

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОЗОНДОВОГО НЕЙТРОННОГО КАРОТАЖА НА ЭТАПЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГАЗОВЫХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

УДК 550.832.53

О.Б. Арно, ООО «Газпром добыча Ямбург» (Новый Уренгой, РФ)

А.В. Меркулов, ООО «Газпром добыча Ямбург»

Е.И. Филобоков, ООО «Газпром добыча Ямбург»

И.А. Зинченко, ПАО «Газпром» (Санкт-Петербург, РФ)

С.А. Кирсанов, ПАО «Газпром»

С.А. Егурцов, ООО «ИНГТ» (Москва, РФ)

Ю.В. Иванов, ООО «ИНГТ»

А.И. Лысенков, ООО «ИНГТ»

В статье рассмотрены геолого-геофизические предпосылки применения комплекса многозондового нейтронного каротажа по зондированию прискважинной зоны коллекторов в газовых и нефтегазовых скважинах. На конкретных примерах продемонстрирована эффективность применения многозондового нейтронного каротажа на этапе строительства скважин, достигаемая за счет проведения временных замеров в открытом стволе и обсаженной скважине. Показаны уникальные информационные возможности многозондового нейтронного каротажа при решении задач, связанных с подсчетом (пересчетом) запасов углеводородного сырья как в классических коллекторах, так и в коллекторах с трудноизвлекаемыми запасами газа и нефти. При подсчете (пересчете) геологических запасов залежей нефти и газа объемным методом в алгоритм входит объемная газо- или нефтегазонасыщенность, которая напрямую определяется по методике многозондового нейтронного каротажа. Методика многозондового нейтронного каротажа позволяет вычислять коэффициенты газо- и нефтегазонасыщенности и объемную газо- и нефтегазонасыщенность коллекторов на различном удалении от стенки скважины в радиальном направлении (по радиальным зонам). Вычисленные величины нефте- и газонасыщенности и их распределение по радиальным зонам являются основой определения подсчетных параметров и прогноза подвижности углеводородных флюидов в поровом пространстве коллекторов. Методика определения коэффициента газонасыщенности с помощью многозондового нейтронного каротажа информативна в условиях обсаженных и многоколонных конструкций скважин вне зависимости от флюида, заполняющего скважину. В рассматриваемых условиях на вычисленные значения газо- и нефтегазонасыщенности практически не влияет глинистость коллектора. Результаты исследования приводят к выводу, что рассматриваемая методика позволяет прогнозировать смену условий осадконакопления в сеноманской газовой залежи с реперного интервала глубин положения суперколлектора.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ГАЗОВЫЕ СКВАЖИНЫ, ВРЕМЕННЫЕ ЗАМЕРЫ, ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫЕ ЗАПАСЫ, ТЕХНОЛОГИЯ МНОГОЗОНДОВОГО НЕЙТРОННОГО КАРОТАЖА (МНК), ГАЗОНАСЫЩЕННОСТЬ, НЕФТЕГАЗОНАСЫЩЕННОСТЬ, РАДИАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ЗОНДИРОВАНИЕ ПРИСКВАЖИННОЙ ЗОНЫ КОЛЛЕКТОРОВ, ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ.

На современном этапе развития нефтяной и газовой промышленности России отмечается неблагоприятная геолого-тех-

нологическая структура запасов углеводородного сырья, в которых доля традиционных и технологически освоенных запасов состав-

ляет 30–35 % для нефти и 60–70 % для газа. Более того, наблюдается тенденция к ухудшению структуры запасов. Доля трудноизвле-

Arno O.B., Gazprom добыча Yamburg LLC (Novy Urengoy, Russian Federation)
Merkulov A.V., Gazprom добыча Yamburg LLC
Filobokov E.I., Gazprom добыча Yamburg LLC
Zinchenko I.A., Gazprom PJSC (Saint Petersburg, Russian Federation)
Kirsanov S.A., Gazprom PJSC
Yegurtsov S.A., Innovation Oil and Gas Technologies LLC (Moscow, Russian Federation)
Ivanov Yu.V., Innovation Oil and Gas Technologies LLC
Lysenkov A.I., Innovation Oil and Gas Technologies LLC

