

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДИВЕРГЕНТНОГО КАРОТАЖА

Атабаева Феруза Равшановна

СП «GIRS GLOBAL» Начальник геологического отдела

feruza.atabayeva@mail.ru

АНОТАЦИЯ

В статье описывается метод проведения электрического дивергентного каротажа (ЭДК) в обсаженных скважинах. Рассматриваются этапы выдачи заключений и расчет коэффициента остаточной нефтегазонасыщенности по данным ЭДК, определения характера насыщения пластов и межфлюидных контактов. А также возможные априорные погрешности в аппаратуре ЭДК.

Ключевые слова: скважина, коэффициент насыщения, интерпретация, минерализация, пластовые воды, априорная погрешность.

ABSTRACT

The article describes a method of Electrical Divergent Logging in cased well. The stages of issuing conclusions and calculating the coefficient of residual oil and gas saturation according to EDL data, determining the nature of reservoir saturation and fluid contacts are considered. Also possible a priori errors in the EDL equipment.

Keywords: well, saturation coefficient, interpretation, mineralization, formation waters, a priori errors

ВВЕДЕНИЕ.

Ведущим методом определения коэффициента остаточной нефтегазонасыщенности в обсаженных скважинах является импульсный нейтронный каротаж (ИНК) в различных модификациях. Компанией ГК «ИНТЕКС» с 2005 года ввела в эксплуатацию технологию и оборудование ЭДК для увеличения притока углеводородов на работающих скважинах. (Рис.1)

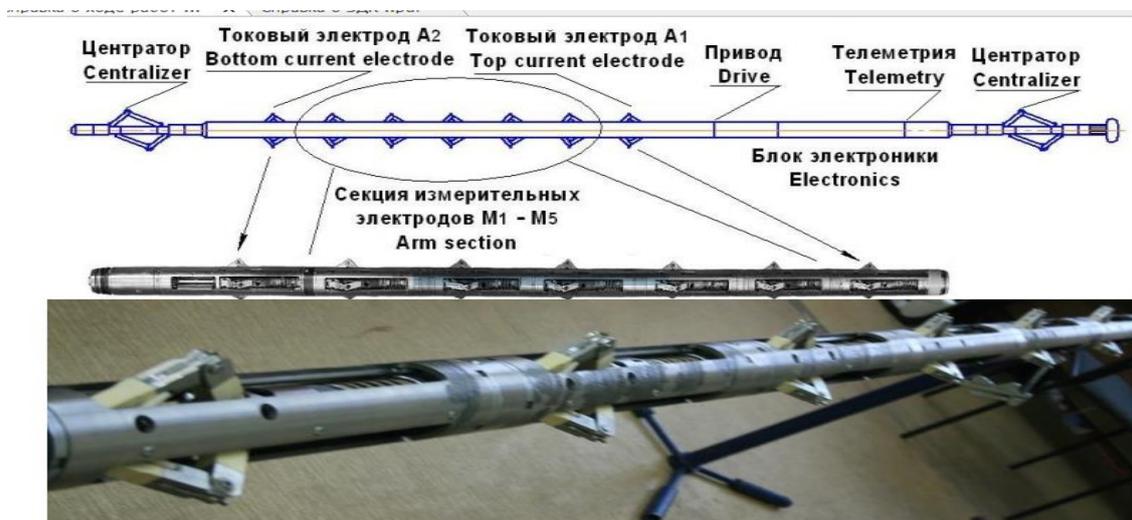


Рис. 1. Прибор ЭДК. (Функциональная схема прибора)

Аппаратура ЭДК обладает высокой надежностью, прямым способом поточечного измерения удельного электрического сопротивления пластов за обсаженной металлической колонной. В настоящее время приборы данного типа позволяют исследовать скважины с зенитным углом до 40° , в диаметрах колонн от 146 до 245 мм.

