

О выделении пластов-коллекторов доманиковых отложений по результатам углеродно-кислородного каротажа

В.В. Гарифуллина

ведущий геофизик НПЦ «Запасы»
Valentina.andreeva@rambler.ru

Н.Г. Веденина

зам. начальника НПЦ «Запасы»
Vedenina_tgru@mail.ru

ТГРУ ПАО «Татнефть», Казань, Россия

Широко известно, что для территории Республики Татарстан выработанность запасов из традиционных коллекторов по большинству месторождений увеличивается, приближаясь к критическому уровню. Для поддержания уровня ресурсной базы и уровня добычи, перед геологами ставятся новые задачи — поиск и разведка залежей нефти в нетрадиционных коллекторах. На примерах месторождений Республики Татарстан рассмотрены особенности интерпретации данных углеродно-кислородного каротажа по разрезу доманиковых отложений.

Материалы и методы

С/О-каротаж, как метод выявления пропущенных нефтеносных горизонтов и контроля за разработкой.

Ключевые слова

коллектора, углеродно-кислородный каротаж, петрофизические исследования, доманикиты

Для решения поставленных задач необходимо:

1. Выявить основные отличия и особенности строения нетрадиционных коллекторов, признаки их нефтенасыщенности.
2. Определить стратиграфическую принадлежность и литологический состав нетрадиционных коллекторов.
3. Сравнить эффективность применения различных методов геофизических исследований скважин (ГИС) для выделения нефтесодержащих интервалов в толще нетрадиционных коллекторов.
4. Обосновать методы расчета достоверных значений фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) для нетрадиционных коллекторов.
5. Выбрать принципы и приемы оконтуривания залежей в нетрадиционных коллекторах.
6. Произвести подсчет запасов нефти.

На территории Республики Татарстан к нетрадиционным коллекторам относятся сланцевые отложения – доманикиты семи-лукско-мендымской толщи и доманикиты франско-фаменского возраста. В частности, нефтеносность нетрадиционных коллекторов доманиковых отложений франско-фаменского ярусов выявлена на ряде месторождений юго-востока Татарстана (Бавлинское, Матросовское, Бухараевское, Сабанчинское, Западно-Галицкое), а также на Баллаевском поднятии Ново-Елховского месторождения (рис. 1). Запасы месторождений были подсчитаны и поставлены на баланс в 2014–2015 гг. [1–4].

Доманиковые отложения представлены глинисто-карбонатными породами,

обогащенными органическим веществом, с низкой пористостью и проницаемостью. До недавнего времени с позиции перспективной нефтенасыщенности они оценивались практически отрицательно.

В основу их изучения легли результаты, полученные при ГРП, проведенного в скважине №1144 в 2013 г. По его данным, высота трещин в отложениях достигала 22,8 м при западно-восточном направлении. Дебит нефти составил 10,6 т/сут. (рис. 2).

Основные отличия и особенности строения нетрадиционных коллекторов и признаки их нефтенасыщенности:

1. Нефтесодержащие породы в доманиковых отложениях имеют низкую пористость и проницаемость, и иной тип пустотного пространства, по сравнению традиционные коллекторы.
2. В нефтенасыщенных толщах данных отложений отмечаются большие зоны литологического замещения слабо проницаемых коллекторов непроницаемыми плотными породами.
3. Залежи в доманиковых отложениях не контролируются контуром структурных ловушек.
4. Залежи в них не имеют водонефтяного контакта.

Общепринятые методы ГИС позволяют выделять нефтесодержащие интервалы в толще с нетрадиционными коллекторами в идеальной среде, но в природе таковой не бывает.

Кроме стандартных методов ГИС, нефтенасыщенные интервалы выделяются по данным ИННК и ИНГК-С (С/О-каротаж). Последний является наиболее эффективным

