

УДК 550.370

## ЧАСТОТНЫЕ И ИМПУЛЬСНЫЕ МОРСКИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЗОНДИРОВАНИЯ УВ-РЕЗЕРВУАРОВ

П.О. Барсуков, Э.Б. Файнберг,  
Центр геоэлектromагнитных исследований,  
Филиал Института физики Земли РАН (ЦГЭМИ ИФЗ РАН)

### Аннотация

На серии трехмерных моделей исследована глубинность, чувствительность и разрешающая способность двух методов морских электромагнитных зондирований, использующих в качестве источника поля горизонтальный электрический диполь. Анализируются осевые диполь-дипольные установки, измеряющие горизонтальное электрическое поле в частотной области и вертикальное электрическое поле в импульсном режиме в ближней зоне источника. Показано, что чувствительность импульсного метода на мелкой воде выше, чем частотного. При глубине моря более 800 м чувствительность методов примерно одинакова. Горизонтальное разрешение импульсного метода выше во всем диапазоне глубин. На примере модели геологической среды продемонстрирован новый подход к интерпретации результатов зондирований.

### Введение

3D-сейсморазведка позволяет выделять перспективные резервуары в осадочной толще пород, однако не позволяет уверенно определять, каким флюидом насыщен выделенный объект. Углекислотный (УВ) флюид по сравнению с морской водой обладает на несколько порядков меньшей электропроводностью, поэтому резервуар, частично или полностью насыщенный УВ, должен иметь повышенное по отношению к вмещающим породам электрическое сопротивление. Это свойство УВ-резервуаров лежит в основе современных технологий морских электромагнитных (ЭМ) зондирований, широко применяемых для оценки перспективности УВ резервуаров на континентальном шельфе.

Дебют метода частотных зондирований (ЧЗ), созданного в середине прошлого века как offshore-технологии поисков УВ на континентальном шельфе, был стремительным и многообещающим. Осознав естественное экранирование первичного поля источника толщей морской воды, эксперты CSEM [3] сразу же оценили широкие возможности

ЧЗ при детектировании высокоомных УВ-резервуаров в низкоомной толще осадков. Действительно, в «канонической» модели (1 км – море, 1 км – глубина залегания, 1 Ом-м и 100 Ом-м – сопротивление осадков и резервуара) соосная HED-E<sub>x</sub> установка в широком диапазоне частот и разносов измеряет в основном вторичное поле, достаточно чувствительное к высокоомным локальным включениям. «Победа» над злейшим врагом ЧЗ – первичным полем источника – была одержана на морском глубоководном дне, где к тому же наблюдался немислимо низкий для наземных ЧЗ уровень естественных помех – доли нВ/м.

Окрыленные первыми успехами, ЭМ-эксперты начали расширять области применения метода на средние и мелкие глубины моря и глубоководные, небольшие по площади и электрическому сопротивлению резервуары. Однако эксперименты с морскими CSEM в условиях, весьма далеких от «канонической» модели, показали не столь обнадеживающие результаты. У экспертов и подрядчиков появилось ясное понимание того, что этот метод зондирований имеет существенные ограничения, снижающие геологическую эффективность ЭМ-методов исследований УВ-резервуаров. Прежде всего ограничения связаны с недостаточной разрешающей способностью ЭМ-методов при зондировании глубоководных структур, обилием «ложных» аномалий, связанных с плотными слабопроницаемыми образованиями (эффузивы, эвапориты, карбонаты), слабой чувствительностью используемых CSEM-установок к УВ-резервуарам на средних и малых глубинах моря. Основные проблемы CSEM подробно проанализированы в обзорах ведущих offshore CSEM экспертов [3, 4, 5, 7, 8]. Возникает вопрос: можно ли вдохнуть свежую струю в морские CSEM, используя богатейший практический опыт наземных ЭМ-зондирований и возможности проводить 3D-измерения полей в толще воды? Можно ли улучшить характеристики морских ЭМ-зондирований с тем, чтобы поднять их

