

Кошурников А.В. (ООО «МГУ-Геофизика»), Зыков Ю.Д., Пушкарев П.Ю. (МГУ), Хасанов И.М. (ФГУП «МАГАДАНГЕОЛОГИЯ»)

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ В КРИОЛИТОЗОНЕ

В статье рассматривается комплекс электромагнитных методов, включающий зондирование и профилирование постоянным током, частотное зондирование, зондирование становлением поля в ближней зоне и магнитотеллурическое зондирование. Такой набор методов позволяет изучать геологические разрезы в криолитозоне от поверхности до глубины несколько километров и давать характеристики мерзлотных условий изучаемых территорий при решении широкого круга задач. Приведены примеры.

In paper the complex of electromagnetic methods including sounding and profiling by a direct current, frequency sounding, tame domain sounding and audio-frequency magnetotelluric sounding is considered. Such set of methods allows to study geological cuts in cryolithozone from a surface up to depth in some kilometers and to give the characteristic cryogenic conditions of studied territories at the decision of the broad audience of problems. Examples are resulted.

Специфика задач, стоящих перед геофизикой при изысканиях в криолитозоне (КЛЗ) состоит в необходимости определения положения границ, связанных не только со сменной литологического состава пород и их влажности, но и с различием в их состоянии (мерзлое-талое), температуре, льдистости, текстуре (криогенной). Соответственно в задачу исследований включается и оценка соответствующих параметров. Арсенал методов, решающих эти задачи, на сегодняшний день значителен [1]. В первую очередь в него входят методы, объединяемые в две основных группы: электроразведка [2] и сейсмоакустика [4]. При этом в обеих используется широкий диапазон частот.

В настоящей статье рассматриваются только электромагнитные (в основном низкочастотные) методы в модификациях зондирования и профилирования, комплексное использование которых позволяет решать большинство задач с наименьшими затратами.

Необходимость использования комплекса связана с различной глубиной и разрешающей способностью каждого метода в отдельности и с разнообразием вопросов, возникающих при изысканиях в криолитозоне.

Верхняя, приповерхностная, часть разреза достаточно надежно и детально может быть изучена с помощью постоянного тока (профилирование и ВЭЗ) различными

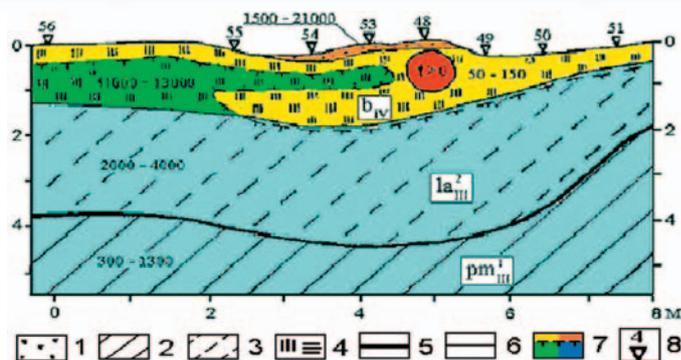


Рис. 1. Геокриологический разрез через газопровод с «теплым» режимом транспортируемого газа по данным ВЭЗ (цифры на разрезе — значения УЭС в Омм): 1 — песок; 2 — суглинок; 3 — супесь; 4 — торф; 5 — геологическая граница; 6 — граница литологических типов пород; 7 — граница мерзлых пород; 8 — ВЭЗ и его номер

установками при условии возможности осуществления гальванического контакта питающих и приемных линий с землей. Тесная корреляция между инженерно-геокриологическими параметрами пород и их удельным электрическим сопротивлением (УЭС) [1] позволяет составить четкую картину строения массива по латерали и до глубин, определяемых линейными размерами измерительных линий (разносов). Одним из примеров удачного использования ВЭЗ при оценке мерзлотного строения массива могут служить результаты работ на Тазовском п-ове при исследовании состояния грунтов вблизи подземного газопровода, транспортирующего газ при положительной температуре [3] (рис. 1).