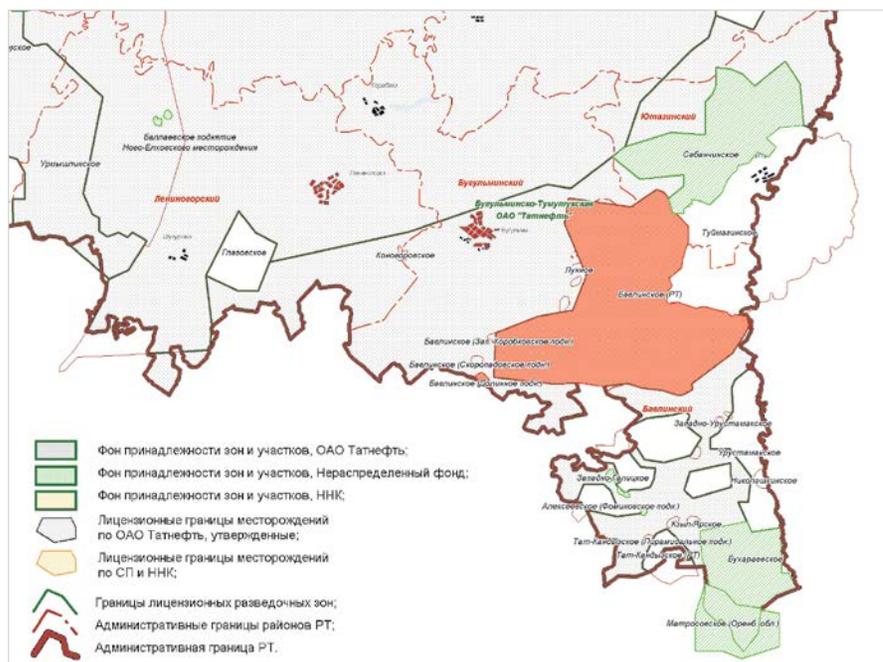


Рис. 1 — Местоположение месторождений в доманиковых отложениях

геофизическим методом для выявления пропущенных нефтеносных горизонтов и контроля за разработкой продуктивных пластов в обсаженных колонной скважинах.

В 2014 г., как эксперимент, для подтверждения характера насыщения пластов-коллекторов в ряде скважин (№115, 277, 299, 1144, 2691, 3917) старого фонда был проведен углеродно-кислородный каротаж (С/О-каротаж) (рис. 3).

Метод основан на регистрации гамма-излучения неупругого рассеяния (ГИНР) и радиационного захвата (ГИРЗ) нейтронов, генерируемых высокочастотным излучателем быстрых нейтронов. В модификации углеродно-кислородного каротажа используется гамма-генератор излучает импульсы нейтронов 14 МэВ с некоторой фиксированной частотой (~10 кГц). Анализ спектров ГИНР и ГИРЗ, в силу индивидуальных их особенностей для элементов, составляющих породу, позволяет определять массовые содержания углерода, кислорода, кальция, кремния и ряда других элементов в породе, обеспечивая тем самым решение задач оценки пористости, литологического состава, нефтенасыщенности.

При С/О-каротаже определяется параметр (COR), характеризующий распространенность в породе углерода (С) по отношению к кислороду (О). Этот параметр связан с содержанием в породе углеводородных соединений. Продуктивные пласты характеризуются избыточным содержанием углерода, по сравнению с водонасыщенными пластами (рис. 4).

Для коррекции отношения С/О по влиянию вещественного состава пород рассчитываются аналогичные отношения Ca/Si (CaSI, LIRI), которые отражают содержание кальция (карбонат) и кремния (песчаник) в породе.

Качественно нефтенасыщенность коллекторов отражается положительными эффектами на кривых отношений С/О каротажа, т.е. превышением показаний COR (отношение параметров С/О) над CASI (отношение параметров Ca/Si) и пониженным хлорсодержанием в пластовом флюиде, по сравнению с хлорсодержанием водонасыщенных и глинистых пластов (кривая по хлору и углероду из спектров ИНГК-С) [6].

При подсчете запасов доманиковых отложений полностью пересматривался геолого-геофизический материал по всему фонду данных месторождений, скважин (описание керна и шлама, ФЕС, опробование, стандартный комплекс ГИС, газовый каротаж) и, с учетом данных по С/О-каротажу, выделялись нефтеносные интервалы — их границы и толщины, значения коэффициентов пористости, проницаемости и нефтенасыщенности.

Расчет кондиционных значений ФЕС для нетрадиционных коллекторов

Количественно нефтенасыщенность, пористость и проницаемость пластов определялась как по образцам керна в лабораторных условиях, так и по комплексу ГИС по общепринятой методике [5]. Зависимости K_n , $K_{пр}$, K_n представлены в таб. 1.

