

УДК 552.578.061.4:552.58:551.734.5(470.111)

Мартынов Э.А.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, eduard.vnigri@mail.ru

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПЕРСПЕКТИВАХ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ САНДИВЕЙСКОЙ КАРБОНАТНОЙ ПОСТРОЙКИ (ТИМАНО-ПЕЧОРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ)

На основе комплексного анализа результатов сейсморазведочных работ и скважинных данных в юго-восточной части Сандивейской карбонатной постройки (в южной части Хорейверской впадины) существенно детализировано строение франского и фаменского резервуаров, определены генетические и морфологические особенности рифогенных построек (риф, биогерм), дан прогноз распространения коллекторов различного качества.

Ключевые слова: *нефтегазоносность, карбонатная постройка, риф, биогерм, коллектор, покрывка, Тимано-Печорская провинция.*

На территории Хорейверской впадины, входящей в состав Тимано-Печорской провинции (ТПП), широко развиты верхнедевонские карбонатные отложения, характеризующиеся разнофациальным строением. Основным объектом поисков углеводородов (УВ) в них являются рифовые резервуары. В южной части Хорейверской впадины расположена Сандивейская рифовая постройка атоллоидной формы, изучение которой началось еще в 1970-1980-х гг. прошлого века. Первые поисковые сейсморазведочные работы выполнялись в 1979-1983 гг. сейсмопартиями 797, 807, 837 (А.И. Иванова, Ухтинское территориальное геологическое управление, 1979 г.; ПГО «Печорагеофизика», 1980 г.; В.П. Усик, ПГО «Печорагеофизика», 1983 г.). С середины 1980-х гг. начали проводиться сейсморазведочные работы с более высокой кратностью профилирования и плотностью расположения профилей (В.П. Усик (1984 г.), А.Н. Зюзин (1986 г.), С.А. Мижерич (1990 г.) ПГО «Печорагеофизика» и др.).

Совместно с сейсморазведкой в пределах Сандивейской карбонатной постройки проводилось глубокое бурение. Так, с 1970 по 1990 гг. в верхнедевонских отложениях было пробурено более 30 скважин и открыто 3 залежи нефти на Мусюршорском, Западно-Сандивейском и Лыдушорском месторождениях. Параллельно проводились тематические работы по обобщению результатов сейсморазведки и бурения (Р.И. Бирон, Б.П. Богданов, В.С. Парасына, О.И. Борисова, ПГО «Печорагеофизика»). В результате впервые была составлена модель Сандивейской карбонатной постройки, выявлены и подготовлены новые структурные объекты. Однако, не был решен вопрос о закономерностях распространения высокеемких коллекторов в собственно рифовом обрамлении карбонатной банки, что и

являлось причиной низкой эффективности геологоразведочных работ в ее пределах. В дальнейшем, из-за резкого сокращения государственного финансирования в 1990-е гг. поисково-разведочные работы на нефть и газ в пределах Сандивейской постройки полностью прекратились.

В последние годы недропользователи вновь вернулись к изучению верхнедевонского карбонатного комплекса, вследствие чего в ТПП были открыты новые залежи, приуроченные к рифогенным отложениям (Баяндыское, Восточно-Ламбейшорское, Мукеркамьльское и др.). Сейсморазведочными работами выявлены новые рифовые постройки, в основном одиночного типа (банки, атоллы), в пределах Печоро-Колвинского авлакогена, в зоне сочленения гряды Чернышева и Хорейверской впадины. Большое количество ранее выявленных рифовых построек до сих пор остается недоизученным, в том числе и в пределах Сандивейской карбонатной постройки. Появилась необходимость выработки комплексного подхода, включающего исследование первичного материала, наработок предшествующих исследователей [Головань и др., 1984], применения современного программного обеспечения, для доизучения верхнедевонских построек с целью выявления закономерностей распространения в них высокоёмких коллекторов и связанных с ними залежей нефти.

