

РУБРИКА: ГЕОЛОГИЯ И ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

Комплексирование результатов геолого-геофизических методов исследований для построения фациальной модели нефтяных залежей, представленных карбонатными трещиноватыми отложениями

А. А. Зеленая (Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти»), С. В. Сидоров (Казанский федеральный университет)

В статье представлен алгоритм построения фациальной модели нефтяной залежи, сложенной карбонатными отложениями верхневизейско-московского терригенно-карбонатного комплекса. Геологическое моделирование таких объектов, обладающих сложной структурой пустотного пространства, включающего матричную емкость, трещины и каверны, рекомендуется реализовывать через модель двойной среды. Настоящая работа раскрывает алгоритм моделирования концептуальной основы первичного коллектора — фациальной модели, на основании которой определены основные закономерности распределения коллекторов с улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС). Фациальное моделирование реализовано на базе структурной классификации карбонатных пород, детальной поскважинной стратиграфической корреляции и секвенс-стратиграфического анализа.

Ключевые слова: фациальное моделирование, карбонатные отложения, карбонатный рамп, литотип, седиментационная модель, элемент секвенции, верхневизейско-московский терригенно-карбонатный комплекс.

Integration of G&G survey results to facies modeling of oil deposits represented by fractured carbonate reservoirs

A. A. Zelenaiia (Almetyevsk State Technological University “Petroleum Higher School”), S. V. Sidorov (Kazan Federal University)

The article presents an algorithm for facies modeling of an oil deposit represented by carbonate reservoirs of the Upper Visean-Moscowian clastic-carbonate sequence. Geological modeling of such objects with a complex void space structure, including matrix system with porous-vuggy net-reservoir type and fractured system, is recommended to be implemented using a dual-system for a reservoir, particularly the matrix and the fracture systems. This work reveals the algorithm for modeling the conceptual basis of the primary reservoir — a facies model, on the basis of which the main patterns of distribution of reservoirs with improved reservoir properties. Facies modeling is implemented based on the structural classification of carbonates, detailed well-to-well stratigraphic correlation, and sequence stratigraphic analysis.

Keywords: facies modeling, carbonate reservoirs, carbonate ramp, lithotype, sedimentation model, sequence element, Upper-Vissean-Moscowian clastic-carbonate sequence.

Введение

На современном этапе изучения строения месторождений углеводородов исследователями и недропользователями все большее внимание уделяется созданию полнообъемных цифровых образов месторождений с использованием огромного количества разнообразных данных. Однако парадокс цифрового образа месторождения состоит в том, что на фоне постоянно увеличивающегося объема данных различных исследований и быстро развивающихся методов моделирования большая часть входных данных остается неиспользованной. Одной из причин этого парадокса является отсутствие алгоритма, охватывающего максимальное количество методов анализа, при котором реализуется увязка разномасштабных геолого-геофизических данных.

Геологический разрез в пределах интервала исследования сложен карбонатными породами серпуховско-башкирско-верейского возраста. Структура пустотного пространства сложная, многокомпонентная; представлена межкристаллическими порами, кавернами, каналами, а также многочисленными трещинами. Моделирование коллекторских свойств данной толщи требует учета всех факторов, обуславливающих сложное строение пустотного пространства, которые могут быть смоделированы через модель двойной среды.

Концептуально можно выделить две группы факторов, повлиявших на структуру пустотного пространства карбонатных отложений: первая, связанная с формированием первичного коллектора — свойства которого в большей степени определяются обстановками осадконакопления; вторая, связанная со вторичными изменениями первичного коллектора — постседиментационными преобразованиями (в основном связанными с колебаниями уровня моря) и тектоническими процессами (происходившими при развитии территории и выраженными в формировании разуплотненных зон со значительной вертикальной и горизонтальной трещиноватостью). Таким образом, построение геологической модели необходимо реализовать в два независимых этапа: моделирование первичного коллектора и его преобразований — пустотного пространства порово-кавернового типа и моделирование вторичного коллектора — системы трещин.

Настоящая работа раскрывает алгоритм моделирования первичного коллектора, в частности построение фациальной модели с использованием того комплекса имеющихся исследований по месторождению, который позволил определить пространственное положение потенциальных коллекторов в каждом стратиграфическом интервале с учетом латеральной миграции осадконакопления.

