

Аэрокосмические методы открывают новые возможности изучения геодинамической активности территорий прохождения трасс магистральных трубопроводов (блочное строение земной коры, наличие активных тектонических разломов и т.д.). В настоящее время накоплен большой эмпирический материал о влиянии физических аномалий в разломах на состояние и эксплуатационную надежность построенных в их зоне объектов различного назначения.

Список литературы

1. *Виноградов Б. В.* Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984. 320 с.
2. *Арефьева Е. М., Петелин Ю. Н., Хренов Н. Н.* Об использовании аэрокосмических снимков для оценки состояния газопроводов // Геодезия и картография. 1986. № 8. С. 27–29
3. Методические рекомендации по прогнозированию ремонта и реконструкции магистральных трубопроводов на основании материалов аэрокосмических съемок трасс. М.: ВНИИЭгазпром, 1992. 89 с.
4. *Хренов Н. Н.* Выявление особенностей взаимодействия трубопроводов с окружающей средой по материалам аэрокосмических съемок // Диагностика линейной части магистральных газопроводов: Тез. докл. М., 1990. С. 12–13

УДК 550.832+550.837.3

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАНОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ НЕФТЕПОИСКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н. Н. Неведрова, А. М. Санчаа, А. Н. Шенин

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН
пр. Акад. Коптюга, 3, Новосибирск, 630090
тел. +7 (383) 332 98 36, e-mail: SanchaaAM@ipgg.sbras.ru*

Рассмотрено применение трехмерного моделирования становления электромагнитного поля для уточнения строения мезозойских отложений на нефтеносном участке Среднего Приобья. Обосновано результаты одномерной инверсии. Построена трехмерная модель для последующего моделирования, направленного на исследование аномальных геоэлектрических параметров в зоне низкоомных аномалий в пределах викуловской свиты, что позволит уточнить контур нефтеносности и получить рекомендации для выявления зон нефтеносности методом ЗС.

Для повышения эффективности геологоразведочных работ нестационарные электромагнитные зондирования широко используются в Восточной Сибири, где геоэлектрические условия благоприятны для их применения. Осадочный чехол Западной Сибири однообразен и в основном представлен песчано-алевролитовыми и глинистыми породами. Этот тип разреза сложен для всех электромагнитных методов и характеризуется низкими и малоконтрастными значениями удельного электрического сопротивления основных литологических комплексов. Тем не менее, в настоящее время для выяснения возможностей электроразведки выполнены опытно-методические работы методом становления поля (ЗС) на нескольких нефтеносных участках Западной Сибири. Метод ЗС имеет высокую разрешающую способность, глубинность, локальность исследования при относительно небольших размерах установки (меньшие глубины залегания исследуемого объекта). Для успешного использования метода в геоэлектрических условиях Западной Сибири повышаются требования к качеству полевых данных, и точности интерпретации, которые обеспечены современными аппаратными разработками и развитием программно-алгоритмического обеспечения.

Основной целью этой работы является уточнение строения мезозойских отложений на нефтеносном участке в Среднем Приобье и выявление признаков нефтеносности по электромагнитным данным. Полевые измерения были выполнены методом ЗС по сети сейсмических профилей прошлых

лет, и таким образом была обеспечена площадная съемка. Первый этап интерпретации данных выполнен в программных комплексах моделирования и инверсии с использованием горизонтально-слоистой модели. Были привлечены два автоматизированных комплекса, разработанные в электромагнитных лабораториях ИНГГ СО РАН («Эра» и EMS). Пример одномерной интерпретации показан на рис. 1.