В таб. 2 представлено сравнение кондиционных значений $K_n^{тр}$, $K_{пр}^{тр}$ и $K_n^{нтр}$ для традиционных и нетрадиционных пластов-коллекторов Бавлинского нефтяного месторождения.

Корреляция разрезов скважин, наличие газовых аномалий в интервалах доманиковых

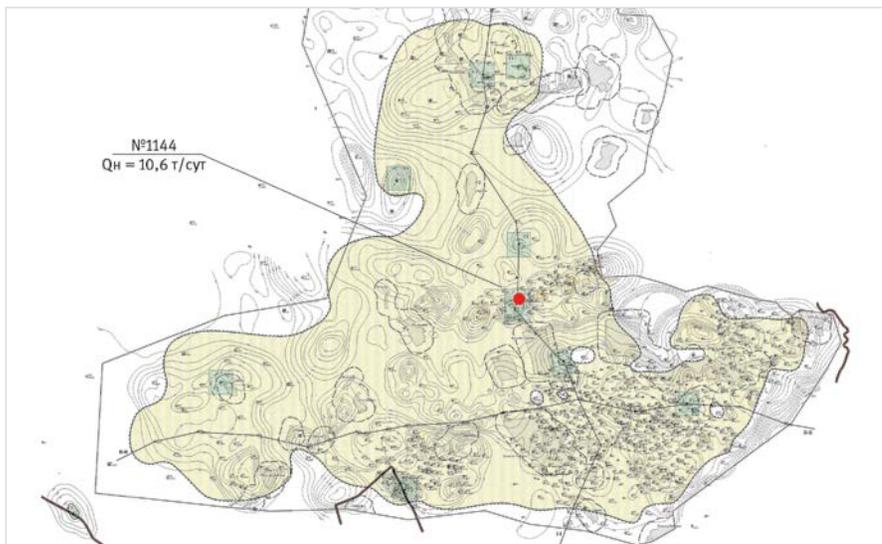


Рис. 2 — Местоположение скважины №1144 (Бавлинское месторождение)

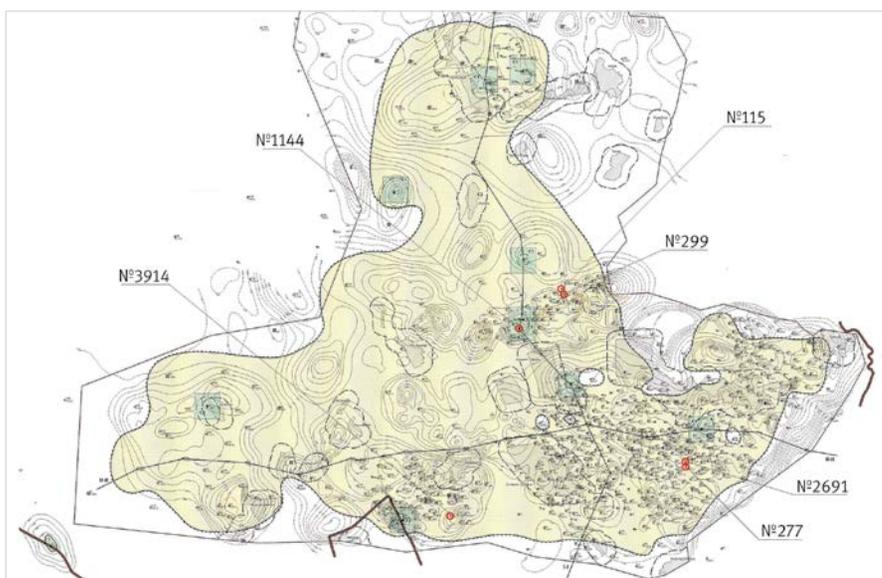


Рис. 3 — Скважины, в которых был проведен ИННК (С/О-каротаж) (Бавлинское месторождение)