Можно привести много примеров уверенного расчленения массивов мерзлых пород с помощью электроразведки постоянным током. Однако, к сожалению, ограничением для исследований, подобных этим, являются часто встре-

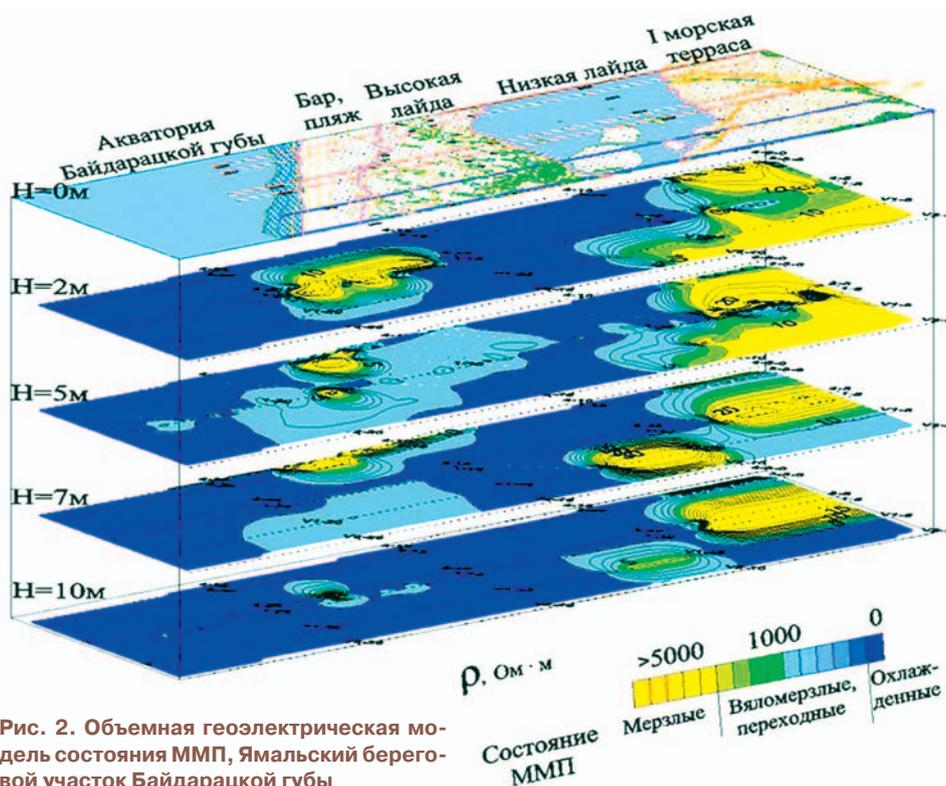


Рис. 2. Объемная геоэлектрическая модель состояния ММП, Ямальский береговой участок Байдарацкой губы

чающиеся в КЛЗ сильно льдистые горизонты в верхней части разреза, играющие роль экранов, препятствующих проникновению постоянного тока.

Обойти это затруднение, а иногда и непреодолимое препятствие, позволяет использование переменных электромагнитных полей — частотного зондирования (ЧЗ). Кроме возможности изучать часть разреза ниже высокоомного горизонта, его применение дает еще целый

ряд преимуществ. В первую очередь — это возможность отказаться от заземлений (используются рамочные антенны), и, следовательно, работы могут выполняться в таких условиях, где гальванический контакт с землей осуществить трудно (зимнее время, скальный грунт, искусственное покрытие и т. д.). Второе — связанное напрямую с первым — отсутствие утечек и проблем борьбы с ними. И, наконец, исключаются трудоемкие операции с питающими и приемными линиями, что существенно повышает производительность работ.

Одним из примеров, наглядно иллюстрирующих возможности частотных зондирований в условиях, когда применение ВЭЗ было невозможно, являются работы по инженерно-геологическому обеспечению прокладки газопровода от Бованенковского газоконденсатного месторождения до Ухты. В районе перехода его через Байдарацкую губу исследованию подлежала часть акватории, в связи с чем работы выполнялись в зимнее время. Это не послужило препятствием для изучения геоэлектрического, а соответственно, и мерзлотного строения донной части коридора проектируемого трубопровода. На рис. 2 хорошо видно пространственное положение пород, находящихся в разном состоянии: мерзлые, выломмерзлые, охлажденные. Таким образом, без использования бурения получена информация, чрезвычайно важная для проектирования трассы трубопровода и проектирования работ по его прокладке.