Метод и теория

Фациальное моделирование выполнено с использованием и увязкой результатов следующих методов геологического анализа:

- концептуальное моделирование карбонатного осадконакопления продуктивного интервала (обоснован выбор определенной седиментационной модели в связке с экологической зональностью океана);
- литолого-петрофизическое макроописание керна и оптико-микроскопическое описание шлифов (определение структурной классификации карбонатных пород);
- палеогеоморфологическая реконструкция (определение основных закономерностей накопления осадочного материала продуктивного интервала);
- детальная стратиграфическая корреляция разрезов скважин и секвенс-стратиграфический анализ (выделение элементов секвенций и определение основных хроно-стратиграфических поверхностей разреза целевого интервала);
- фациальный анализ — определение принадлежности литотипов к генетическим типам и группам.

Выбор концептуальной седиментационной модели

Базовым этапом проведенной работы стал выбор концептуальной модели, которая позволила объединить многообразие данных и детализировать геологическое строение площади посредством создания фациальной модели.

Все разнообразие верхневизейско-московских карбонатных литотипов (разновидностей осадочных пород с одинаковыми или близкими наборами текстурных, структурных и вещественных признаков) хорошо укладывается в модель моноклиналиного рампа с пологим погружением в сторону открытого бассейна и зональным развитием карбонатонакопления.

В зависимости от преобладающих процессов седиментации рамповый профиль подразделяется на три зоны: внутреннюю, среднюю и внешнюю, различающиеся степенью волновой, приливной и штормовой деятельности [2]. Площадь исследования определяется в качестве переходной зоны между внутренним и средним рампом с присущими данной области условиями накопления карбонатных осадков [3]:

- внутренний рамп — это зона выше нормального волнового базиса, где деятельность волн и течений практически непрерывна;
- средний рамп — зона, расположенная между нормальным волновым и штормовым базисами и характеризующаяся преобладанием штормовых процессов.

Следующим важным этапом работы стало определение соответствия элементов карбонатного рампа и генетических групп отложений. Генетические группы отложений (фациальные ассоциации) — это комплексы генетических типов отложений, обладающие характерной структурой (составом, вертикальной и латеральной последовательностью), отражающей устойчивость обстановок седиментации во времени и пространстве [7]. Изучаемые отложения формировались в прибрежно-морских и шельфовых условиях осадконакопления. Накопление карбонатных отложений и принадлежность к конкретной генетической группе напрямую зависит от соответствующей экологической зоны Мирового океана, которая определяется геоморфологическими элементами морского дна (батиметрическими областями). В фокусе текущих исследований рассматривались следующие экологические зоны:

- супралитораль — зона на границе суши и моря, куда доходят волны прибоя, штормовые волны и брызги;
- верхняя литораль — зона между уровнем самого высокого и наименее выраженного приливов, большую часть времени находится в наземных условиях;
- нижняя литораль — зона между уровнем наименее выраженного прилива (отлива) и уровнем максимального отлива, большую часть находится в водных условиях;
- верхняя сублитораль — зона между самым низким уровнем воды в отлив и базисом штормовых волн;
- глубокая сублитораль — зона между базисом штормовых волн и краем континентального шельфа.

Каждая экологическая зона характеризуется свойственным ей набором живых организмов, соответственно, определяет структуру карбонатного осадка. Батиметрическая область, в свою очередь, влияет на текстуру формирующихся отложений. Взаимоположение этих зон формирует линейку фаций (генетических групп отложений), которые состоят из генетически родственных литотипов (литогенетических типов). Таким образом, отправной точкой для воссоздания фациальной схемы исследуемых отложений является «литотип», то есть генетически

однородный структурный компонент, формирование которого происходило в результате действия какого-либо одного процесса [7].

Базовой классификацией литотипов, основанной на соотношении первичных структурных компонентов карбонатной породы, является классификация Р. Данхема — «динамическая» классификация, учитывающая соотношение карбонатного ила и зерен/каркаса [10]. Определение литотипа выполняется на данных литолого-петрофизического макроописания керна и оптико-микроскопического описания шлифа. По керновому материалу скважин изучаемой площади выполнено определение литотипов по структурной классификации Данхема с дополнениями Эмбри и Клована (рис.1) [3].

