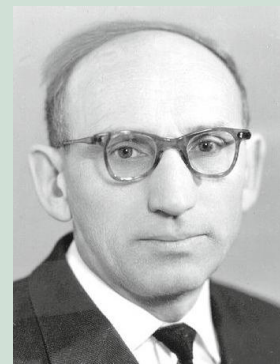


к 115-летию
академика АН СССР и РАН
А.А. Трофимука

Всероссийская научная конференция АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И ГЕОФИЗИКИ НЕФТИ И ГАЗА



и 105-летию
заслуженного деятеля науки РСФСР
В.С. Вышемирского

Сигналы электрического микрокаротажа в анизотропных отложениях Западной Сибири по результатам численного моделирования

Д. В. Касплер², К. В. Сухорукова¹, О. В. Нечаев¹

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск

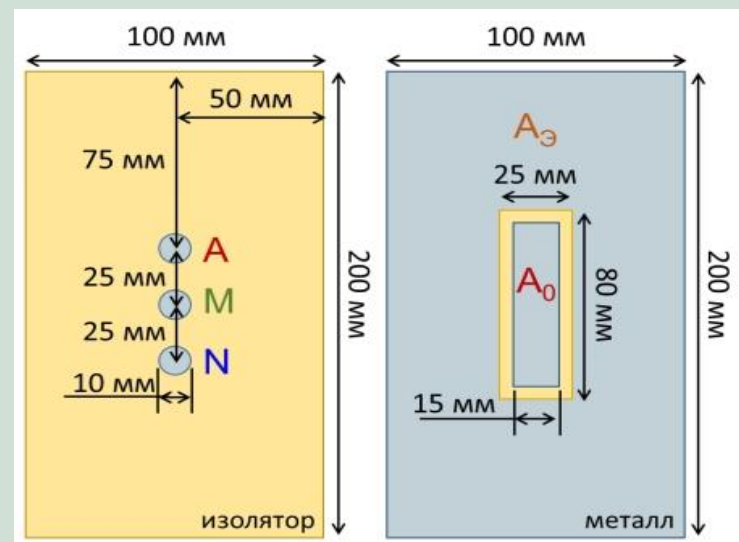
² Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск

Аннотация

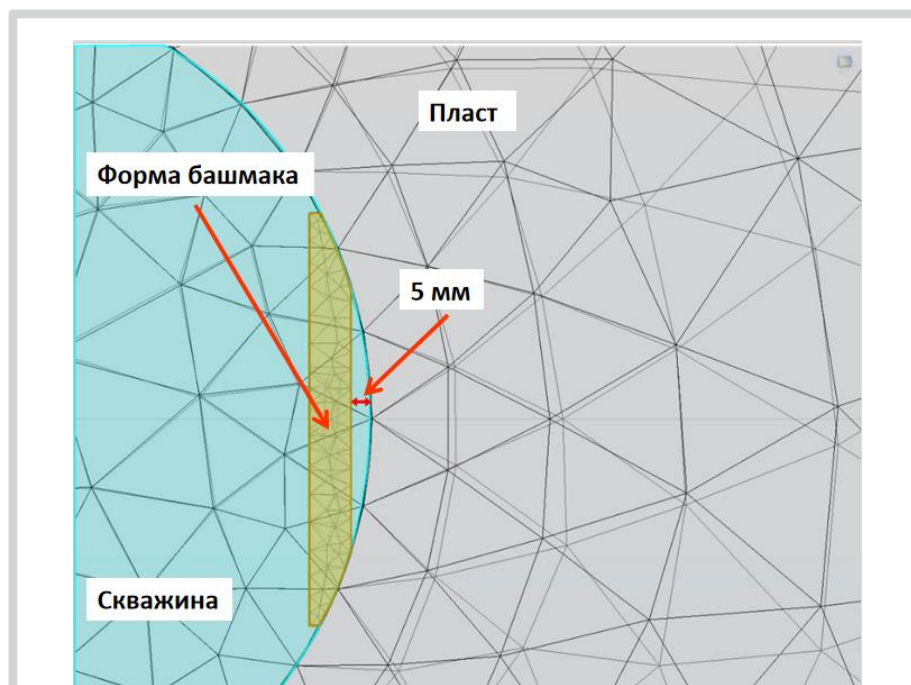
Численное моделирование сигналов гальванических микрозондов для геоэлектрических условий разрезов Западной Сибири проводится для целей комплексирования с данными обычного электрокаротажа при решении задач фильтрации бурового раствора в нефтегазовые коллекторы. Сигналы рассчитываются конечно-элементным алгоритмом. Параметры модели соответствуют нижнемеловым анизотропным коллекторам со смешанным насыщением, условия в скважине – бурению на глинистом и полимерном буровых растворах.