Enhancement of the feasibility of application of the multidetector neutron logging at the stage of construction of the gas and gas condensate wells at the fields in the north of the Tyumen region

The article reviews the geological and geophysical prerequisites for the use of the multidetector neutron logging instrument for the exploration of the near-wellbore area of reservoirs in the gas and oil-and-gas wells. Specific examples demonstrate the efficiency of the use of multidetector neutron logging at the stage of construction of the wells; the efficiency is obtained by carrying out the time-domain measurements in the open hole and the cased hole. One demonstrates the unique data capabilities of multidetector neutron logging in solving the matters related to the calculation (recalculation) of the reserves of raw hydrocarbons both in classic reservoirs and in reservoirs with hard-to-recover reserves of gas and oil.

When calculating (recalculating) the geological reserves of the oil and gas deposits with the use of the volumetric method, the algorithm includes the volumetric gas and oil-and-gas saturation which is directly determined by the multidetector neutron logging method. This method allows calculating the coefficients of the oil-and-gas and gas saturation and the volumetric gas and oil-and-gas saturation of reservoirs at various distances from the well's wall in radial direction (by radial zones). The calculated values of the gas and oil-and-gas saturation and their distribution by radial zones are the basis for determination of the volumetric parameters and forecasting the mobility of hydrocarbon fluids in the pore space of reservoirs. The method of determination of the coefficient of gas saturation with multidetector neutron logging is informational within the conditions of the cased holes and the wells with multiple column construction irrespective of fluid filling the well. In the above-mentioned conditions, the clayiness of reservoir has almost no impact on the calculation of values of the gas and oil-and-gas saturation. The results of study lead to a conclusion that the above-mentioned method allows predicting the change of depositional conditions in the Cenomanian gas deposit from the marked depth interval of the super-reservoir's position.

KEYWORDS: GAS WELLS, TIME-DOMAIN MEASUREMENT, HARD-TO-RECOVER RESERVES, MULTIDETECTOR NEUTRON LOGGING TECHNOLOGY, GAS SATURATION, OIL AND GAS SATURATION, RADIAL DISTRIBUTION, EXPLORATION OF THE NEAR-WELLBORE AREA OF RESERVOIRS, RESERVE CALCULATION.

каемых запасов (ТРИЗ) нефти и газа (нетрадиционные коллекторы, остаточные запасы, глубоко погруженные горизонты, вязкие нефти, подгазовые зоны, газ плотных пластов, газогидраты, газ в водонасыщенных коллекторах и т. д.) составляет 65 % от общих запасов углеводородного сырья на суше [1]. Решение задач разведки и разработки таких запасов требует применения инновационных подходов и технологических решений, которые позволили бы сделать ТРИЗ главными геологическими объектами добычи газа и нефти в России во второй четверти XXI в.

Одним из предлагаемых инновационных подходов, связанных с ТРИЗ в части геофизических исследований скважин (ГИС), является технология многозондового нейтронного каротажа

(МНК) [2, 3], разработанная в России, успешно опробованная и внедренная в ПАО «Газпром», рекомендованная к применению Экспертно-техническим советом ФБУ «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых» (ГКЗ) и значительно опередившая зарубежные аналоги.

На этапе разработки месторождений часто возникают проблемы, обусловленные существенной разницей между запасами, подсчитанными объемным методом по результатам геологоразведочных работ и реально извлекаемыми, в сторону их уменьшения. Особенно актуальной эта проблема стала в связи с введением с 1 января 2016 г. новой Классификации запасов и ресурсов нефти и горючих газов [4].

Одной из причин существующего положения является недо-

статочно надежное информационное обеспечение контроля за процессом разработки газовых и нефтегазовых месторождений, особенно на поздних его стадиях. Недоучет техногенных изменений в прискважинной зоне коллектора и влияния их на показания, полученные в результате применения геофизических методов, использование на поздней стадии связей между геофизическими и геологическими параметрами, полученными на стадии разведки месторождения, являются основными причинами, искажающими истинную картину степени выработки запасов по объему залежи и осложняющими оценку остаточных запасов газа.

