

АННОТАЦИЯ

Изучены строение, условия формирования и коллекторские свойства верхнедевонского продуктивного пласта D3fm2 на территории Южно-Татарского свода Республики Башкортостан. Установлена фациальная неоднородность отложений, относящихся к изолированной карбонатной платформе. Изменчивость условий осадконакопления во времени образует 2 трансгрессивно-регрессивные последовательности слоев внутри продуктивного пласта. Выявлены связи условий формирования отложений с фильтрационно-емкостными свойствами пород и выбраны наиболее и наименее перспективные породы по коллекторским свойствам. Построены палеогеографические карты распределения фаций на площади. Мощность отложений пласта D3fm2 варьирует в пределах от 35 до 80 м и представлены известняками, доломитами в меньшей степени. Основные месторождения, приуроченные к территории Южно-Татарского свода: Туймазинское, им. В. С. Афанасьева, Шкаповское, Михайловское, Метевтамакское. Изучено: 20 скважин самостоятельно. Количество: страниц – 68, рисунков - 34, таблиц- 5, приложений – 5, глав – 15, источников – 18.

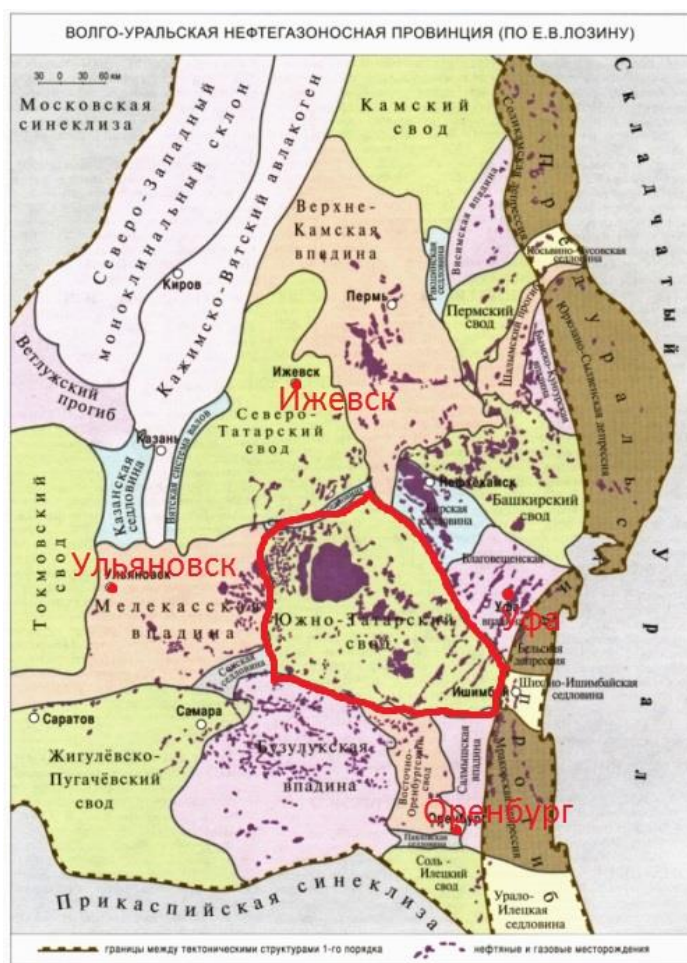
ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1.ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕКТА РАБОТ.....	7
1.1 Нефтегазонасть верхнедевонских отложений Южно-татарского свода.....	13
1.2 Тектоническое строение района.....	15
1.3.Фациальные условия карбонатного осадконакопления отложений фаменского времени на территории Республики Башкортостан.....	17
2.ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ.....	20
3.МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ.....	23
4.РЕЗУЛЬТАТЫ.....	29
4.1. Структурно-генетические типы слоев.....	29
4.2. Циклотемы и концептуальная седиментологическая модель их формирования.....	44
4.3 Современный аналог седиментологической модели мелководной карбонатной платформы.....	49
4.4 Межскважинная корреляция.....	50
4.5 Геолого-статические разрезы.....	54
4.6 Фациальные карты.....	56
4.7.Выявление зависимости фес пород от принадлежности к структурно-генетическим типам.....	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	64
ПРИЛОЖЕНИЯ	

Приложение 1 Описание, фотографии керна, шлифов, ФЕС на флэш- карте в 1 экземпляре.	
Приложение 2.1 Корреляция разреза по бобриковскому реперу Profil 1.....	65
Приложение 2.2 Корреляция разреза по бобриковскому реперу Profil 2.....	66
Приложение 3.1 Детальная корреляция разреза Profil 1.....	67
Приложение 3.2 Детальная корреляция разреза Profil 2.....	68

ВВЕДЕНИЕ

В работе рассмотрены коллекторские свойства, строение и условия формирования верхнедевонского продуктивного пласта D_3fm_2 в восточной части Южно-Татарского свода, который расположен в юго-западной части Республики Башкортостан, в юго-восточной части Русской плиты, Восточно-Европейской платформы, и относящийся к Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (Рис. 1).