Осадочная структура различима						Осадочная структура неразличима			
Исходные компоненты не были скреплены во время накопления осадка				Исходные компоненты были органически скреплены во время накопления осадка					
Содержит ил (карбонат глинисто-тонкоалевритовой размерности)			Ил отсутствует, зерна соприкасаются	>10% зерен >2 мм		Баундстон (может подразделяться на три типа ниже)			
Зерна взвешены в иле		Зерна соприкасаются		Зерна взвешены в иле	Зерна >2 мм соприкасаются	Организмами, которые служили преградой	Обрастающими организмами	Организмами, которые строили жесткий каркас	
Зерен менее 10%	Зерен более 10%		Флотстон	Рудстон	Бафлстон				Биндстон
Мадстон	Вакстон	Пакстон	Грейнстон	Флотстон	Рудстон	Бафлстон	Биндстон	Фреймстон	Кристаллический известняк

Рисунок 1. Структурная классификация карбонатных пород по Р. Данхему (1962) с дополнениями Эмбри и Клована (1971) [9]

Заключительным этапом при построении концептуальной седиментационной модели явилось определение принадлежности литотипа, выделенного по описанию шлифа, к конкретной фации, так как наличие одного и того же литотипа в разных фациях может быть генетически закономерным. Для решения данной задачи была составлена общая схема принадлежности литотипов к конкретной генетической группе (в зависимости от экологической зоны и батиметрической области) в пределах карбонатного рампа (рис. 2).

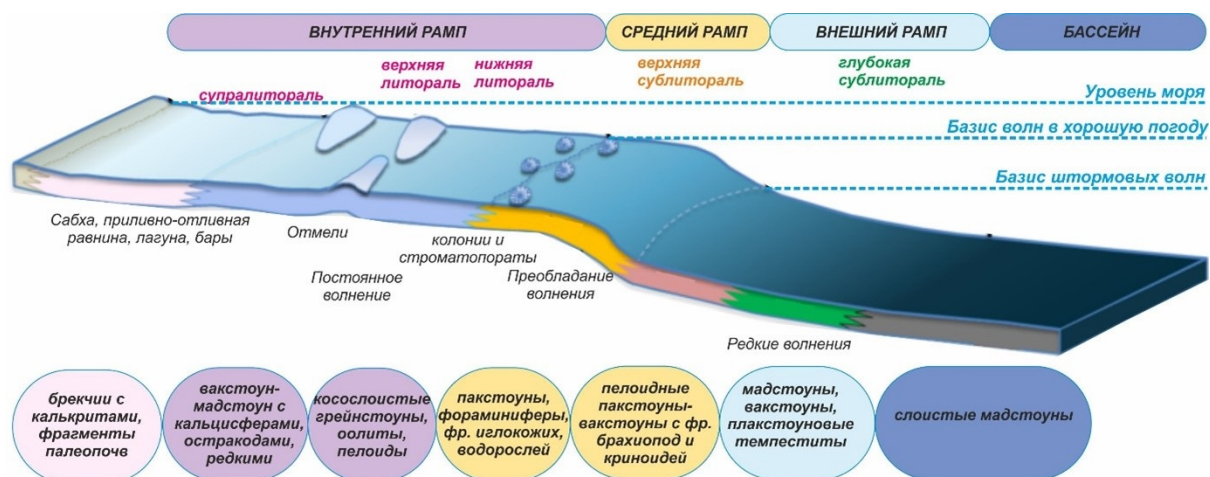


Рисунок 2. Концептуальная седиментационная модель и характерные литотипы карбонатного рампа

Внутренняя зона рампа охватывает супралиторальную и литоральную экологические зоны, которые являются своего рода промежуточной полосой между сушей и морем. На пологих берегах супралиторали образуется сабха — замкнутые понижения в рельефе с плоским глинистым дном, куда в штормовые периоды попадет морская вода с последующим отложением солей, здесь также случаются выбросы полос водорослей с мелкими рыбами и морскими беспозвоночными. Зона литорали — приливо-отливная зона, которая периодически затопляется и осушается. Здесь образуются приливо-отливные равнины, отмели и впадины (лагуны) на мелком шельфе. Литоральная зона является средой обитания для червей, моллюсков, ракообразных, прикрепленных форм, водорослей, бактерий и многих др.

