических процессов открытой разработки месторождений криолитозоны необходима оперативная информация о криогенном состоянии и строении массива горных пород. Применение современных методов геофизики, в том числе электроразведки, в комплексе инженерно-геологических изысканий позволяет получать детальное представление об объекте исследований, не увеличивая объем планируемых буровых работ. В условиях распространения многолетнемерзлых пород перспективны методы высокочастотной электроразведки, в частности, георадиолокационный метод. Мерзлые горные породы, особенно мерзлые рыхлые отложения, обладают на порядки более высоким электрическим сопротивлением, чем талые породы и поглощение энергии электромагнитных волн в мерзлых породах на порядок меньше чем в талых [1]. Это предопределяет большую глубинность георадиолокационных исследований мерзлого массива, что вызывает повышенный интерес к использованию георадиолокации в условиях криолитозоны.

Для ведения открытых горных работ наиболее благоприятен теплый период года, но его кратковременность требует весьма интенсивной организации производства. Интенсивная работа может быть организована только при наличии достаточного количества подготовленных к разработке пород. В условиях многолетнемерзлых россыпей больше половины вскрышных работ производятся с предварительным разупрочнением рыхлых пород. Например, оттайку пород можно провести с использованием различных способов в летний период предыдущего года. Однако оттаянные летом породы зимой неизбежно промерзнут снова на такую глубину, при которой их разработка станет невозможной. Промерзание верхней части талых пород может из-

меняться от 1 – 1,5 м до 3,5 – 4 м [2]. Это величина зависит от температуры воздуха, длительности промерзания, высоты и плотности снега, состава и влажности пород.

Обычно глубину промерзания для каждого участка знают по опыту прежних работ, поэтому в ряде случаев расчет не производят, а ориентируются на практический опыт. Поэтому пользоваться статистическими материалами следует осторожно. Можно также практический опыт подтвердить расчетом. Однако естественное промерзание – сложный многофакторный теплофизический процесс и его точный расчет весьма затруднен [2].

При открытой разработке месторождений наиболее эффективна и дешева естественная оттайка с послойным удалением (при бульдозерной разработке) или накоплением талого слоя (при разработке с помощью экскаватора). Одними из условий интенсивности естественной оттайки является талый слой и периодичность его удаления. Талый слой находящийся на поверхности мерзлых пород, становится теплоизоляцией, препятствующей дальнейшей оттайке пород. Также наибольшее препятствие для оттаивания представляют собой горизонтально ориентированные прослойки и линзы льда.

Чтобы выбрать наиболее эффективную технологию разработки месторождения необходимо четко знать условия, благоприятные для различных способов разупрочнения, которые прежде всего зависят от состава, криогенного состояния и строения массива горных пород разрабатываемого россыпного месторождения.

Нами проведены экспериментальные исследования возможности применения георадиолокации для оценки криогенного состояния горных пород. Исследования проводились на горно-геологических объектах Якутии [3]. Пример исследования глубины сезонно-талого слоя методом георадиолокации представлен на рисунке 1. Съемка на данном участке производилась в осеннее время с использованием георадиолокатора с центральной частотой 400 МГц обеспечивающей глубину исследований 5 – 8 м с детальностью 0,1 - 0,3 м (в зависимости от физических свойств исследуемых грунтов). Исследован участок площадью 280 м*15 м. Измерения проведены в контакте с поверхностью вдоль и поперек участка исследований. Анализ радарограмм с использованием данных бурения позволил провести привязку отражающих границ. Минимальная глубина прослеживания 2,72 м, максимальная - 4,05 м при средней 3,4 м.

Оси синфазности отраженных волн приуроченные к сезонно-талому слою прослежены по всему профилю. В левой части профиля в интервале 44 – 93 м выделяется слой мощностью до 1 м на глубине 3-4 м (отмечен пунктирной линией), предположительно участок пучения. Влияние участка пучения на вышележащие слои также проявляется наличием высококонтрастных отражающих границ на глубине 1-2 м в интервале от 0 до 120 м. “Прогиб” границы сезонно-талого слоя на участках 20-140 м и 235-255 м вероятно связан с переувлажненными породами верхней части разреза.

Для проведения горных работ необходимы детальные сведения о наличии талых участков и их расположении. Технология разработки талых и мерзлых россыпей различна, поэтому неожиданная встреча с талыми зонами в мерзлой толще может иметь самые неприятные последствия.