— - контур Южно-Татарского свода

Рисунок 1 Расположение Южно-Татарского свода.[17]

Актуальность:

Большинство скважин месторождений Башкортостана имеют высокую обводненность и находятся на последней стадии разработки, для поддержания уровня добычи необходимо извлечение остаточных трудноизвлекаемых запасов нефти из карбонатных отложений продуктивных объектов. Основные остаточные запасы

сосредоточены в фаменском ярусе верхнего девона, турнейском ярусе нижнего карбона, а также в продуктивных пачках карбонатной толщи среднего карбона.

Важным моментом изучения строения коллекторов является определение его региональных условий осадконакопления и последовательности этапов формирования отложений. Поэтому после определения основных изучаемых объектов важных с точки зрения невыработанности запасов, была проведена работа по анализу информации по региональным условиям. Без этого этапа работ, изучение локальных условий формирования и коллекторских свойств изучаемых отложений, являлось бы несколько необоснованным и некорректным.

Для изучения был выбран верхнедевонский продуктивный пласт D3fm2, который имеет наиболее широкое распространение в восточной части Южно-Татарского свода, относится к верхнедевонскому ниже-каменноугольному карбонатному нефтегазоносному комплексу и в котором сосредоточены основные остаточные запасы нефти Республики Башкортостан.

Целью работы является анализ коллекторских свойств, строения и условий формирования верхнедевонского продуктивного пласта D3fm2. Данная цель обусловила следующие задачи:

1. Детально изучить строение верхнедевонских отложений осадочного чехла на данной территории, используя литературные источники
2. По макроскопическому описанию кернового материала и микроскопическому описанию петрографических шлифов выделить структурно-генетические типы слоев.
3. Построить планшеты (геолого-геофизический разрезы по скважинам) на основе структурно-генетических типов и данных ГИС (ДС, ПС, ГК, НГК, ПЗ), выделить в каждом из них циклиты и установить полную трансгрессивно-регрессивную последовательность слоев (циклотему).
4. Разработать концептуальную седиментологическую модель формирования циклотем интервала пласта D3fm2, дополнительно обоснованную материалами по современному аналогу.
5. По анализу структурно-генетических типов и циклотем для каждой скважины, построить палеогеографические карты размещения фаций.
6. Привязать фациальные карты к фильтрационно-емкостным свойствам для каждого структурно-генетического типа и оценить на площади контур распространения пород-коллекторов и пород-флюидоупоров.

1.ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕКТА РАБОТ

Геологическим объектом над которым производились работы на территории Республики Башкортостан был верхнедевонский карбонатный комплекс в пределах Южно-Татарского свода, расположенного на Юго-западе Республики Башкортостан. (Рис.1).

На территории Республики Башкортостан отложения осадочного чехла представлены карбонатным, терригенно-карбонатными, терригенными и вулканогенно-осадочными толщами. Широко распространены осадочные комплексы палеозойской эратемы. Осадочный чехол имеет мощность от 1600 до 2300 м.

Нами рассматриваются отложения верхнедевонского карбонатного комплекса. Ниже приводится краткая литолого-стратиграфическая характеристика подразделений, выделяемых на сегодняшний день. (Рис.2)

Система	Отдел	Ярус	Надгоризонт	Горизонт	Индекс	Мощность, м	Литологическая колонка	Литологическое описание пород	
Четвертичная					Q	0-50		Глины, суглинки, супеси, песок, гравий, галечник	
Неогеновая	Плиоцен				N	0-15		Глины, пески, алевролиты	
Триасовая	Нижний				T ₁	0-70		Красноцветные аргиллиты, песчаники, алевролиты	
Пермская	Татарский	Вятский			P _{vt}	0-210		Песчаники, алевролиты, аргиллиты	
		Северодвинский			P _{sv}	0-180		Песчаники, алевролиты, аргиллиты с прослоями известняков	
	Башкирский	Казанский			P _{kz}	80-225		В северной части - карбонатные и терригенно-карбонатные породы, на остальной территории - красноцветные песчаники, алевролиты, аргиллиты	
		Уфимский			P _u	30-185		Красноцветные глинисто-песчаные породы, в подошве - пачка карбонатных пород	
	Ирбурьский				P _i	30-240		Доломиты, известняки с прослоями ангидрита, разной степени заглинованности	
Каменноугольная	Верхний				C ₁	180-230		Известняки, доломиты серые, с включением гипса	
	Средний	Московский	Каширский, подольский, мячковский		C _{1ks+pd+mk}	305-392		Известняки и доломиты	
			Верецкий		C _{1vr}	50-80		Аргиллиты, известняки с прослоями алевролитов	
		Башкирский			C _{1b}	19-129		Известняки с прослоями доломитов, гравелитов	
		Серпуховский			C _{1s}	35-110		Известняки и доломиты	
	Нижний	Визейский	Окский	Алексинский		C _{1al}	30-52		Известняки и доломиты, в основании невыдержанная по толщине пачка: песчаники, алевролиты, аргиллиты
				Тульский		C _{1t}	20-45		Песчаники, алевролиты, аргиллиты. В верхней части - карбонаты
			Кожимский	Бобринковский		C _{1bb}	4-51		Песчаники, алевролиты, аргиллиты
				Радаевский		C _{1rd}	8-177		Песчаники, алевролиты, аргиллиты, местами прослой углей
		Турнейский		Козьминский		C _{1ks}	8-177		Песчаники, алевролиты, аргиллиты, местами прослой углей
				Кизеловский		C _{1kz}	10-75		Известняки с прослоями аргиллитов
				Черепетский		C _{1cp}	10-40		Известняки и аргиллиты
				Ханинский		C _{1up}	10-400		Известняки и аргиллиты
	Девонская	Верхний	Фаменский	Заволжский		D _{1zv}	50-300		В сводовом типе - известняки, в депрессионных впадинных типах - аргиллиты, песчаники, известняки, в бортовом типе - либо сводовые известняки, либо рифогенные породы
						40-150		Вне рифов - битуминозные известняки, мергели и сланцы; в области рифогенных образований - доломитизированные известняки	
Верхний		Франский	Донской			12-220		Известняки и доломиты	
			Мендымский		D _{1mn}	28-55		Известняки и доломиты	
			Доманюковский		D _{1dm}	9-25		Известняки битуминозные с прослоями сланцев	
			Саргаевский		D _{1sr}	3-15		Известняки серые и коричневатые-серые	
			Тиманский		D _{1tm}	8-40		Песчаники с прослоями алевролитов и аргиллитов	
			Пашинский		D _{1ps}	5-40		Песчаники с прослоями алевролитов и аргиллитов	
Средний		Живетский	Старооскольский	Мудлинский			3-44		Верхняя пачка - алевролиты и аргиллиты, нижняя - песчаники
				Ардатовский		D _{1ar}	6-46		Верхняя пачка - глинистые алевролиты, нижняя - песчаники, алевролиты
	Ворожьевский				D _{1ar}	6-10		Кварцевые песчаники и алевролиты	
	Эйфельский				D _{1ef}	0-26		Глинистые известняки, доломиты	
Нижний	Эмский	Койвенский		D ₁	0-25		Песчаники с прослоями глинистых алевролитов и аргиллитов		
				V ₁	0-100		Переслаивающиеся зеленоватые алевролиты, известняки и доломиты в верхней части		