Зона сублиторали занимает основную часть шельфа со стабильным водным режимом и не подвергается осушению. Нижняя граница сублиторали связана с наличием водорослей, развитие которых ограничено по глубине в зависимости от освещенности. Зона среднего рампа соотносится с верхней сублиторалью, где происходит постоянная циркуляция водных масс, которые хорошо освещены и прогреваются, что обеспечивает высокую органическую продуктивность зоны. Здесь происходит развитие коралловых рифов с богатой донной флорой, донных колониальных животных и др.

При комплексировании положений концептуальной седиментологической модели и результатов изучения кернового материала [3, 11] палитру фаций в пределах площади исследования при движении от суши можно представить в следующем виде (рис. 2):

- наиболее приближенная к суше часть внутреннего рампа: субаэральные экспозиции с брекчиями и калькритами, фрагментами палеопочв, трещин карстования;

- внутренний рамп в зоне верхней литорали: вакстоун-мадстоун с кальцисферами, остракодами, редкими гастроподами;
- внутренний рамп в зоне нижней литорали: косослоистые грейнстоуны с обилием оолитов и хорошо окатанных и отсортированных пелоидов;
- сублиторальная зона перехода от внутреннего к среднему рампу: пелоидные скелетные пакстоуны с обилием фораминифер, фрагментов иглокожих, водорослей;
- средний рамп: пелоидные пакстоуны-вакстоуны с фрагментами брахиопод и криноидей.

Таким образом, при сохранении первичных условий залегания улучшенные коллекторские свойства следует ожидать в отложениях фаций, сформированных на границе внутреннего и среднего шельфа — в зоне нижней литорали и верхней сублиторали.

Модель формирования секвенций карбонатного рампа в границах площади исследования

Латеральная смена фаций в основном зависит от экологической зоны — населяющих ее организмов и геоморфологии морского дна. Вертикальная смена фаций обуславливается перераспределением карбонатного осадка под действием эвстатических колебаний.

Концептуально латеральная смена фаций и их вертикальная изменчивость на рампе является реакцией на изменения относительного уровня моря (ОУМ). Несмотря на то, что выровненный рельеф рампа способствует стиранию различий в строении системных трактов рамповых секвенций, а отсутствие в рампах высокопродуктивной области обуславливает меньшие скорости образования и накопления карбонатов [2], наблюдается определенная закономерность в распределении фаций.

Во время падения и низкого стояния ОУМ (LST) на рампе происходит осушение, разрушение и переотложение накопившихся ранее осадков. При небольшом уклоне рампа существующая рифовая постройка тоже начинает разрушаться, а организмы заселяются далее в сторону моря очень быстро.

При быстром росте ОУМ на рампах пространство аккомодации существенно превышает количество производимого карбонатного осадка, что приводит к резкому смещению фаций в сторону суши. При быстром затоплении и достижении высокого уровня стояния ОУМ (HST) возможно формирование слоя пелагических и гемипелагических осадков, накапливающихся в условиях недостатка поступления терригенного и

карбонатного материала. При низкой скорости роста ОУМ снова происходит смещение фаций в сторону моря и их обмеление, в таком случае при HST возможен выход рифовых построек над уровнем моря под действие атмосферных вод.

В зоне литорали и верхней сублиторали в условиях активного волнения возможно периодическое прерывание карбонатной седиментации и переотложение осадка, а ниже по склону — формирование мелководного осадка.