В настоящей работе основное внимание уделено юго-восточной части Сандивейской карбонатной банки (рис. 1). Для анализа генезиса и уточнения строения исследуемой постройки автором были использованы материалы шести сейсморазведочных партий (ПГО «Печорагеофизика»), данные глубокого бурения по 8 скважинам (ПГО «Ухтанефтегазгеология»). В результате составлена детальная схема корреляции нижнего карбона – верхнего девона, уточнены их границы. Проведена геологическая интерпретации временных разрезов и скорректированы границы франского рифа, впервые выделены границы фаменских биогермов. С использованием специализированных программных пакетов переинтерпретированны карты по отражающим горизонтам - П_v (кровля визейского яруса нижнего карбона, C_{1v}) и Ш_{fm} (подошва фаменского яруса верхнего девона, D_{3fm}). Благодаря достаточно плотной сети профилей удалось построить детальную карту кровли верхнедевонских отложений (кровля фаменского яруса). На основании полученных результатов исследований, автором обоснованно выделение *двух этапов* формирования Сандивейской карбонатной постройки, существенно отличающихся друг от друга, как по продолжительности, так и по условиям рифогенеза.

В доманиковое время центральная и южная части Хорейверской нефтегазонасной области представляли собой глубоководную впадину [Боровинских, Пармузина, 2012]. На приподнятых частях впадины формировались карбонатные постройки, в том числе и рассматриваемая Сандивейская.