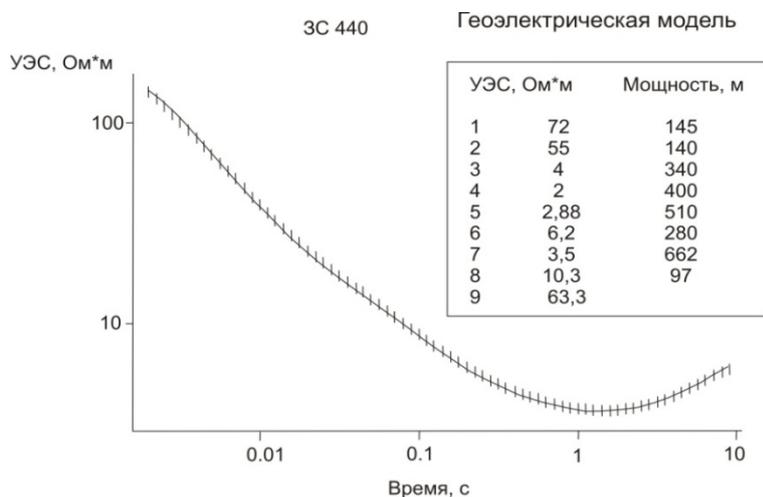


Рис. 1. Теоретическая и полевая кривая по данным для пункта ЗС № 440 (соосная установка); вертикальными штрихами показаны полевые данные, сплошной линией синтетическая кривая

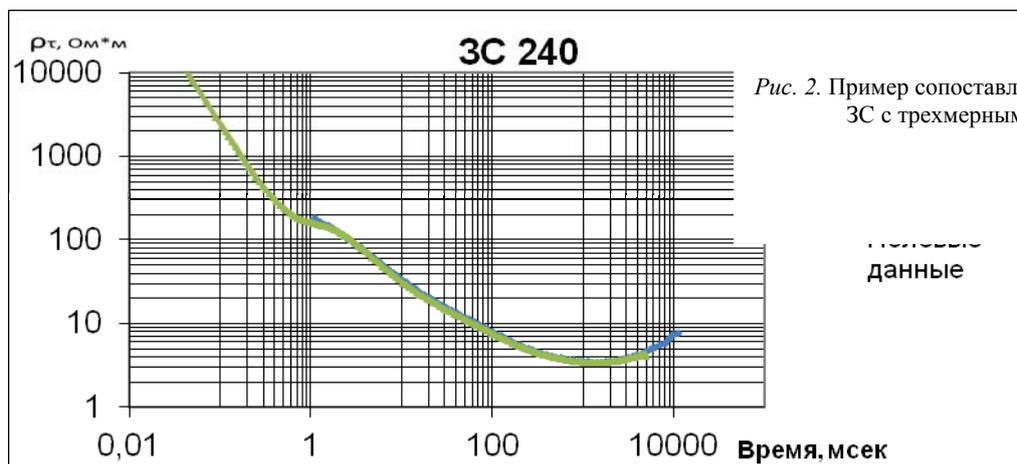


Рис. 2. Пример сопоставления полевых данных ЗС с трехмерными расчетами

На рис. 1 представлена характерная геоэлектрическая модель. Получено очень хорошее совпадение полевой и теоретической кривых, погрешность подбора составляет менее 5%. Осадочный чехол в пределах исследуемого участка характеризуется девятью геоэлектрическими горизонтами. Наибольший интерес в плане перспективности на нефтеносность в этом разрезе представляет шестой геоэлектрический горизонт, отнесенный к викуловской свите. На основе 1D интерпретации всех имеющихся полевых данных нестационарных электромагнитных зондирований с соосными петлями, полученных на нефтяном участке в Западной Сибири, была построена базовая геоэлектрическая 3D модель. С целью обоснования и верификации параметров построенной этой модели было решено выполнить численное трехмерное моделирование.

В настоящее время в России (В. Л. Друскин, Л. А. Книжнерман, Л. А. Табаровский, М. И. Эпов, М. Б. Рабинович, Э. П. Шурина, Н. В. Штабель, Ю. Г. Соловейчик, М. Г. Персова и др.) и за рубежом (G. A. Newman, G. W. Hohmann, W. L. Anderson, M. S. Zhdanov, M. E. Everett и др.) достигнут значительный прогресс в разработке программных средств для трёхмерного моделирования нестационарных электромагнитных полей. Тем не менее, на практике до сих пор используют преимущественно одномерное моделирование, либо приближенные решения двумерных и трёхмерных задач. Очевидно, что в целом ряде случаев это может привести к большим погрешностям при интерпретации результатов нестационарных электромагнитных зондирований. В частности для имеющейся нефтепоисковой задачи в Западной Сибири применена современная программа расчета нестационарных электромагнитных полей в трёхмерных проводящих и поляризующихся средах – Modem3D (авторы И. А. Кремер, М. И. Иванов) [1].

