

**Использование спектрального гамма-каротажа для выявления трещиноватых зон в низкопористых карбонатных отложениях
(на примере скв. 39516 Западно-Ленинградской площади)**

А.Н. Мингазутдинов, О.В. Семенова (институт «ТатНИПИнефть»)

Карбонатные породы содержат более половины мировых запасов нефти, при этом только часть запасов сосредоточена в коллекторах порового типа. Значительное количество углеводородов находится в низкопористых карбонатных породах, которые могут быть коллекторами промышленного значения только при наличии в них открытых трещин. В этой связи актуальной является задача поисков трещинных зон и оценки степени трещиноватости в карбонатных толщах.

Наличие открытых трещин определяют с помощью различных методов, чувствительных к изменениям физических свойств пород, вызванных трещиноватостью. При сейсмических исследованиях, в том числе скважинных, трещиноватость оценивают по анизотропии скоростей продольных волн. Эти исследования не обладают достаточной детальностью при решении промысловых задач.

На оценку трещиноватости пород направлены также специальные исследования керна, гидродинамические исследования, в частности, гидропрослушивание, анализ процесса бурения, особенно выявление интервалов поглощения промывочной жидкости при бурении и т.д.

Среди всех исследований важнейшим источником информации о параметрах пород является комплекс геофизических исследований скважин (ГИС). В настоящее время существуют специальные методы ГИС, направленные на выявление трещин, пересекающих скважины. Наиболее эффективными являются метод электрического сканирования стенки скважины и способы, связанные с закачкой в прискважинную зону индикаторов (радиоактивных, нейтронопоглощающих). Но в большинстве скважин комплекс ГИС включает стандартный набор методов. Известно, что наиболее чувствительными к трещиноватости горных пород являются волновой акустический каротаж (ВАК) и электрометрия скважин, в частности, боковой каротаж (БК) [1]. Однако имеющиеся способы оценки трещиноватости физическими методами имеют ряд недостатков, не являясь прямыми методами.

Целью работы является анализ данных, полученных при спектральном гамма-каротаже на керне и их сопоставлении с данными, полученными при изучении полноразмерного керна, для повышения полноты исследований свойств пластов и выделения интервалов трещинно-разуплотненных зон.

Основой геологической интерпретации данных спектрометрического гамма-каротажа (СГК) является корреляция содержания урана (U), тория (Th) и калия (K) в горных породах глубинных отложений с их литологическими и петрофизическими свойствами, а также генезисом этих отложений.

При спектральном гамма-каротаже определяют суммарную естественную радиоактивность породы и раздельное содержание в ней калия, урана и тория. Для чистых карбонатных пород характерно низкое содержание K, U и Th и соответственно низкая гамма-активность. Обогащение карбонатных пород глинистым материалом отмечается спектральным гамма-каротажем максимумом на кривой ГК и увеличением содержания K, U и Th. В отдельных случаях против карбонатных пород наблюдается повышенная гамма-активность по ГК при низком содержании K и Th, но высокой концентрации U. Эти интервалы совпадают с трещиноватыми и высокопродуктивными зонами карбонатных отложений [2].

Соединения тория труднорастворимы в воде и являются малоподвижными в процессе выветривания горных пород. Поэтому в осадочных породах торий концентрируется в основном в глинистых и некоторых тяжелых минералах, калий же встречается как во многих горных породах, так и пластовых водах. На содержание калия влияют процессы выветривания и диагенеза.

Соединения урана обладают высокой подвижностью. Поэтому на характер его накопления в пластах осадочных горных пород оказывает влияние взаимодействие физических, химико-минералогических и гидрогеологических факторов.

В результате окислительно-восстановительных реакций, происходящих при движении пластовых вод, ионы урана растворяются в пластовых водах и в присутствии органического вещества или других минералов выпадают в осадок. Поэтому скопления урана обнаруживаются вдоль плоскости геологических нарушений, в зонах естественной трещиноватости или раздробленности пород [3].

Для определения трещинно-разуплотненных зон на основе явления «аномальной» радиоактивности анализировались данные, полученные при изучении керн по нескольким скважинам. Работа с материалами СГК по другим скважинам выявила общую закономерность распределения радиоактивных элементов в интервалах трещиноватых пород.