Технология МНК позволяет обеспечить надежный контроль за техногенными изменениями в прискважинной зоне коллектора

обсаженных скважин и призвана стать основой для планирования эффективных и рентабельных геолого-технических мероприятий, направленных на повышение коэффициента извлечения газа (КИГ) и коэффициента извлечения нефти (КИН).

Необходимо отметить, что при бурении поисково-разведочных скважин на глубоко залегающие продуктивные отложения разрабатываемых месторождений часто вскрываются давно эксплуатируемые залежи. ГИС таких скважин с применением технологии МНК в интервале разрабатываемых залежей дают возможность получить актуальную объективную информацию о состоянии разработки, поскольку в таком случае отсутствует искажающее влияние техногенных процессов, произошедших в работающих эксплуатационных скважинах, и тем самым произвести доразведку известных залежей, получить дополнительную информацию для пересчета запасов и уточнить структурно-литолого-флюидальную модель месторождения.

Ниже приведены результаты сравнительных промыслово-геофизических исследований скважин на объектах ООО «Газпром добыча Ямбург» технологии МНК (ООО «ИНГТ») и стандартных методов ГИС в целях оценки возможности применения нейтронных методов для уточнения подсчетных параметров.

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МНК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОНАСЫЩЕННОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ

Существенные различия нейтронных характеристик газов и жидких флюидов (газа, газоконденсата, конденсата, высокоминерализованной и низкоминерализованной пластовых вод), заполняющих коллектор, создают благоприятные предпосылки

для контроля их содержания в поровом пространстве коллектора нейтронными методами. Аналитические возможности разноглубинных модификаций нейтронных методов позволяют изучать формирование, эволюцию и динамику флюидального насыщения горных пород в прискважинной зоне продуктивных отложений и в коллекторе на всех этапах жизни скважины. Характер насыщения коллекторов определяется по преобладающему вкладу ядерно-физических эффектов от флюида, насыщающего коллектор. Такими носителями аномальных ядерно-физических свойств флюидов являются дефицит плотности и водородосодержания газонасыщенных коллекторов относительно коллекторов, насыщенных пресной пластовой водой (низкоминерализованной), нефтью, и содержание хлора в пластах-коллекторах.

Применение методики определения коэффициента газонасыщенности с помощью многозондового нейтронного каротажа (МНК- K_r), использующей одновременно два диагностических признака насыщения коллектора и их изменения в радиальном направлении от стенки скважины, позволяет значительно расширить аналитические возможности нейтронных методов. Указанный подход положен в основу методических рекомендаций по применению комплекса МНК для оценки характера насыщения и коэффициента газонасыщенности коллекторов в обсаженных газовых скважинах [2]. Рекомендации защищены в ГКЗ России и рекомендованы к применению.

Перед традиционными нейтронными методами методика МНК- K_r имеет существенные преимущества, которые заключаются в:

- раздельном определении геологических параметров газонасыщенности порового пространства коллектора: коэффициента пористости K_p , коэффициентов газо- и нефтегазо-

насыщенности K_r и K_{nr} , объемной газо- и нефтегазонасыщенности – $W_r = K_p \cdot K_r$, $W_{nr} = K_p \cdot K_{nr}$;

- определении фазового состояния углеводородов в поровом пространстве коллектора;

- возможности использования показаний разноглубинных зондов нейтронного каротажа для проведения разноглубинного зондирования прискважинной зоны коллектора в радиальном направлении с вычислением геологических параметров газо- и нефтегазонасыщенности коллектора K_r , W_r , K_{nr} , W_{nr} , что является дополнительным критерием при оценке газонасыщенности порового пространства прискважинной зоны коллектора;

- использовании в качестве основы интерпретации величины и распределения вычисленных значений газо- и нефтегазонасыщенности коллектора K_r , W_r , K_{nr} , W_{nr} на удалении 5–10 см (скважина), 10–15 см (ближняя зона), 15–30 см (средняя зона), 30–50 см (дальняя зона) от стенки скважины, что позволяет ранжировать продуктивные отложения по фильтрационно-емкостным свойствам (ФЕС). За истинное насыщение коллектора принимаются значения вычисленных параметров газонасыщенности для дальнейшей зоны;

- практически полной независимости геологической информативности исследования по определению газонасыщенности порового пространства коллектора от заполнения и конструктивных особенностей скважины;
- практическом отсутствии влияния глинистости коллекторов на вычисляемые параметры их газонасыщенности.