Рисунок 2 Литолого-стратиграфический разрез Западной части Республики Башкортостан, красным прямоугольником выделен рассматриваемый верхнедевонский карбонатный комплекс.[16]

Саргаевский горизонт

Отложения саргаевского горизонта ниже-франского подъяруса широко развиты на всей территории Западной Башкирии, отсутствуя лишь на востоке Башкирского свода, где в саргаевское время, на этой территории осуществлялся размыв отложений [2]. Каменным материалом рассматриваемый горизонт представлен очень слабо, поэтому результаты литологического анализа не позволяют провести четкие границы между отдельными литолого-фациальными зонами. Правда, некоторыми авторами отмечается наличие на территории Западной Башкирии двух типов разрезов - карбонатного и терригенно-карбонатного [8]. Карбонатный тип разреза встречается, в основном, на юге республики, северные и центральные районы характеризуются присутствием большого количества глинистой примеси. Отложения саргаевского горизонта, имеющие среднюю мощность 3-12 м, представлены известняками от серого до темно-серого цвета, пиритизированными, участками глинистыми, пелитоморфно-тонко-зернистыми, часто афанитовыми, с ясно выраженной слоистостью. Доломитизированные известняки встречаются редко [4].

Доманиковский горизонт

Отложения доманикового горизонта средне-франского подъяруса представляют собой выдержанную пачку пород мощностью 11-25 м. Распространены они на большей части территории Западной Башкирии и отсутствуют или частично размывы лишь на отдельных площадях (Ленинская, Тастубская, Балтаевская, Субханкуловская) [8]. Доманиковый горизонт является своеобразным литологическим и геофизическим репером, позволяющим сопоставлять разрезы скважин удаленных друг от друга на значительные расстояния [1]. Представлен он темно-серыми, темно-бурыми и черными известняками, глинисто-битуминозными сланцами, мергелями, глинами и, реже встречающимися, доломитизированными известняками и доломитами. Все породы окремненные и сильно пиритизированы. Органические остатки доманикового горизонта изучены более детально, нежели саргаевского.

Несмотря на свою кажущуюся литологическую выдержанность, доманиковые отложения на территории Западной Башкирии несколько отличаются друг от друга в зависимости от их местонахождения. Так, крайне северо-восточные и юго-западные разрезы характеризуются более широким присутствием среди кремнисто-глинисто-битуминозных пород, доломитизированных известняков и доломитов [8]. Это говорит, в первую очередь, о крайне мелководных условиях накопления осадков на данных площадях, в то время как центральные территории характеризуются более глубоководным, комплексом отложений. Видимо уже с доманикового времени, а вполне

возможно и с более раннего, начинается морфологическое заложение Актаныш-Чишминского прогиба (Рис. 4), под действием тектонических и седиментационных факторов, Отдаленность областей сноса и, как следствие этого, малый привнес терригенного материала, разнонаправленность тектонических движений, с преимущественным опусканием центральных территорий Западной Башкирии, привело к некоторому углублению дна бассейна и к его недокомпенсации .

Мендымский горизонт

Отложения мендымского горизонта средне-франского подъяруса характеризуются отчетливо выраженной литолого-фациальной зональностью. Мощность отложений колеблется в пределах 10-35 м.