Задачу расчленения разреза ниже высокоомного экранирующего горизонта не менее успешно решает зондирование методом переходных процессов (ЗМПП) в модификации зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ).

Примером успешного использования ЗСБ в условиях криолитозоны могут служить результаты работ по изучению мощности коры выветривания в районе Гайчанской кальдеры (Магаданская обл.), выполненных для подсчета запасов золота. Структура Гайчанской кальдеры представляет собой кратер древнего вулкана в Охотско-Чукотском вулканическом поясе (ОЧВП). Как видно на рис. 3, несмотря на наличие слоя мерзлых пород высокого сопротивления (5000 Ом·м) в самой верхней части разреза, нижележащий разрез до

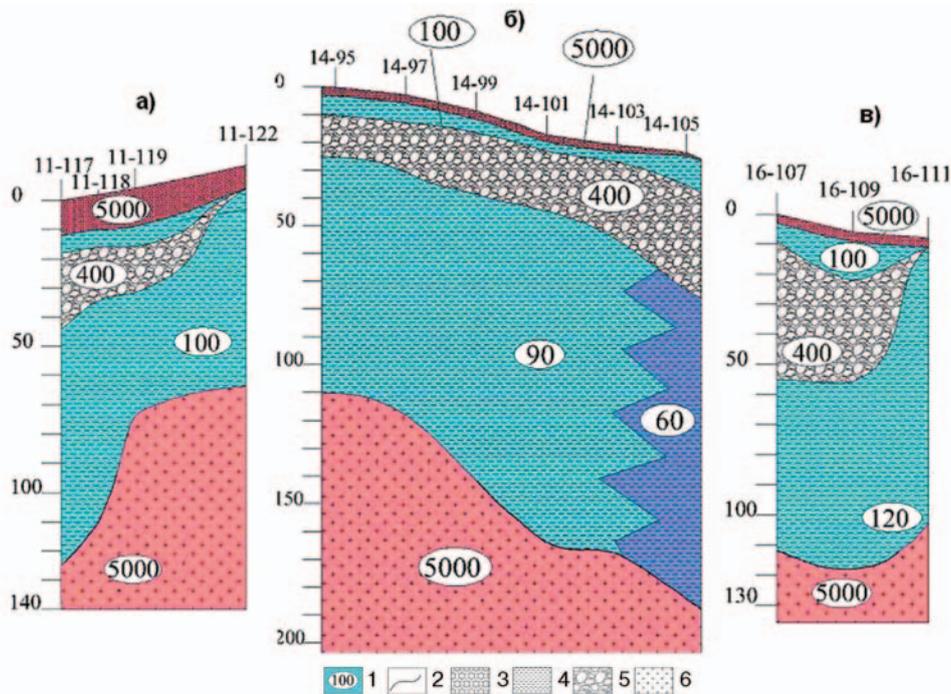


Рис. 3. Геоэлектрические разрезы Гайчанской кальдеры: 1 — значения УЭС; 2 — предполагаемые границы ГЭР; 3 — мерзлые породы; кора выветривания; 4 — с глинами (каолинами), 5 — с песками и конгломератами; 6 — коренные породы (ингибиты, риолиты); цифры 11-119 — пикеты ЗСБ 100x100

