

## **ОЦЕНКА НАСЫЩЕННОСТИ РАЗРЕЗА В ОБСАЖЕННЫХ СКВАЖИНАХ ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КАРОТАЖА**

**Авторы: Д. Н. Крючатов, А. М. Мустафин, Р. У. Исянгулов, С. В. Хвостанцев**

Среди геофизических методов исследования скважин электрометрия является наиболее информативной для оценки характера насыщенности разреза.

Традиционно электрические методы используются при исследованиях в открытом стволе. Промышленные исследования методами электрометрии в скважинах, обсаженных металлической колонной, до 1995 г не проводились, хотя возможность таких измерений была предложена профессором Л.М. Альпиным ещё в 1939 г (СССР, патент №56.026 от 30.11.1939г).

Возможные области применения технологии измерения удельного электрического сопротивления пород через обсадную колонну:

- Проведение исследований в новых скважинах:
  - в случаях наличия осложнений в процессе строительства скважин, когда полноценно каротаж в открытом стволе скважины выполнить не удалось;
  - при бурении горизонтальных скважин часто возникают осложнения и для снижения аварийной опасности возможно определение текущей насыщенности после спуска обсадной колонны;
  - в случаях выполнения бурения в сложных геолого-промысловых условиях, с целью исключения рисков потери ствола скважины, каротаж в открытом стволе скважины не проводился.
- Проведение исследований в старом фонде скважин:
  - обнаружение и оценка неизвлеченных углеводородов;
  - интервалы пластов на момент бурения скважины не представляли интереса для недропользователя;
  - при мониторинге изменений насыщенности;
  - оценка изменения контактов (ГНК, ГВК, ВНК);
  - оценка восстановившихся залежей углеводородов.

Большинство месторождений Западной Сибири находится на поздней стадии разработки и оценка текущей нефтенасыщенности является важнейшей задачей с позиций выявления пропущенных залежей, оценки текущего состояния выработки коллекторов, положений контуров нефтеносности и уточнения положений не вырабатываемых участков залежи.

В настоящее время для получения информации о характере текущего насыщения коллекторов при исследовании через колонну применяются следующие технологии:

- При проведении исследований в неперфорированных пластах:
  - проведение временных измерений электромагнитными методами (ИК, ВИКИЗ, ДК) в скважинах со спущенными стеклопластиковыми хвостовиками (в Западной Сибири данная технология не получила широкого распространения);
  - проведение временных измерений импульсными нейтронными методами (из-за низкой минерализации пластовых вод в Западно-Сибирском регионе

- данная технология недостаточно информативна для мониторинга нефтяных залежей);
- проведение С/О-каротажа (технология широко применяется на месторождениях Западной Сибири, но имеет ограничения в низкопористых коллекторах и интервалах перфорации) [6];
  - проведение электрокаротажа приборами ЭКОС (ООО НППГТ «Геофизика»), СНFR (Шлюмберже), TCRT (Бейкер Хьюз) [1,7];
  - проведение волнового акустического каротажа [2].
  - При проведении исследований в перфорированных пластах:
    - проведение измерений радиоактивного гамма-каротажа с закачкой в пласт короткоживущего радионуклида натрия-24 [4];
    - проведение измерений ИННК с закачкой в пласт солевых нейтронопоглощающих растворов;
    - проведение электрокаротажа.

В 2006 году ОАО «Когалымнефтегеофизика» приобрела два комплекта аппаратуры ЭКОС-31-7 у ООО НППГТ «Геофизика» г. Пятигорск.

Зонд ЭКОС обеспечивает измерение удельных электрических сопротивлений в диапазоне от 0 до 100 Омм в скважинах, обсаженных 5–7 дюймовыми металлическими колоннами, заполненными проводящей жидкостью на водной основе и в смеси с нефтью, а также «сухих» с температурой до 125 град С и гидростатическим давлением до 100 МПа при отношении удельного электрического сопротивления пласта и вмещающих горных пород  $\rho/\rho_{\text{вм}} \leq 100$  Омм.