Введение

Для решения обратной электро-гидродинамической задачи важно учитывать радиальное распределение удельного электрического сопротивления (УЭС) в нефтегазовом коллекторе. В процессе бурения в поровое пространство проникает фильтрат бурового раствора (ФБР), в результате чего происходит перераспределение пластовых флюидов. Ключевое для анализа фильтрационных процессов значение имеет область, прилегающая к стенке скважины. Ее характеристики позволяют уточнить такие параметры коллектора, как коэффициент пористости, проницаемость и содержание остаточных углеводородов. При этом информация об этой прискважинной области содержится в сигналах электрического микрокаротажа, и по их значениям может быть доопределен радиальный профиль УЭС, что необходимо для полноценной постановки прямых и обратных фильтрационных задач.



Модели микрозондов: слева – микроградиент-зонд А0.025М0.025N и микропотенциал-зонд А0.05N (А – токовый электрод, М и N – измерительные электроды); справа – микробоковой зонд (центральный электрод А₀ и экранированный электрод А₃ разделены изолятором).



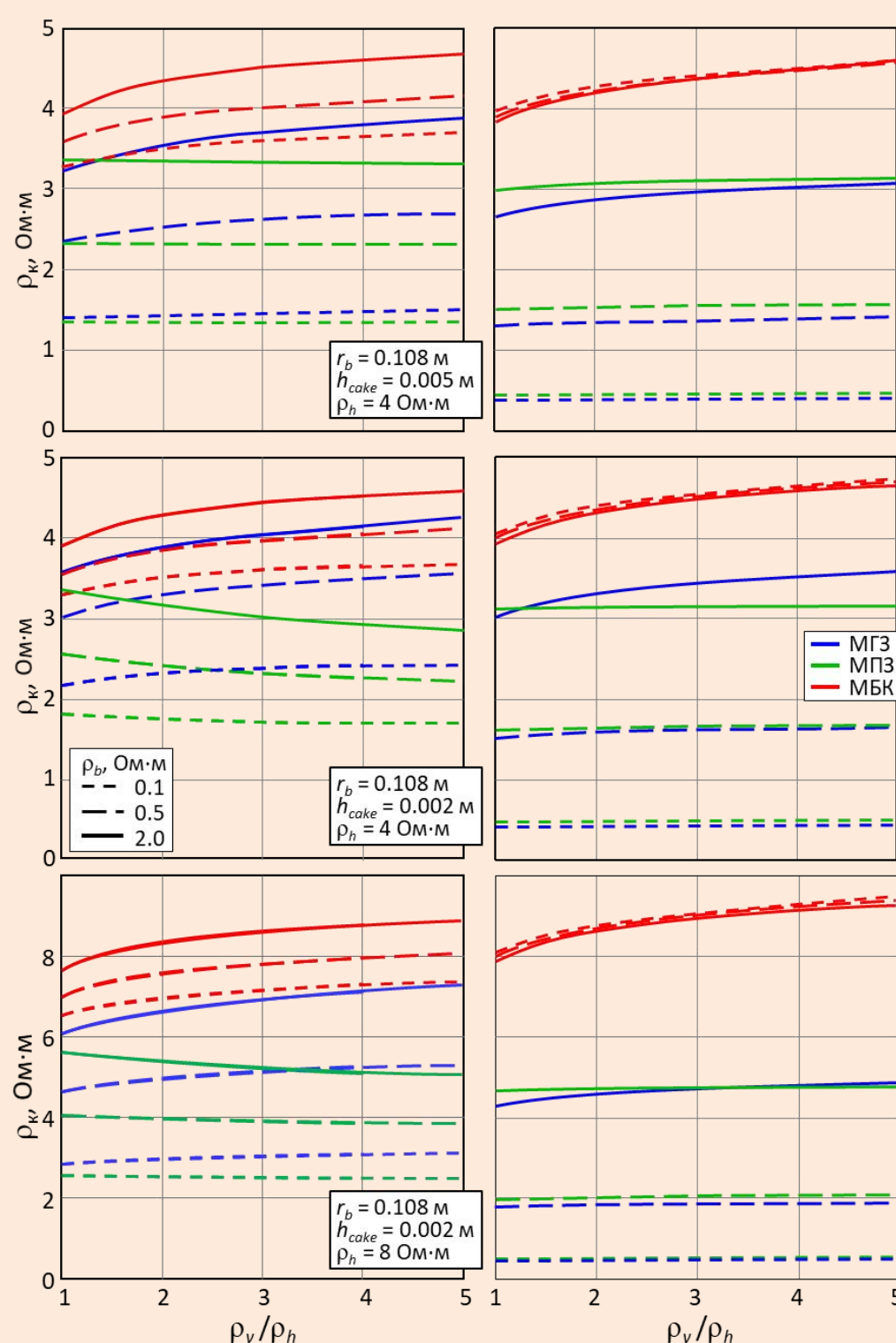
Модель площадки зондов со скошенными краями. Края скошены таким образом, что при радиусе скважины 0.108 м расстояние между центром площадки и стенкой скважины равно 5 мм.