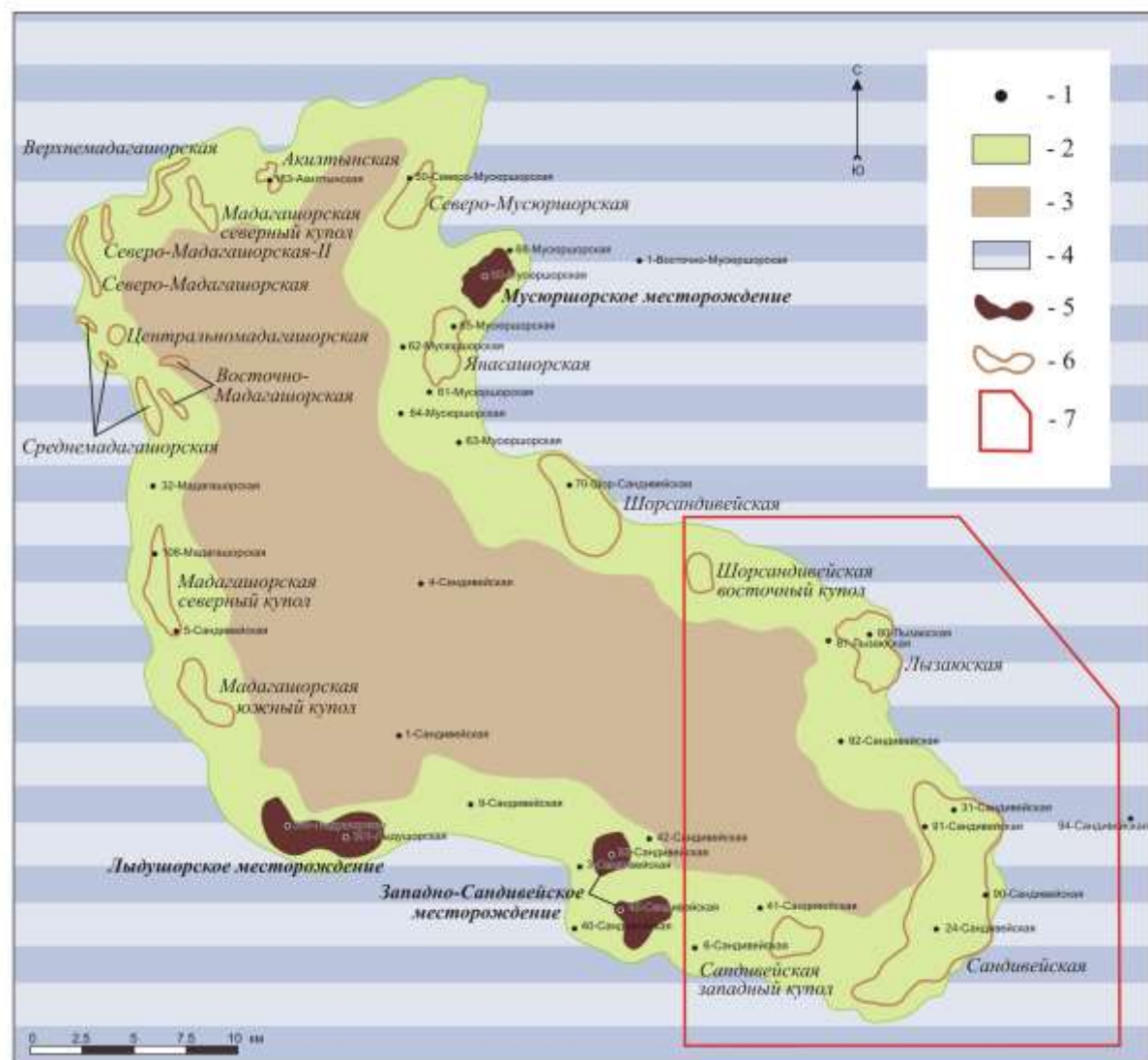


Рис. 1. Обзорная схема Сандивейской карбонатной постройки

1 – скважина; 2 – рифогенное обрамление атолловидной постройки; 3 – внутренняя (лагунная) часть атолловидной постройки; 4 – глубоководные отложения; 5 – нефтяные залежи; 6 – локальные структуры в постройках позднедевонского возраста; 7 – район исследований.

Следует отметить, что поднятия, послужившие основанием для карбонатных построек, унаследовано развивались в процессе седиментации на протяжении ордовика и силура. Это хорошо прослеживается по временным разрезам. Сандивейская карбонатная постройка формировалась на протяжении франского и фаменского веков. Кровля постройки маркируется предвизейским перерывом.

Первый этап относится к франскому веку, когда на территории Хорейверской впадины существовали благоприятные климатические и батиметрические условия для развития рифовых построек. На доманиковом основании стала формироваться кольцевая рифовая постройка – атолл размерами от 20-25 км в ширину и до 60 км в длину (см. рис. 1). На рис. 2, в непосредственной близости от основания карбонатной постройки, залегает отражающий горизонт IV, который приурочен к границе между нижнесилурийскими и верхнедевонскими отложениями. Выше во временном интервале 2,1-1,85 с выделена область нерегулярной записи (аномалия волнового поля), соответствующая зоне развития рифовой постройки франского яруса верхнего девона (D_{3f}), по данным бурения высотой до 500 м. В процессе роста постройка стала ограничивать циркуляцию воды во внутреннюю часть атолла, формируя лагуну с повышенной соленостью, что подтверждается керном из скв. 4 – Сандивейская, в котором присутствуют прослои седиментационных сульфатов. Рост постройки происходил в трансгрессивные этапы развития бассейна, которые периодически сменялись регрессивными фазами, во время которых кровля рифа выводилась под размыв и подвергалась интенсивным разрушениям и изменениям [Москаленко и др., 2001]. Это привело к формированию вторичной пористости и кавернозности пород (подтверждено по керну из скв. 31 – Сандивейская, интервал 2830,0-2840,0 м; из скв. 91 – Сандивейская, интервал 2760,3-2765,3 м). Во время осушения кровли растущей рифовой постройки осадконакопление происходило, главным образом, во впадине. С глубоководной стороны постройки интенсивно накапливался органогенно-обломочный материал, образуя шлейф, который постепенно замещался депрессионными глубоководными фациями по мере отдаления от постройки (см. рис. 2). Граница между шлейфом и внешним склоном карбонатной банки прослеживается уверенно, благодаря чему удалось существенно уточнить зону распространения органогенной постройки франского возраста (рис. 3а).

Рифовые породы франского возраста с точки зрения емкостных параметров характеризуются как высокопористые. По классификации И.А. Конюхова (1964 г.) их можно отнести к группе А и классу II (эффективная пористость 20-25%, проницаемость 500-1000 мД). Детальный анализ материалов ГИС подтвердил «раскрытость» франского рифа в связи с отсутствием флюидоупора. Коллекторы часто водонасыщены и не представляют интереса для поисков залежей УВ.