В данной работе приведены результаты, полученные при изучении керн скв. 39516 Западно-Ленинградской площади.

Спектральный гамма-каротаж по керну проводился на ГАММА-Спектрометрической установке «МУЛЬТИРАД-Гео» производства НПЦ «Амплитуда».

Установка представляет собой стационарное лабораторное оборудование, которое состоит из четырех спектрометрических блоков детектирования, расположенных в центральной части установки, блока измерения плотности керна, блока управления механизмом подачи керна, двигателя с редуктором (слева внизу), станины с конвейерной лентой и пульта управления, расположенного справа от блоков детектирования (рис. 1).

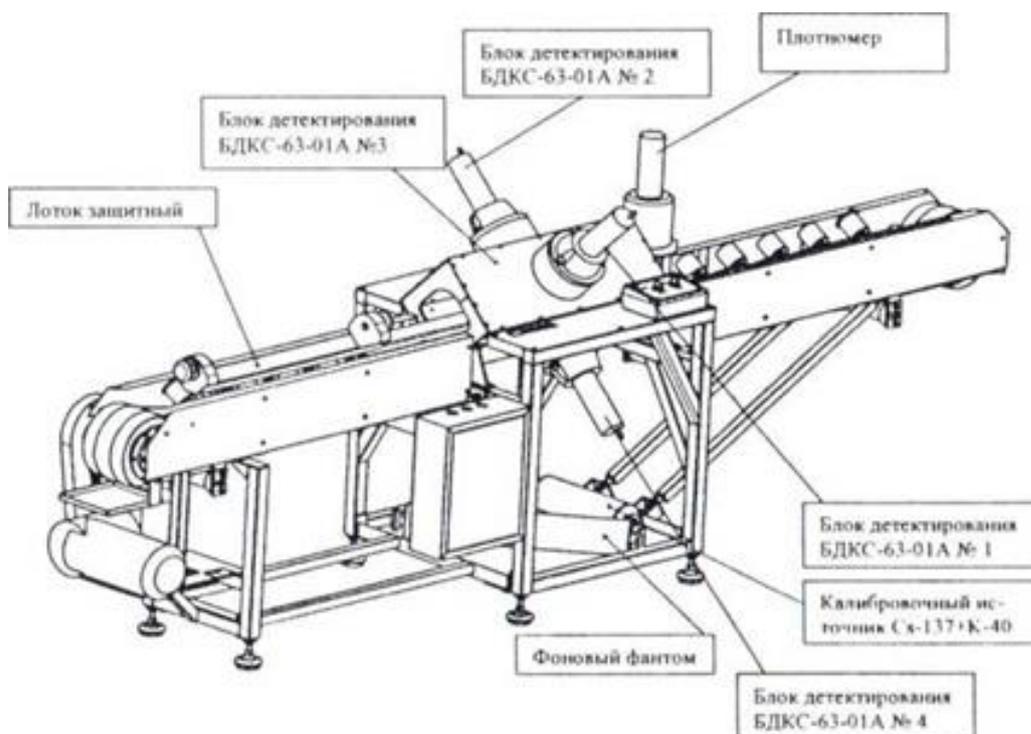


Рис. 1. Гамма-Спектрометрическая установка МКС-01А

Блоки детектирования снабжены свинцовой защитой от внешнего гамма-излучения.

Для проведения калибровки и контроля сохранности параметров установки в состав установки включены контрольный источник CS-137+K-40 и фоновый фантом. Контрольный источник имеет активность меньше МЗА и не требует специальных мер в части безопасности, учета и хранения.

Принцип действия установки заключается в получении аппаратного спектра импульсов от детекторов, регистрирующих излучение счетного образца, экспонируемого в фиксированных условиях измерения. Активность радионуклида в исследуемом образце определяется путем обработки полученной spectroграммы на ПК с помощью

специального пакета программ “ПРОГРЕСС”. Он позволяет управлять работой каждого спектрометрического тракта, анализировать спектрограмму и идентифицировать радионуклиды, определять активность соответствующих нуклидов в образце, рассчитывать погрешность измерения активности и протоколировать результаты измерений.

