

Особенности изучения артинских кремнисто-карбонатных пород по керну и методами ГИС

*Кляжников Д.В. *, Фёдорова М.Д. (ООО «Инженикс Групп»)*

Введение

Опыт изучения отложений артинского возраста на ряде месторождений Тимано-Печорской НГП показал, что решение задачи выделения коллекторов, оценки их свойств и характера насыщенности представляет собой крайне сложную задачу. Построение петрофизической модели таких коллекторов сопряжено с некоторыми трудностями, обусловленными прежде всего низкими ёмкостно-фильтрационными свойствами матрицы, многокомпонентным составом и значительной литофизической неоднородностью пород [2].

Использование стандартного комплекса лабораторных исследований керна и ГИС не позволяет достоверно оценить минералогический состав и общую пористость пород, что в конечном итоге приводит к неверному определению вторичной ёмкости и, как следствие, типов пород-коллекторов. Выявление проницаемых интервалов в разрезе артинских отложений без привлечения специальных методов ГИС практически не представляется возможным [1].

В связи с существенной латеральной литолого-петрофизической неоднородностью артинских отложений крайне важным на этапе постановки геологоразведочных работ, в условиях ограниченного объёма фактической геолого-промысловой информации, является обоснование выбора разновозрастных отложений в качестве аналога, что в конечном итоге определяет достоверность оценки запасов УВ.

Краткая физико-литологическая характеристика артинских отложений

Продуктивные отложения артинского возраста на изучаемой территории представлены сложнопостроенными низкопоровыми кремнисто-карбонатными коллекторами. Сложность их строения связана с проявлением вторичных постседиментационных процессов, в первую очередь окремнения, перекристаллизации, доломитизации и трещиноватости. При этом изучение результатов постседиментационных преобразований и оценка их влияния на ФЕС возможны только при комплексировании специальных геофизических методов и лабораторных исследований керна, в том числе рентгено-дифрактометрического метода, позволяющего определить вещественный состав нерастворимого остатка.

При детальном исследовании кернового материала и результатов интерпретации ГИС в разрезе отложений артинского яруса было установлено, что накопление осадков происходило в условиях мелководно-морского шельфа с карбонатным и терригенно-карбонатным осадконакоплением. Разрез артинского яруса отличается неоднородностью как по латерали, так и по разрезу и представлен отложениями двух фациальных зон (снизу вверх):

- фация мелководно-морского шельфа с преимущественно карбонатным осадконакоплением; осадки кремнисто (10-40%) – карбонатно-алевритистого состава с волнистой и неяснослоистой текстурой, часто с элементами пятнистой, со структурой пак-грейнстоун. Основная масса породы сложена органическими остатками (от 60 до 80%): преобладают кремневые спикулы губок, часто встречаются членики криноидей, обломки мшанок. Именно отложения этой фациальной зоны (средняя пачка артинских отложений) явились предметом изучения данной работы;
- фация шельфа с терригенно-карбонатным накоплением. Кровельная часть артинских отложений сложена тёмно-серыми глинисто (7-15%) – терригенно (20-25% до 50-55%) –

карбонатными (40-50%) породами с линзовидно-волнистой слоистостью. Порода характеризуется преобладанием глинисто-терригенной части над карбонатной составляющей. Органические остатки составляют от 7-10% до 20-25% породы.

Постседиментационные процессы оказали существенное разнонаправленное влияние на формирование коллекторских свойств артинских отложений ТПП. Наиболее интенсивно в изучаемом разрезе проявились процессы силикатообразования – замещения кремнезёмом форменных образований с заполнением пор и трещин. Процесс окремнения в целом явился отрицательным фактором при формировании пористости изучаемых пород. Процессы доломитизации в разрезе развиты крайне слабо. Доломит распределён равномерно. Содержание его не превышает 5%. В кремнисто-карбонатных породах средней и нижней пачек артинского яруса доломит входит в состав цемента вместе с тонкозернистым кальцитом.

