

Таким образом, в данной работе предложена методика интерпретации данных ГИС для среднеюрских отложений зоны Маньчжских прогибов и Прикумской системы поднятий, применимая как в скважинах с полным комплексом методов (СТК, ГК, НГК, АК, ГГКп, БК, ИК, БКЗ), так и при ограниченном комплексе исследований. Ее использование позволит провести оценку основных свойств изучаемых залежей как по разрезу отдельных новых скважин, так и по площади (за счет использования материалов старого разведочного и эксплуатационного фонда). При этом стоит иметь в виду различную разрешающую способность современных методов пористости и кривой ПС, а также различную достоверность результатов, получаемых при использовании полного и ограниченного комплексов ГИС. Материалы новых скважин рекомендуется использовать для детальных геологических и гидродинамических построений, а результаты исследований старого фонда – для оценки средних значений и распределения параметров по площади.

Литература

1. Окс Л.С. Подход к получению зависимостей проницаемости от пористости и глинистости терригенных отложений // Петрофизическое моделирование осадочных пород: V Балтийская школа-семинар (BalticPetroModel 2016): Сборник тезисов. – Петергоф, 2016. – С. 29-32.
2. Петерсилье В.И., Пороскун В.И., Яценко Г.Г. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом. – Москва-Тверь: ВНИГНИ, НПЦ «Тверьгеофизика», 2003.
3. Чумичева А.А., Харченко С.И. Разработка единой методики оценки емкостных свойств пластов месторождений Восточного Ставрополя // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – 2014. – №. 2. – С. 56-59.
4. Эланский М.М., Еникеев Б.Н. Использование многомерных связей в нефтегазовой геологии. – М.: Недра, 1991.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДАННЫХ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИНДУКЦИОННОГО КАРОТАЖА В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ НАКЛОННО-ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН

И. А. Москаев

**Научный руководитель заведующий лабораторией В.Н. Глинских
Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,
г. Новосибирск, Россия**

При наклонно-направленном бурении скважин, количество которых в последнее десятилетие значительно увеличивается, необходима высокоточная проводка протяженного субгоризонтального ствола в продуктивной части разрабатываемого коллектора. Геонавигация траектории скважины в допустимом коридоре состоит в определении положения ствола относительно границ вскрываемого коллектора с вмещающими породами и, как правило, выполняется ведущими зарубежными компаниями с использованием высокотехнологичных телеметрических систем для каротажа в процессе бурения [1].

В настоящее время разрабатывается отечественная телеметрическая система для каротажа в процессе бурения [2-5]. Этот комплекс включает в себя методы высокочастотного индукционного каротажа, гамма-каротажа, нейтронного и гамма-гамма плотностного каротажей, инклинометрии. Высокочастотный индукционный каротаж в процессе бурения (ВИК-ПБ) предназначен для оперативного определения удельного электрического сопротивления (УЭС) пластов, пересекаемых скважиной, и расстояний до их геоэлектрических границ. Аппаратура ВИК-ПБ основана на широко известном методе ВИКИЗ [6]. В ВИК-ПБ регистрируются разность фаз и отношение амплитуд наведенной э.д.с. между приёмными катушками, а также выполняется их трансформация в кажущееся УЭС.

Целью представленной работы является развитие методического обеспечения обработки и интерпретации данных высокочастотного индукционного каротажа в процессе бурения для решения задач геонавигации наклонно-горизонтальных скважин. Решаемые задачи включают математическое моделирование сигналов ВИК-ПБ в слоисто-однородных геоэлектрических моделях сред и их сравнительный анализ в типичных геоэлектрических моделях терригенных флюидонасыщенных пластов-коллекторов при различных траекториях скважины.

Базовой моделью для изучения поведения сигналов прибора ВИК-ПБ и изучения возможностей определения геоэлектрических параметров среды при численной инверсии данных является горизонтально-слоистая модель с учётом наклона зонда относительно горизонтальных границ пластов. Выбор одномерной горизонтально-слоистой модели обусловлен медленным изменением свойств среды в латеральном направлении – на интервалах от нескольких единиц до десятков метров электрофизические свойства пластов меняются слабо, границы искривлены незначительно. Модель включает в себя произвольное число слоев, разделенных плоскопараллельными горизонтальными границами, каждый из которых характеризуется своим значением УЭС.

Выполнено математическое моделирование сигналов ВИК-ПБ (разности фаз, отношений амплитуд и кажущихся УЭС) прибора ВИК-ПБ в двух- и трехслойных горизонтально-слоистых моделях сред с прямолинейной и со сложной траекториями скважины. Исследованы основные особенности поведения сигналов ВИК-ПБ в типичных геоэлектрических моделях терригенных флюидонасыщенных пластов-коллекторов при различных траекториях скважины. Двухслойная модель описывает случай нефтенасыщенного песчаника,

перекрытого глинистыми отложениями. В трехслойной модели нефтенасыщенный песчаник подстилается водонасыщенным. При этом его толщина составляет 0,25, 0,5, 1 и 2 м. Значение зенитного угла скважины с прямолинейной траекторией – 60 и 85°. В случае сложной траектории скважины рассмотрена трёхслойная модель флюидонасыщенного песчаного коллектора, перекрытого глинистой покрывкой (рис. 1).

