



Схема района проведения экспериментальных работ.

Измерения электромагнитного поля проводились в двух пунктах - на территории геофизической обсерватории ПГИ "Баренцбург" и в районе структурной геологической скважины "Васдаленская-2". В процессе измерений проводились одновременные наблюдения естественного электромагнитного поля (МТЗ) и поля, излученного мощным контролируемым источником электромагнитных волн ЭНЧ-диапазона, расположенного в северной части Кольского полуострова (ЭМЗ).

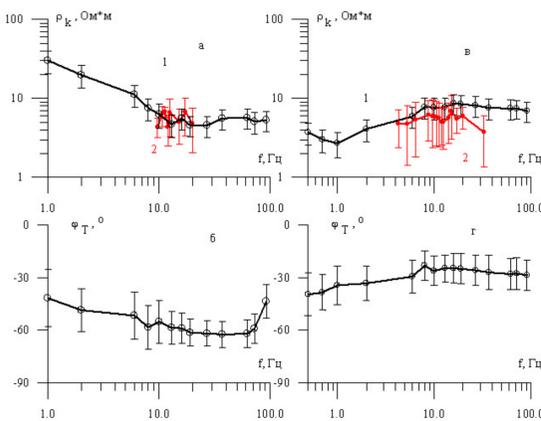
В настоящее время изучение геологического строения районов Арктики является актуальной научной задачей в связи с развитием минерально-сырьевой базы экономики и поиска новых месторождений полезных ископаемых в данном регионе. Вследствие удаленности и малодоступности арктических островов представляет интерес возможность применения дистанционных электромагнитных методов для исследования их геологического строения в силу мобильности, экологичности и малозатратности производственных геофизических работ.

В докладе представлены результаты эксперимента по электромагнитному зондированию земной коры, проведенного сотрудниками Полярного геофизического института (ПГИ) на архипелаге Шпицберген. Целью эксперимента было изучение возможности использования искусственных и естественных электромагнитных полей для определения геоэлектрического разреза осадочного чехла. Источник искусственного электромагнитного поля экстремально низкочастотного (ЭНЧ) диапазона располагался в северной части Кольского полуострова.

Применение современных измерителей электромагнитного поля с цифровой системой регистрации и сбора данных позволило одновременно провести измерения как искусственных, так и естественных электромагнитных полей. В ходе эксперимента исследовалась возможность применения методики магнитотеллурического зондирования (МТЗ) в полярных широтах, то есть в районах, расположенных в непосредственной близости от основных источников магнитотеллурических полей. Геологическое строение архипелага Шпицберген изучалось в основном по результатам бурения разведочных скважин глубиной до 800 метров трестом "Арктикуголь" и нескольких структурных скважин глубиной до 3000 метров. Так скважина "Грумантская-1" вскрыла мощный осадочный чехол и на глубине порядка 2600 метров достигла кристаллического фундамента. Электромагнитными геофизическими методами данный район практически не исследовался. Таким образом, в ходе экспериментальных работ фактически впервые были применены наземные электромагнитные методы для исследования геоэлектрических свойств осадочного чехла архипелага Шпицберген.

Магнитные датчики мобильного магнитометра.

Компоненты электромагнитного поля на земной поверхности измерялись индукционными магнитометрами с широкой полосой пропускания от 0,01 до 200 Гц, сконструированными в ПГИ. Вертикальный и два горизонтальных магнитных датчика ориентировались во взаимно ортогональных направлениях. За ось X принято направление на север вдоль магнитного меридиана. Для измерения электрических компонент поля использовались две взаимно ортогональные заземленные приемные линии, длина которых составляла 250 м для стационарного индукционного магнитометра в пункте наблюдения "Баренцбург" и 100 м для мобильного комплекта в пункте наблюдения "Васдаленская-2". Аналоговые сигналы с магнитных датчиков и приемных электрических линий обрабатывались цифровой системой регистрации и сбора информации, основанной на шестиканальном 22-битном аналого-цифровом преобразователе (АЦП) с частотой дискретизации 512 Гц. Данная система регистрации и сбора информации производит привязку измеренных сигналов к мировому времени UT по сигналам спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS. В качестве контролируемого источника электромагнитного поля использовался экспериментальный образец мощного генератора, разработанный в ПГИ на базе повышающего преобразователя и системы энергопередачи генератора "Энергия-2". Номинальная мощность передатчика составляет 200 кВт. Гармоническое электромагнитное поле в диапазоне частот от 3 до 33 Гц излучалось горизонтальной заземленной линией длиной 60 километров, расположенной в северной части Кольского полуострова и ориентированной в субширотном направлении. Сила действующего тока в линии составляла 65 - 80 А.