Проблемы изучения артинских отложений по керну и методами ГИС

При полевом макроописании керна породы рассматриваемой средней пачки артинских отложений, представляющей наибольший интерес с точки зрения получения притоков УВ, как правило, диагностируются как известняки. По результатам карбонатного анализа образцов керна (рис. 1а) породы представлены кальцитом и нерастворимым остатком, при незначительном содержании доломита. Результаты рентгенофазового анализа (РФА), проведённого на отдельных образцах, показали, что нерастворимый остаток практически полностью представлен кремнезёмом (рис. 1б). Анализ данных, представленных на рис. 1а, показывает, что при $K_p < 2\%$ состав пород контролируется в основном содержанием кальцита. При этом для отдельной группы образцов характерны высокие содержания нерастворимого остатка – $S_{но} > 40-50\%$. По всей видимости, он представлен первичным кремнезёмом, имеющим биогенное происхождение. Им сложены спикеры губок и золотистые водоросли. При увеличении пористости ($K_p > 2\%$) наблюдается постепенное снижение содержания кальцита и рост $S_{но}$. В этом случае нерастворимый остаток представлен вторичным кремнезёмом, образование которого связано с воздействием подземных растворов, содержащих кремниевую кислоту, на карбонатные породы. В условиях кислой среды карбонат растворяется и метасоматически замещается кремнезёмом.

На рис. 2а приведено фото шлифа кремнисто-карбонатной породы алевритистой, сильно окремнённой. Кремнезём здесь имеет первичное происхождение. На рис. 2б показан пример кремнисто-карбонатной породы с трещинами, залеченными белым кальцитом. Трещины в данном случае связаны с процессами вторичного кремнеобразования, повышающими хрупкость карбонатных пород.

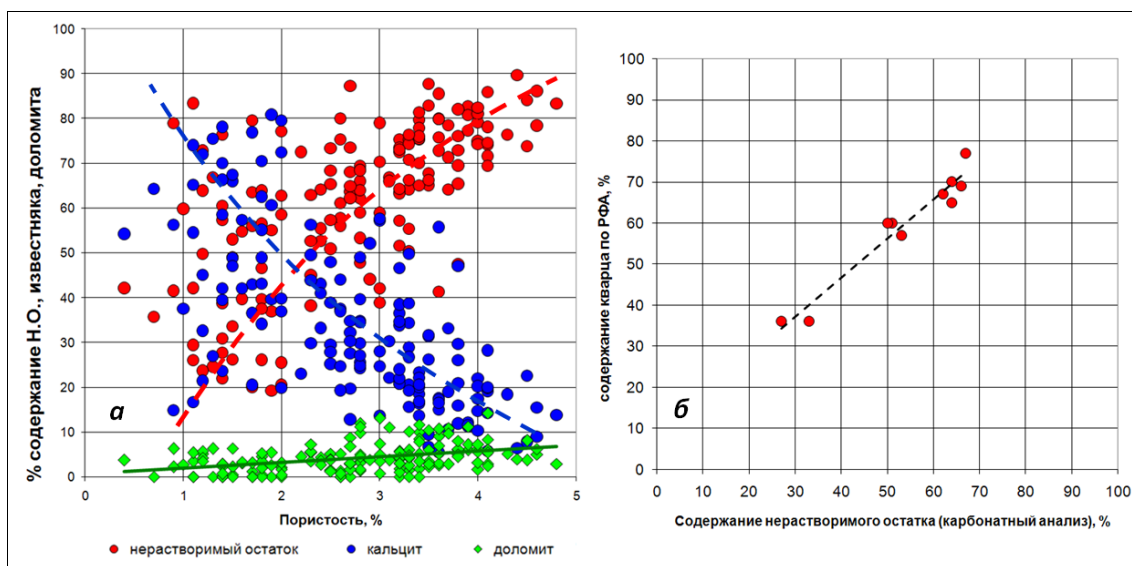


Рисунок 1. Результаты карбонатного и рентгенофазового анализов: а) сопоставление содержаний известняка, доломита и нерастворимого остатка по данным карбонатного анализа с пористостью; б) сопоставление содержания нерастворимого остатка по результатам карбонатного анализа с содержанием кварца по данным РФА