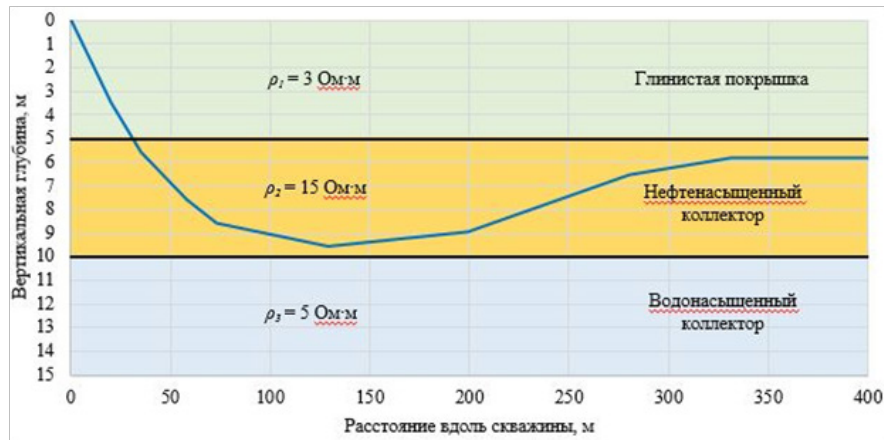


Рис. 1. Геоэлектрическая модель флюидонасыщенного пласта со скважиной сложной траектории

Рассматриваемая модель характеризуется следующими параметрами. Вертикальная координата верхней границы – 5 м, нижней – 10 м (мощность пласта 5 м). Значение УЭС верхнего полупространства (глинистая покрывка) 3 Ом·м, среднего слоя (тонкослоистый нефтенасыщенный песчаник) 15 Ом·м, а нижнего полупространства (тонкослоистый нефтеводонасыщенный песчаник) 5 Ом·м. Как видно из рисунка, траектория скважины сначала опускается вниз, пересекая первую границу, нижняя точка находится на глубине около 9,5 м в нефтенасыщенном пласте, затем она поднимается вверх, пока расстояние до кровли нефтенасыщенного пласта не достигнет 0,8 м, и далее следует горизонтальный участок вдоль границы пласта.

Результаты математического моделирования показывают изменения разности фаз, отношений амплитуд и кажущихся УЭС зондов ВИК-ПБ в зависимости от угла наклона скважины. Отмечено, что эти изменения значительны при приближении к контрастной геоэлектрической границе. Выполненные исследования указывают на возможности успешного решения задач геонавигации с использованием ВИК-ПБ.

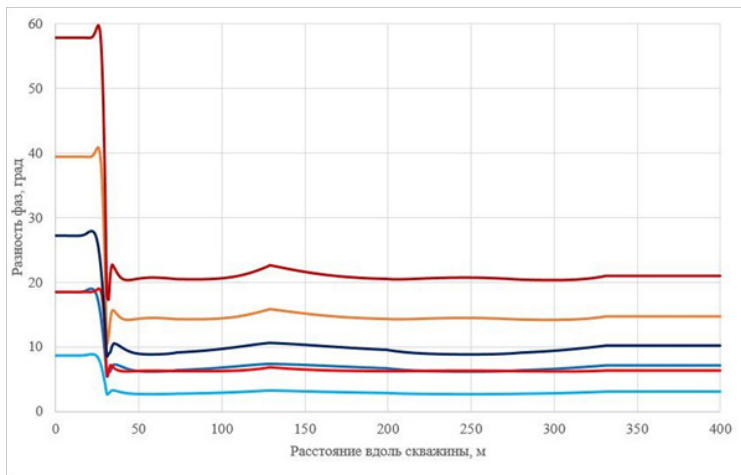


Рис. 2. Диаграммы синтетических сигналов разности фаз ВИК-ПБ в скважине со сложной траекторией. Приведены диаграммы зондов ВИК-ПБ, имеющих разные длины и операционные частоты

Литература

1. Аксельрод С.М. Методы опережающей навигации при бурении горизонтальных скважин (по материалам зарубежной литературы) // Каротажник. – 2012. – №9 (219). – С. 87–122.
2. Еремин В.Н., Волканин Ю.М., Тарасов А.В. Аппаратурно-методическое обеспечение электромагнитного каротажа в процессе бурения // Каротажник. – 2013. – № 226. – С. 62 – 69.
3. Каюров К.Н., Еремин В.Н., Эпов М.И., Глинских В.Н., Сухорукова К.В., Никитенко М.Н. Аппаратура и интерпретационная база электромагнитного каротажа в процессе бурения // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 12. – С. 112 – 115.
4. Технология исследования нефтегазовых скважин на основе ВИКИЗ. Методическое руководство / Под ред. М.И. Эпова, Ю.Н. Антонова. – Новосибирск: НИЦ ОИГТМ СО РАН, Изд. СО РАН, 2000. – 121 с.
5. Эпов М.И., Никитенко М.Н., Глинских В.Н., Сухорукова К.В., Еремин В.Н. Интерпретационная база электромагнитного каротажа в процессе бурения // Материалы VI Всероссийской школы-семинара имени М.Н. Бердичевского и Л.Л. Ваньяна по электромагнитным зондированиям Земли. – Новосибирск: ИИГТ СО РАН, 2013.
6. Эпов М.И., Никитенко М.Н., Сухорукова К.В., Глинских В.Н., Еремин В.Н., Горбатенко А.А., Павлова М.А. Сигналы электромагнитного каротажа в процессе бурения и их численная инверсия // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2014. – № 3. – С. 49 – 55.