В пределах мелководных зон, которые развиты на северо-востоке и на юго-западе рассматриваемой территории, мендымские отложения представлены известняками и доломитами. Осадки более светлые, чем подстилающие их доманиковые отложения, менее глинистые. Наряду с трещинами, фильтрационными и емкостными свойствами обладают поры и каверны. Частичный размыв мендымских осадков наблюдается в пределах Южно-Татарского свода (Ленинская, Балтаевская, Ардатовская разведочные площади) и на Башкирском своде (Тургеневская, Тастубская и др. площади) [8]. Примерно в середине интервала, представленного мендымскими отложениями, отмечается, довольно часто, аномальный положительный всплеск на диаграммах ГК и соответствующие ему минимальные значения НГК. Данная аномалия связана с небольшим по мощности глинистым пропластком. Этот литологический и геофизический репер можно использовать для дробной дифференциации в пределах локальных площадей. Что же касается возможности применения его в качестве зонального коррелятива, то при таком масштабе работ, в силу его недостаточно четкой выраженности, сделать это довольно затруднительно. В мелководно-шельфовых биогермных образованиях в осевой части Актаныш-Чишминского прогиба, отдельных органогенных постройках, мендымские отложения представлены, в основном, известняками и доломитами с совершенно незначительным количеством глинистого материала (менее 1%), Депрессионная зона характеризуется наличием пород очень близкими по своим свойствам к отложениям доманикового горизонта, что подчеркивает схожесть условий образования тех и других осадков. Мощности отложений мендымского горизонта в центральной части Западной Башкирии меньше чем на северо-востоке и юго-западе республики [11].

Воронежский горизонт

Отложения воронежского горизонта верхне-франского подъяруса отличаются от мендымских, особенно на южных площадях, большей их глинистостью. Видимо условия осадконакопления в это время резко отличались от существовавших ранее и характеризуются несомненно большим количеством привнесенного терригенного материала. На некоторых площадях Башкирского свода в подошве воронежского горизонта залегает пачка мелко- и тонкозернистых кварцевых песчаников, местами: глинистых, которые залегают несогласно на размытой поверхности отложений мендымского горизонта (Куш-Кульская, Тургеневская площади) . Мелководные карбонатные осадки представлены в нижней части интервала брекчевидными, а выше по разрезу - комковатыми, органогенно-шламовыми, органогенно-обломочными и сгустковыми известняками от серого до темно-серого цвета. На некоторых участках Южно-Татарского свода (Ленинская, Балтаевская и др. площади) наблюдается локальный размыв воронежских отложений. Средняя мощность осадков воронежского горизонта - 20-40м. [8]

Евлановский + ливенский горизонты

Отложения евлановского и ливенского горизонтов верхне-франского подъяруса, имеющие широкое распространение на рассматриваемой территории, из-за недостаточной их палеонтологической охарактеризованности более подробно не подразделяются и рассматриваются совместно. Средняя мощность их достигает 15-35 м, но, наряду с этим, известны площади, где отложения верхней части франского яруса подвергались размыву (Балтаевская, Ленинская) [11]. Мелководно-шельфовый разрез представлен на Башкирском своде преимущественно доломитами и, имевшими подчиненное значение, известняками. На Южно-Татарском своде известняки в рассматриваемом интервале преобладают. Для доломитов характерна крупнокристаллическая структура с реликтами пелитоморфного карбонатного кальция [8]. Известняки мелкокристаллические и пелито-морфные, часто с брекчевидной текстурой. Между пачками известняков, в виде маломощных прослоев, присутствуют аргиллиты. В органогенных постройках евлано-ливенские отложения представлены органогенно-биоморфными известняками и метосамотическими доломитами характеризующимися массивной текстурой. В области развития депрессионных осадков отмечается распространение отложений "доманиковой фации".

Задонский + елецкий горизонты

Отложения задонского и елецкого горизонтов ниже-фаменского подъяруса, покрывавшие всю территорию Западной Башкирии, характеризуются наличием в пределах мелководно-шельфовых зон мощных толщ доломитизированных известняков и

доломитов. Разрез Башкирского свода почти полностью представлен средне- и крупнокристаллическими доломитами с незначительными прослоями известняков. На Южно-Татарском своде, в начале рассматриваемого интервала времени, отлагались преимущественно известняки с мелко- и средне-кристаллической структурой, а затем преобладающее значение приобретают доломиты. Здесь, внутри ниже-фаменского подкомплекса примерно в его середине, выделяются более глинистые карбонатные породы, получившие название "средняя пачка".

Между доломитами и известняками нередко встречаются прослой мергелей и аргиллитов, придающие породам ясно выраженную слоистость. На юго-западном борту Актаныш-Чишминского прогиба в ниже-фаменское время широкое распространение получило развитие органогенных построек. Породы здесь представлены органогенно-водорослевыми, органогенно-биоморфными, органогенно-детритовыми известняками и метосамотическими доломитами. В осевой части некомпенсированного прогиба отлагаются осадки "доманиковой фации". Средняя мощность отложений ниже-фаменского подъяруса в различных структурно-фациальных зонах колеблется в пределах 25-150 м.

Недостаточная охарактеризованность палеонтологическим материалом отложений ниже-фаменского подъярусов не позволяет зачастую в его пределах выделить границы задонского и елецкого горизонтов. Подходить к расчленению ниже-фаменского подъяруса с использованием только литологических методов, также не всегда допустимо. Особенно затруднено это в области развития органогенных построек и в зоне отложения депрессионных осадков, где разрезы представлены породами с очень близкими литологическими свойствами. Кроме того, определенные трудности доставляет малое количество поднимаемого в скважинах керна.

