

Морские донные электроразведочные аппаратурные комплексы и технологии для поисков углеводородов

А.Б. Кочеров, В.Э. Кяспер, Е.Д. Лисицын, А.А. Петров

ООО «МЕМ», geo@marineem

АННОТАЦИЯ

В докладе представлены электроразведочные аппаратурно-методические комплексы, разработанные для поисков УВ при разных глубинах моря: в транзитной зоне при глубинах до 10-20 м, для средних глубин до 200-300 м и для глубоководных районов.

Ключевые слова: морская электроразведка, донные аппаратурные комплексы

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к электромагнитным методам исследований при проведении морских работ на нефть и газ, несмотря на некоторое ослабление после бума в начале первой декады этого столетия, остаётся весьма высоким. Это обусловлено высокой геологической эффективностью комплексирования результатов электроразведочных работ с сейсмическими результатами. Так, согласно статье (Ridyard D., Hesthammer J., 2011), коэффициент успешности бурения при комплексировании возрастает в два раза с 25-35 % без электроразведки до 50-70 % при её применении.

Основные объёмы работ за рубежом проводятся методом, получившим название CSEM (Controlled Source ElectroMagnetic). При проведении работ по данной методике по

профилю измерений расставляются самовсплывающие донные станции, обеспечивающие измерение двух ортогональных горизонтальных компонент электрического и трёх компонент магнитного поля. Возбуждение электромагнитного поля производится буксируемым вблизи дна диполем длиной около 300 метров, в котором формируются импульсы тока силой до 2500 А, обеспечивающие измерения компонент поля на нескольких частотах в диапазоне от десятых долей Герца до нескольких Герц. Аномальный эффект от залежи определяется по изменению её удельного электрического сопротивления (УЭС) по сравнению с вмещающими породами. Глубинность исследований обеспечивается расстоянием между источником и приёмником и при разносах 12-15 км составляет 4-5 км. Работы методом CSEM проводятся при глубинах моря 300-4000 метров.

Российские исследователи в число поисковых

электроразведочных признаков, кроме увеличения УЭС в районе залежи, зачастую включают рост аномального отклика вызванной поляризации (ВП) в геоэлектрических слоях, приуроченных, в первую очередь, к верхней части разреза.

Рассматриваемые нами технологии предполагают проведение профильных исследований методом электромагнитных дистанционных многочастотных зондирований с контролируемым источником и получение данных становления поля во временной области (зондирований становлением поля) с изучением эффекта вызванной поляризации. Можно условно выделить три интервала глубин, на которых должны использоваться различные электроразведочные комплексы:

- 0 – 10 (20) метров. Транзитная зона.
- 10 (20) – 200 (300) метров. Шельфовая зона.
- > 200 метров. Глубоководная зона.

В первых двух случаях предполагается проводить зондирования с донными кабельными системами с шагом расстановки донных приёмных станций по профилям исследований 0.5 км - 1 км. В третьем - с применением автономных самовсплывающих донных станций. В рамках данной работы мы оставляем в стороне вопросы профилирования с буксируемой электроразведочной косой (электроразведочным стримером).

КОМПЛЕКС ДЛЯ РАБОТ В ТРАНЗИТНЫХ ЗОНАХ

Для работ на предельно малых глубинах предполагается размещение вдоль профиля донной системы, состоящей из измерительных станций, соединённых в единую косу посредством кабелей с измерительными электродами. Возбуждение осуществляется токовыми разнополярными прямоугольными импульсами, создаваемыми буксируемой

генераторной линией. Общая схема измерений приведена на рисунке 1.

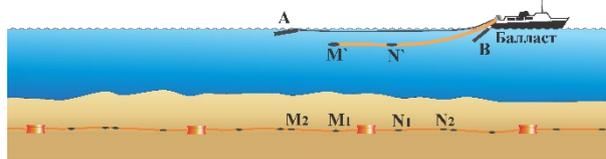


Рисунок 1. Технологическая схема проведения работ в мелководных районах.

Буксируемая приёмная линия $M'N'$ на рисунке 1 служит для непрерывного контроля за уровнем теллурических помех. При обработке сигналов, измеренных станциями, поикетно формируются данные зондирований в частотной и временной областях. Дистанционные многочастотные зондирования ориентированы, в первую очередь, на изучение УЭС разреза. Измерения в частотной области более помехоустойчивы, обладают большей глубиной исследований. Измерения во временной области менее помехоустойчивы и менее глубокие по сравнению с дистанционными частотными зондированиями. Однако измерения во временной области позволяют эффективно изучать ВП.

При работах непосредственно в зоне перехода суша-море возможно проведение работ в старт-стопном режиме с последующим группированием сигналов, аналогично традиционной методике ВЭЗ (рисунок 2).

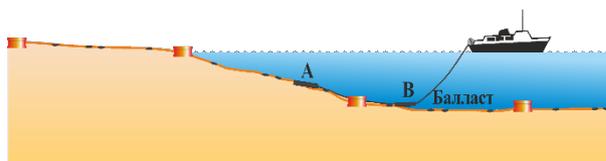


Рисунок 2. Схема работ в зоне перехода суша-море.