Аналитическими параметрами нейтронных методов, тесно связанными с характером насыщения коллектора и фазовым состоянием углеводородов в коллекторе, являются функции насыщения $F(dd \text{ ж})$, $P(dd \text{ ж})$, вычисляемые для каждого зонда спектрометрического нейтронного гамма-каротажа (СНГК) и большого зонда

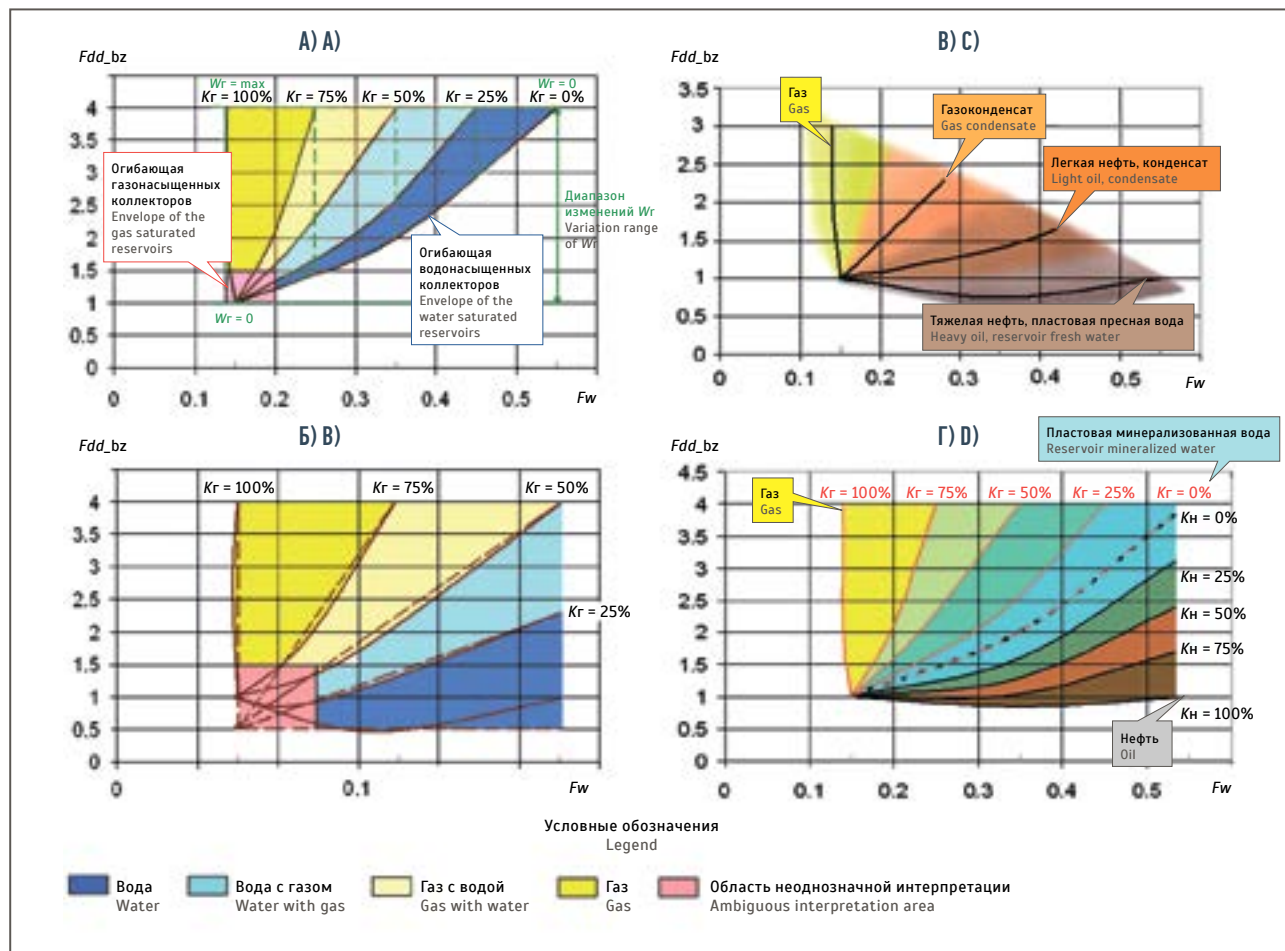


Рис. 1. Общая схема кросс-плотного анализа для определения коэффициента газонасыщенности: а) в водонаполненной скважине; б) в газонаполненной скважине; в) для определения фазового состояния углеводородного флюида коллектора при водонаполненной скважине; г) для определения коэффициентов газо- и нефтенасыщенности при высокой минерализации пластовых вод и жидкости глушения в скважине. Показания нормированы по опорному плотному карбонатному пласту с $K_n = 0,8 \%$

Fig. 1. General diagram of the cross-dense analysis for determination of the gas saturation coefficient:

a) in the water-filled well; b) in the gas-filled well; c) for detection of the phase state of the reservoir's hydrocarbon fluid in the water-filled well; d) for detection of the coefficient of the gas and oil-and-gas saturation at a high mineralization of reservoir waters and kill fluid in the well. The values are standardized according to the reference dense carbonate bed with $K_n = 0,8 \%$