Возможность применения аппаратуры ЭКОС-31-7 в интервалах с окисными пленками, битумными образованиями, сильными следами коррозии на внутренних стенках колонны обусловлена наличием прижимных устройств, позволяющих создавать надежный контакт электродов прибора с колонной, вследствие чего она не нуждается в дополнительной очистке [3].

Технология измерения производится следующим способом (рис. 1) - на обсадную стальную колонну, сверху и снизу, симметрично относительно измерителей, поочередно во времени через токовые электроды А1 и А2 подается ток питания колонны силой в несколько ампер. Обратный токовый электрод В располагается на поверхности (обычно используется устье колонны соседней скважины). Производятся измерения потенциала  $U$  в точке N относительно удаленной точки N уд., расположенной на устье скважины, в которой производятся измерения, первой разности потенциала  $dU$  между точками M1 и M2 (в аппаратуре ЭКОС-31-7 расстояние M1M2 - 1м) и второй разности потенциала  $d2U$  на измерительной базе M1NM2 (электрод N расположен посередине между электродами M1 и M2).

Эти измерения производятся при стоянке прибора на точке, причем на каждой точке не менее двух раз: когда ток питания колонны подан через токовый электрод А1 и токовый электрод А2.

Основное требование к проведению измерений – соблюдение условия стационарности измерений, то есть качественные измерения возможны лишь в том случае, когда условия

проведения измерений не менялись на протяжении всего времени регистрации сигналов от обоих токов колонны [3].

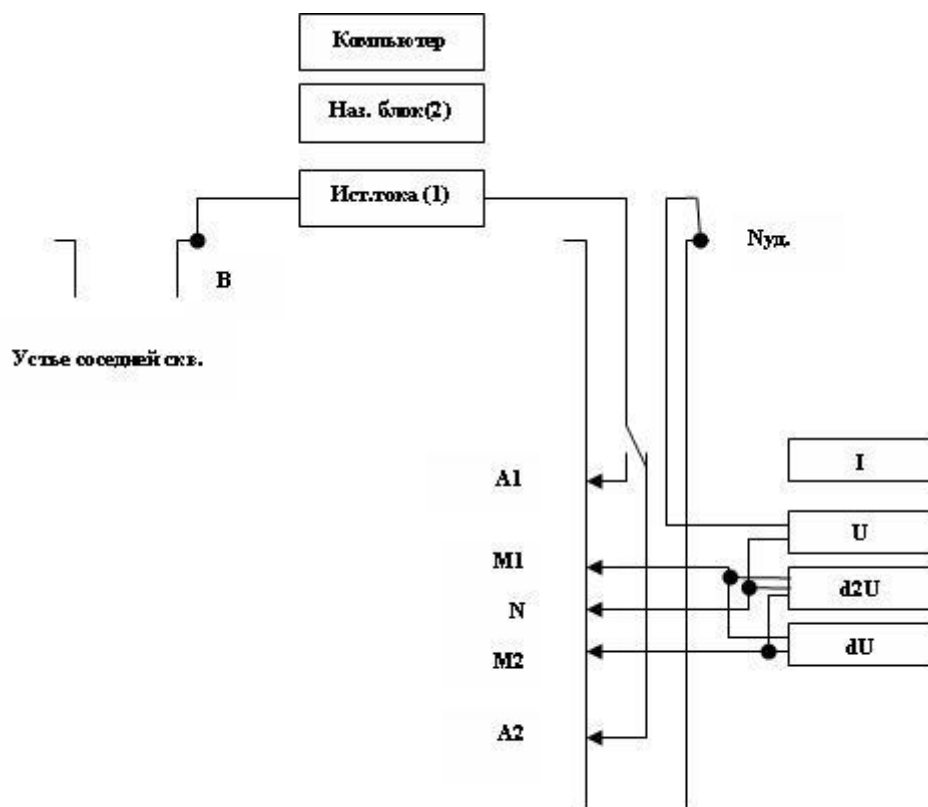


Рис. 1. Электрическая схема зонда

С момента приобретения аппаратуры специалистами ОАО «Когалымнефтегеофизика» совместно со специалистами ООО «Геофизика» были проведены совместные работы в ряде скважин на различных месторождениях Западной Сибири.