Опытно-методические работы по данной технологии проводились на одном из лицензионных участков Арктического шельфа. Работы подтвердили правильность выбранных технических решений. В результате интерпретации получены данные о распределении УЭС и выделены аномальные зоны ВП. На рисунке 3 приведён фрагмент аппаратного отсека со стойкой для обмена информацией со станциями, а на рисунках 4 и 5 - выделенные аномальные зоны.



Рисунок 3. Стойка для обслуживания станций.

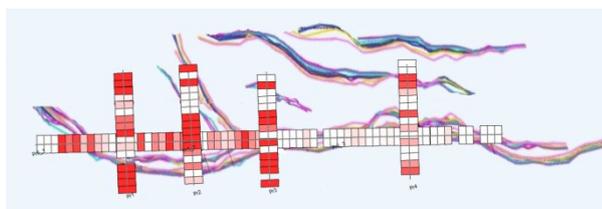


Рисунок 4. Карта УЭС целевого горизонта (P₁-C₂).

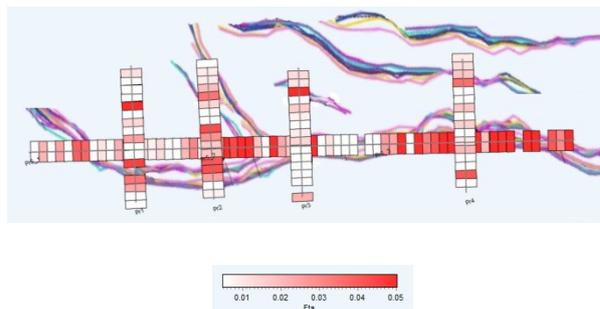


Рисунок 5. Карта поляризуемости η .

КОМПЛЕКС ДЛЯ РАБОТ В ШЕЛЬФОВЫХ ЗОНАХ

В целом, технология работ при глубинах моря 20 - 200 м аналогична описанной выше. Требуется усилить корпуса станций и измерительные линии на разрыв. Основная проблема - определение точного положения приёмных электродов. Дело в том, что за время после вывода участка косы с электродом за корму и до его спуска на дно, которое может составлять несколько минут, за счёт подводных течений возможен его снос от места сброса на десятки, а иногда и до сотен, метров.

Таким образом, значимой дополнительной проблемой становится необходимость определения координат каждого электрода. Акустическое позиционирование в данном случае привело бы к существенным материальным и временным затратам. Для решения этой задачи предлагается уточнять координаты электродов непосредственно по измеряемому электрическому полю. Технология заключается в следующем: вблизи от основных измерительных электродов MN располагаются вспомогательные M_1 и N_1 (рисунок 6) и измеряются сигналы между парами MN_1 и M_1N .

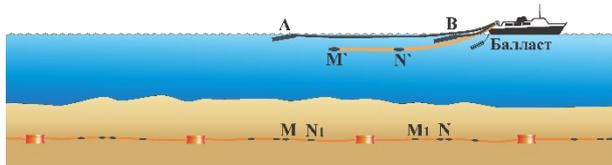


Рисунок 6. Схема расположения основных и дополнительных электродов.

Во время обработки получается зависимость сигнала на основной частоте от разноса в диапазоне около 300 м - 1000 м по обе стороны от предполагаемого места измерений. Далее варьируется положение измерительных электродов, для каждого положения рассчитывается теоретический сигнал от двухслойной модели, примерно соответствующей обобщённому разрезу на данном участке работ, и рассчитывается корреляционная функция, определяющая близость измеренной и теоретической кривых. В результате находится положение наилучшего совпадения, что даёт истинное положение электродов. На рисунке 7 показано соответствие измеренных и расчётных сигналов до и после уточнения координат электродов. А на рисунке 8 - предполагаемое и найденное положение электродов измерительной линии.

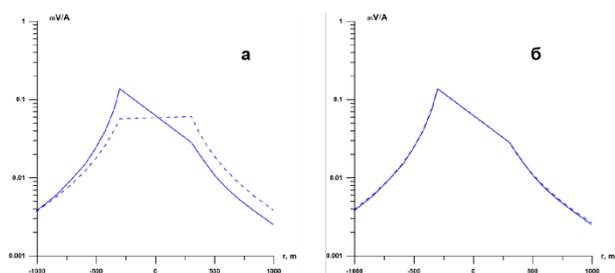


Рисунок 7. Сигналы до (а) и после (б) уточнения координат электродов. Сплошная – результат измерения, пунктир – расчёт для обобщенной модели.