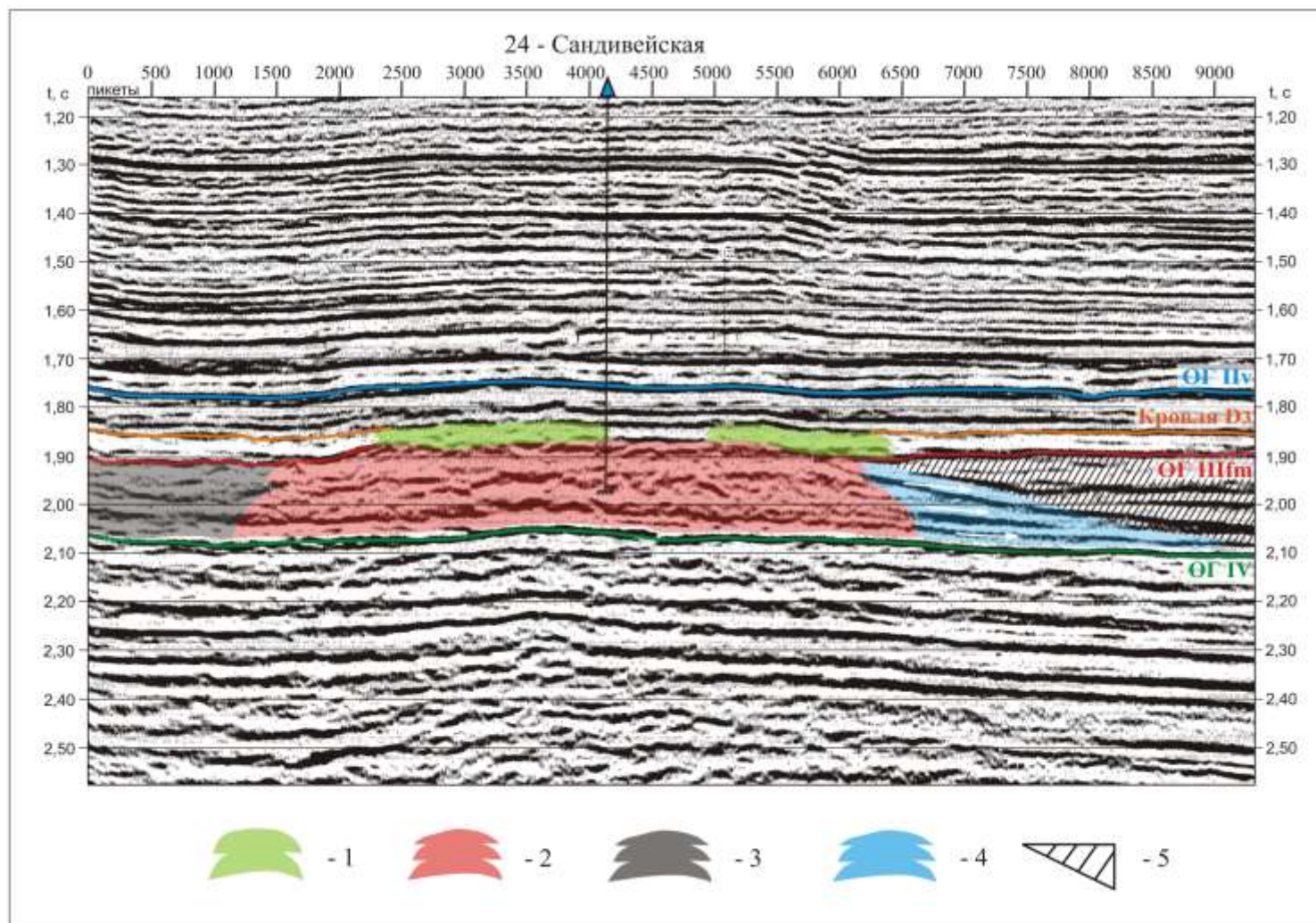


Рис. 2. Геологическая интерпретация временного сейсмического разреза в районе скв. 24 – Сандивейская
(по материалам ОАО «Севергеофизика», 2002)

1 – карбонатная постройка фаменского возраста; 2 – карбонатная постройка франского возраста; 3 – внутренняя лагуна; 4 - шлейф обломочных пород; 5 – толща заполнения глубоководной впадины. Отражающие горизонты: Пv - вблизи кровли визейского яруса нижнего карбона; Шfm – кровля франского яруса верхнего девона; IV – кровля нижнего силура.