На начальной стадии были проведены работы в новых скважинах, где исследования в открытом стволе проводились современными приборами электрического или электромагнитного каротажа. Данный опыт показал достаточно высокую сходимость геоэлектрической характеристики разреза по ГИС в открытом стволе и по ЭКОС-31-7 при исследовании через колонну. В качестве примера на рис.2 проведено сравнение профилей удельного сопротивления полученных в открытом стволе компанией Шлюмберже и прибором ЭКОС-31-7 через четыре месяца после обсадки скважины 178 ммстальной колонной.

На втором этапе работ были проведены исследования в старом фонде скважин (скважина пробурена и обсажена в октябре 1989г), где эксплуатационные колонны были подвержены длительному процессу коррозии, а так же в интервалах, вскрытых перфорацией. В скважине ХХ64 до записи ЭКОС были проведены измерения методами электромагнитной дефектоскопии и скважинного акустического телевизора, с целью оценки технического состояния колонны по всему интервалу последующего каротажа прибором ЭКОС-31-7, в том числе и в интервале перфорации (рис. 3).

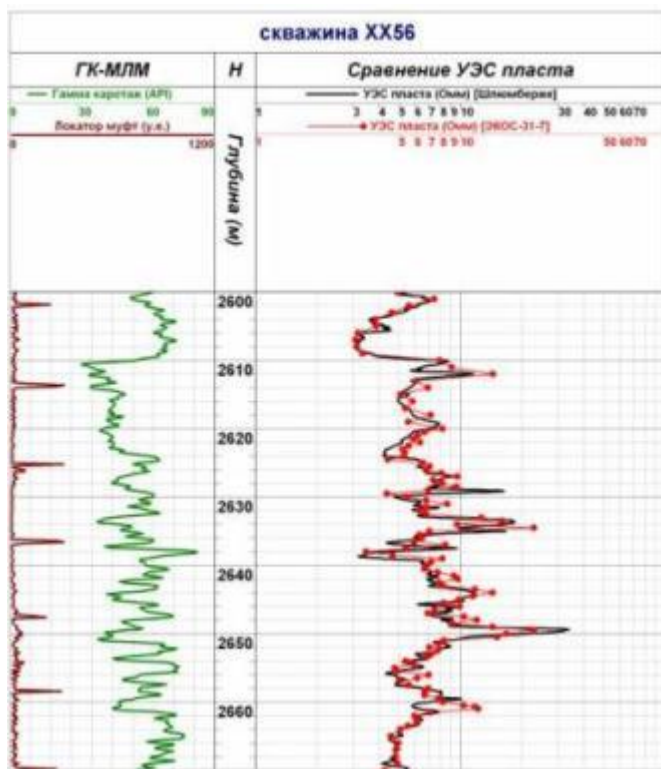


Рис. 2. Сравнение профилей УЭС, полученных по ГИС в открытом стволе (Шлюмбергер, черная кривая) и в обсаженной скважине по ЭКОС-31-7 (красные точки)