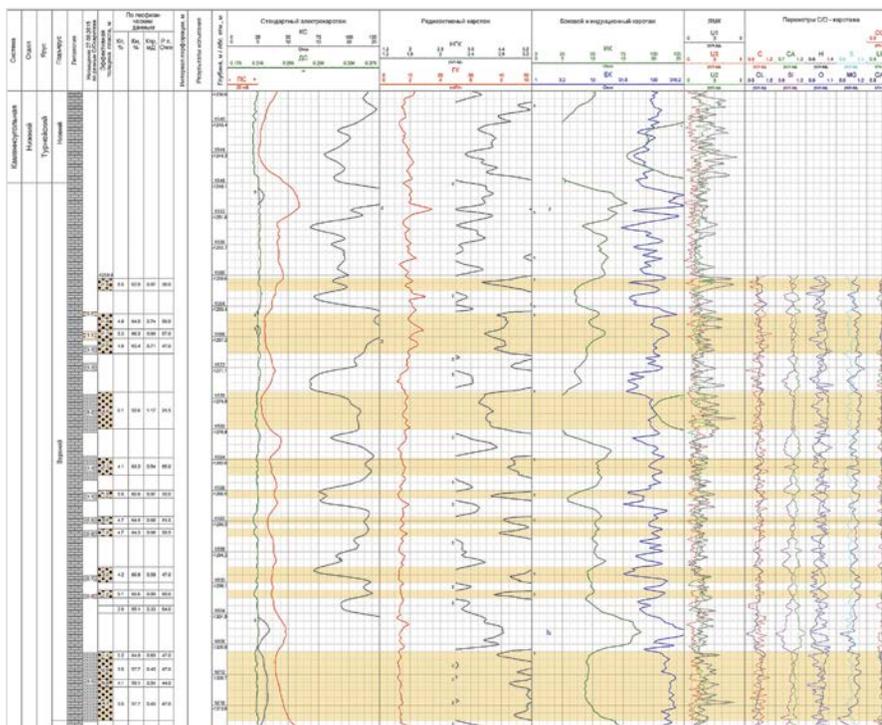


Рис. 4 — Фрагмент геолого-геофизического разреза доманиковых отложений по скважине №411 (Бухараевское месторождение)

Определяемый параметр	Формула
Пористость	$K_n = 0.339 * e^{(-3.46 * \Delta J_{2K})} - 0.14 * \Delta J_{2K}^{1.28}$
Проницаемость	$K_{пр} = 0.0441 * e^{(51.088 * K_n)}$
Нефтенасыщенность	$K_n = 1 - 0.227 / K_n^{0.92} * \rho n 0,61$

Таб. 1 – Зависимости для определения пористости, проницаемости и нефтенасыщенности для доманиковых отложений

Коллектор	Пористость, %	Проницаемость, мД	Нефтенасыщенность, %
«традиционный»	4,0	1,0	55,0
«нетрадиционный»	3,0	0,1	40,0

Таб. 2 – Нижние кондиционные значения пористости, проницаемости и нефтенасыщенности для традиционных и нетрадиционных коллекторов фаменского яруса Республики Татарстан