Область применения аппаратуры ЭДК:

- Определение характера насыщения в пластах, обсаженных стальной колонной (определение коэффициента текущей нефтегазонасыщенности);
- Определение характера насыщения пластов в перфорированных интервалах;
- Определение текущего местонахождения межфлюидных контактов – водонефтяного, газонефтяного, газоводяного (ВНК, ГНК, ГВК);
- Проведение электрического каротажа обсаженных скважин при отсутствии материалов по исследованиям открытого ствола.

Компания СП «GIRS GLOBAL» с начала 2022года начала применять метод ЭДК на скважинах Узбекистане. На сегодняшний день были проведены работы ЭДК на 13 скважинах.

Измерения проводятся в поточечном режиме через 0.5 метров в 6-ти точках. После спуска прибора в интервал исследований, электроды с помощью механического привода прижимаются для обеспечения контакта заостренных наконечников с внутренней поверхностью обсадной колонны. Процесс измерения состоит из нескольких циклов, при которых поочередно подают импульсы электрического тока на электроды В и А1, А2 (рисунок 3). В каждом цикле измеряют подаваемые токи и разности потенциалов между каждыми

измерительными электродами, а также измеряют потенциал одного из измерительных электродов относительно измерительного электрода $Nu\gamma$. (Рис.2)

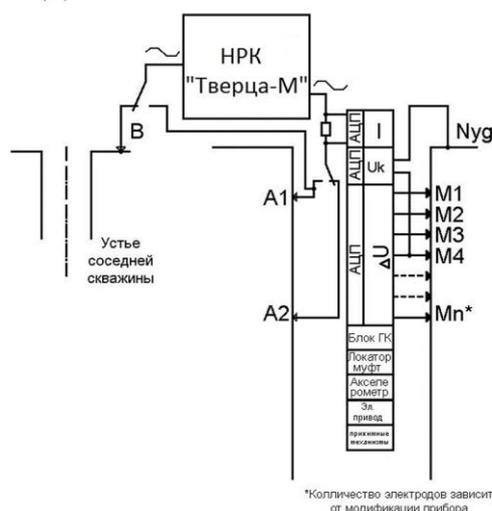


Рис.2 – Схема реализации приборов ЭДК

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ И ВЫДАЧИ ЗАКЛЮЧЕНИЙ

Интерпретация данных ЭДК основана на сравнении УЭС пласта, замеренного в открытом стволе, с УЭС, замеренным в обсаженной скважине. Полученные данные интерпретировались комплексом программ «Прайм». В результате интерпретации рассчитывался текущий коэффициент нефтегазонасыщенности, положение контактов, относительные фазовые проницаемости для нефти и воды, состав притока.

Первый этап - оценка точности полученных при записи данных сопротивления и привязка поточечной записи к глубине. Точность оценивается по пластам, электрическое сопротивление которых со временем не меняется (водонасыщенные интервалы). Привязка к разрезу осуществляется с помощью модуля измерения естественного гамма-излучения горных пород и локатор муфт, встроенных в прибор.

Второй этап - обоснование текущей минерализации воды, насыщающей породу. Знание сопротивления воды необходимо для расчета текущего коэффициента нефтегазонасыщенности. Опыт работ показывает, что при оперативной интерпретации, интерпретатор, как правило, не имеет сведений о реальной минерализации смеси закачиваемой и пластовой воды. Эти данные появляются уже после испытания.

Существует несколько способов обоснования минерализации (электрического сопротивления) воды:

- среднестатистическая минерализация попутных вод по месторождению;
- использование анализов попутных вод по соседним скважинам;
- определение текущей минерализации (хлоросодержания) в конкретной скважине дополнительными методами ГИС

Третий этап интерпретации - расчет коэффициента текущей нефтегазонасыщенности и прогноз состава притока.

Этот этап реализуется при наличии достоверной информации о петрофизических зависимостях коэффициента водонасыщенности от сопротивления (уравнения Арчи) (1) и коэффициентов относительной фазовой проницаемости по нефти и воде для исследуемого объекта эксплуатации.

В оперативном заключении даются коэффициенты текущей нефтенасыщенности, характер насыщенности исследуемого пласта и прогнозное значение количества воды в притоке.

