

УДК 550.832

В. М. Теленков, Р. Т. Хаматдинов
ООО "Нефтегазгеофизика"

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСА АВТОНОМНОЙ АППАРАТУРЫ КАСКАД-А ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОРОД В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ

Представлены возможности комплекса ГИС, реализуемого аппаратурой КАСКАД-А, для решения различных задач. По результатам сравнения скважинных измерений методами нейтронного, плотностного и акустического каротажа в вертикальных и горизонтальных скважинах оценена возможность определения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) коллекторов, вскрытых горизонтальными стволами.

Ключевые слова: каротаж, автономные приборы, горизонтальные и вертикальные скважины, комплекс.

Горизонтальные скважины являются элементами современной технологии при эксплуатации различных типов коллекторов. При этом применяемые комплексы ГИС должны предоставлять полное информационное обеспечение. Исследования проводятся стандартным комплексом ГИС для всех категорий эксплуатационных скважин. Интерпретация данных комплекса ГИС проводится по принятой для каждого региона методике. При этом не учитываются специфические условия вскрытия продуктивных пластов горизонтальными скважинами. К этим условиям относятся влияние анизотропии пластов, вмещающих пород, диаметра и профиля скважины, пересечение пластов под различными углами и т. д.

В связи со специфичностью вскрытия пластов горизонтальными скважинами возникают вопросы правомочности оценки ФЕС применяемыми методами ГИС по принятой для вертикальных скважин методике интерпретации. Для решения поставленной задачи проведены анализ и сопоставление получаемых данных ($k_{\text{п.общ}}$, $k_{\text{пл}}$) по вертикальным и горизонтальным скважинам.

В качестве объекта исследования принят продуктивный горизонт меловых отложений месторождения севера Тюменской области. Ком-

плекс исследований в вертикальных и горизонтальных скважинах аппаратурой КАСКАД-А включает в себя [3, 4]:

- боковое каротажное зондирование;
- многозондовый индукционный каротаж;
- двойной боковой каротаж;
- акустический профилемер;
- компенсационный нейтронный каротаж;
- плотностной каротаж;
- интегральный гамма-каротаж;
- акустический каротаж;
- инклинометрию.

В отдельных скважинах производились исследования методами импульсного нейтронного и ядерно-магнитного каротажа.

Комплекс ГИС, реализуемый аппаратурой КАСКАД-А [2], позволяет с необходимой точностью решать поставленные задачи по определению коэффициентов общей и эффективной пористости, глинистости, проницаемости, нефтенасыщенности коллекторов. Для плотностного каротажа разработано прижимное устройство. В измеряемые параметры акустического и нейтронного каротажа вносятся поправки по данным профилеметрии о состоянии ствола горизонтальных скважин (наличие каверн и овальности). Это позволяет снизить погрешности и достичь необходимой точности радиоактивных, акустических и электрических методов ГИС.

В силу большей глубинности электрических методов на результаты их измерений заметное влияние оказывает анизотропия пластов [1, 2]. Наличие в зоне исследований глинистых и плотных прослоев не позволяет в ряде случаев определить удельное сопротивление пластов с необходимой точностью, что приводит к значительным погрешностям в определении коэффициентов нефтегазонасыщенности.

Решение данной проблемы в ближайшей перспективе возможно при проведении математического и физического моделирования и анализа результатов скважинных измерений.

В данной статье рассматриваются возможности методов нейтронного, плотностного, акустического и гамма-каротажа по определению общей пористости ($k_p^{\text{общ}}$) в горизонтальных скважинах. Оценка возможностей данного комплекса производилась по сопоставлению с полученными результатами в вертикальных скважинах.

Проведена статистическая обработка измеряемых параметров водородосодержания ω (%), плотности σ (g/cm^3), времени пробега продольной волны Δt (мкс) комплексной аппаратурой КАСКАД-А по ряду скважин в едином продуктивном горизонте по песчаникам и аргиллитам. Целью проведенного анализа было выявление влияния анизотропии пород и скважинных условий в горизонтальных стволах скважин. Работы проведены с использованием стандартизированной, метрологически поверенной аппаратуры.

Оценка стандартизации скважинных приборов

Для исключения систематических погрешностей в технических характеристиках приборов проведен анализ получаемых данных по опорному пласту.

В качестве опорного пласта выбраны достаточно однородные аргиллиты. Разделение пород на песчаники и аргиллиты проводилось по данным гамма-каротажа по шести вертикальным и четырем горизонтальным скважинам (рис. 1).