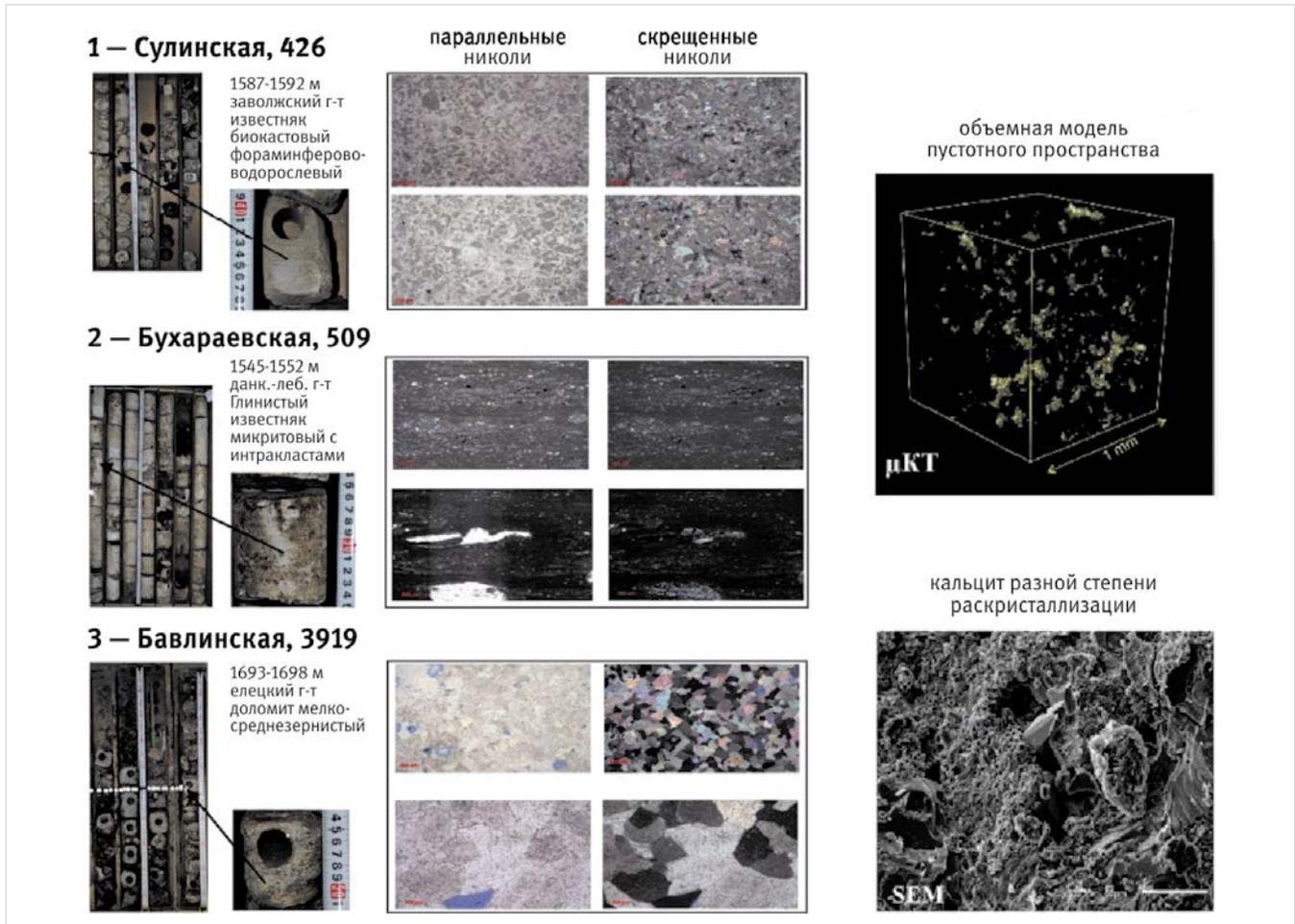


Рис. 5 – Образцы ядра по скважинам № 426, 509, 3919



Рис. 6 – Структурная карта по кровле доманиковых отложений (Бавлинское месторождение)

отложений, сейсмические данные, петрофизический анализ материалов ядерных данных позволяют утверждать, что продуктивные отложения доманиковой толщи являются резервуаром, широко развитым по площади изучаемого района.

В 2014 г. на кафедре геохимии МГУ проведены петрофизические и геохимические исследования образцов ядра из доманиковых отложений Бавлинского и соседних с ним месторождений (рис. 5, таб. 3), которые доказывают, что породы обладают высоким генерационным потенциалом и могут являться нетрадиционными коллекторами [7].

В результате микроскопических исследований образцов установлено, что продуктивный пласт сложен микро- и тонкозернистыми