В программе Modem3D задача становления электромагнитного поля (квазистационарная система уравнений Максвелла во временной области) решается векторным методом конечных элементов на неструктурированной трехмерной тетраэдральной сетке. Программа реализована как интегрированная среда с полным набором графических функций для ввода данных, организации вычислительного процесса и анализа результатов расчетов. Для повышения производительности программы Modem3D используемые алгоритмы были распараллелены, что позволяет использовать многоядерность современных процессоров. Также для выполнения массовых расчетов при тестировании была проведена адаптация программы Modem3D для работы в системе распределенных вычислений (GRID-система), организованной в ИНГГ СО РАН [2].

Естественным шагом, перед началом использования программы, считается всесторонне тестирование программного продукта. Такое пользовательское тестирование было проделано для программы Modem3D. Сравнение результатов расчета в программе Modem3D проводилось с расчетами в уже известных и проверенных программах. В данном случае это программа UnvQQ (авторы Е. Ю. Антонов, М. И. Эпов) [3], позволяющая моделировать нестационарный электромагнитный сигнал в слоисто-однородных проводящих средах и программа ZSB3D (автор В. С. Могилатов) [4], которая рассчитывает нестационарный сигнал от горизонтально-слоистой среды с трехмерными неоднородностями в виде параллелепипедов. Тестирование программы показало, что для широкого класса моделей расчеты выполняются с высокой точностью [5].

Первый этап работы по трехмерному моделированию включал тестирование базовой модели с целью подбора оптимальной сетки разбиения для наилучшего совпадения с результатами одномерной интерпретации (программы UnvQQ, EMS). За основу были взяты горизонтально-слоистые модели со средними значениями. Поскольку трехмерное моделирование всегда связано с большими ресурсными затратами, на этом же этапе было решено сократить количество слоев модели с девяти до семи слоев, при этом сохранив горизонты, представляющие интерес на предмет наличия углеводородов (в интервале викуловской свиты). Были объединены два самых верхних слоя с достаточно близкими значениями удельного сопротивления, и также маломощный относительно высокоомный слой, залегающий непосредственно на опорном горизонте, был отнесен к породам фундамента. Дальнейшие расчеты уже с семислойной моделью показали, что такое объединение слоев не приводит к ухудшению приближения. Затем рассчитывались модели, соответствующие различным сгущениям сетки. Сетки сгущались поочередно в слоях, а затем, сгущались под источниками. В результате, была выбрана модель с наиболее оптимальным разбиением сетки.

На втором этапе была просчитана основная модель, которая на уровне кровли каждого слоя представляет собой площадь, разбитую на прямоугольные области вокруг пунктов ЗС с моделями, полученными в результате интерпретации в рамках горизонтально-слоистой модели среды. В этой модели содержится зона, характеризующаяся областью пониженных значений электрических сопротивлений, связанная с предполагаемой трещиноватостью пород, слагающих кровлю викуловской свиты, и возможной повышенной обводненностью этой зоны.

На рис. 2 в качестве примера представлены полевые данные и синтетическая кривая зондирования, полученная в результате 3D моделирования. Наблюдается очень хорошее соответствие расчетных и экспериментальных данных. Такое соответствие наблюдается для всех кривых ЗС, включенных в моделирование.

Таким образом, получены новые важные для дальнейших исследований результаты 3D моделирования:

- 1) выполнено обоснование результатов одномерной интерпретации, трехмерные расчеты подтверждают существование низкоомных аномалий в зоне нефтеносных скважин.
- 2) упрощена исходная модель, в которой были сохранены только необходимые реалистичные параметры, важные для решения поставленной задачи.
- 3) полученные результаты позволят значительно ускорить последующие трехмерные расчеты.

На следующем этапе работа будет направлена на исследование аномальных геоэлектрических параметров в зоне низкоомных аномалий в пределах викуловской свиты, что позволит уточнить контур нефтеносности и получить рекомендации для выявления зон нефтеносности методом ЗС в Среднем Приобье.