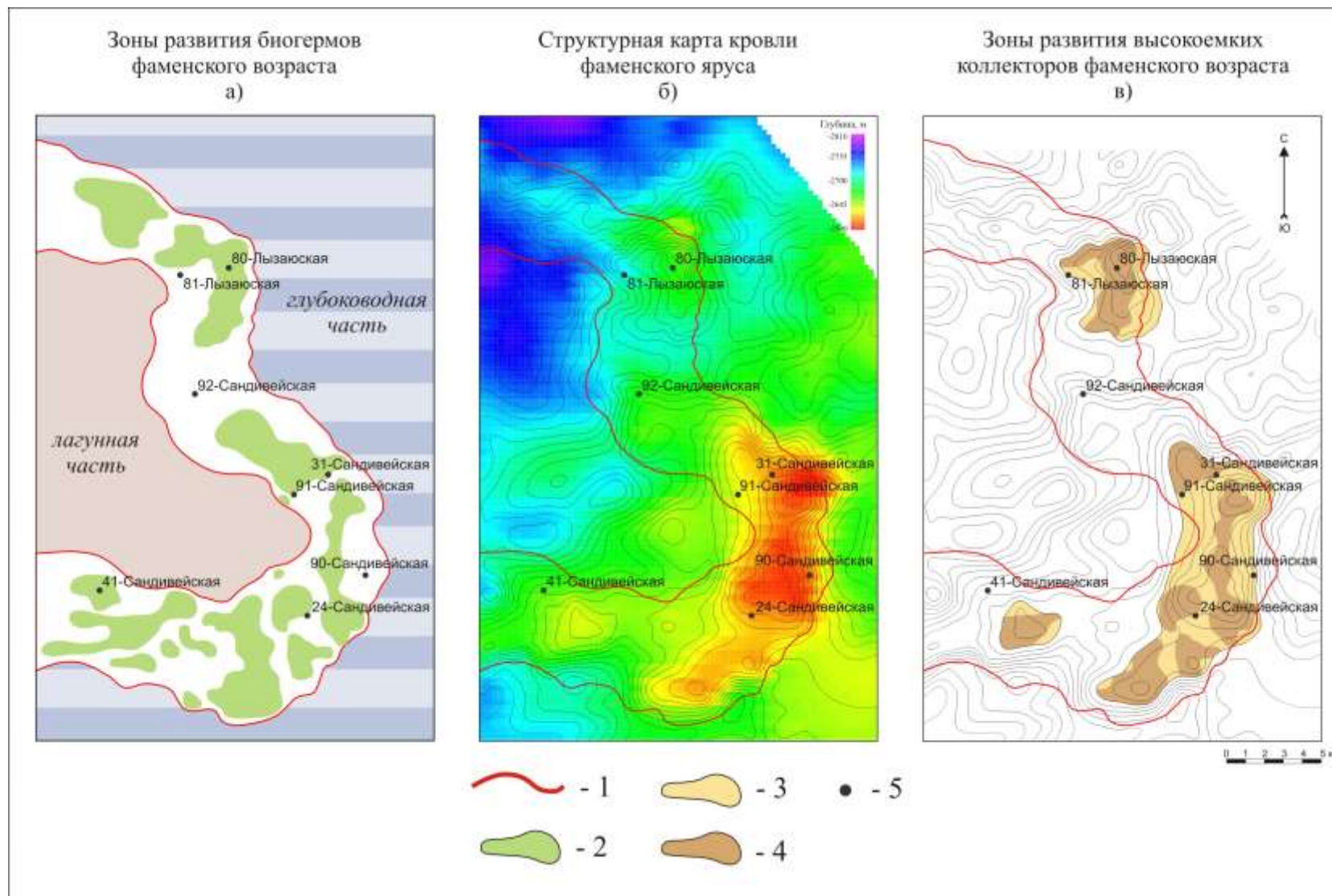


Рис. 3. Структурно-фациальная модель исследуемой территории

1 – граница карбонатной постройки франского возраста; 2 – локальные объекты; 3 – локальные структуры; 4 – зоны развития высокоемких коллекторов, 5 – скважина.

Второй этап относится к фаменскому веку. На границе франа и фамена произошли глобальные изменения в органическом мире девонского периода. Повсеместно вымирали многие виды живых организмов [Walliser, 1996]. Главную роль в карбонатном осадконакоплении стали играть водорослевые образования, которые продолжали надстраивать франский атолл по его периметру.