Данковский + Лебедянский горизонты

Осадки данковского и Лебедянского горизонтов верхне-фаменского подъяруса на территории Западной Башкирии отделить друг от друга на основании изучения ископаемой фауны практически не удастся. Мелководно-шельфовые отложения представлены серыми и темно-серыми известняками и доломитами. В области Башкирского свода преобладающее значение имеют доломитизированные известняки и доломиты. В разрезах Южно-Татарского свода отчетливо выделяются более заглинизированные разности пород, представленные трещиноватыми и кавернозными известняками с тонкими прослоями темно-серых и зеленоватых аргиллитов, а также средне- и крупнокристаллическими доломитами с включениями конкреций ангидритов [8]. По бортам Актаныш-Чишминского прогиба и в одиночных

органогенных постройках осадки представлены отложениями рифовой фации - преимущественно органогенно-водорослевыми известняками.[6] В осевой части прогиба в верхнефаменское время условия по-прежнему способствовали образованию пород "доманиковой фации". Мощности отложений данковского и Лебедянского горизонтов от 30 до 110 м. Причем, своеобразный, так называемый "фаменский репер", расположенный над осадками описываемого интервала и представляющий собой сильно глинистую карбонатную пачку, позволяет с большей долей уверенности проводить верхнюю границу рассматриваемых пород лишь на территории мелководного шельфа. Что же касается прибортовой зоны и осевой части Актаныш-Чишминского прогиба, то использовать здесь данный коррелятив, из-за неясной его выраженности на электрокаротажных диаграммах, удастся довольно редко. В силу этого граница между данковско-лебедянскими и заволжскими отложениями часто проводится условно [1].

Заволжский горизонт

Отложения заволжского горизонта верхнефаменского подъяруса на территории Западной Башкирии представлены в мелководно-шельфовых разрезах серыми, темно-серыми известняками с прослоями доломитов. В областях развития депрессионных осадков, отложения представлены кремнисто-глинисто-битуминозными карбонатными породами "доманикового" типа. Органогенные постройки заволжского горизонта характеризуются наличием серых и светло-серых кристаллических известняков, периодически переслаивающихся доломитами» Мощность отложений заволжского горизонта колеблется в пределах от 10 до 80 м.

Верхняя часть заволжского горизонта отличается большей глинистостью, слагающих ее пород, чем нижняя. Известняки тут, в основном, темно-серые, пелитоморфные и органогенно-детритусовые. Перекрываются отложения заволжского горизонта, четко прослеживающийся на всей территории Западной Башкирии, глинисто-карбонатной пачкой пород малевского времени, являющейся региональным репером и используемой при проведении границы между осадками девонской и каменноугольной системами.

1.1 Нефтегазоность верхнедевонских отложений Южно-Татарского свода

В верхнедевонско-нижнекаменноугольном карбонатном комплексе нефтеносными являются семь пластов. В нижней части разреза, соответствующей доманиковому, мендымскому и аскынскому горизонтам, развиты преимущественно трещинные и порово-

трещинные коллекторы, наиболее отчетливо проявляющиеся в зонах максимальных тектонических напряжений, связанных с развитием грабенообразных прогибов и горстообразных поднятий в терригенном девоне.

С Татарским сводом связаны более 200 месторождений нефти и газа, в том числе крупные: Ромашкинское, Акташско-Поповско-Новоелховское, Туймазинское, Шкаповское и др.

В пределах области выделяют несколько нефтегазоносных районов: Ромашкинский – в центре Альметьевской вершины, западнее Акташ-Новоелховский, на юго-восточном склоне Альметьевской вершины Туймазинский, к югу от него Шкаповско-Белебеевский и Нижнекамский – на юго-восточном склоне Кукморской вершины (Рис.3). Кроме этих основных, выделяют ряд второстепенных: на Кукморской вершине – Привятский, на склонах Альметьевской вершины – мелкие месторождения.

Промышленные залежи установлены в отложениях от среднего девона до нижней перми. В разрезе выделяется 22 продуктивных пласта. Основной комплекс - терригенный Девонский (далее D) (пласты До-Дv). Региональной покрывкой для комплекса служат глины тиманского (кыновского) D3f1 и саргаевского D3f2 горизонтов. В терригенном D наиболее широко распространенным и важным является пласт D-I (пашийский D3f1).

Продуктивная карбонатная толща D3-C1t. Наибольшее значение здесь имеют пласты органогенно-обломочных известняков турнейского яруса.

Продуктивная терригенная толща C1. Наиболее широко распространены песчаные и алевролитовые пласты бобриковского горизонта (пласты Б-2 и Б-3).

Вышележащие карбонатные пласты визейского и башкирского ярусов продуктивны в основном в районе Нижнекамских дислокаций и на западном склоне Альметьевской вершины, особенно башкирские пласты и нижнемосковские.

В пределах Ромашкинского района основным месторождением является Ромашкинское, которое занимает площадь почти всего района. Открыто оно в 1948 г. По фундаменту (Ф) ему соответствует ряд выступов. По пашийскому горизонту D3f1 выделено огромное поднятие 60x70 км, осложненное крупными структурами. По C1bb выделяется серия мелких куполов по 2-3 км.