Список литературы

1. Иванов М. И., Катешов В. А., Кремер И. А., Эпов М. И. Программное обеспечение Modem3D для интерпретации данных нестационарных зондирований с учетом эффектов вызванной поляризации // Записки Горного института. 2009. Т. 183. С. 242–245.

2. Мартьянов А. С., Тейтельбаум Д. В., Сердюк К. С., Власов А. А., Ельцов И. Н. Использование свободных сетевых ресурсов предприятия для решения емких вычислительных геофизических задач // Каротажник. 2011. № 11 (209). С. 56–64.

3. Kozhevnikov N. O., Antonov E. Yu. Inversion of TEM data affected by fast-decaying induced polarization: numerical simulation experiment with homogeneous half-space // Journal of Applied Geophysics. 2008. № 66. P. 31–43.

4. Могилатов В. С., Захаркин А. К., Злобинский А. В. Математическое обеспечение электроразведки ЗСБ. Система «Подбор» / Под ред. Н. О. Кожевникова. Новосибирск: Гео, 2007. 157 с. – ISBN 978-5-9747-0067-5.

5. Шейн А. Н., Антонов Е. Ю., Кожевников Н. О., Кремер И. А., Иванов М. И. Программа Modern3D для расчета нестационарных электромагнитных полей в сложных трехмерных средах // Актуальные проблемы электромагнитных зондирующих систем: Сб. материалов II Междунар. науч. конф. Киев, 2012. С. 104.

УДК 550.37.553.98

УТОЧНЕНИЕ КОНТУРА НЕФТЕНОСНОСТИ НА УРОВНЕ ВИКУЛОВСКОЙ СВИТЫ ПО ДАННЫМ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Н. Н. Неведрова, А. Е. Шалагинов, К. Н. Даниловский

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН
пр. Акад. Коптюга, 3, Новосибирск, 630090
тел. +7 (383) 332 98 36, e-mail: NevedrovaNN@ipgg.nsc.ru, ShalaginovAE@ipgg.nsc.ru*

Приведены результаты интерпретации данных электромагнитных зондирований на перспективном нефтеносном участке. Совместная интерпретация данных соосных и разнесенных установок позволила уточнить контур нефтеносности на уровне викуловской свиты. Так же было определено, что понижение сопротивления в пределах викуловской свиты соответствует перспективной на углеводороды зоне.

В Западной Сибири сосредоточены основные топливно-энергетические ресурсы России. Несмотря на интенсивные исследования северного шельфа и открытие крупных месторождений в Восточной Сибири, Западно-Сибирская нефтегазовая провинция по-прежнему остается главной базой добычи углеводородного сырья [1]. Здесь имеются хорошие перспективы для поисков новых месторождений. Опытно-методический нефтеносный участок расположен в Среднем Приобье (Западная Сибирь) на правом берегу р. Обь. На рис. 1 показана схема расположения пунктов зондирования ЗС.

В структурно-тектоническом плане участок находится на границе Красноленинского свода и Фроловской геовпадины в зоне влияния крупного глубинного разлома, разделяющего Уват-Ханты-Мансийский срединный массив и Уральскую складчатую систему. По геологическим данным на этой территории широко развиты тектонические нарушения, разграничивающие крупные блоки фундамента. Вдоль разломов происходили движения блоков с проявлением вулканизма в наиболее активные тектонические этапы триасового времени [2].

На этом участке были выполнены зондирования становлением электромагнитного поля (ЗС) для определения геоэлектрического строения и выявления зон перспективных на углеводороды. Полевые работы проведены по сети сейсмических профилей прошлых лет. При измерениях использованы соосные и разнесенные установки. В качестве источника электромагнитного поля применялась незаземленная квадратная петля со стороной 1000 м, приемные петли были выбраны размером 75×75 м [3].

На первом этапе была проведена интерпретация для данных полученных с установкой соосные петли. По результатам интерпретации были построены геоэлектрические разрезы, структурные схемы глубин до кровли геоэлектрических горизонтов, а так же схемы распределения удельного электрического сопротивления. На рис. 2 представлена схема распределения удельного электрического сопротивления викуловской свиты по данным, полученным с помощью соосных установок.