Методы и материалы

В ИНГГ СО РАН создан комплекс программ для моделирования сигналов МГЗ, МПЗ, МБК на основе конечноэлементных алгоритмов. Расчеты проведены для башмака с плоской поверхностью с размерами 100×200 мм (Ф1) и поверхностью со скошенными краями (Ф2), что обеспечивает прилегание краев к стенке скважины, но с зазором 5 мм между электродами и породой или внутренним краем глинистой корки (ГК) при радиусе скважины 0.108 м. Это реалистичная ситуация: при неровной стенке скважины идеальное прилегание башмака может не достигаться, и между электродами и породой есть тонкий слой бурового раствора. Сигналы рассчитаны в геоэлектрических моделях, репрезентативно отражающих условия измерений в интервалах нижнемеловых коллекторов Западно-Сибирской НГП, вскрытых с применением глинистого либо полимерного бурового раствора.

Результаты

Установлены основные особенности сигналов при разной форме прижимного башмака для некоторых типовых геоэлектрических моделей коллекторов и флюидоупоров: непроницаемых пластов, пластов-коллекторов с формированием глинистой корки и зоны проникновения (ЗП), изотропных и анизотропных, при варьировании ключевых параметров моделей. УЭС ГК оценивалось по палетке зависимости $\rho_{ГК}-\rho_B$. Значимая зависимость от отношения вертикального УЭС к горизонтальному (ρ_v/ρ_h) установлена для сигналов МБК для обеих форм башмака. Сигналы МБК слабо зависят от УЭС БР (ρ_B) и толщины ГК (h_{cake}) для Ф2, но есть зависимость для Ф1. Наличие зазора (слоя БР) между электродами и глинистой коркой уменьшает значения ρ_k для МГЗ и МПЗ тем сильнее, чем больше УЭС пласта. Анизотропия УЭС пласта при изотропной ГК может приводить к измеряемой разнице значений и неклассическому соотношению МГЗ > МПЗ, особенно для площадки Ф1. Сигналы МГЗ и МПЗ одинаковы с точностью до погрешности измерения и не зависят от анизотропии при низком УЭС БР для башмака Ф2, в отличие от сигналов для Ф1. Для изотропного пласта $\rho_v = \rho_h$ сохраняется классическое соотношение МБК > МПЗ > МГЗ (для Ф1 и Ф2 при $h_{cake} = 5$ мм, для Ф2 при 2 и 5 мм). Для анизотропного пласта для башмака Ф2 ($\rho_v/\rho_h \geq 1.25$, $\rho_h = 4$ Ом·м и $\rho_v/\rho_h \geq 3.25$, $\rho_h = 8$ Ом·м) при $h_{cake} = 2$ мм и для башмака Ф1 во всех этих моделях распределение другое: МБК > МГЗ > МПЗ. Значение сигналов зондов электрического микрокаротажа определяется как свойствами скважины и геоэлектрическим строением пласта, так и конструктивными параметрами прибора, которые необходимо задавать очень детально.



Зависимости сигналов микрозондов от отношения ρ_v/ρ_h в анизотропном пласте (или ЗП) при разном УЭС БР и ГК в модели "скважина – ГК – анизотропная ЗП". Параметры моделей приведены на рисунках. Слева: плоская поверхность площадки с полным прилеганием центра к стенке; справа: площадка со скошенными углами, зазор между серединой площадки и стенкой скважины 5 мм