Возвращаясь к площади исследования, опираясь на региональные и палеогеоморфологические исследования [1, 4, 5], авторами определена наиболее вероятная модель формирования секвенций каждого продуктивного горизонта в целевом интервале (рис. 3):

- Серпуховской ярус (протвинский горизонт): на отложениях трансгрессивного системного тракта ниже-средневизейского комплекса при снижении темпов повышения ОУМ слагается проградационный комплекс осадков серпуховского яруса. В конце протвинского времени происходит резкое опускание ОУМ — интенсивный размыв, выщелачивание — доломитизация и перекристаллизация.
- Башкирский ярус: после предбашкирской регрессии начинается рост ОУМ — трансгрессивный период — увеличение пространства аккомодации, превышающего количество производимого карбонатного осадка, что приводит к резкому смещению фаций в сторону суши и формированию ретроградных последовательностей. На фоне общей трансгрессии происходили интенсивные колебания ОУМ — периоды падения (FSST) и низкого стояния (LST) — с возможным образованием пологих проградирующих клиньев низкого стояния и снова повышением ОУВ с размывом накопленных осадков. В конце периода происходит предмосковская регрессия (предверейский размыв) — отложения были интенсивно денудированы.
- Московский ярус (верейский горизонт): после предверейского размыва начинается трансгрессивный период. Близость береговой линии определила накопление карбонатно-терригенных осадков переходной прибрежно-морской фациальной зоны. Максимальное затопление рампа и приостановка карбонатной седиментации отражены в формировании выдержанной глинистой пачки в кровле горизонта — граница между трансгрессивным и верхним системным трактом, который демонстрирует последовательную проградацию прибрежно-морских обстановок осадконакопления.

Для целей секвенс-стратиграфического анализа проведена детальная корреляция разреза по скважинам изучаемой площади. Выполнена корреляция элементов секвенции. Стратиграфические интервалы, ограниченные корреляционными границами, совпадают с элементами секвенций.

Все принятые границы секвенций включены в структурную модель месторождения, для этого отстроены все структурные поверхности по данным поскважинной корреляции исследуемых отложений.

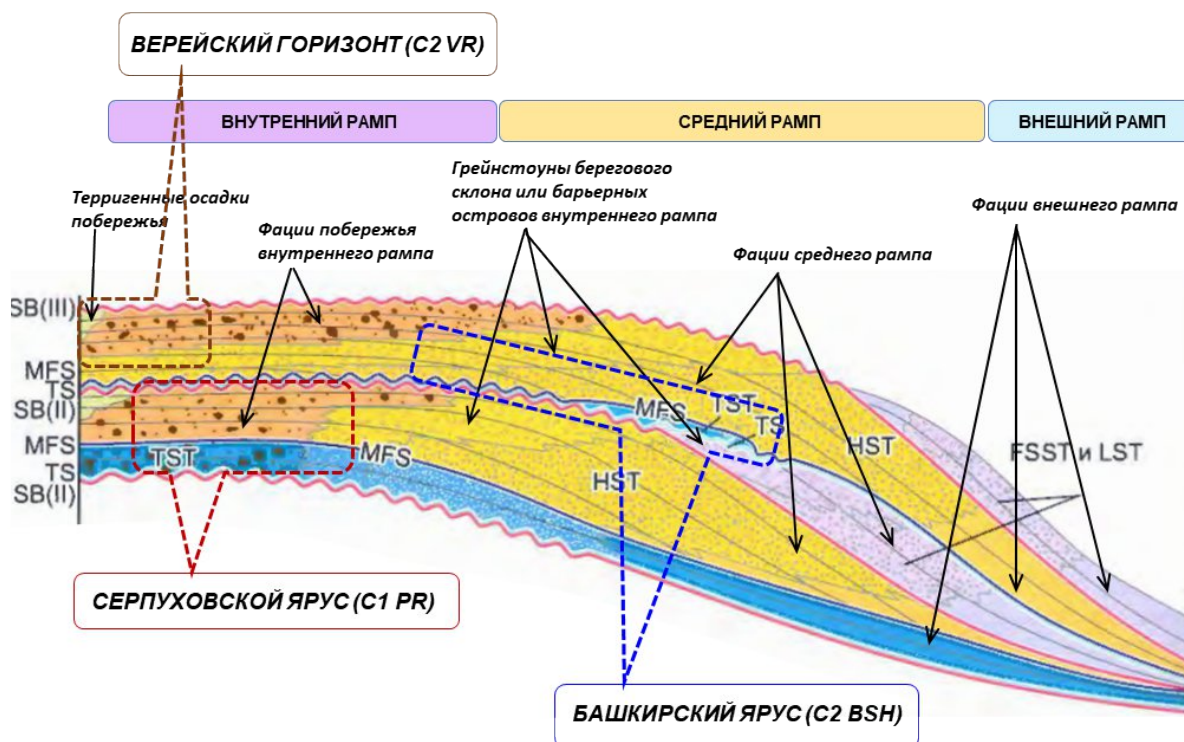


Рисунок 3. Концептуальная модель формирования секвенций карбонатного рампа в границах площади исследования (на основе схемы В. А. Жемчуговой)