№ образца	Пористость, %	Проницаемость, мД
1	1,06	0,02
2	0,84	0,01
3	2,07	0,03

Таб. 3 – Значения пористости, проницаемости по образцам ядра

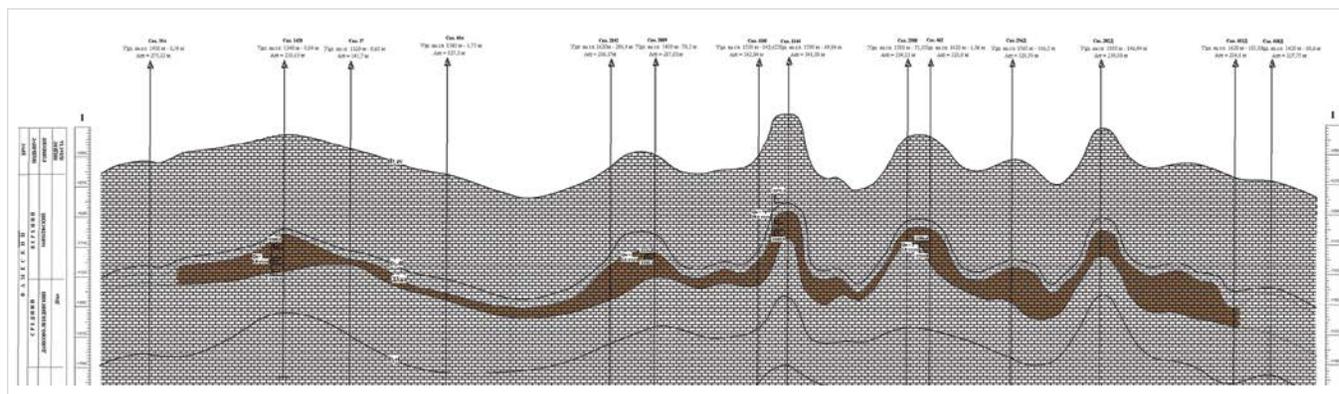


Рис. 7 — Схематический геологический профиль I-I (Бавлинское месторождение)

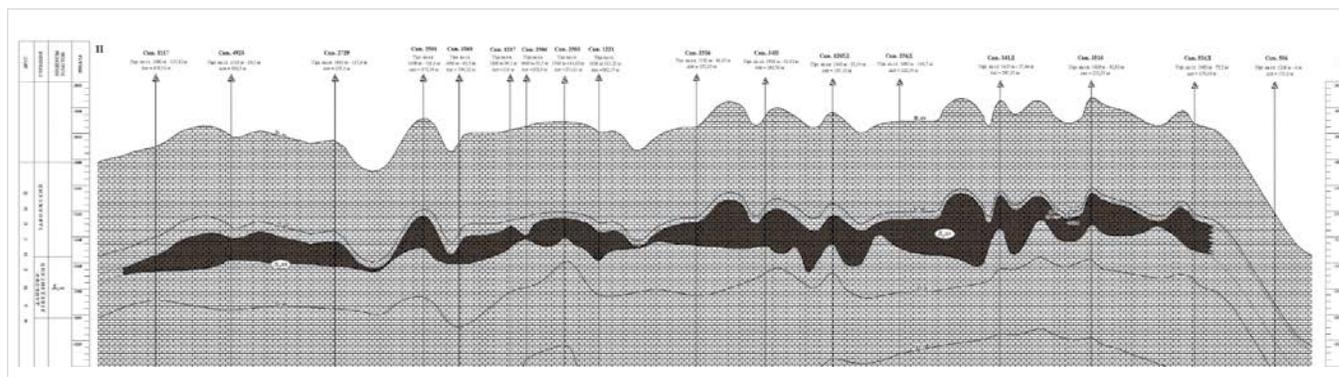


Рис. 8 — Схематический геологический профиль II-II (Бавлинское месторождение)

известняками, перекристаллизованными, неравномерно доломитизированными. Микроструктура в шлифе массивная. В породе между зернами отмечены пустоты (серый цвет — 1) размерами от 0,05 до 0,4 мм неправильной изометрической формы. Границы пустот нередко повторяют границы зерен и имеют прямолинейный характер. Прослоями выделяются перекристаллизованные шламово-детритовые известняки, доломитизированные до перехода в доломиты известковистые. Реже встречаются полидетритовые известняки, сложенные мелкими обломками и реликтами органогенных остатков, преимущественно водорослями.

Структура порового пространства этих пород межзерновая, реже межформенная. Поры тонкие (0,01–0,1 мм), иногда достигают размера 0,1–0,25 мм. Во всех этих структурных разновидностях карбонатных пород наблюдаются микро- и макротрещины. Первичная пористость в породах, слагающих продуктивный пласт, довольно часто залечена вторичными процессами. В коллекторах чаще развита вторичная пористость выщелачивания. Эти поры также часто приурочены к зонам трещиноватости. В структуре порового пространства наблюдаются поры перекристаллизации. Сообщаются поры посредством тонких соединительных канальцев и системы микротрещин.