На поверхности Сандивейской карбонатной постройки стали формироваться рифогенные сооружения *задонского* возраста (D_{3zd}) – биогермы. Основанием для них являлась размывтая поверхность франского атолла. Климатические и батиметрические условия, существующие в задонское время, так же сильно повлияли на размеры рифогенных построек и интенсивность их роста. Так, задонские биогермы приобрели черты внутришельфовых органогенных построек, таким образом они перестали создавать сплошное карбонатное кольцо. Формировались отдельные холмообразные постройки, имеющие гораздо меньшую площадь распространения и мощность по сравнению с франскими. В результате детального анализа волнового поля в пределах исследуемой территории выделены три основных биогермных холма: первый в районе скважин 80, 81 – Лызаюские, второй – 24, 90, 91, 31 – Сандивейские, третий в районе скв. 41 – Сандивейская (рис. 3а). Их высота по данным бурения не превышает 150 м. На рис. 2 красным цветом обозначен отражающий горизонт (ОГ) $Шfm$, который залегает в основании биогермных построек и сопоставляется с предфаменским размывом. Активное строительство задонских биогермов происходило в периоды трансгрессий. Межбиогермное пространство заполнялось глинистым материалом с небольшим количеством органогенно-обломочного. При регрессивной направленности изменения уровня моря гребневые части растущих биогермных построек осушались и подвергались интенсивным изменениям и разрушению. Межбиогермное пространство компенсировалось органогенно-обломочным материалом. Таким образом, в задонский промежуток времени происходило синхронное наращивание франского атолла по его периметру, сохраняя кольцевую форму с внутренней лагуной. Во временном интервале 1,90-1,80 с светло-зеленой заливкой обозначены области нерегулярной записи, соответствующие зоне развития холмообразных биогермов фаменского возраста (D_{3fm}) (см. рис. 2). Фаменский интервал нерегулярной записи, расположенный между кровлей верхнего девона и ОГ $Шfm$ имеет более пластовый характер записи, по сравнению с франским.

С точки зрения емкостных параметров, рифогенные породы задонского возраста относятся к среднеемким. По классификации И.А. Конюхова их можно отнести к группе Б и классу IV (эффективная пористость - 5-15%, проницаемость - 100-300 мД).

Детальный анализ материалов ГИС показал, что в кровле задонских отложений формировались локальные флюидоупоры, представленные плотными глинисто-карбонатными породами (в скважинах 80, 81 – Лызаюские). В связи с этим коллекторы задонского возраста могут представлять интерес для поисков залежей УВ.

С постепенным компенсированием Хорейверской впадины осадками, условия их накопления продолжали меняться. Так к началу *елецкого* времени осадконакопление происходило в условиях существования мелководной морской террасы с преобладанием в бассейне пелитоморфного глинисто-карбонатного материала [Жемчугова, 2014]. В результате лишь на гребневых участках задонских построек происходило наращивание водорослевых биогермов. По данным бурения мощность елецких отложений (D_{3el}) не превышает 35-45 м. При кратковременных регрессиях гребневые части биогермных построек осушались и подвергались изменениям и разрушению. Однако самые масштабные изменения елецких отложений были связаны с выщелачиванием во время предвизейского перерыва, которое проявилось в формировании вторичной пористости и кавернозности. Практически вся толща елецких отложений была подвергнута вторичным изменениям (по данным описания керна). На рис. 2 задонские и елецкие биогермы обозначены одним «телом», т.к. при небольшой мощности елецких отложений (до 35-45 м) на временных разрезах их не удастся расчленить.

С точки зрения емкостных параметров, рифогенные породы елецкого возраста относятся к среднеемким. По классификации И.А. Конюхова их можно отнести к группе Б и классу V (эффективная пористость 5-15%, проницаемость 50-100 мД).

Кровля елецких отложений маркируется крупным предвизейским размывом, сопровождающимся перерывом в осадконакоплении и срезанием средне-верхнефаменских и турнейских пород. На поверхности несогласия трансгрессивно залегают глинистые известняки тульского горизонта визейского яруса нижнего карбона. Соответственно, их можно рассматривать как субрегиональный флюидоупор хорошего качества. По данным материалов ГИС мощность глинистой крыши меняется в пределах 8-30 м (рис. 4). Основные перспективы на исследуемой территории связаны именно с задонскими и елецкими отложениями перекрытыми тульской крышкой.