нейтрон-нейтронного каротажа (ННК), и функция пористости $F(K_p)$ [2]. Различие функций заключается в том, что первые зависят от влияния пористости и глинистости коллектора, а вторая свободна от этих влияний и напрямую зависит от характера насыщения коллектора.

На рис. 1 приведены типы конфигураций теоретико-экспериментальных кросс-плотов для основных ситуаций, наблюдаемых в условиях обсаженных газовых и нефтегазовых скважин. В случаях, когда дополнительно требуется учесть нефтяную компоненту насыщенности, в «газовый» кросс-

плот добавляются изолинии различной нефтенасыщенности с грациями по типам нефти (легкая – битум).

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЛИНИСТОСТИ КОЛЛЕКТОРА НА ВЫЧИСЛЯЕМЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НЕЙТРОННЫХ МЕТОДОВ ПО МЕТОДИКЕ МНК- K_p

Глинистость газонасыщенных коллекторов оказывает существенное влияние на показания отдельных зондов нейтронных методов через содержание связанной воды, находящейся в составе глинистых минералов, и остаточной воды. Глинистые ми-

нералы представлены главным образом каолинитом, хлоритом, гидрослюдой и смешаннослойными образованиями ряда «гидрослюда – монтмориллонит». Повышение глинистости пород приводит к понижению показаний нейтронных методов и, как следствие, к завышению пористости в глинистых коллекторах. Практика интерпретации нейтронных методов в условиях низкоминерализованных пластовых вод терригенных отложений севера Тюменской обл. по нейтронным характеристикам глины показывает, что и глины в коллекторах нефтегазонасыщенных песча-