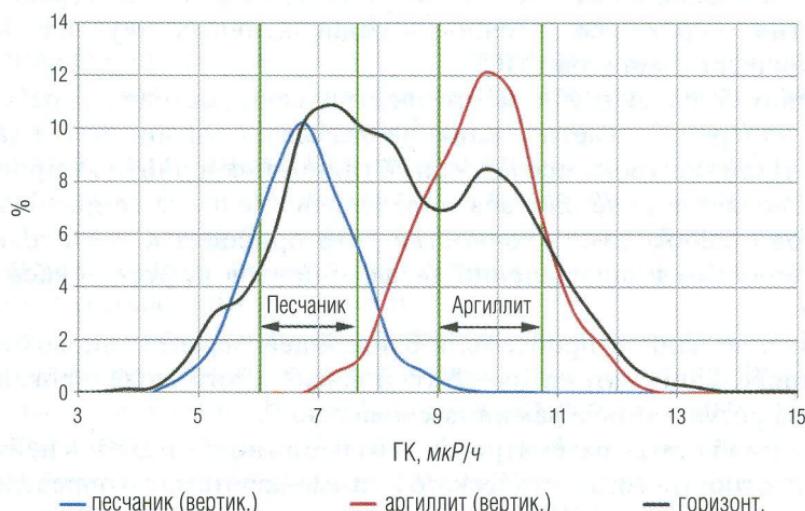


Рис. 1. Вариационные кривые распределения значений гамма-каротажа по песчаникам и аргиллитам

Наиболее представительная выборка по аргиллитам получена для вертикальных скважин, по песчаникам – для горизонтальных. По полученным данным в качестве песчаников определялись породы со значениями 6–7,5 мкР/ч , аргиллитов – 9–10 мкР/ч .

Для проверки стабильности работы прибора проведен анализ построения статистических распределений параметров ω , σ , Δt .

Кривые распределения приведены на рис. 2. Как видно из приведенных данных, полученные значения измеряемых параметров близкие, систематические отклонения отсутствуют. Разброс значений находится в пределах паспортной точности приборов.

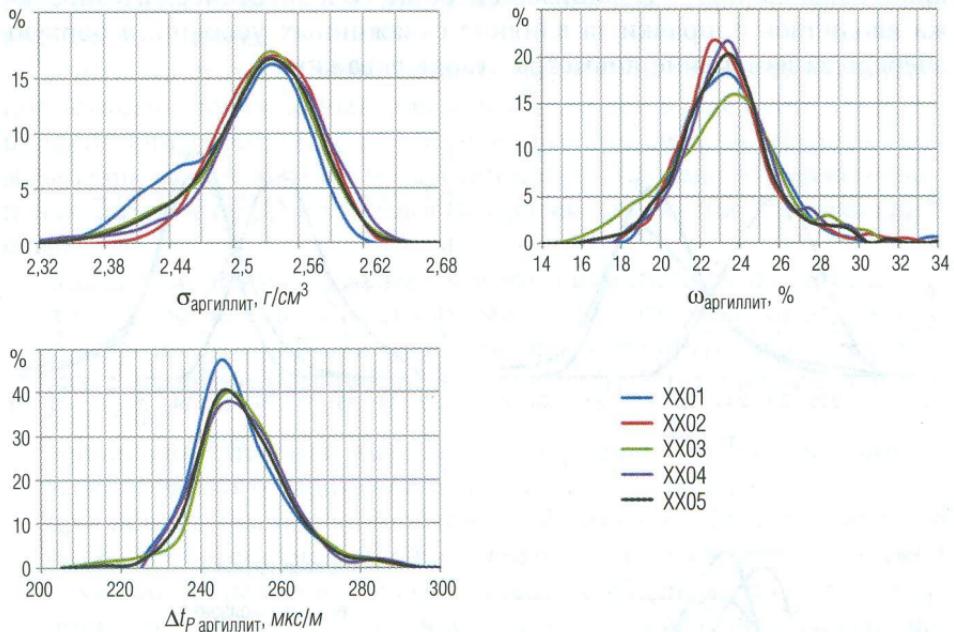


Рис. 2. Вариационные кривые распределения измеряемых параметров ω , σ , Δt_P

С учетом стабильной работы скважинной аппаратуры появляется возможность оценить влияние скважинных условий и анизотропии пород в горизонтальных скважинах в сопоставлении с данными, полученными в вертикальных скважинах.

Влияние анизотропии и скважинных условий на результаты определения ФЕС

Возможное влияние скважинных условий горизонтальных стволов на значения ФЕС, определяемых методами ГК, ГГК, АК, ННК-Т, оценивалось по результатам сравнения измеряемых параметров в вертикальных и горизонтальных скважинах по одному и тому же продуктивному горизонту. Для сопоставления построены кривые распределения значений плотности, водородосодержания и времени пробега продольной волны по песчаникам и аргиллитам в пяти горизонтальных и вертикальных скважинах. Результаты сопоставления приведены на рис. 3. В данные нейтронного и акустического каротажа вводились поправки за влияние скважинных условий, в первую очередь за изменение диаметра ствола скважин.