Результаты измерений электромагнитного поля

а - значения кажущегося сопротивления в пункте "Баренцбург" (1 - кривая по данным МТЗ, 2 - значения по результатам ЭМЗ с контролируемым источником); б - значения фазы элемента тензора импеданса Zxy; в - значения кажущегося сопротивления в пункте "Васдаленская-2"; г - значения фазы элемента тензора импеданса Zxy

Формулы для алгебраической трансформации Молочного-Ле Вьета

$Z_{xy} = \frac{E_x}{H_y}$ элемент тензора импеданса, где E_x - измеренные значения горизонтальной x-компоненты электрического поля, H_y - измеренные значения горизонтальной y-компоненты магнитного поля

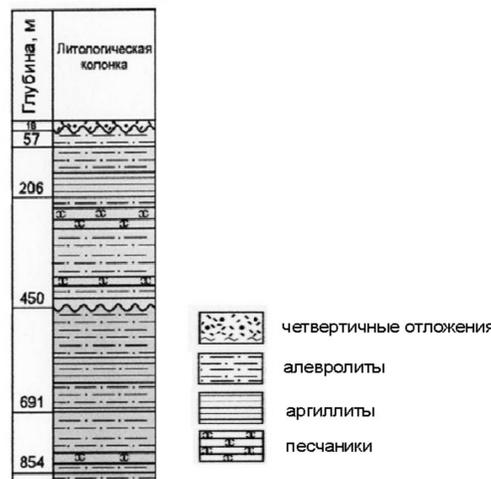
$\rho_k = \frac{|Z_{xy}|^2}{\omega \mu}$ кажущееся сопротивление среды, где ω - круговая частота поля, μ - магнитная проницаемость среды

$z' = \sqrt{\rho_k / (\omega \mu)}$ действующая глубина

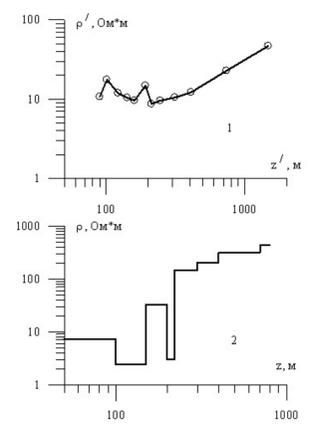
$\rho'(z') = 4\rho_k(1 + 2\varphi_T / \pi)^2$ действующее сопротивление для нисходящей ветви кривой кажущегося сопротивления, где φ_T - значение фазы элемента тензора импеданса

$\rho'(z') = \rho_k \pi^2 / (4\varphi_T)^2$ действующее сопротивление для восходящей ветви кривой кажущегося сопротивления

Грумантская-1

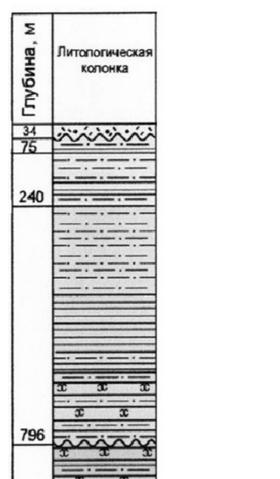


Результаты интерпретации данных МТЗ в точке наблюдений "Баренцбург"

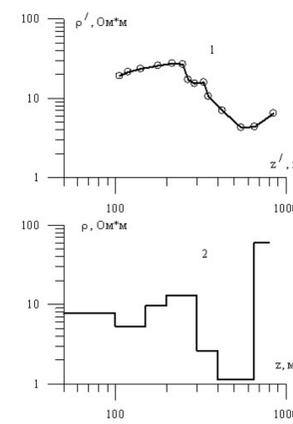


1 - график зависимости действующего сопротивления от действующей глубины, полученный с помощью алгебраической трансформации Молочного-Ле Вьета; 2 - модель геоэлектрического разреза верхней части осадочного чехла, полученная по результатам интерпретации данных МТЗ. Для сравнения приведен фрагмент литологической колонки для верхней части осадочного чехла структурной геологической скважины "Грумантская-1", расположенной в северной части земли Норденшельда. Так на глубинах 100 - 200 метров расположен проводящий слой аргиллитов. Заслуживает внимания узкая зона повышенной электропроводности на глубине порядка 200 метров, которая может быть обусловлена маломощным субгоризонтальным пластом каменного угля, залегающим на этих глубинах в районе Баренцбурга.

Васдаленская-2



Результаты интерпретации данных МТЗ в точке наблюдений "Васдаленская-2"



1 - график зависимости действующего сопротивления от действующей глубины, полученный с помощью алгебраической трансформации Молочного-Ле Вьета; 2 - модель геоэлектрического разреза верхней части осадочного чехла, полученная по результатам интерпретации данных МТЗ. Для сравнения приведен фрагмент литологической колонки для верхней части осадочного чехла структурной геологической скважины "Васдаленская-2", расположенной в южной части земли Норденшельда. Здесь слой проводящих аргиллитов расположен глубже, на глубинах порядка 500 - 650 метров.

ВЫВОДЫ:

Полученные результаты экспериментальных работ продемонстрировали перспективность использования дистанционных электромагнитных методов геофизики, таких как электромагнитное зондирование земной коры с помощью удаленного мощного контролируемого источника поля ЭНЧ-диапазона, для изучения геологического строения малодоступных островов в западной части Арктики. Однако в условиях низкоомного, мощного осадочного чехла глубинность таких исследований будет ограниченной.

Существенно дополнить информацию о геоэлектрическом разрезе исследуемых участков можно с помощью комбинирования данных ЭМЗ с контролируемым источником и данных магнитотеллурического зондирования (МТЗ). При этом результаты ЭМЗ могут служить в качестве реперных значений для выбора наименее искаженных кривых МТЗ. Привлечение данных МТЗ расширяет пригодный для интерпретации диапазон в области низких частот, что увеличивает глубинность геофизических исследований.