Фациальная модель

Для более детального изучения геологического строения продуктивного интервала в рамках создания фациальной модели в границах каждой рамповой секвенции продуктивного интервала выполнено восстановление взаимоположения литогенетических типов с привлечением керна материала (на основе структурной классификации карбонатных пород с выделением литотипов), палеогеоморфологического анализа и карт классификаций по форме сигнала по результатам динамического анализа 3D-сейсмических данных.

Вначале отбирались скважины с наличием керна материала в конкретном стратиграфическом интервале, соответствующем элементу секвенции. По данным макроописаний и оптико-микроскопического

описания шлифов составлялась лито-фациальная схема положения литотипов, определялась принадлежность каждой скважины к литогенетическому типу и, наконец, восстанавливались обстановки осадконакопления в пространстве. В связи с ограниченным набором скважин с керном границы между фациями вариативны. Для уточнения положения границ привлечены кластерные карты по данным динамического анализа.

Наличие хорошо диагностируемых площадных хроностратиграфических границ в изучаемом интервале позволяет уточнить и верифицировать принятую секвенс-стратиграфическую разбивку всего интервала. Например, на площади исследования, в верейском интервале, диагностируется наличие крупного площадного размыва в средней части. Данный факт объясняется падением вплоть до низкого стояния ОУМ, в результате чего произошло осушение накопившихся ранее отложений, их размыв и смещение области карбонатной седиментации на склон, что диагностируется в северо-восточной части площади по скважине с керном.

В центральной части площади трассируются два вреза, что может косвенно свидетельствовать о существенном угле наклона рампа в это время. Врезы заполнены чередованием известняков плотных, интервалами кальцитизированными и плотными аргиллитами с пропластками песчаников. Это свидетельствует о последующем резком росте ОУМ, что вызвало формирование пространства аккомодации, превышающего количество производимого карбонатного осадка. Это привело к резкому смещению фаций в сторону суши и формированию ретроградационных последовательностей, а затем и мощного конденсированного разреза. Факт вычленения данного вреза позволил более детально восстановить седиментологическую историю интервала как выше, так и ниже по разрезу.

В результате выполненного исследования составлено семь фациальных схем в целевом интервале, по которым в сумме выделено 11 литогенетических типов (фаций). Определены качественные характеристики и структурные типы карбонатных пород в зависимости от их фациальной принадлежности. Одной из практических задач проводимого исследования было определение пространственного положения потенциальных коллекторов в каждом стратиграфическом интервале с учетом латеральной миграции их осадконакопления. Для это были определены средневзвешенные значения параметров ФЕС (рис. 4).