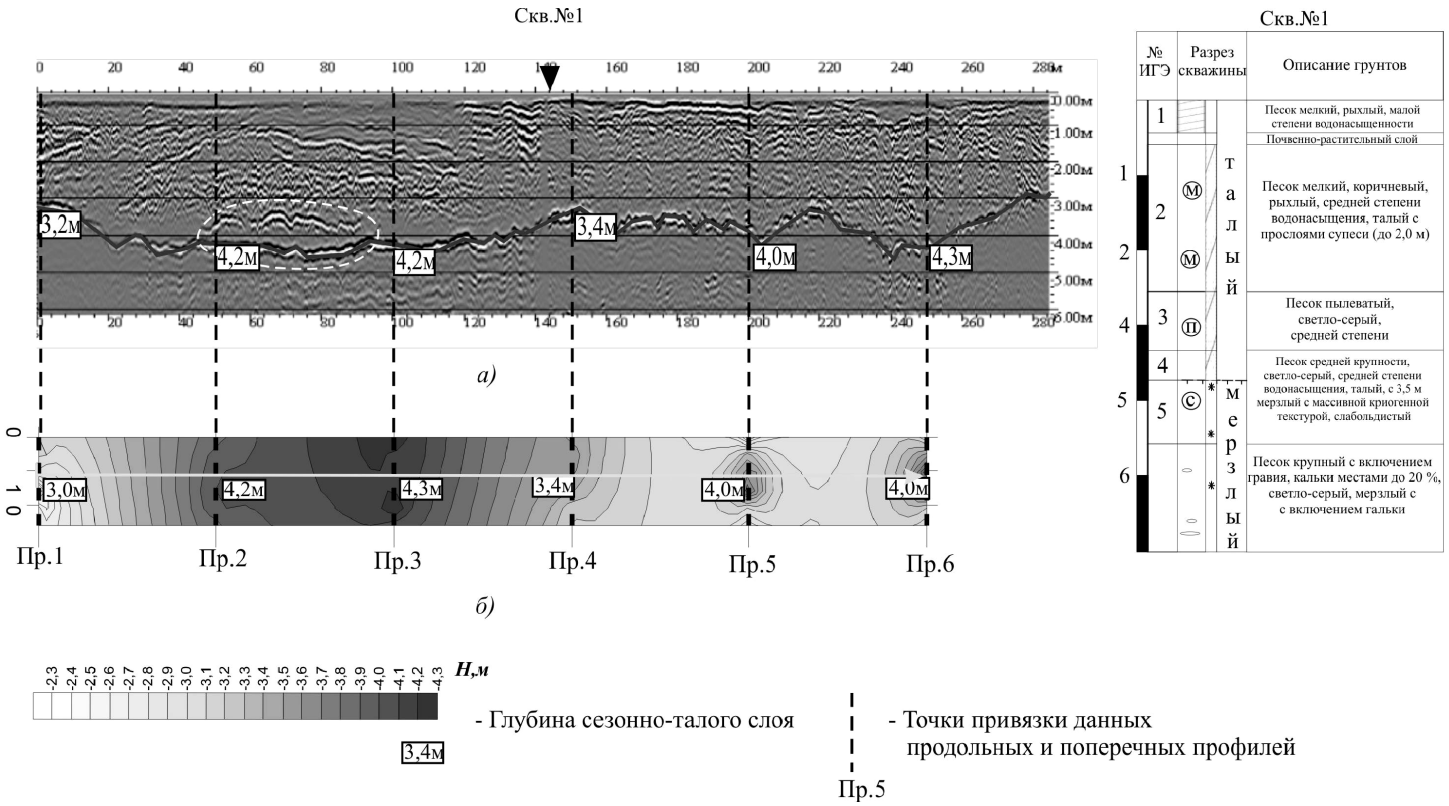

Рис. 1. Результат исследования глубины сезонно-талого слоя: а) георадиолокационный разрез по профилю вдоль участка; б) карта глубины сезонно-талого слоя по данным поперечных профилей

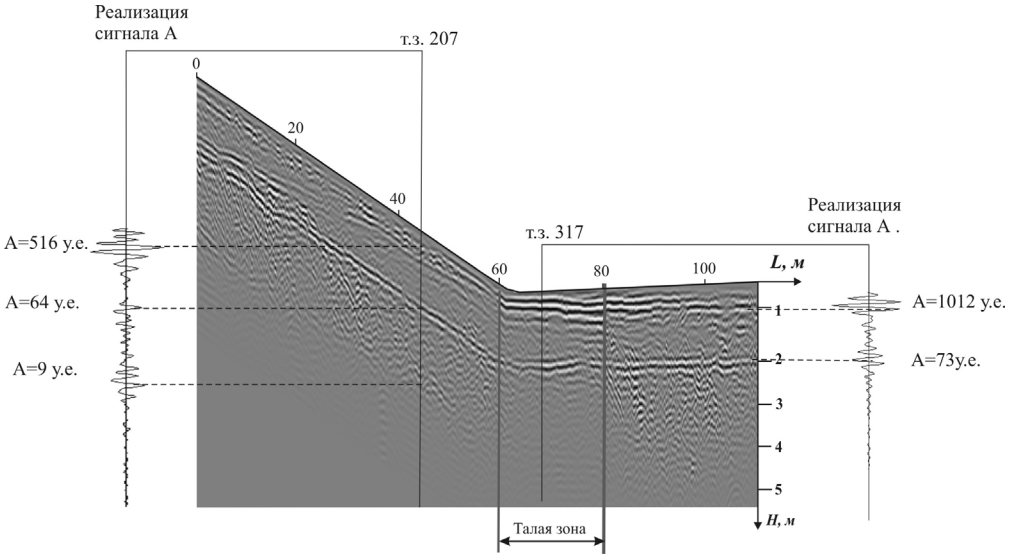

Рис. 2. Пример определения талых зон методом георадиолокации с учетом рельефа местности