Каждый спектрометрический тракт содержит: сцинтилляционный блок детектирования гамма-излучения на основе кристалла йодистого цезия, усилитель, свинцовую защиту от фонового излучения.

На основе измерений были получены данные по Th (SGRT) - торию, U (SGRU) - урану, K (SGRK) - калию и интегральной гамма-активности (SGR), которые затем вводились в виде Las-файлов в программный пакет «Gintel-97», где увязываются с геофизической непрерывной кривой гамма-каротажа. В результате был построен планшет данных ГИС с данными ГК-спектрометрии по керну скважины (рис. 2).

В первом и третьем столбцах планшетов представлены каротажные кривые ГИС и ГК-спектрометрии, во втором столбце в логарифмическом масштабе точно изображены профильные измерения проницаемости (в 10^{-3} мкм²).

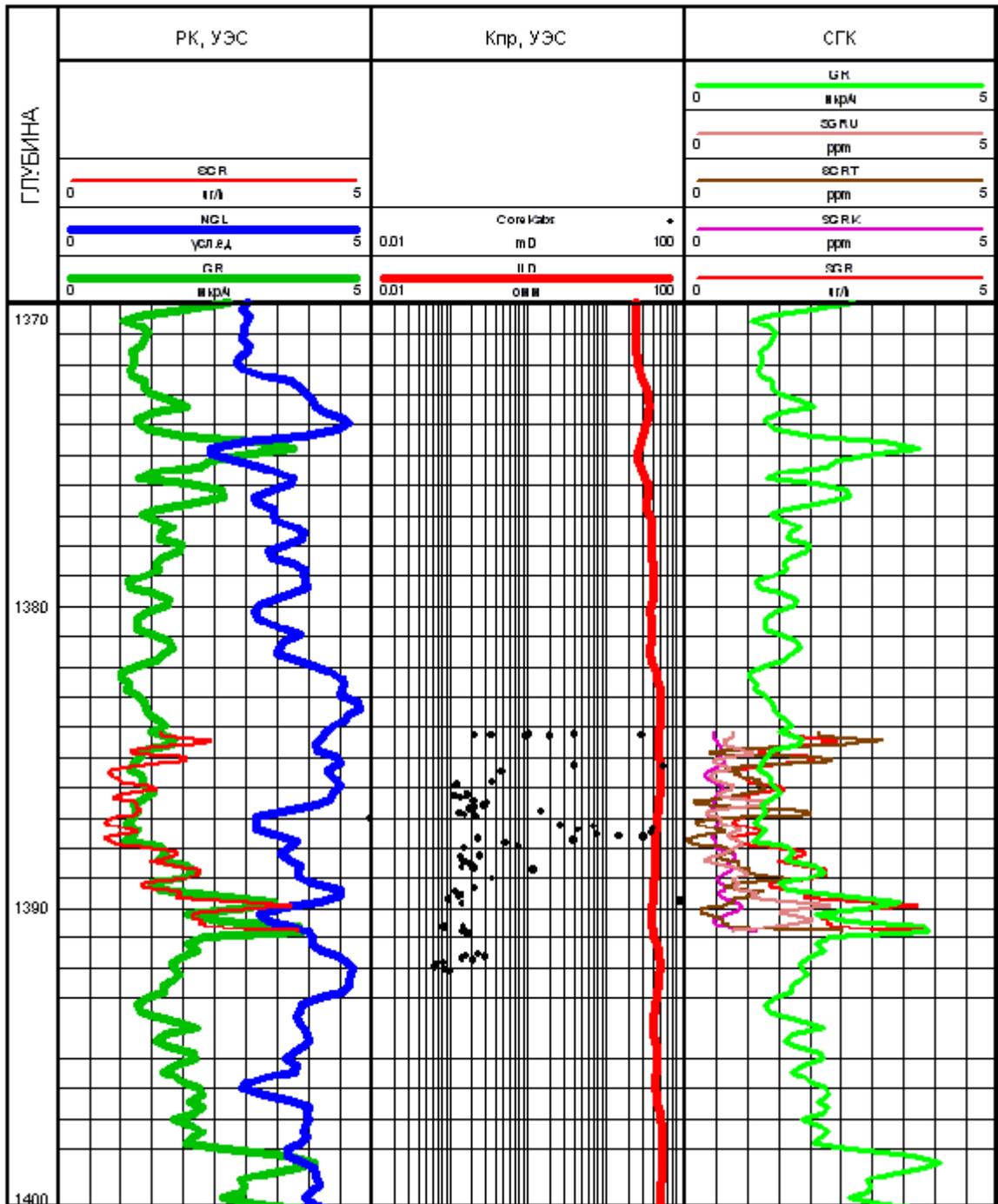