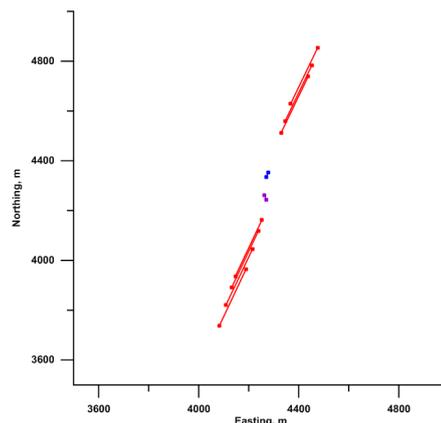


Рисунок 8. Уточнение положения измерительных линий. Синий – исходное предполагаемое положение приёмной линии по координатам сброса, фиолетовый – уточненное положение, красный – положения генераторной линии, для которых производились расчеты.

КОМПЛЕКС ДЛЯ РАБОТ В ГЛУБОКОВОДНЫХ ЗОНАХ

Большие глубины моря предполагают применение традиционной для CSEM технологии работ с автономными донными самовсплывающими станциями (см. рисунок 9).

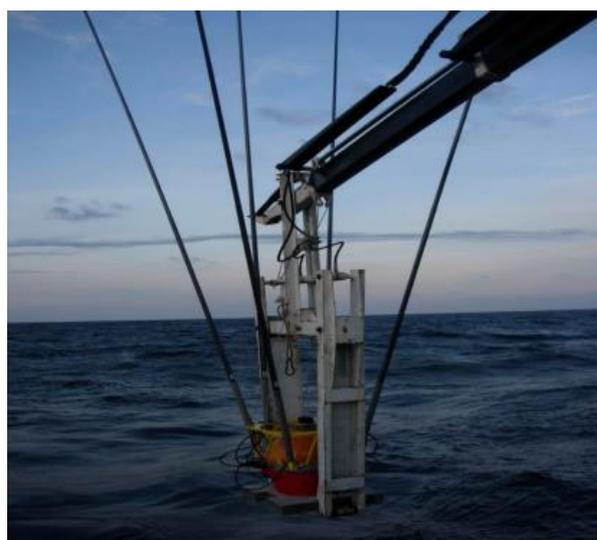


Рисунок 9. Автономная донная самовсплывающая станция.

Каждая станция состоит из корпуса с электронной начинкой, бетонного якоря и трёх ортогональных измерительных диполей для компонент электрического поля. Позиционирование станций осуществляется по акустическому каналу.

В качестве источника, как правило, служит горизонтальный, либо поверхностный, либо заглубленный электрический диполь (рисунок 10).

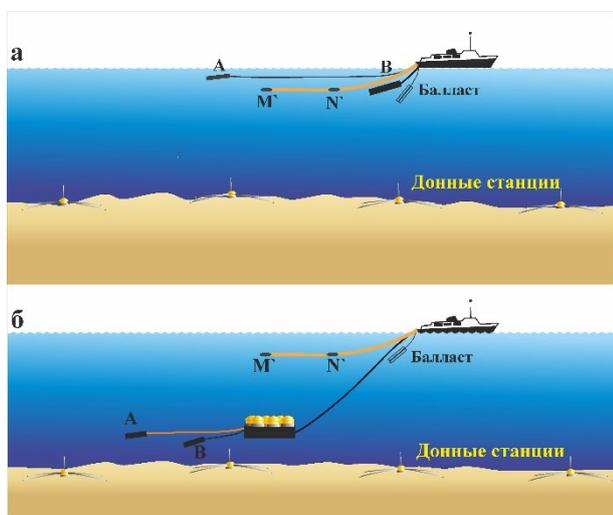


Рисунок 10. Технологическая схема проведения работ в глубоководных районах.

Попытки использовать в качестве источника вертикальный или наклонный диполь на данном этапе признаны малоэффективными из-за трудностей со стабилизацией и/или позиционированием нижнего электрода.

На рисунке 11 приведены результаты инверсии профильных данных, измеренных по данной технологии на одном из участков в Черном море.

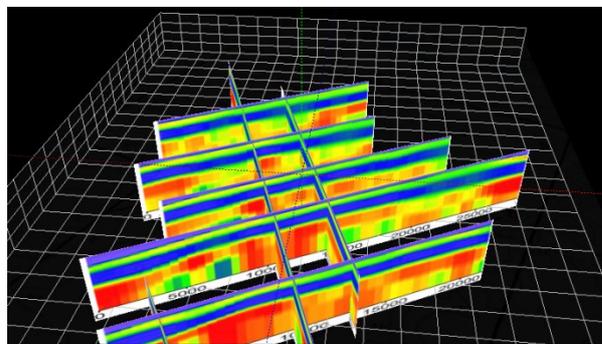


Рисунок 11. Разрезы по УЭС на глубоководном участке. Черное море.

Выводы

Рассмотренные аппаратурные комплексы и технологии обеспечивают исследования при различных глубинах моря и включают дистанционные многочастотные зондирования, направленные, в первую очередь, на выявление аномалий по сопротивлению, и зондирования становлением электрического поля, позволяющие в определенных случаях выявлять аномалии вызванной поляризации.

ЛИТЕРАТУРА

Ridyard D., Hesthammer J. Value creation using electromagnetic imaging. World Oil, March, p. 51-54, 2011.