Выводы

1. В результате комплексного анализа и переинтерпретации всего накопленного материала в пределах изучаемой территории было существенно уточнено геологическое строение юго-восточной части Сандивейской карбонатной постройки. В результате детального анализа волнового поля на временных разрезах удалось разделить

верхнедевонский интервал рифообразования на франскую и фаменскую части. Построена детальная сейсмогеологическая модель верхнедевонских отложений.

2. Основой для формирования ловушек УВ в верхнедевонских карбонатных отложениях послужил франский атолл. По его периметру на основании анализа волнового поля локализованы и закартированы биогермные массивы задонского и елецкого ярусов, разделенные органогенно-обломочными и глинистыми отложениями. Основной покрывкой для фаменского резервуара служат глинистые отложения тувльского горизонта. Между задонскими и елецкими отложениями развиты локальные флюидоупоры.

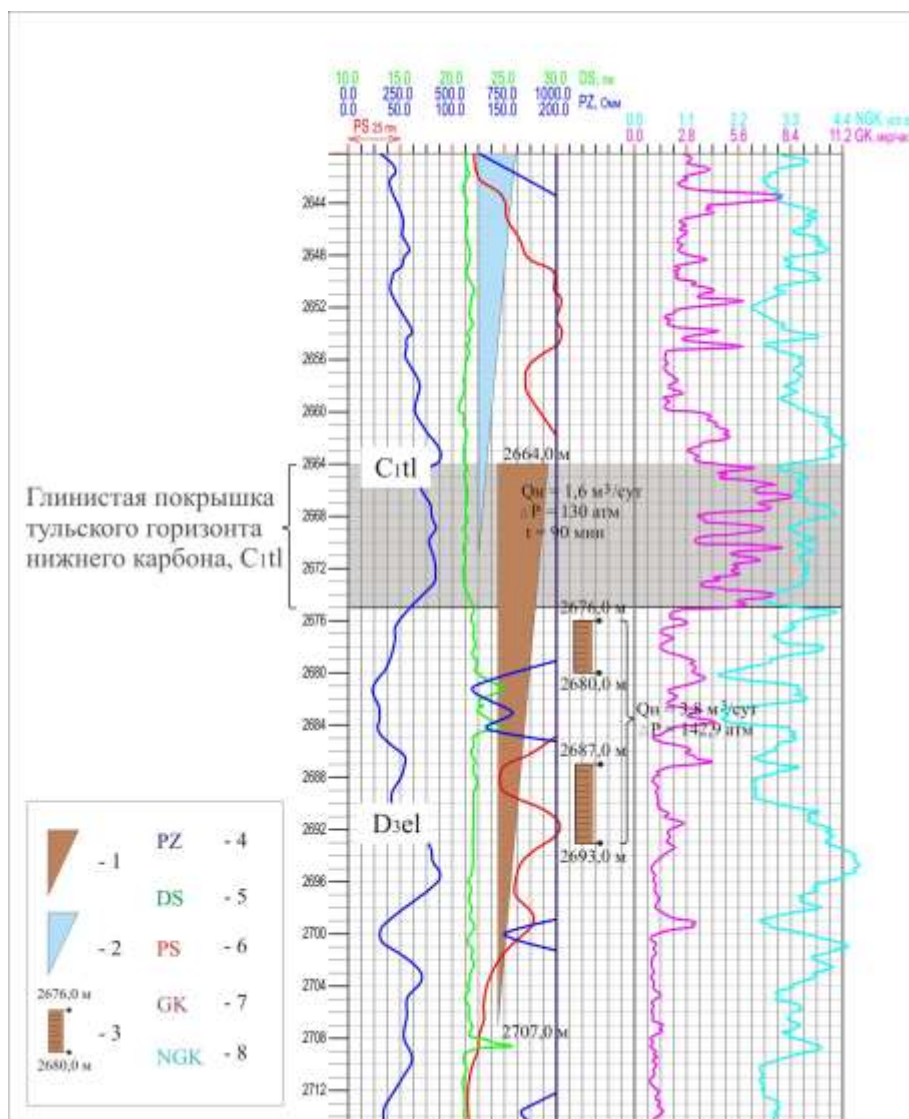


Рис. 4. Фрагмент каротажной диаграммы по скв. 24 – Сандивейская
(по материалам ПГО «УНГГ», 1983)

Результаты опробования и испытания скважины: 1 – нефть (испытатель пластов); 2 – вода (испытатель пластов); 3 – нефть (колонна). Каротажные кривые: 4 – потенциал зонд; 5 – кавернометрия ствола скважины; 6 – потенциалы самопроизвольной поляризации; 7 – гамма-картаж; 8 – нейтронный гамма картаж. C1tl – тувльский горизонт нижнего карбона; Dzel – елецкий горизонт верхнего девона.