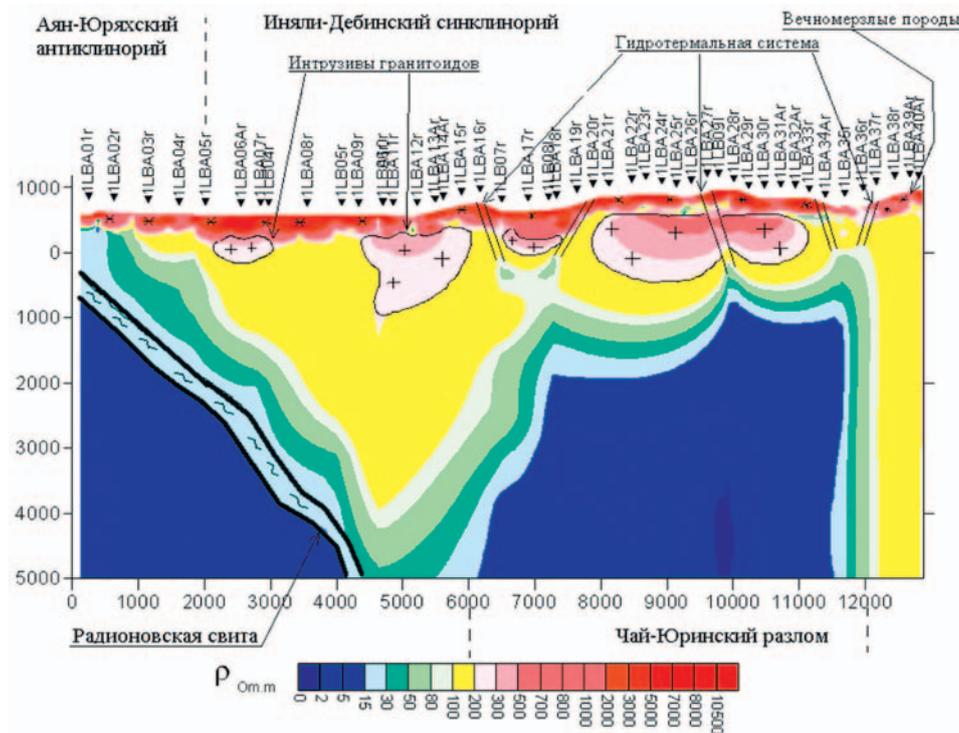


Рис. 4. Геоэлектрический разрез зоны Чай-Юринского разлома по данным АМТЗ

глубин ~150 м успешно расчленен. Выделены участки пониженных сопротивлений (100 Ом·м), соответствующие зонам каолинизации, и определена общая мощность коры выветривания, характеризующейся сопротивлениями 100–400 Ом·м.

Для изучения больших глубин при тех же условиях (верхняя часть разреза — мерзлая) мы использовали аудио-магнитотеллурические зондирования (АМТЗ). Работы проводились в Центральной Колыме (Сусманский р-н, пос. Холодный). В этом случае в задачу входило изучение структуры Чай-Юринского разлома с оценкой возможного местоположения источников рудного золота. Полученный геоэлектрический разрез (рис. 4) до глубины 5 км с выделенным в верхней части разреза высокоомным слоем переменной мощности — мерзлотой — наглядно демонстрирует возможности метода, в том числе для оценки геокриологических условий изучаемой площади.

Для реализации показанных возможностей электромагнитных методов использовался парк аппаратуры, включавший:

метод ВЭЗ — «ЭРА» (ФГУНПП «Геологоразведка», Санкт-Петербург);

метод ЧЗ — «HF-EM» (ООО «МГУ-Геофизика», Москва);

метод ЗСБ — «Цикл — 7» (ООО «НТФ Эльта — Гео», Новосибирск);

метод АМТ — «MTU — 5A» («Phoenix — Geophysics» Ltd., Toronto).

Таким образом, можно констатировать, что на сегодняшний день разработан и опробован ряд технологий электромагнитных геофизических исследований, комплекс которых позволяет решать геокриологические задачи в самых разнообразных условиях криолитозоны. Комплекс обеспечен методикой проведения работ, аппаратурой и способами обработки получаемых данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зыков Ю.Д. Геофизические методы исследования криолитозоны: Учебник. — М.: Изд-во МГУ, 2007.
2. Булдович С.Н., Зыков Ю.Д., Кошурников А.В. Электромагнитные зондирования при изысканиях на трассе газопровода в районе проектируемого перехода через Байдарскую губу. / Матер. 2-й общероссийской конф. изыскательских организаций «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в РФ». — Ч. II. — М., 2006. — С. 44–48.
3. Зыков Ю.Д., Козлов А.Н., Червинская О.П. Опыт оценки состояния пород вокруг подземного газопровода в криолитозоне (на примере Ямбургского газоконденсатного месторождения). / Матер. 3-й конф. геокриологов России. — Т.3. — М.: МГУ, 2005. — С. 313–320.
4. Скворцов А.Г. Особенности структуры поля упругих колебаний в нелитифицированных многолетнемерзлых породах // Криосфера Земли. — 1997. — № 3.