Оконтуривание залежей доманиковых отложений

Условной границей развития продуктивных доманиковых отложений приняты зоны, в которых в пробуренных скважинах по стандартному, радиоактивному и газовому каротажу не отмечены интервалы, перспективные на нефть. На рис. 6 показана залежь массивного типа, которая ограничена границей

зоны отсутствия коллекторов.

Продуктивные интервалы хорошо выдержаны как по площади, так и по разрезу и представлены переслаиванием проницаемых, низкопроницаемых и плотных пропластков. ВНК отсутствует. Нефтенасыщенные интервалы подстилаются плотными породами. Подошва нефтенасыщенных интервалов представляет довольно неровную поверхность с резкими изменениями в отметках от -1120 до -1190 м. Эффективная толщина пластов изменяется от 2 до 22 м (рис. 7, 8).

Итоги

Предложен способ выделения пластов-коллекторов доманиковых отложений.

Выводы

Работы по изучению нетрадиционных коллекторов находятся в стадии становления и совершенствования.

Корреляция разрезов скважин доманиковых продуктивных отложений фаменского яруса, сейсмических данных, данных С/О каротажа и петрофизических анализов ядерного материала позволяют утверждать, что доманиковые отложения являются протяженным в пространстве резервуаром.

Залежи в доманиковых отложениях не контролируются формами и параметрами структурных ловушек и не ограничиваются ни подошвенными, ни краевыми водами (отсутствие ВНК).

Границами залежей по горизонтали и вертикали служат зоны плотных пород, которые выделяются по С/О-каротажу.

Для более точного представления о размерах залежи необходимо проведение методов ГИС ИНГК-С и лабораторные исследования ядра. Отбор ядра из перспективных интервалов следует вести на всей площади залежи.

Список литературы

1. Ахманова Т.П., Бугульминская Л.С. и др. Пересчет запасов продуктивных отложений данково-лебедянкого горизонта Бавлинского нефтяного месторождения. Казань: Фонды ТГРУ, 2014. С. 40–150.
2. Веденина. Н.Г. и др. Оперативный подсчет запасов нефти фаменского яруса Бухараевского месторождения. Казань: Фонды ТГРУ, 2015. С. 60–85.
3. Веденина. Н.Г. и др. Оперативный подсчет запасов нефти фаменского яруса Матросовского месторождения. Казань: Фонды ТГРУ, 2015. С. 35–60.
4. Веденина. Н.Г. и др. Оперативный подсчет запасов нефти фаменского яруса Баллаевского поднятия Ново-Елховского месторождения. Казань: Фонды ТГРУ, 2015. С. 35–60.
5. Стандарт организации. Интерпретация ГИС, алгоритмы определения параметров продуктивных пластов нефтяных месторождений Республики Татарстан. Альметьевск: ОАО «Татнефть», 2013. С. 5–33.
6. Петерилье В.И., Яценко Г.Г. Методические рекомендации по применению ядерно-физических методов ГИС, включающих углерод-кислородный каронаж, для оценки нефте- и газонасыщенности пород-коллекторов в обсаженных скважинах. Москва-Тверь: ВНИГНИ, НПЦ «Тверьгеофизика», 2006. 41 с.
7. Фадеева. Н.П. Ступакова. А.В. Обработка и интерпретация результатов исследования ядра (11 образцов) с целью определения петрофизических и геохимических свойств пород. Москва: МГУ, 2013. С. 15–140.

Isolation of Domanic reservoirs as a result of the carbon-oxygen logging

UDC 550.3

Authors:

Valentina V. Garifullina — leading geoscientist NGO "Stocks"; Valentina.andreeva@rambler.ru

Nailja G. Vedenina — deputy head department NGO "Stocks"; Vedenina_tgru@mail.ru

TGRU "Tatneft", Kazan, Russian Federation

Abstract

The well-known fact about Tatarstan is that reserves depletion from nonshale reservoir rocks on the territory of the most fields critically increases.

New tasks are usually set before geologists for maintain production and keeping reserve base: searching for oil deposits and field work in unconventional reservoirs.

Data interpretation of C/O logging of overlying section of the Domanic deposits is described in the article (fields of the Republic of Tatarstan are used as the example).

Materials and methods

C/O logging as the method of identification dropped coverage and field management.

Results

The method of isolation reservoirs of Domanic deposits.

Conclusions

Scientific investigation on unconventional reservoirs is on the stage of developing and improving.