Рис. 2. Планшет данных ГИС с данными ГК-спектрометрии по керну скв. 39516 Западно-Ленинградской площади по отложениям фаменского яруса (в интервале 1370,0-1400 м)

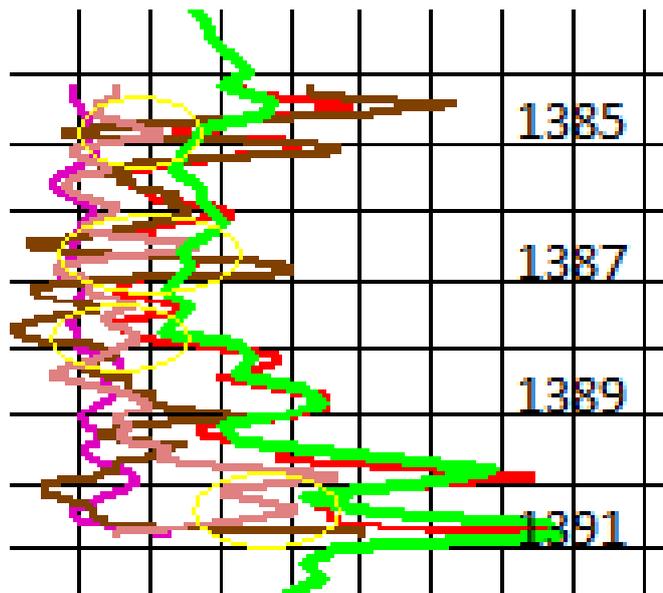


Рис. 3. Кривые спектрального гамма-каротажа в интервале 1384,2-1392,2 м (Th (SGRT) – коричневым цветом, U (SGRU) – розовым цветом, K (SGRK) – калию, интегральная гамма-активность (SGR) - красным цветом). Зеленым цветом выделена интегральная кривая гамма-каротажа(GR).

На рис. 3 желтым цветом выделены области, на которых отмечаются повышенные значения концентрации урана при пониженных значениях тория и калия (на глубинах 1384.95, 1386.6, 1387.5 и 1390.4 м). На рис. 4 приведен график, на котором отмечаются максимальные значения урана.

Отсюда можно предположить, что на этих глубинах скважину могут пересекать открытые макротрещины, по которым происходило движение пластовых вод.

