

УДК 550.832.543

В. А. Велижанин, Н. Г. Лобода, В. Г. Черменский
ООО "Нефтегазгеофизика"

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТЕНАСЫЩЕННОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ ПО ДАННЫМ С/О-КАРОТАЖА

Проанализированы возможности различных методик интерпретации данных С/О каротажа и оценки влияния на них различных факторов.

Известно, что определение текущей нефтенасыщенности по данным импульсного спектрометрического нейтронного гамма-каротажа (ИНГКС-С/О) может быть выполнено несколькими способами [1, 2, 3]. Наиболее распространенными являются методики оценки нефтенасыщенности по полученным на моделях и расчетами методом Монте-Карло зависимостям параметров $\langle C/O \rangle$ и $\langle Ca/Si \rangle_{\text{неупр}}$ от нефтенасыщенности, пористости и минерального состава породы, где $\langle C/O \rangle$ есть отношение скоростей счета в спектре гамма-излучения неупругого рассеяния нейтронов (ГИНР) в энергетических окнах углерода и кислорода, а $\langle Ca/Si \rangle_{\text{неупр}}$ соответственно в энергетических окнах кальция и кремния. Две основные методики оценки нефтенасыщенности коллекторов по данным $\langle C/O \rangle$ и $\langle Ca/Si \rangle_{\text{неупр}}$ упоминаются в литературе под названиями *оценка нефтенасыщенности с использованием нормализованных отношений $\langle C/O \rangle$ и $\langle Ca/Si \rangle_{\text{неупр}}$* и *оценка нефтенасыщенности по приращению $\langle C/O \rangle$* .

Оценка нефтенасыщенности коллекторов с использованием нормализованных отношений $\langle C/O \rangle$ и $\langle Ca/Si \rangle_{\text{неупр}}$ опирается на линейность связи эффекта литологии для кривых $\langle C/O \rangle$ и $\langle Ca/Si \rangle_{\text{неупр}}$ при любом значении пористости пласта. При обработке данных ИНГКС-С/О в рамках указанной методики выбирается интервал опорного коллектора с известным насыщением (как правило, водоносный), проводится корректировка кривых $\langle C/O \rangle$, $\langle Ca/Si \rangle_{\text{неупр}}$ на влияние пористости $\langle C/O \rangle_{\text{испр}}$ $\langle Ca/Si \rangle_{\text{неупр,испр}}$. С учетом заданного насыщения опорного коллектора в указанном интервале проводится совмещение кривых $\langle C/O \rangle_{\text{испр}}$ и $\langle Ca/Si \rangle_{\text{неупр,испр}}$, после чего с учетом текущей пористости пласта – нормализация совмещенных кривых $\langle C/O \rangle_{\text{испр}}$ и

$\langle \text{Ca/Si} \rangle_{\text{неупр.испр}}$, то есть выравнивание их чувствительности к литологии. Текущая нефтенасыщенность рассчитывается как разность нормализованных кривых $\langle \text{C/O} \rangle_{\text{норм}}$ и $\langle \text{Ca/Si} \rangle_{\text{неупр.норм}}$, отнесенная к разнице $D_{\text{сог}}$ значений $\langle \text{C/O} \rangle$ в нефте- и водонасыщенной породе при соответствующих значениях пористости и содержании карбонатов

$$k_{\text{н}} = (\langle \text{C/O} \rangle_{\text{норм}} - \langle \text{Ca/Si} \rangle_{\text{ГИНР.норм}}) / D_{\text{сог}},$$

$$\langle \text{C/O} \rangle_{\text{норм}} = (\langle \text{C/O} \rangle_{\text{испр}} - \langle \text{C/O} \rangle_{\text{испр.опор}}),$$

$$\langle \text{Ca/Si} \rangle_{\text{ГИНР.норм}} = (\langle \text{Ca/Si} \rangle_{\text{испр}} - \langle \text{Ca/Si} \rangle_{\text{испр.опор}}) / P_{\text{лит}}.$$

Оценка нефтенасыщенности коллекторов по приращению $\langle \text{C/O} \rangle$ осуществляется по следующей схеме. Сначала строится опорная кривая $\langle \text{Ca/Si} \rangle_{\text{неупр.опор}}$ с учетом базового значения $\langle \text{Ca/Si} \rangle_{\text{неупр}}$ в коллекторе и текущей пористости. Приращение $\langle \text{Ca/Si} \rangle_{\text{неупр}}$ над $\langle \text{Ca/Si} \rangle_{\text{неупр.опор}}$ определяет карбонатность породы

$$V_{\text{Ca}} = [\langle \text{Ca/Si} \rangle_{\text{неупр}} - \langle \text{C/O} \rangle_{\text{неупр.опор}}] / D_{\text{Ca/Si}},$$

где $D_{\text{Ca/Si}}$ – это разница значений $\langle \text{Ca/Si} \rangle_{\text{неупр}}$ в известняке и песчанике при соответствующих значениях пористости. Затем строится опорная кривая $\langle \text{C/O} \rangle_{\text{опор}}$ с учетом базового значения $\langle \text{C/O} \rangle$ в водоносном пласте, текущей пористости и карбонатности V_{Ca} . Значение нефтенасыщенности определяется выражением

$$k_{\text{н}} = [\langle \text{C/O} \rangle - \langle \text{C/O} \rangle_{\text{опор}}] / D_{\text{сог}},$$

где $D_{\text{сог}}$ есть разница значений $\langle \text{C/O} \rangle$ в нефте- и водонасыщенных пластах при соответствующих значениях пористости и содержании карбонатов.

Как показывает практика, в большинстве случаев значения нефтенасыщенности коллекторов, определяемые по приращению $\langle \text{C/O} \rangle$ и по нормализованным отношениям $\langle \text{C/O} \rangle$ и $\langle \text{Ca/Si} \rangle_{\text{неупр}}$, совпадают. На рис. 1 приведена типичная ситуация оценки нефтенасыщенности по двум рассматриваемым методикам, однако встречаются ситуации, когда результаты обработки данных C/O -каротажа по этим методикам значительно отличаются друг от друга. На рис. 2 приведен пример сопоставления нефтенасыщенностей, полученных по приращению $\langle \text{C/O} \rangle$ ($k_{\text{н}}(D_{\text{сог}})$) и по нормализованным отношениям $\langle \text{C/O} \rangle$ и $\langle \text{Ca/Si} \rangle_{\text{неупр}}$ ($k_{\text{н}}(\text{C/O})_{\text{норм}}$). Результаты двух схем обработок отличаются на десятки