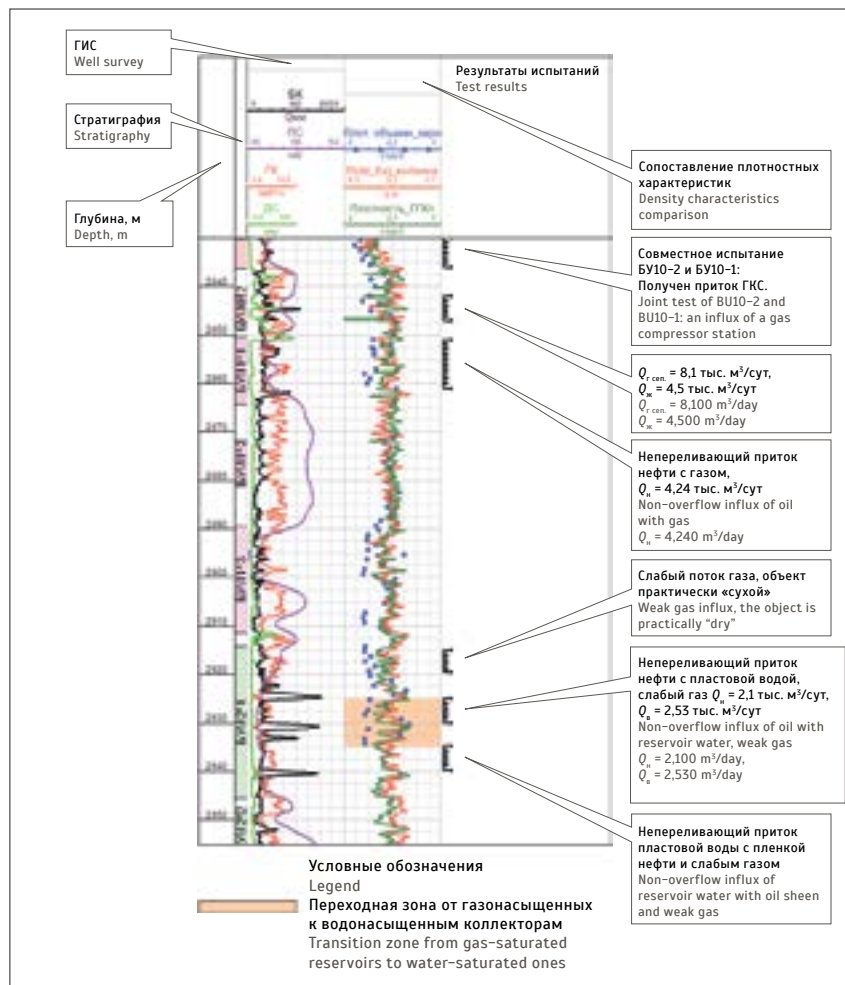


Рис. 2. Сопоставление кривой Pdd для большого зонда СНГК, вычисленной после обсадки и цементирования эксплуатационной колонны, с кривой ГГК, результатами определения плотности сухих образцов зерна и испытаний

Fig. 2. Comparison of the Pdd curve for a large sonde of spectroscopy neutron gamma logging which is calculated after casing and cementing of an operation column, with the gamma-gamma logging curve, the results of determination of the density of dry samples of corn and tests

ников практически не содержат химических элементов с аномальными нейтронными свойствами и могут быть использованы как геологические эквиваленты водонасыщенных коллекторов с пресными пластовыми водами.

Критерием наличия линейной связи между параметром Pdd , вычисленным по методике МНК- K_r после обсадки и цементирования колонны, и плотностью (дефицитом плотности) флюида, насыщающего коллектор, является корреляция его с результатами, полученными методом гамма-гамма-каротажа (ГГК), и плотностью образцов зерна в га-

зонасыщенных коллекторах при постоянной минералогической плотности скелета породы коллектора. Необходимо подчеркнуть, что на вычисляемое значение плотности по ГГК практически не влияет глинистость коллектора. Исходя из сказанного, кривая параметра Pdd в обратном масштабе должна хорошо коррелировать с кривой плотности в газонасыщенных коллекторах и практически не коррелировать в водонасыщенных коллекторах и других литологических разностях горных пород, что является диагностическим признаком газонасыщенности коллектора.

На рис. 2 представлены результаты сопоставления кривой Pdd для большого зонда (дальняя зона), вычисленной после обсадки и цементирования эксплуатационной колонны, с кривой плотности насыщающего флюида, а также результаты определения плотности сухих образцов зерна, результаты испытаний.

Анализ сопоставления однозначно показывает:

- высокую степень корреляции, которая отмечается кривой Pdd , вычисленной для большого зонда СНГК в обсаженной скважине, с кривой плотности по ГГК открытого ствола в интервалах, где присутствует свободный газ в поровом пространстве коллектора, что подтверждено результатами испытаний скважины, а также результатами лабораторных определений объемной плотности образцов сухого зерна;

- выделение водонасыщенных коллекторов, производимое по максимальным превышениям показаний кривой Pdd над кривой ГГК, причем промежуточные превышения могут служить критерием наличия свободного газа в поровом пространстве коллектора в переходной зоне между водонасыщенными и газонасыщенными коллекторами;

- хорошую корреляцию кривой Pdd и кривой плотности в газонасыщенных коллекторах при разной глинистости пород, что свидетельствует о практическом отсутствии влияния глинистости горных пород на аналитический параметр Pdd .