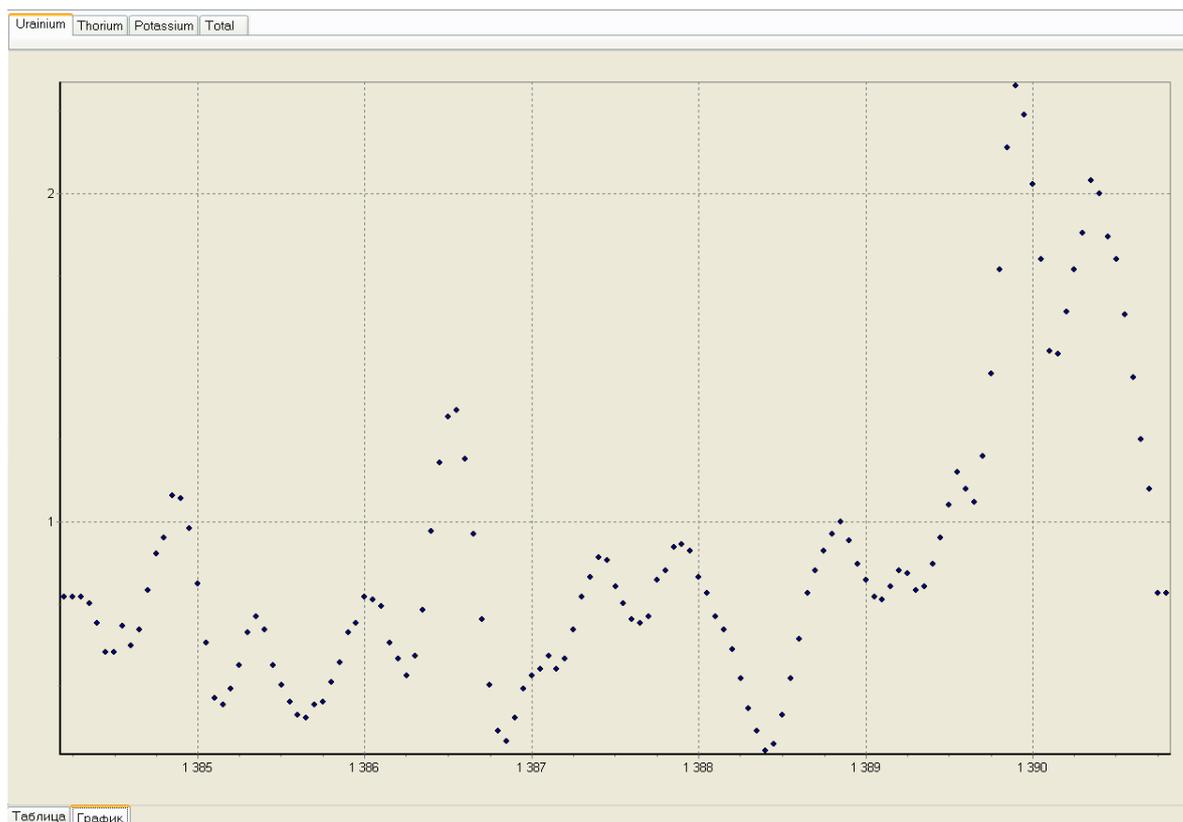


Рис. 4. График распределения урана по керну скв. 39516 Западно-Лениногорской площади по отложениям фаменского яруса (в интервале 1384,2 - 1392,2 м)

С целью анализа эффективности выделения трещин в низкопористой карбонатной породе по данным СГК автором были выполнены сопоставления данных спектрального гамма-каротажа с данными, полученными при исследовании полноразмерного керна.

В результате исследований керна скв. 39516 Западно-Лениногорской площади было установлено, что:

- породы сложены разностями известняка неравномерно нефтенасыщенного, участками стилолитизированного;
- повсеместно развиты открытые трещины с довольно большими углами падений, характерными для тектонических трещин;
- на глубинах с аномальными значениями концентрации урана, выделенных по спектральному гамма-каротажу, на керне также отмечаются открытые трещины (рис. 5-8)



Рис. 5. Открытая макротрещина, отмеченная на глубине 1384,95 м скв. 39516 Западно-Ленинградской площади



Рис. 6. Открытая макротрещина, отмеченная на глубине 1386,6 м скв. 39516 Западно-Ленинградской площади



Рис. 7. Открытая макротрещина, отмеченная на глубине 1387,95 м скв. 39516 Западно-Ленинградской площади



Рис. 8. Открытая макротрещина, отмеченная на глубине 1390,4 м скв. 39516 Западно-Ленинградской площади

В ходе работы был проведен анализ данных, полученных при спектральном гамма-каротаже на керне и их сопоставлении с данными, полученными при изучении полноразмерного керна. Таким образом, была доказана эффективность использования СГК для выделения зоны разуплотнения и трещиноватости в однородных неглинистых карбонатных участках, что особенно актуально в настоящее время при поисках и освоении сложнопостроенных низкопроницаемых карбонатных коллекторов.

Список литературы:

1. Князев А.Р. Оценка трещиноватости низкопористых карбонатных нефтенасыщенных пород по результатам геофизических исследований скважин автореф.- Пермь, 2009. – С. 3
2. Итенберг С.С. Интерпретация результатов геофизических скважин: учеб.пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1987. 375с.; ил.
3. Сидорчук Е.А. Влияние качества регистрации и обработки спектрального гамма-каротажа на результаты интерпретации. Геология, география и глобальная энергия.- 2010.- №3(38).- – С. 228.