Коэффициент нефтегазонасыщенности $K_{нг_тек}$ рассчитывается по зависимостям: $R_{п}=1/K_{п}^n$ $R_{н}=1/K_{в}^m$, $K_{нг}=1-K_{в}$, где n , m – параметры исследуемого месторождения.

По относительным фазовым проницаемостям $K_{пр_в}$, $K_{пр_н}$ рассчитывается процентное соотношение количества нефти и воды в притоке.

Заключение дополняется геолого-геофизическим планшетом. (Рис.3)

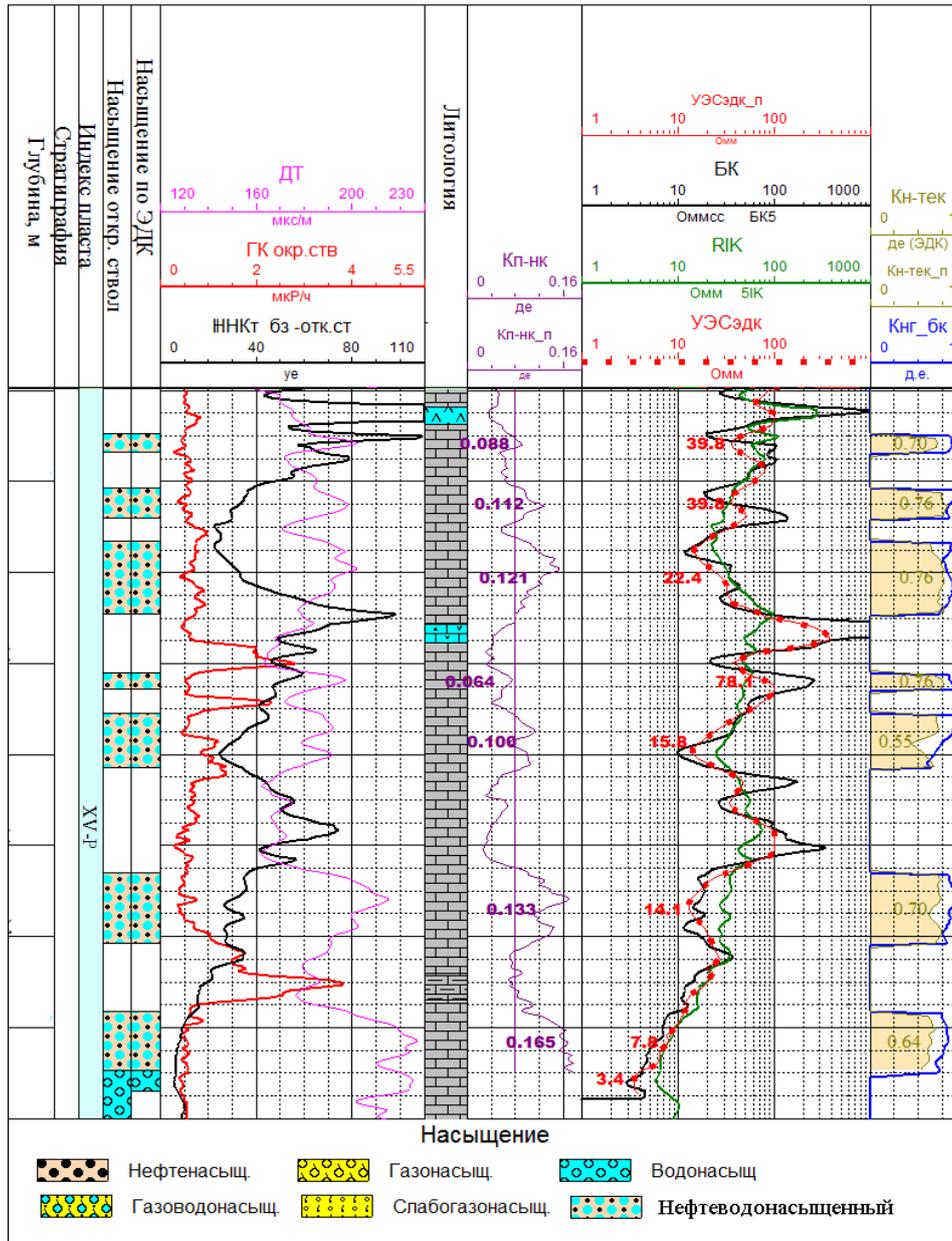


Рис.3. Геолого-геофизический планшет по методу ЭДК

Относительная погрешность определения Кнг тек

Кнг_тек определяется по петрофизической связи:

$$Кнг_тек = f(Rt, Rwsм, Кп),$$

Где: Кнг_тек - текущий коэффициент нефтегазонасыщенности;

Rt- текущее сопротивление породы, Омм;

Rwsм'-сопротивление смеси пластовой и закачиваемой воды, Омм;

Кп -пористость породы, доли единиц.

Для простоты расчетов принято, что пористость определена без ошибки, поскольку ЭДК ее не определяет, и в качестве петрофизической связи $Kв (Кнг) = /$

(R_t , R_{wsm}), взято уравнение Арчи.

$$K_v = \sqrt[n]{\frac{C \cdot R_w}{R_t}} \quad (1)$$

Где: K_v - коэффициент текущей водонасыщенности, доли единиц,

C - константа, включающая коэффициент пористости K_p , коэффициенты a , b , m уравнения Арчи,

R_{wsm} - сопротивление смеси закаченной и пластовой воды в породе, Омм,
 R_t - текущее сопротивление породы, Омм,

n - коэффициент насыщенности в формуле Арчи.

Для оценки погрешности определения $K_{v_тек}$ находим сумму частных производных по R_t и R_{wsm} . Получаем формулу для определения относительной погрешности коэффициента текущей водонасыщенности $K_{v_тек}$:

$$\delta K_{v_тек} = 0.5 (\delta R_t + \delta R_{wsm}), \quad (2)$$