Мощность девона терригенного 100-200 м и в нем выделяется 5 пластов (Д-0 – Д-IV). Основная залежь в пласте Д-I Qн (дебит) – 100-200 т/с, остальные пласты продуктивны, но не повсеместно.

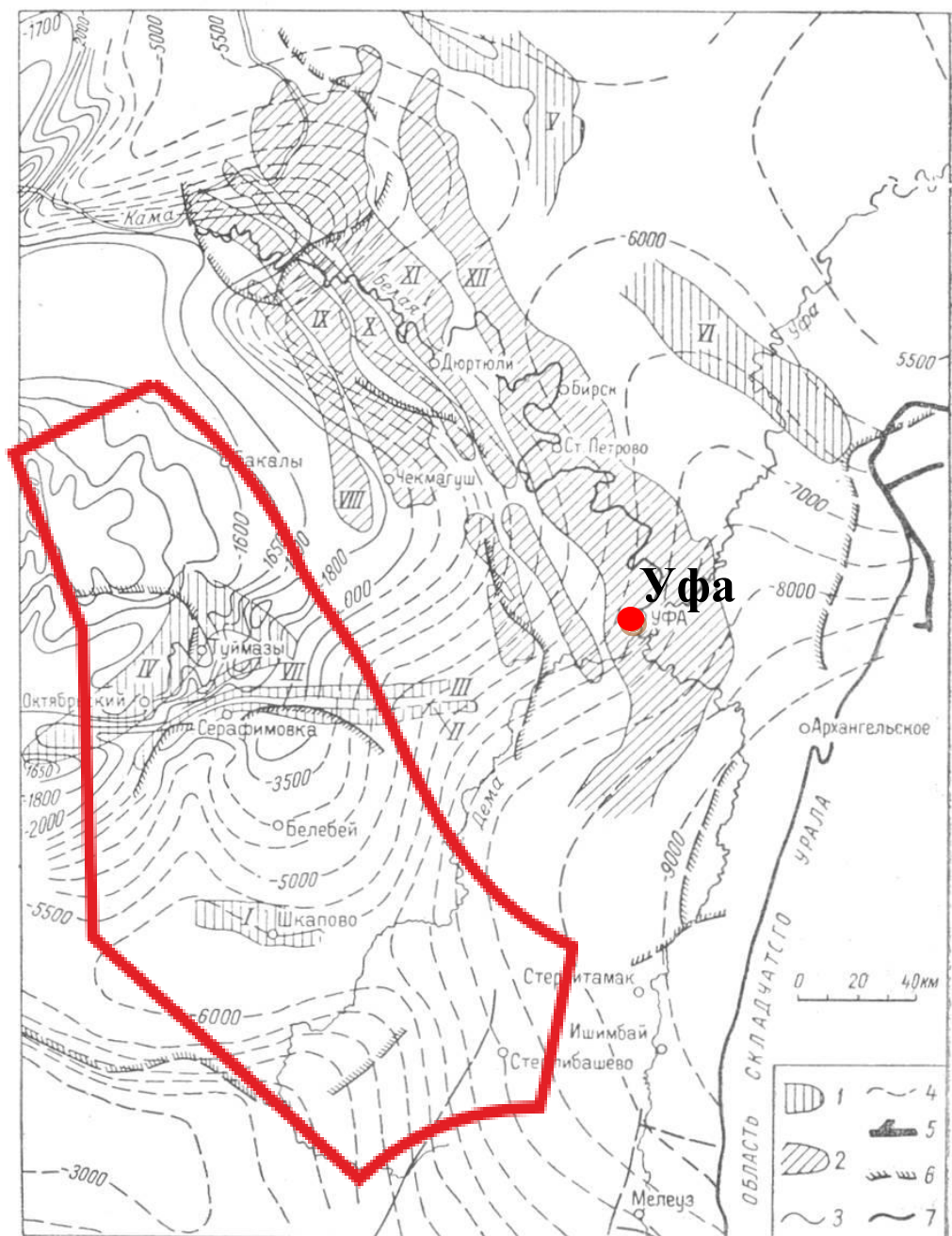
Много мелких залежей установлено в карбонатных отложениях C1t. Регионально нефтегазоносны пласты тульского и бобриковского горизонтов Б-1 и Б-2. Но они часто литологически замещаются породами-флюидоупорами.

1.2 Тектоническое строение района

В общем плане тектоники восточной части Русской плиты в границах Республики Башкортостан выделены несколько положительных структур первого порядка с повышенным залеганием кристаллического фундамента, такие как Татарский, Оренбургский, Башкирский своды и разделяющая их Бирская седловина (Рис. 3).

Татарский свод является наиболее крупной центральной положительной структурой всей Волго-Уральской области и наиболее важной в отношении нефтеносности. Это поднятие находится в основном в Татарстане, в пределы Башкортостана входит своей юго-восточной краевой частью. Длина его 400 км, а ширина — 200 км. Абсолютные отметки на вершине свода, в районе города Ромашкина достигают 1500 - 1570 м, в районе города Туймазов — от 1550 до 1600 м. К востоку от города Бавлов выделяется глубокая депрессия, протягивающаяся в широтном направлении. Здесь отметки кристаллических пород понижаются до 3000 м, кроме этого, отмечается и более мелкая расчлененность этой поверхности в виде узких долинообразных углублений. Такая форма рельефа кристаллического фундамента зависит от двух факторов: длительной эрозии и древних послепалеозойских (отчасти более молодых) тектонических движений.