3. Подтверждена раскрытость франских органогенных построек из-за отсутствия над ними покровов и, соответственно, их обводненность. Основные перспективы на исследуемой территории связаны с задонскими и елецкими отложениями.

4. Шлейф органогенно-обломочных пород при наличии благоприятных структурных условий, может дополнить резервуарные возможности собственно рифовой постройки.

Литература

Боровинских А.П., Пармузина Л.В. Типизация и характеристика карбонатных и терригенно-карбонатных массивов с целью прогнозирования их нефтегазоносности // *Нефтегазовая геология. Теория и практика.* – 2012. – Т.7. - №2. - http://www.ngtp.ru/rub/2/20_2012/pdf

Головань А.С., Холодилов В.А., Никонов Н.И., Макаревич В.Н. Хорейверская впадина – перспективный поисковый объект в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // *Геология нефти и газа.* – 1984. - № 12. – С. 5-9.

Жемчугова В.А. Резервуарная седиментология карбонатных отложений. – Москва: ООО «ЕАГЕ Геомодель», 2014. – 232 с.

Москаленко К.А., Мельникова Л.И., Москаленко М.Н., Юдина Ю.А. Новые данные по строению доманиково-турнейского нефтегазоносного комплекса юга Хорейверской впадины // *Материалы Второго Всероссийского литологического совещания и Восьмого симпозиума по ископаемым кораллам и рифам.* - Сыктывкар, 2001. – С. 218-221

Walliser, O.H., ed. 1996. *Global Events and Event Stratigraphy in the Phanerozoic.* Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 333 p.

Martynov E.A.

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St. Petersburg, Russia, ins@vnigri.ru

NEW DATA ON THE PETROLEUM POTENTIAL OF THE SANDIVEYSK CARBONATE STRUCTURE (TIMAN-PECHORA PROVINCE)

On the basis of a comprehensive analysis of seismic surveys and well data the structure of the Frasnian and Famennian reservoirs in the southeastern part of Sandiveysk carbonate structure (southern Khoreyver depression) was specified, genetic and morphological features of reef structures (reef, bioherm) were determined, and the forecast of reservoir distribution of various quality was carried out.

Keywords: petroleum potential, carbonate structures, reef, bioherm, reservoir, cap rock, Timan-Pechora province.

References

Borovinskikh A.P., Parmuzina L.V. *Tipizatsiya i kharakteristika karbonatnykh i terrigenno-karbonatnykh massivov s tsel'yu prognozirovaniya ikh neftegazonosnosti* [Classification and characteristics of the carbonate and terrigenous-carbonate massifs - key for petroleum potential forecasting]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2012, vol. 7, no. 2, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/20_2012.pdf

Golovan' A.S., Kholodilov V.A., Nikonov N.I., Makarevich V.N. *Khoreyverskaya vpadina – perspektivnyy poiskovyy ob'ekt v Timano-Pechorskoy neftegazonosnoy provintsii* [Khoreyver depression – perspective search object in the Timan-Pechora petroleum province] *Geologiya nefti i gaza*, 1984, no. 12, p. 5-9.

Moskalenko K.A., Mel'nikova L.I., Moskalenko M.N., Yudina Yu.A. *Novye dannye po stroeniyu domanikovo-turneyskogo neftegazonosnogo kompleksa yuga Khoreyverskoy vpadiny* [New data on the structure of Domanik Tournasian petroleum complex of south of the Khoreyver depression]. *Materialy Vtorogo Vserossiyskogo litologicheskogo soveshchaniya i Vos'mogo simpoziuma po iskopaemym korallam i rifam*. Syktyvkar, 2001, p. 218-221

Walliser O.H. *Global Events and Event Stratigraphy Events in the Phanerozoic Germany*. Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 1996.

Zhemchugova V.A. *Rezervuarnaya sedimentologiya karbonatnykh otlozheniy* [Reservoir sedimentology of carbonate deposits]. Moscow: OOO «EAGE Geomodel'», 2014, 232 p.

© Мартынов Э.А., 2014