где $5R_t$, $5R_{wsm}$ - относительные погрешности измерения текущего сопротивления породы и подбора сопротивления воды в поровом пространстве, доли единиц.

Таким образом, относительная погрешность $\delta K_{v_тек}$ составляет полусумму относительных погрешностей текущего сопротивления и относительной погрешности сопротивления воды в порах продуктивных пластов. То есть, вклад аппаратной погрешности измерения сопротивления породы и точности априорного знания сопротивления воды в конечную погрешность оценки коэффициента текущей нефтенасыщенности равнозначен.

ВЫВОД

Метод ИНК многие годы являлся уникальным методом для определения коэффициента остаточной нефтегазонасыщенности в обсаженных скважинах. Однако в настоящее время, можно сказать, что метод ЭДК имеет больше преимуществ. Так как даже при относительной аппаратной погрешности около 10 % и априорном знании сопротивления пластовой воды с ошибкой не более 20%, по данным электрического каротажа через колонну (ЭДК) можно гарантировать оценку текущей водонасыщенности с относительной погрешностью не более 15%.

ЛИТЕРАТУРА: (REFERENCES)

1. Валентин Цой, Виктор Беляков, Борис Четверушкин, Виктор Грехов, Татьяна Балашова, Олег Казанцев: Использование конкурентоспособных отечественных технологий в российской нефтегазовой индустрии./, Электронный адрес [HTTP://WWW.NGV.RU/MAGAZINES/ARTICLE/NOVAYA-NEFT-NA-DEYSTVUYUSHCHIKH-MESTOROZHDENIYAKH](http://www.ngv.ru/magazines/article/novaya-neft-na-deystvuyushchikh-mestorozhdeniyakh)
2. Сизов Денис Андреевич, Вдовкин Александр Васильевич (2021г): Аналитика методов определения остаточного коэффициента нефтегазонасыщения в обсаженных скважинах. Труды университета №2 (83) (107 – 113) <http://tu.kstu.kz/publication/publication/download/51>