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ МНК- K_r В ГАЗОВЫХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИНАХ

При бурении поисково-разведочных скважин на глубоко залегающие продуктивные отложения часто вскрываются эксплуатируемые залежи, и применение технологии МНК- K_r в данном интервале позволяет получить дополнительно актуальную информацию о состоянии разработки и уточнить



Рис. 3. Сопоставление результатов интерпретации по методике МНК- K_r по временным замерам в открытом стволе и в заглушенной скважине после обсадки и цементирования первой колонны
Fig. 3. Comparison of the results of the interpretation with the use of the Multidetector Neutron Logging method by time-domain measurements in the open hole and the cased hole after casing and cementing the first column

структурно-литолого-флюидальную модель месторождения.

На рис. 3 приведены сопоставления результатов интерпретации по методике МНК- K_r по временным замерам в открытом стволе и в заглушенной скважине после обсадки и цементирования первой колонны. Скважина бурилась как разведочная на нижележащие продуктивные отложения Ямбургского НГКМ, поэтому сеноманская газовая залежь была вскрыта скважиной диаметром

395 мм и обсажена технической колонной 324 мм.

По результатам интерпретации по методике МНК- K_r выделены коллекторы, в том числе гидрофильные и гидрофобные, определен характер насыщения порового пространства, дан прогноз проницаемости. Как уже отмечалось, величина вычисленных значений K_r и $K_n \cdot K_r$ и их распределение в радиальном направлении от стенки скважины для открытого ствола и обсаженной скважины служат

основой для решения широкого круга геологических задач. Приведенные значения $K_n \cdot K_r$ даны в о. е., для определения истинных значений их надо умножить на максимальное значение объемной газонасыщенности, определенной по результатам анализа керна.

Анализ результатов интерпретации МНК- K_r и ГИС открытого ствола позволил получить новую информацию об особенностях строения коллекторов сеноманских отложений:

- при прогнозе проницаемости газонасыщенных коллекторов по временным замерам в качестве диагностического признака наличия газонасыщенного коллектора используется величина приращенных вычисленных значений K_r и $K_n \cdot K_r$ в обсаженной и зацементированной скважине относительно их величин в открытом стволе. В коллекторах с высокими ФЕС величина расхождений будет максимальной, а с низкими – минимальной. Выделенные проницаемые коллекторы по МНК- K_r в газонасыщенных отложениях удовлетворительно коррелируют с результатами прогноза проницаемости по комплексу электрических (электромагнитных) методов открытого ствола в интервалах глубин 1118–1143 м и 1161–1169 м и не коррелируют в остальной части исследованного интервала. Причиной отсутствия корреляции может быть низкая проницаемость коллектора из-за особенностей строения порового пространства коллектора, связанная с большим содержанием алевролитовой фракции, что подтверждается повышенными показаниями кривой потенциала собственной поляризации и наличием влияния гидрофобности коллектора, создающего препятствие для проникновения в газонасыщенный коллектор фильтрата промывочной жидкости;
- по результатам интерпретации по методике МНК- K_r выделен маломощный коллектор с

высокими ФЕС (суперколлектор, $K_{np} > 1000$ мкм²) на глубине 1130,8–1131,6 м, который характеризуется минимальными значениями K_r и $K_n \cdot K_r$ в открытом стволе и высокими в обсаженной скважине, а также локальным минимумом на кривой самопроизвольной поляризации открытого ствола;

- в интервале глубин выше положения суперколлектора наблюдаются существенные различия в вычисленных значениях K_r для малого зонда высокочастотного индукционного каротажного изо-параметрического зондирования (ВИКИЗ) (K_r ВИКИЗ, зонд 0,7 м) и дальней зоны исследований по методике МНК- K_r (K_r СНГКбз обсаж. скв.) в обсаженной скважине при близких глубинностях исследований. Вычисленные значения K_r по малому зонду ВИКИЗ существенно завышены относительно значений, вычисленных по методике МНК- K_r , при практическом совпадении вычисленных значений K_r для открытого ствола (K_r СНГКбз откр. ствол). На рис. 3 расхождения коэффициентов K_r , вычисленных по малому и большому зондам метода ВИКИЗ, окрашены желтым цветом, и K_r , вычисленные по методике МНК- K_r для дальней зоны в открытом стволе и малого зонда ВИКИЗ, – зеленым. Такое распределение вычисленных значений K_r по разным методам может служить признаком

гидрофобного коллектора с большим содержанием алевролитовой фракции песчаника;

- в интервале глубин ниже положения суперколлектора наблюдаются удовлетворительная сходимость вычисленных значений K_r для малого зонда ВИКИЗ (K_r ВИКИЗ, зонд 0,7 м) и дальней зоны исследований по методике МНК- K_r (K_r СНГКбз обсаж. скв.) в обсаженной скважине. Это свидетельствует о наличии газонасыщенных коллекторов с хорошими ФЕС и малым содержанием алевролитовой фракции песчаника.