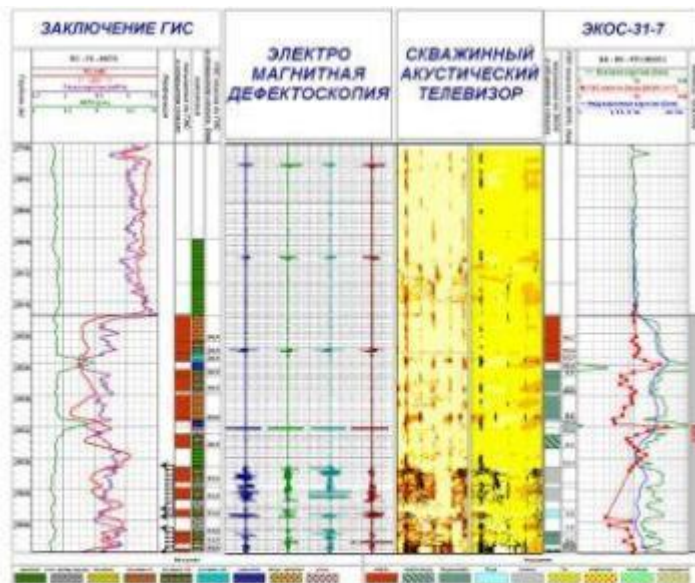


Рис. 3. Результаты измерений ЭКОС-31-7 в скважине XX64 старого фонда

При каротаже прибором ЭКОС-31-7 не удалось осуществить прижатие электродов прибора в интервале 2837.6 – 2843.6м. По данным ЭМДС и САТ в этом интервале наблюдается значительное количество дефектов, связанных с существенным нарушением целостности колонны в результате многократной перфорации.

В нижележащем интервале, вскрытом перфорацией, геоэлектрическая характеристика по ЭКОС-31-7 достоверна, что подтверждается промысловыми данными.

В кровельной части пласта (интервал 2818.0 – 2823.6м) установлено наличие невыработанных запасов. Эти интервалы по данным ЭМДС характеризуются меньшим количеством дефектов.

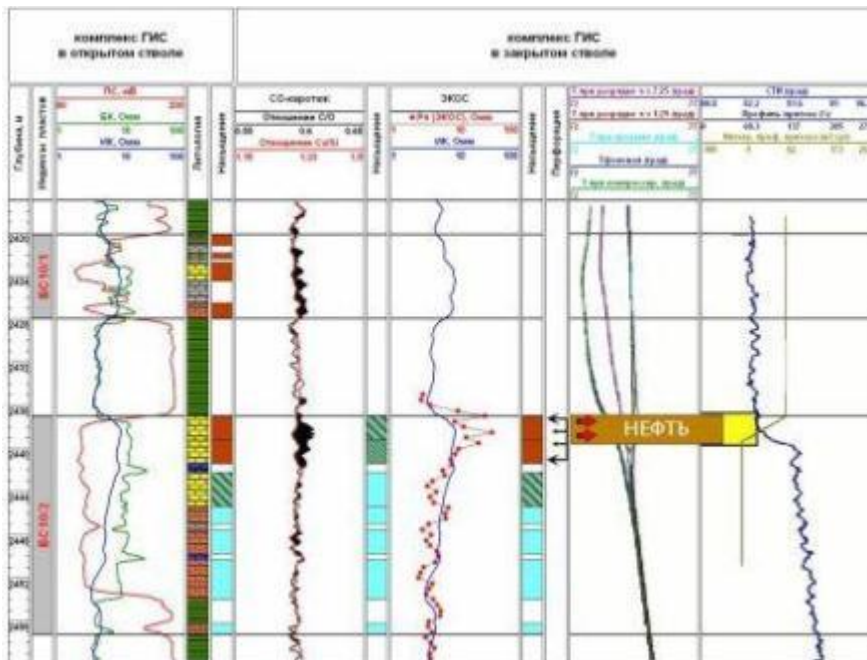


Рис. 4. Сопоставление заключений полученных по ГИС в открытом стволе, СО-каротажу, ЭКОС-31-7 и промысловым исследованиям в скважине ХХ26

В скважине ХХ26 после обводнения основного продуктивного пласта с целью перевода на другой объект были проведены исследования методами СО-каротажа и ЭКОС-31-7 (рис.4).

По заключению СО-каротажа верхний интервал пласта имеет двухфазную насыщенность (нефть+вода и вода+нефть). По ЭКОС-31-7 в кровельной части пласта зарегистрированы высокие значения УЭС, намного превышающие критические значения для данной залежи. Как следствие, по измерениям ЭКОС- 31-7 кровельная часть содержит безводную нефть.

По заключениям комплекса методов СО – ЭКОС, было принято решение провести перфорацию в интервале 2438.4 – 2441.0м и выполнить промысловые исследования. По данным ПГИ, проведенным после перфорации, получен безводный приток нефти, что подтвердило достоверность информации ЭКОС.

По имеющемуся производственному опыту и литературным данным в табл. 1 приведены области применения ЭКОС в сравнении с другими методами изучения нефтенасыщенности в обсаженных скважинах.