Tracking well log of the Domanic deposits (the Famennian), seismic data and data interpretation of C/O logging, petrophysical investigations of core material, makes it possible to state that the Domanic deposits are wells, extended in space.

The Domanic deposits are not monitored by configuration and data of deformational traps and are not limited by edge and bottom waters (no OWS).

Belts of consolidated formations are considered to be pool boundaries, horizontally and vertically; pointed out using C/O logging.

For a more accurate picture of the deposit size, it is necessary to conduct GIS techniques INGC-C and laboratory tests of the core.

Coring from prospective intervals should be carried out on the full face of the deposit.

Keywords

reservoirs, carbon-oxygen logging, the petrophysical investigation of domanicits

References

1. Akhmanova T.P., Bugul'minskaya L.S. and oth. *Pereschet zapasov produktivnykh otlozheniy dankovo-lebedyanskogo gorizonta Bavlinskogo neftyanogo mestorozhdeniya* [Reestimation of reserves of productive sediments on the territory of Dankova-Lebedyansky horizon (Bavly district) oil field]. Kazan: *Fondy TGRU*, 2014, pp. 40–150.
2. Vedenina. N.G. and oth. *Operativnyy podschet zapasov nefti famenskogo yarusa Bukharaevskogo mestorozhdeniya* [Current oil volume evaluation of the Famennian deposits of Bukharaevskoe oil field]. Kazan: *Fondy TGRU*, 2015, pp. 60–85.
3. Vedenina. N.G. and oth. *Operativnyy podschet zapasov nefti famenskogo yarusa Matrosovskogo mestorozhdeniya* [Current oil volume evaluation of the Famennian deposits of Matrosovskoe oil field]. Kazan: *Fondy TGRU*, 2015, pp. 35–60.
4. Vedenina. N.G. and oth. *Operativnyy podschet zapasov nefti famenskogo yarusa Ballaevskogo podnyatiya Novo-Elkhovskogo mestorozhdeniya* [Current oil volume evaluation of the Famennian deposits of Ballaevskoe upheaval (Novo-Elkhovskoe oil field)]. Kazan: *Fondy TGRU*, 2015, pp. 35–60.
5. Company standard. *Interpretatsiya GIS, algoritmy opredeleniya parametrov produktivnykh plastov neftyanikh mestorozhdeniy Respubliki Tatarstan* [Company standard. Data interpretation of GIS techniques, the specification scheme of the productive layers of oil fields of the Republic of Tatarstan]. Almet'yevsk: *ОАО "Tatneft"*, 2013, pp. 5–33.
6. Petersil'e V.I., Yatsenko G.G. *Metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu yaderno-fizicheskikh metodov GIS, vkluchayushchikh uglerod-kislorodnyy karonazh, dlya otsenki nefte- i gazonasyshchennosti porod-kollektorov v obszhennykh skvazhinakh* [Methodological recommendations for using nuclear-physical analysis methods of GIS techniques, including C/O logging, for evaluation oil- and gas saturation of oil-reservoir rocks, situated in cased wells]. Moscow–Tver: *VNIGNI, NPTs "Tver'geofizika"*, 2006, 41 p.
7. Fadeeva. N.P. Stupakova. A.V. *Obrabotka i interpretatsiya rezul'tatov issledovaniya kerna (11 obraztsov) s tsel'yu opredeleniya petrofizicheskikh i geokhimicheskikh svoystv porod* [Processing and interpretation of test reports of core salvage (11 specimens) to determine petrophysical and geochemical rock properties]. Moscow: *MGU*, 2013, pp. 15–140.

ХИЩНИК



ТЕХНИКА ДЛЯ СУРОВЫХ УСЛОВИЙ



Топкие болота, снежная
целина и водные
преграды — все это
родная стихия
«ХИЩНИКА».

Широкий модельный ряд
позволяет выбрать
технику, отвечающую
Вашим требованиям.



ООО «МЕГ ВЕСТ»
626110, Тюменская обл.,
Тобольский р-н, с. Бизино,
ул. Ремонтников, 23.
тел/факс в г. Тобольске:
8(3456) 24-55-85. 8-912-815-02-09
mezenin1234@yandex.ru

WWW.MEGVEST.RU