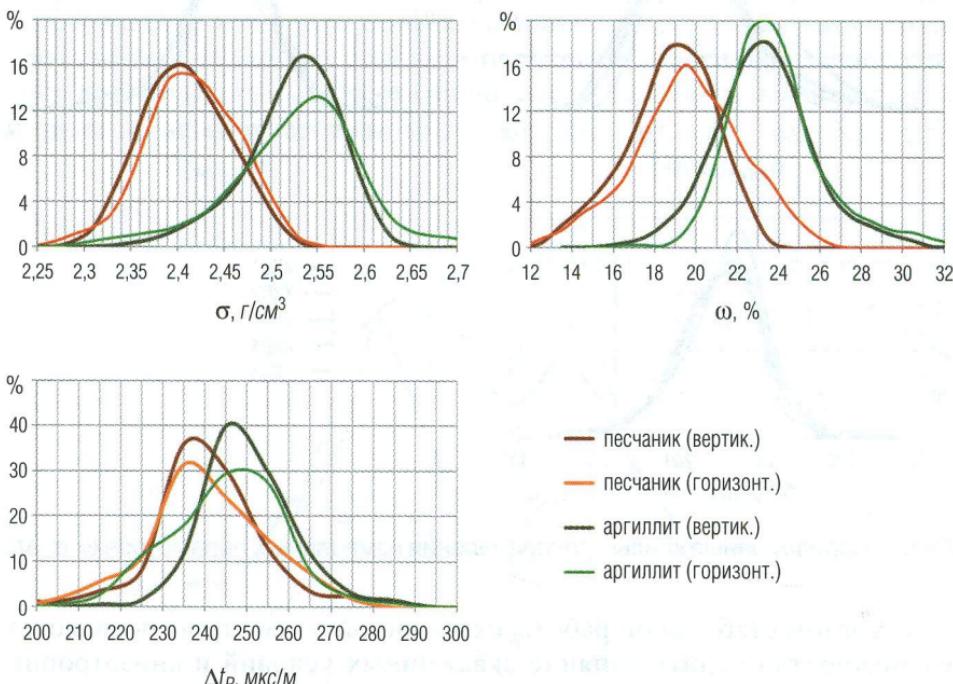


Рис. 3. Сопоставление статистических распределений ω , σ , Δt_P по вертикальным и горизонтальным скважинам

Как видно из приведенных данных, по значениям плотностного каротажа в песчаниках влияние анизотропии и скважинных условий практически не отмечается. Это связано с небольшой глубинностью метода ($10\text{--}15\text{ см}$), а скважинных условий – из-за специальной конструкции скважинного прибора с прижимным устройством.

По данным нейтронного и акустического каротажа влияние анизотропии и скважинных условий незначительно. По измерениям нейтронным методом в песчаниках, расхождение до 4% водородосодержания (ω) отличается при значениях более 22%. По измерениям акустическими методами в песчаниках расхождение до 10 мкс отмечены при значениях Δt более 240 мкс . Подобные расхождения, в силу большей глубинности методов, связаны с влиянием анизотропии вмещающих пород.

Учитывая, что в использованных скважинных измерениях общая пористость продуктивных пластов находится в пределах 18–23%, влияние анизотропии при определениях комплексом методов гаммаметрии, плотнometрии и акустического каротажа незначительно и находится в пределах точности при исследовании вертикальных скважин.

В качестве основных выводов можно отметить следующее:

- по измерениям плотностным методом возможно определение коэффициентов общей пористости в горизонтальных скважинах с необходимой точностью для нефте- и водонасыщенных пластов;
- влияние анизотропии вмещающих пород на методы нейтронного и акустического каротажей оказывается незначительно;
- при использовании комплексной обработки методов гамма-каротажа, плотностного, нейтронного и акустического каротажей возможно определение коэффициентов общей пористости и глинистости с необходимой точностью в горизонтальных скважинах для коллекторов с различным насыщением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов Ю. Н., Эпов М. И., Глебочева Н. К., Драпчук И. Д. Неоднородности коллекторов в горизонтальных скважинах по данным электромагнитного зондирования // НТВ "Каротажник". Тверь: Изд. АИС. 2002. Вып. 97. С. 9–52.
2. Ахмадеев А. А., Леготин Л. Г., Султанов А. М. Особенности интерпретации результатов исследования горизонтальных скважин и боковых стволов автомо-

номной аппаратурой на трубах // НТВ “Каротажник”. Тверь: Изд. АИС. 2014. Вып. 3 (237). С. 69–84.

3. Хаматдинов Р. Т., Белоконь Д. В., Пантиухин В. А., Теленков В. М. Результаты технико-технологических разработок ООО “Нефтегазгеофизика” и их использование при строительстве и эксплуатации нефтегазовых скважин // НТВ “Каротажник”. Тверь: Изд. АИС. 2013. Вып. 3 (225). С. 7–30.

4. Хаматдинов Р. Т., Белоконь Д. В., Пантиухин В. А., Теленков В. М. Комплекс автономных приборов для исследования пологих и горизонтальных скважин и скважин со сложным профилем ствола. // НТВ “Каротажник”. Тверь: Изд. АИС. 2013. Вып. 3 (225). С. 37–49.

Рецензент канд. техн. наук Л. Г. Леготин

Научный руководитель канд. техн. наук А. А. Красильников

Научный руководитель канд. техн. наук А. А. Красильников