В пределах Татарского свода и его краевой части выделяется несколько валов. Наиболее известен Туймазинский вал, включающий Бавлинскую, Александровскую, Туймазинскую структуры. В краевой части Татарского свода, юго-восточнее Туймазинского поднятия, прослеживается широтный Серафимовско-Балтачевский вал, к которому приурочены структуры (с запада на восток): Серафимовская, Константиновская и Ленинская. К северу от этой группы структур выделяются еще два вала: Кандринский, включающий Леонидовскую структуру, и Бишиндинский. Все три вала располагаются дугообразно, параллельно друг другу. На юге рассматриваемой зоны (краевой части Татарского свода) расположен Шкаповский вал, имеющий широтное простираение.[14].

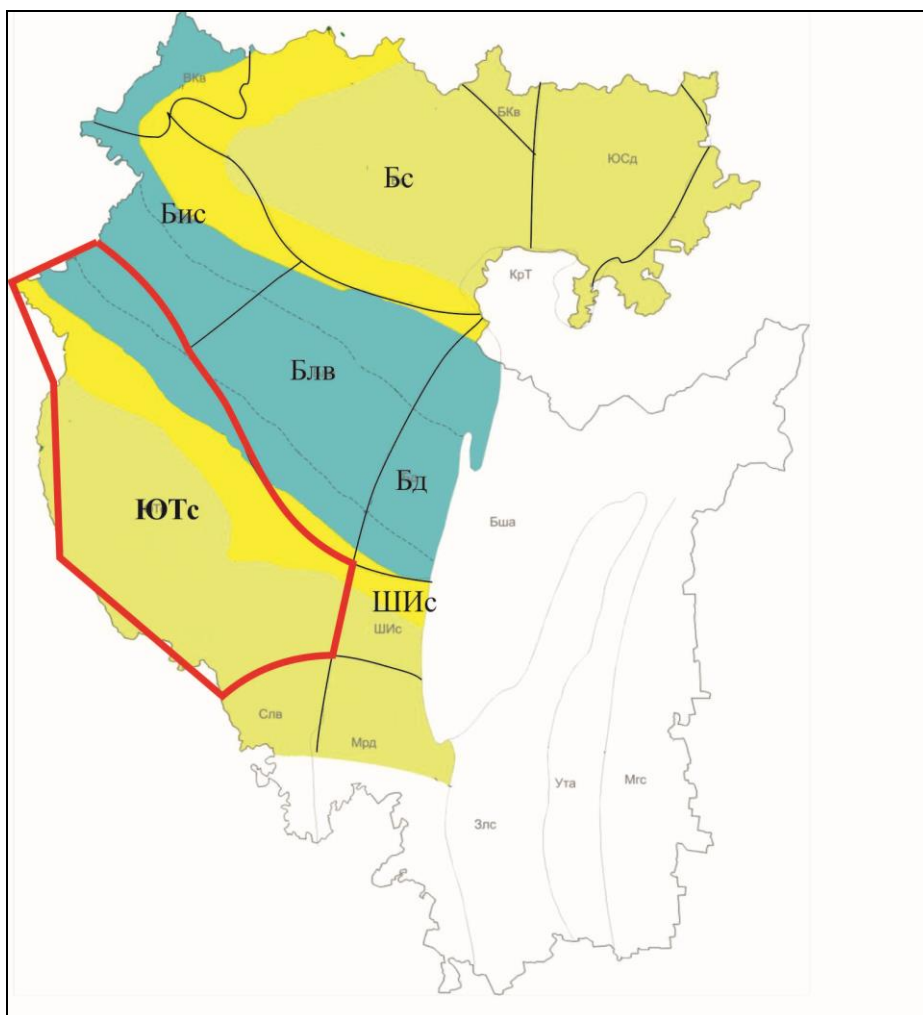


— - контур Южно-Татарского свода

Рисунок 3 Схема расположения структур в пределах Южно-Татарского свода [18]

1 - контуры валов по девонским отложениям. I - Шкаповский, II - Серафимовско-Балтаевский, III - Кандринский, IV - Туймазинский, V - Куедино-Гожанский, VI - Нуримановский; 2 - контуры валов по каменноугольным и нижнепермским отложениям: VII - Бишиндинский, VIII - Базинский, IX - Чекмагушевский, X - Андреевский, XI - Иванаевский, XII - Карабаевский; 3 - изогипсы поверхности фундамента по данным бурения; 4 - изогипсы поверхности фундамента по данным геофизики; 5 - тектонические разломы, установленные в осадочной толще; 6 - зоны предполагаемых тектонических разломов кристаллического фундамента по геофизическим данным; 7 - западная граница складчатого Урала.