код	Фация	Качественная характеристика	Структурные типы	Pr1	Pr2	Pr3	Bsh1	Bsh2	Vr1	Vr234	Vrraz	PORO	NTG	VSH
Внутренний рамп														
<i>Супралитораль</i>														
1	сабха	Илистые, песчаные отдели, эвапориты	Мадстоун, грейнстоун											
2	приливно-отливная равнина	Переслаивание седиментационных доломитов, иловых известняков, глин	Мадстоун, вакстоун											
3	лагуна	Биокластовый вакстоун с водорослями и бентосными фораминиферами, ненарушенный кальциевый мадстоун	Вакстоун, мадстоун		*	*		*	*	*			0,271	
4	закрытая (ограниченная) лагуна	Биокластовый пакстоун с иглокожими и вакстоун	Вакстоун, пакстоун	*		*		*	*				0,258	
5	бары/островное мелководье		Грейнстоун, пакстоун											
<i>Верхняя литораль</i>														
6	мелководная шельфовая равнина		Пелоидные пакстоуны-вакстоуны	*	*	*	*	*	*	*		0,132	0,291	0,0189
<i>Нижняя литораль</i>														
7	карбонатные отмели	Косослоистые грейнстоуны с обилием оолитов и хорошо окатанных и отсортированных пелоидов	Косослоистые грейнстоуны	*	*	*		*	*			0,105	0,364	0,0128
8	впадины	Иловые, биокластово-иловые известняки в различной степени глинистые и биотурбированные	Вакстоун, мадстоун, пакстоуны	*	*	*	*	*				0,115	0,420	0,0083
Средний рамп														
<i>Верхняя сублитораль</i>														
9	мелководье	пелоидные скелетные пакстоуны с обилием фораминифер, фрагментов иглокожих, водорослей	Пакстоуны				*	*	*	*		0,072	0,229	0,0554
10	подводные конуса выноса (оползни)	Пелит, глинистые минералы, обломки биокристаллического карбоната, оолиты, крие гиплический кальцит редко мелкий детрит, фораминиферы, кальцисферы, радиоларии, лирит	Переотложенный грейнстоун и пакстоун				*		*	*		0,083	0,240	0,0528
<i>Глубокая сублитораль</i>														
11	подводные долины	Мергели, глинистые минералы, планктонные фораминиферы, радиоларии, кальцисферы, алевроитовая примесь кварца, пелит. Пелоидные пакстоуны-вакстоуны с фрагментами брахиопод и криноидей	Пакстоуны-мадстоуны				*		*			0,098	0,186	0,0233
12	глубоководные впадины	Серые и темно-серые, слабо глинистые зернисто-иловые и илово-зернистые известняки	Мадстоуны								*	0,01	0,002	0,4853

Рисунок 4. Структурно-литологическая характеристика выделенных фаций

Выводы

Предложенный алгоритм построения фациальной модели позволил увязать разномасштабные геолого-геофизические методы исследования с целью построения геологической модели первичного карбонатного коллектора.

Выполненный комплекс исследований определил пространственное положение потенциальных коллекторов в каждом стратиграфическом интервале с учетом латеральной миграции осадконакопления и лег в основу построения куба коллектора и петрофизических свойств.

Благодарности

В. А. Судаков (Казанский (Приволжский) федеральный университет), Ю. В. Багманова (Казанский (Приволжский) федеральный университет), А. А. Лутфуллин (ПАО «Татнефть» им. В. Д. Шашина), Р. Г. Шайдуллин (ПАО «Татнефть» им. В. Д. Шашина), Б. Г. Ганиев (ПАО «Татнефть» им. В. Д. Шашина).

Список литературы

1. Атлас литолого-палеогеографических карт СССР / под ред. А. П. Виноградова. — М.: Всесоюзный аэрогеологический трест Министерства геологии СССР, 1969.
2. Жемчугова В. А. Резервуарная седиментология карбонатных отложений / Жемчугова В. А. — М., 2014.
3. Кольчугин А. Н. Особенности фациальной изменчивости нефтеносных карбонатных коллекторов среднего карбона (на примере башкирского яруса юго-востока Татарстана) / Кольчугин А. Н., Дж. Делла Порта, Морозов В. П // Георесурсы. — 2020. — Т. 22. — № 2. — С. 29–36.
4. Ларочкина И. А. Концепция системного геологического анализа при поисках и разведке месторождений нефти на территории Татарстана / Ларочкина И. А. — Казань: Академия наук РТ, 2013.
5. Леонов Г. П. Историческая геология. Палеозой / Леонов Г. П. — М.: Изд-во МГУ, 1985.
6. Кузнецов В. Г. О некоторых терминах карбонатной седиментологии / Кузнецов В. Г. // Бюллетень московского общества испытателей природы. Отдел геология. — 2002. — Т. 77. — Вып. 3. — С. 41–47.
7. Фортунатова Н. К. Седиментологическое моделирование карбонатных осадочных комплексов / Фортунатова Н. К., Швец-Тэнэнта-Гурий А. Г., Гумаров Р. К. [и др.]. — М.: Природные ресурсы, 2000.
8. Рыкус М. В. Интегральный подход в оценке качества сложных карбонатных коллекторов (на примере месторождений им. Р. Требса и им. А. Титова) / Рыкус М. В., Сулейманов Д. Д. // Экспозиция Нефть Газ. — 2022. — № 6. — С. 18–22.
9. Embery A. A Late Devonian Reef Tract on Northeastern Banks Island, Northwest Territories / Embery A., Klovan J. E. // Bulletin of Canadian Petroleum Geology. — 1971. — Vol. 19. — Pp. 730–781.
10. Dunham R. J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture / Dunham R. J. // Classification of carbonate rocks: Simp. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem. Ed. W. E. Ham. — 1962. — Vol. 1. — Pp. 108–121.
11. Kolchugin A. Lower Pennsylvanian reservoir facies from the foreland basin carbonate ramp of the Volga-Ural region, east of Russian platform, Russian Federation / Kolchugin A., Della Porta G., Morozov V. // 33 International Meeting of Sedimentology. Abstract book. Toulouse. — 2017. — P. 467.