© Кузнецов Н.М., 2008

Кузнецов Н.М. (ООО «Радионда LTD»)

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОВОЛНОВОЙ ГЕОИНТРОСКОПИИ МЕЖСКВАЖИННОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ РАЗВЕДКИ ЗОЛОТОМЕДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В статье рассматривается первый практический результат построения объемной геоэлектрической карты рудного месторождения по данным радиоволновых исследований межскважинного пространства при относительно редкой сети скважин. Приведены характеристики новой радиоволновой аппаратуры РВГИ-07 с управляемым скважинным

излучателем и количественным контролем параметров измерительной установки. На представленной объемной карте проведена уверенная геологическая увязка рудных подсечений и выявлены все важные структурные и морфологические особенности строения залежи, необходимые для подсчета запасов месторождения.

In the paper I discuss the first practical experience of resistivity map creating of whole mineral field resulted from 3D inversion of crosswell radiowave tomography data obtained during measurements in wide spaced wells. The characters of new radiowave system RVGI-07 with controlled transmitter are submitted. The reliable correlation of borehole ore intersections and important morphological and tectonic features of the mineral field were obtained by means of the 3D resistivity map.

Сульфидные месторождения в древних породах обычно имеют чрезвычайно сложное строение. Нормы геологической разведки для оценки запасов требуют использования очень густой сети разведочного бурения. В рудной геофизике 1960–1980-х годов был хорошо известен метод радиоволнового просвечивания, который широко применялся при поисках и разведке рудных месторождений [1, 3]. Упрощенный лучевой алгоритм позволял получать результаты только в двухмерном варианте. С 1993 г. в ООО «Радионда LTD» разрабатывается новая аппаратура и методика [4], позволяющие провести трехмерную обработку данных [6]. В данной статье, по сути, описывается первый опыт построения объемной геоэлектрической карты целого месторождения.

Золотомедное месторождение Лобаш-1 относится к гидротермально-магматическим штокверковым месторождениям и парагенетически связано с проявлением гранитного интрузивного магматизма в пределах Восточной-Карельской формационной зоны (архей-протерозойский возраст). Месторождение является частью кварцево-рудного штокверка зонального строения, приуроченного к гранитной интрузии, находящейся на глубине 500–600 м. Месторождение локализуется в толще зеленокаменных вулканогенных пород.

В пределах месторождения выделяются несколько продуктивно минерализованных (сульфидизированных) пластов субгоризонтального или полого моноклиналиного залегания, прослеживающихся по простиранию до 0,7–1 км, по падению 0,5 км, при мощности каждой 25–35 м. Продуктивные зоны сульфидно-кварцевой минерализации заключают в объеме многочисленные небольшие локальные золоторудные скопления и тела, приуроченные к интенсивно гидротермально-метасоматически проработанным участкам рудовмещающей толщи метавулканитов. Глубины рудных подсечений колеблются от 50 до 250 м. Площадь месторождения составляет порядка 1 км².

Месторождение разбурено вертикальными скважинами, глубиной до 320 м. Расстояния между скважинами в профиле 80 м, расстояние между профилями 80 м. В скважинах проведены измерения комплексом каротажа, а также проведены межскважинные измерения радиоволнового просвечивания.

Метод РВГИ (радиоволновая геоинтроскопия — современная модификация радиоволнового просвечивания) основан на зависимости интенсивности поглощения энергии радиоволн от электрических характеристик пород, расположенных на трассе распространения волны [3]. Физико-гео-