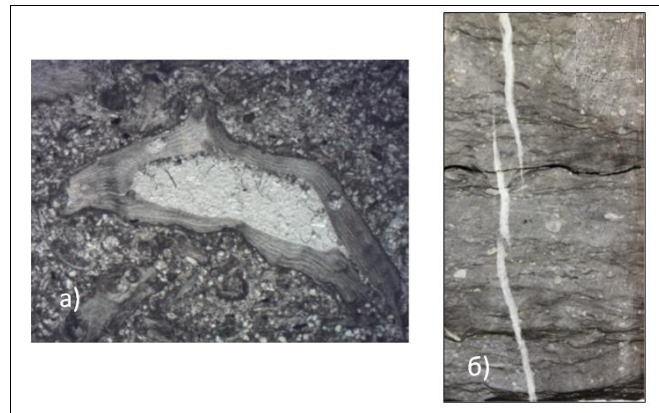


Рисунок 2. Фотографии шлифа и керна: а) кремнисто-карбонатная порода (мианково-криноидно-спикуловая) алевритистая, сильно окремнённая, слабо доломитизированная; б) кремнисто-карбонатная порода с трещинами, залеченными белым кальцитом

Объёмная литологическая модель пород, рассчитанная по комплексу методов ГИС (ННК_т+ГГК-П, ННК_т+АК), представляется в основном известняками с незначительной долей доломита и глинистого вещества. Привлечение данных литолого-плотностного каротажа (ГГК-ЛП), проведённого в одной из скважин на изучаемом месторождении, позволило изменить представление о вещественном составе артинских карбонатных отложений, традиционно оцениваемых по данным ГИС как известняки, и учесть наличие кремнистой составляющей при построении объёмной модели пород. Кремнистая составляющая представлена, в основном, кварцем, в меньшей степени опалом и халцедоном. На рис. За приведён кросс-плот сопоставления плотности матрицы и кажущегося фотоэлектрического фактора по данным ГГК-ЛП, который наглядно демонстрирует существенную долю кварца в матрице пород.

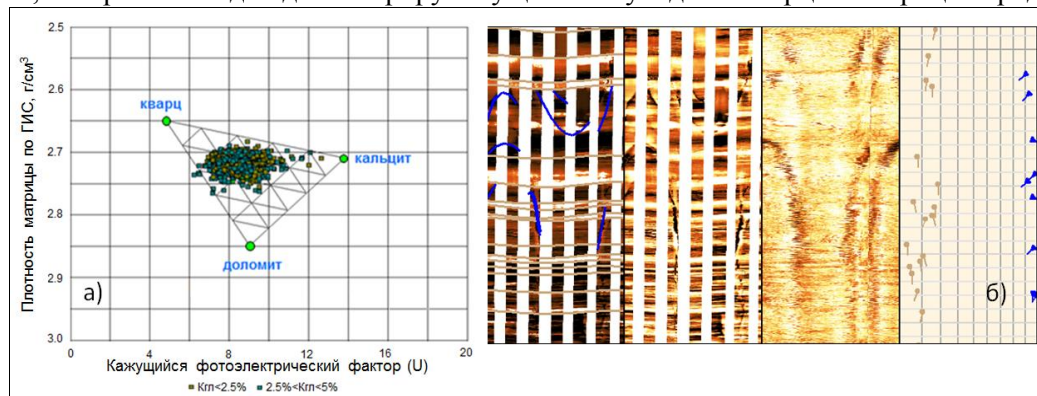


Рисунок 3. а) кросс-плот сопоставления плотности матрицы и кажущегося фотоэлектрического фактора по данным ГГК-ЛП; б) пример выделения проводящих трещин в интервале артинских кремнисто-карбонатных отложений по данным микроимиджеров

Выделение коллекторов в разрезе артинских отложений на ряде месторождений ТПП в скважинах с ограниченным комплексом ГИС проводится, как правило, по качественным признакам с использованием граничного значения пористости $K_{п,гр.}=9\%$. При подсчёте запасов УВ значения подсчётных параметров ($h_{эф}$, $K_{п}$, $K_{нг}$) принимаются, как правило, по данным ГИС для карбонатного коллектора порового типа, представленного чистым известняком. Учитывая значительную латеральную неоднородность и состав кремнисто-карбонатных артинских отложений, применение подобного упрощённого подхода к