12. Trevor P. Burchette. Carbonate ramp depositional systems / Trevor P. Burchette, V. Paul Wright // *Sedimentary Geology*. — 1992. — No 79. — Pp. 3–57.
13. Schlager W. Carbonate Sedimentology and Sequence Stratigraphy / Schlager W. // *SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology Series*. — 2005. — No 8.

References

1. Atlas litologo-paleogeograficheskikh kart SSSR / ed. A. P. Vinogradov. — Moscow: Vsesoyuznyy aerogeologicheskiiy trest Ministerstva geologii SSSR, 1969.
2. Zhemchugova V. A. Rezervuarnaya sedimentologiya karbonatnykh otlozheniy / Zhemchugova V. A. — Moscow, 2014.
3. Kol'chugin A. N. Osobennosti facial'noy izmenchivosti neftenosnykh karbonatnykh kollektorov srednego karbona (na primere bashkirskogo yarusa yugo-vostoka Tatarstana) / Kol'chugin A. N., Dzh. Della Porta, Morozov V. P // *Georesursy*. — 2020. — Vol. 22. — № 2. — Pp. 29–36.
4. Larochkina I. A. Konceptiya sistemnogo geologicheskogo analiza pri poiskah i razvedke mestorozhdeniy nefti na territorii Tatarstana / Larochkina I. A. — Kazan': Akademiya nauk RT, 2013.
5. Leonov G. P. Istoricheskaya geologiya. Paleozoy / Leonov G. P. — Moscow: Izd-vo MGU, 1985.
6. Kuznecov V. G. O nekotorykh terminakh karbonatnoy sedimentologii / Kuznecov V. G. // *Byulleten' moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel geologiya*. — 2002. — Vol. 77. — No. 3. — Pp. 41–47.
7. Fortunatova N. K. Sedimentologicheskoe modelirovanie karbonatnykh osadochnykh kompleksov / Fortunatova N. K., Shvec-Teneta-Guriy A. G., Gumarov R. K. [et al.]. — Moscow: Prirodnye resursy, 2000.
8. Rykus M. V. Integral'nyy podhod v ocenke kachestva slozhnykh karbonatnykh kollektorov (na primere mestorozhdeniy im. R. Trebsa i im. A. Titova) / Rykus M. V., Suleymanov D. D. // *Ekspozitsiya Neft' Gaz*. — 2022. — № 6. — Pp. 18–22.
9. Embury A. A Late Devonian Reef Tract on Northeastern Banks Island, Northwest Territories / Embury A., Klovan J. E. // *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*. — 1971. — Vol. 19. — Pp. 730–781.
10. Dunham R. J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture / Dunham R. J. // *Classification of carbonate rocks: Simp. Amer.*

Assoc. Petrol. Geol. Mem. Ed. W. E. Ham. — 1962. — Vol. 1. — Pp. 108–121.

11. Kolchugin A. Lower Pennsylvanian reservoir facies from the foreland basin carbonate ramp of the Volga-Ural region, east of Russian platform, Russian Federation / Kolchugin A., Della Porta G., Morozov V. // 33 International Meeting of Sedimentology. Abstract book. Toulouse. — 2017. — P. 467.
12. Trevor P. Burchette. Carbonate ramp depositional systems / Trevor P. Burchette, V. Paul Wright // Sedimentary Geology. — 1992. — No 79. — Pp. 3–57.
13. Schlager W. Carbonate Sedimentology and Sequence Stratigraphy / Schlager W. // SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology Series. — 2005. — No 8.