На рис. 2 представлен результат экспериментальных георадиолокационных зондирований талых зон. На данном участке исследований рельеф местности имеет склон, по которому происходит сток (дренаж) воды, что приводит к ее накоплению (повышенному увлажнению) в подповерхностных слоях нижней части склона. При интерпретации данных георадиолокации, зоны талых пород определяются на основе анализа спектральных и динамических характеристик сигналов. Так, на участке 60-80 м по профилю георадиолокационного разреза представленного на рис. 2, в интервале глубин 0,5-1 м, сигналы более низкочастотны и имеют высокие амплитуды, по сравнению с остальными сигналами разреза, что характерно для отражений от пород повышенной влажности. В точке зондирования (т.з.) 207, на участке, представленном мерзлыми породами, амплитуда сигнала А, отраженного от границы на глубине 2 м, уменьшилась в 4 раза, а в т.з. 317 (участок талых пород) амплитуда сигнала А, отраженного от этой же границы уменьшилась в 13 раз, что так же характерно для пород повышенной влажности, в которых велико поглощение электромагнитной энергии.

Для применения любых способов оттайки наиболее благоприятен разрез, где основная толща пород представлена галечниками с песчаным заполнителем, не имеющим прослоев линз льда. При бурении скважин информация о геологическом строе-нии участка горных работ достоверна лишь вблизи пробуренных скважин. Пример обнаружения линзы льда при исследовании межскважинного пространства показан на рис. 3.

На участке применялась аппаратура с центральной частотой 400 МГц. Работы проводились в непрерывном режиме по профилям буровой линии в осенний период при полной оттайке сезонно-талого слоя. Линза льда уверенно выявляется интенсивными осями

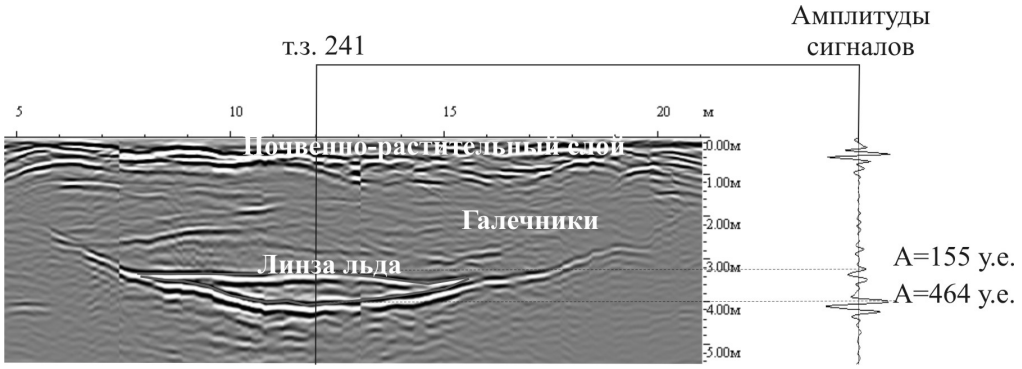

Рис. 3. Фрагмент георадиолокационного разреза рыхлых горных пород с присутствием линзы льда

синфазности отраженных сигналов. Мощность линзы составляет до 0,8 м, в длину 7,0 м и отчетливо прослеживается на глубине от 3,2 до 4,0 м.

Результатами проведенных работ показано, что метод георадиолокации дает возможность оперативно и с высокой точностью исследовать криогенное состояние горных пород, к примеру, прослеживать глубину оттайки массива пород, выявлять включения линз льда, определять зоны талых пород, и может успешно применяться для оценки степени готовности полигона к отработке открытым способом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Омельяненко А.В.* Георадиолокационные исследования многолетнемерзлых пород / А.В. Омельяненко, Л.Л. Федорова //. – Якутск.: Издательство ЯНЦ СО РАН, 2006. – 136 с.

2. *Потемкин С.В.* Оттайка мерзлых пород / С.В. Потемкин //. – М.: Недра, 1991. - 160 с.

3. *Омельяненко А.В.* Геофизическое картирование подповерхностных геологических структур криолитозоны / А.В. Омельяненко, Д.В. Саввин, Н.Д. Прудецкий //. – Горный информа.-аналит.бюллютень. - 2009. - № 4.-С.106-114. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Саввин Д.В. – ст. инженер лаборатории георадиолокации, Институт горного дела севера им. Н.В.Черского СО РАН, deophysic@mail.ru

Федорова Л.Л. – кандидат технических наук, ст.научный сотрудник лаборатории георадиолокации, Институт горного дела севера им. Н.В.Черского СО РАН, Lar-fed-90@rambler.ru

Омельяненко А.В. – доктор технических наук, заведующий лабораторией георадиолокации, Институт горного дела севера им. Н.В.Черского СО РАН, alex@igds.ysn.ru

Никифорова М.Р. – Первый заместитель министра транспорта, связи и информатизации Республики Саха (Якутия), mintrans@gov.sakha.ru