выделению коллекторов и оценке ФЕС может приводить к существенным ошибкам при оценке коллекторского и УВ потенциала месторождения в целом. Использование количественного критерия Кп,гр для выделения коллекторов в данном разрезе не применимо, т.к. при высокой общей пористости породы обладают низкими эффективной пористостью и проницаемостью и могут являться неколлекторами [1, 2]. Это обусловлено скорее всего преобладанием субкапиллярных и капиллярных пор в матрице породы. В связи с преимущественным распространением в изучаемом разрезе коллекторов трещинного и порово-трещинного типов выделение проницаемых прослоев в интервале артинских отложений без привлечения специальных методов ГИС не представляется возможным. Пример выделения проводящих трещин в интервале артинских отложений по данным микроимиджеров приведен на рис. 3б.

На качественном уровне в разрезе артинских кремнисто-карбонатных отложений было выделено несколько различных классов проницаемых и возможно проницаемых интервалов (коллекторов), характеризующихся следующими признаками: 1 – расхождением измеренной (DTST) и модельной (DTST_MOD) кривых волны Лэмба-Стоунли; 2 – расхождением нормализованных кривых интервального времени пробега продольной (DTP) и поперечной (DTS) волн; 3 – увеличенными значениями коэффициента анизотропии поперечной волны; 4 – незначительным увеличением открытой пористости относительно вмещающих пород при отсутствии расхождений между измеренной и модельной кривыми Лэмба-Стоунли. Учитывая литолого-петрофизические особенности изучаемых пород, вполне объясним тот факт, что интервалы коллекторов, выделяемые по стандартному комплексу ГИС, как правило, не согласуются с результатами специальных методов ГИС (ВАК, микроимиджеры) и не всегда подтверждаются при опробовании.

Выводы

1. Привлечение данных литолого-плотностного каротажа (ГГК-ЛП) в комплексе с данными рентгенофазового анализа позволило изменить представление о преимущественном карбонатном составе артинских отложений на изучаемой территории. По данным РФА доля нерастворимого остатка, представленного силикатами (преимущественно кварцем), составляет до 40-60%.
2. Достоверность выделения коллекторов и оценки их ФЕС в разрезе артинских кремнисто-карбонатных отложений определяется полнотой и качеством проведенных ГИС и петрофизическим обеспечением методов ГИС.
3. Выявление проницаемых интервалов в разрезе артинских отложений без привлечения специальных методов ГИС не представляется возможным.
4. Для изучения сложных коллекторов артинского возраста по данным ГИС требуется разработать надежную петрофизическую базу. С этой целью необходимо выполнить расширенный комплекс лабораторных исследований, направленных на изучение структуры емкостного пространства пород (рентгеновская томография, методы пропитки образцов и др.), состава пород (шлифы, химический и рентгенофазовый анализ), глинистого материала, эффективной и относительной фазовой проницаемости, остаточной водонасыщенности методом капиллярных кривых, ртутной порометрии и др.
5. В целях достоверного выделения проницаемых интервалов и более детального изучения типов коллекторов требуется расширение существующего комплекса ГИС за счет включения волнового акустического каротажа, микроимиджеров, спектрального гамма-каротажа.

Благодарности

Авторы выражают признательность сотрудникам ОАО «НПЦ «Тверьгеофизика» А.Н. Никитину, А.Ф. Боярчуку и ООО «Петройл» Танинской Н.В. за сотрудничество на различных этапах выполнения работы.

Список литературы

1. Иванькова Ю.В. Петрофизическое обоснование оценки фильтрационно-емкостных свойств нижнепермских отложений вала Сорокина. автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд.

геол.-минерал. наук: специальность 25.00.10 «Геофизика, геофиз. методы поисков полез. ископаемых». – Москва, 2008. – 25 с.: ил.

2. Кляжников Д.В. Петрофизическое моделирование сложных карбонатных низкопоровых коллекторов по данным ГИС. автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. геол.-минерал. наук: специальность 25.00.10 «Геофизика, геофиз. методы поисков полез. ископаемых». – Москва, 2009. – 24 с.: ил.