По результатам выполненных исследований можно сказать, что методика МНК- K_r позволяет значительно повысить качество исходных материалов для пересчета остаточных геологических запасов сеноманской газовой залежи и спрогнозировать потенциальные интервалы прорыва пластовых вод по суперколлекторам при эксплуатации скважины.

ВЫВОДЫ

После обработки и анализа полученной в результате исследований более 100 скважин геолого-геофизической информации можно сделать следующие выводы, во многом определяющие дальнейшее развитие работ по МНК:

- по временным замерам в открытом стволе и после обсад-

ки и цементирования обсадной колонны однозначно выделяются коллекторы с подвижным углеводородным флюидом, что подтверждается испытаниями скважин и результатами интерпретации ГИС открытого ствола;

- методика применима для подсчета ТРИЗ нефти и газа;

- методика информативна в сложных горно-геологических условиях и не исключает возможности проведения исследований через буровой инструмент;

- в интервале перфорации методика позволяет выделять интервалы заколонных перетоков пластовых вод;

- совместная интерпретация МНК и электрических (электромагнитных) методов позволяет произвести разделение коллекторов на гидрофильные и гидрофобные. Эти характеристики пластов оказывают существенное влияние на электрические и электромагнитные методы, что приводит к погрешностям в определении газонасыщенности и прогноза проницаемости газонасыщенных коллекторов и практически не сказывается на результатах интерпретации по методике МНК- K_r ;

- методика позволяет прогнозировать смену условий осадконакопления в сеноманской газовой залежи с реперного интервала глубин положения суперколлектора. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев В.Л., Гафаров Н.А., Высоцкий В.И. и др. Нетрадиционные ресурсы нефти и газа. М.: Изд. дом «Недра», 2014. 284 с.
2. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемными методами / Под ред. В.И. Петерсилье, В.И. Порожун, Г.Г. Яценко. Москва – Тверь: ВНИГНИ, НПЦ «Тверьгеофизика», 2005. 261 с.
3. Методические рекомендации по применению многозондового нейтронного каротажа для оценки характера насыщения и коэффициента газонасыщенности коллекторов в обсаженных газовых скважинах [разработаны: С.А. Егурцов и др.]. М.: ООО «ИНГТ», 2016. 91 с.
4. Приказ Минприроды России от 28 декабря 2015 г. № 564 «Об утверждении Требований к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов нефти и горючих газов» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420332794> (дата обращения: 10.11.2017).

REFERENCES

1. Gulyaev V.L., Gafarov N.A., Vysotsky V.I., et al. Non-Traditional Resources of Oil and Gas. Moscow, "Nedra" Publishing House, 2014, 284 p. (In Russian)
2. Methodical Recommendations on the Calculation of the Geological Reserves of Oil and Gas with Volumetric Methods. Edited by V.I. Petersilye, V.I. Poroskun, G.G. Yatsenko. Moscow – Tver, All-Russian Geological Research Oil Institute, Research and Production Center "Tvergeofizika", 2005, 261 p. (In Russian)
3. Methodical Recommendations on the Use of Multidetector Neutron Logging for the Assessment of the Nature of Saturation and the Coefficient of Gas Saturation of Reservoirs in Cased Gas Wells. Developed by S.A. Egurtsov, et al. Moscow, Innovation Oil and Gas Technologies LLC, 2016, 91 p. (In Russian)
4. Order of the Ministry of Natural Resources and Environment of Russia as of December 28, 2015 No. 546 "On Approving the Requirements to the Composition and Rules of Execution of Materials for the Calculation of the Reserves of Oil and Combustible Gas which are Submitted for State Expert Review" [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/420332794> (Access date: November 10, 2017). (In Russian)