Табл. 1. Область применения методов оценки характера насыщенности в скважинах, обсаженных металлической колонной

	ЭКОС-31-	CHFR	СО-	Волновой
--	----------	------	-----	----------

	7 [3, 7]	[1]	каротаж [5, 6]	акустический каротаж [2]
Низкопористый коллектор	+	+	–	+
Средняя пористость и низкая минерализация	+	+	+	+
Средняя пористость и минерализация	+	+	+	+
Высокая пористость и высокая минерализация	+	+	+	+
Интервалы перфораций	+	+	–	–
Нерасформировавшаяся зона проникновения	+	+	–	+
Окисные пленки на колонне	+	–	+	+
Пласты, обводненные закачанной пресной водой	–	–	+	+
Отсутствие цементного камня за колонной	+	+	–	–
Необходимость предварительной очистки внутренних стенок колонны	+	–	+	+
Глубинность исследования	около 1,4 м	2-11 м	около 0,15 м	около 0,7 м

+ рекомендуется к использованию

– не рекомендуется к использованию

### Заключение

Каротаж по определению удельного электрического сопротивления пластов в скважинах обсаженных металлическими колоннами является промышленным методом, который уже в ближайшее время позволит решить множество проблем нефтегазовых компаний.

По сравнению с другими аппаратно-методическими комплексами ЭКОС-31-7 имеет ряд преимуществ, которые расширяют круг решаемых задач при снижении финансовых затрат компаний недропользователей. Основные ограничения технологии связаны с выполнением измерений при значительных нарушениях целостности колонны, разделении интервалов насыщенных нефтью и обводненных пресными водами, нет возможности получения достоверных значений удельного электрического сопротивления в многоколонных конструкциях скважин. Вследствии этого, для более точной оценки характера насыщения, необходимо комплексировать технологию ЭКОС-31-7 с другими методами (СО-каротаж, волновой акустический каротаж и т.п.)

Основные ограничения технологии связаны с выполнением измерений при значительных нарушениях целостности колонны, разделении интервалов насыщенных нефтью и обводненных пресными водами, нет возможности получения достоверных значений удельного электрического сопротивления в многоколонных конструкциях скважин. Вследствии этого, для более точной оценки характера насыщения, необходимо

комплексировать технологию ЭКОС-31-7 с другими методами (СО-каротаж, волновой акустический каротаж и т.п.)

## Литература

- Аулия К., Поерномо Б., Ричмонд В.К., Викоконо А.Х. и др. Исследование призабойной зоны / «Нефтегазовое Обозрение», т. 7, вып. 2, осень 2002. С. 4-31.
- Добрынин В.М., Городнов А.В., Черноглазов В.Н. Новые возможности геофизики при оценке извлекаемых запасов на поздней стадии разработки месторождений // «Нефтяное хозяйство», вып. 11, 2004. С. 53-56.
- Кривонос Р. И., Кашик А. С., Рыхлинский Н. И. Аппаратура для электрического каротажа обсаженной скважины ЭКОС-31 / Доклад на III Китайско-Российском научном симпозиуме по геофизическим исследованиям скважин // Шанхай, 2-5 ноября 2002 г.
- Крючатов Д.Н., Перельман И.Ф., Горохова Э.Р., Костин Ю.И. Опыт промышленного применения технологии радиоактивного каротажа с использованием короткоживущего радионуклида натрия-24 на месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2002. Вып. 93 С. 10-33.
- Теленков В.М. Технология определения текущей нефтенасыщенности коллекторов при контроле разработки нефтегазовых месторождений Нижневартовского района // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2002. Вып. 98. С. 72-94.
- Хаматдинов Р.Т., Велижанин В.А., Че-ременский В.Г. С/О – каротаж – перспективная основа современного геофизического мониторинга нефтяных месторождений // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2004. Вып. 125-126. С. 4-23.
- Чертенков М., Макарычев М., Юсифов А. Опыт оценки ФЕС и насыщения пластов через обсадную колонну в Тимано-Печорской НГП // Технологии ТЭК, июнь 2007г.