1.3 Фациальные условия карбонатного осадконакопления отложений фаменского времени на территории Республики Башкортостан



Бд - Бельская депрессия
 Бис - Бирская седловина
 БКв - Бымско-Кунгурская впадина
 Блв - Благовещенская впадина
 Бс - Башкирский свод
 Бша - Башкирский антиклинорий
 ВКв - Верхнекамская впадина
 Злс - Зилаирский синклиний
 КрТ - Каратауский структурный комплекс
 Мгс - Магнитогорский синклиний
 Мрд - Мраковская депрессия
 Слв - Салмышская впадина
 Ута - Антиклинорий Урал-Тау
 ЮСд - Юрюзано Сылвенская депрессия
 ЮТс - Южно-Татарский свод
 ШИС - Шихано-Ишимбайская седловина

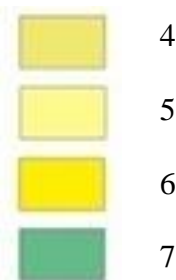
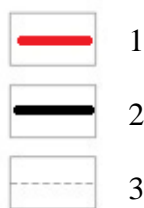


Рисунок 4. Литолого-фациальная схема фаменских отложений [8]

1-граница Южно-Татарского свода, 2 - границы тектонических регионов, 3 - Границы глубоководного бассейна, приуроченная к Актаныш-Чишминскому прогибу, 4 – шельф, мелководная зона, с преобладающим развитием известняков над доломитами, 5- шельф, мелководная зона открытого морского бассейна м

примерно равным развитием известняков и доломитов, б - шельф – краевая часть (зона рифообразования), 7 - отложения относительно глубокой части шельфа, представленные известняками.

Осадконакопление в нижнефаменское время унаследовало все основные черты режима верхнефранского времени. В фаменском бассейне сохраняется расположение тех основных фациальных зон, которые были в конце франского века. Вся территория Западной Башкирии была покрыта морем. Продолжает существовать относительно глубоководная зона, расположенная между Южно-Татарским и Башкирским сводами, приуроченная к Актаныш-Чишминскому прогибу, где накапливались осадки доманиковой фации (Рис. 4). В целом по литологическому составу осадки этого некомпенсированного прогиба почти не отличаются от осадков конца франского века.

Области Татарского и Башкирского сводов и их склоны, вовлеченные в устойчивое погружение, представляли собой обширный мелководный бассейн, видимо, с беспокойным гидродинамическим режимом и нормальной соленостью вод. Здесь, в обширной шельфовой зоне с компенсированным карбонатонакоплением, широкое развитие получают водорослево-сферовые и сгустково-комковатые разности известняков (особенно в верхнефаменское время), подтверждающие мелководность бассейна с нормальным солевым и газовым режимом и хорошую аэрацию вод.

Вдоль краевых частей мелководного шельфа на границе Актаныш-Чишминского Прогиба развивались рифовые массивы, сложенные в основном известковыми водорослями. Одни массивы закончили свое развитие к концу фаменского века, другие продолжали расти и в последующее, турнейское время. Сравнительно раннее затухание рифообразования в шельфовых зонах, вероятно, связано с общим обмелением бассейна, захватившим районы с более замедленным опусканием.

Резкая разнофациальность в карбонатной толще верхнего девона, в том числе и в фаменском ярусе, была вызвана наличием существенно различных структурно-фациальных зон в позднедевонском морском бассейне. Эта разнофациальность определялась соотношением колебательных движений на Татарском и Башкирском сводах, которые происходили на фоне общего опускания востока Русской платформы. На карте четко выделяются три зоны, характеризующиеся своеобразным литолого-фациальным обликом и значениями мощностей.

Первая литолого-фациальная зона вырисовывается на карте в виде неширокой полосы, протягивающейся с северо-запада на юго-восток. Это полоса развития относительно глубоководных осадков Актаныш-Чишминского некомпенсированного прогиба с характерными для него осадками доманиковой фации. Этот прогиб, возникший в франском веке, был четко морфологически выражен в рельефе морского дна в виде

депрессии. На северо-западе он соединялся с другими такими же прогибами, на юго-востоке, очевидно, протягивался до междуречья Инзер – Баса, где в верхнем девоне также широко шло накопление маломощных, относительно глубоководных осадков доманиковой фации. Для фаций этой зоны характерно преобладание планктонной и свободно плавающей фауны (птероподы, радиолярии, гониатиты) и наличие угнетенных форм донных организмов (губки, остракоды, фораминиферы, пеллециподы, очень мелкие тонкостенные брахиоподы и др.). Депрессионные фаменские осадки малой мощности (20-50 м) представлены битуминозно-глинисто-кремнистыми известняками с прослоями аргиллитов и мергелей. Депрессионные условия осадконакопления характеризовались относительной глубоководностью, с замедленным осаждением взвесей, застойностью и высокой щелочностью водной среды, обогащенностью осадков органическим и глинистым материалом, служившим адсорбентом для ряда малых элементов, мигрирующих из областей размыва с запада Русской плиты, как в виде взвесей, так и в растворенном состоянии [11].

Зона, приуроченная к обширным территориям Татарского и Башкирского палеосводов и к их склонам, представлена осадками мелководного шельфа открытого моря — преимущественно нормально-слоистыми карбонатными породами (прослоями глинистыми). В юго-западной шельфовой зоне (Татарский свод и его склоны) в верхнедевонское время существовала обширная отмель, где создавались благоприятные условия для развития рифостроящих организмов. Здесь возникали небольшие ("незрелые") рифовые постройки типа биогерм.

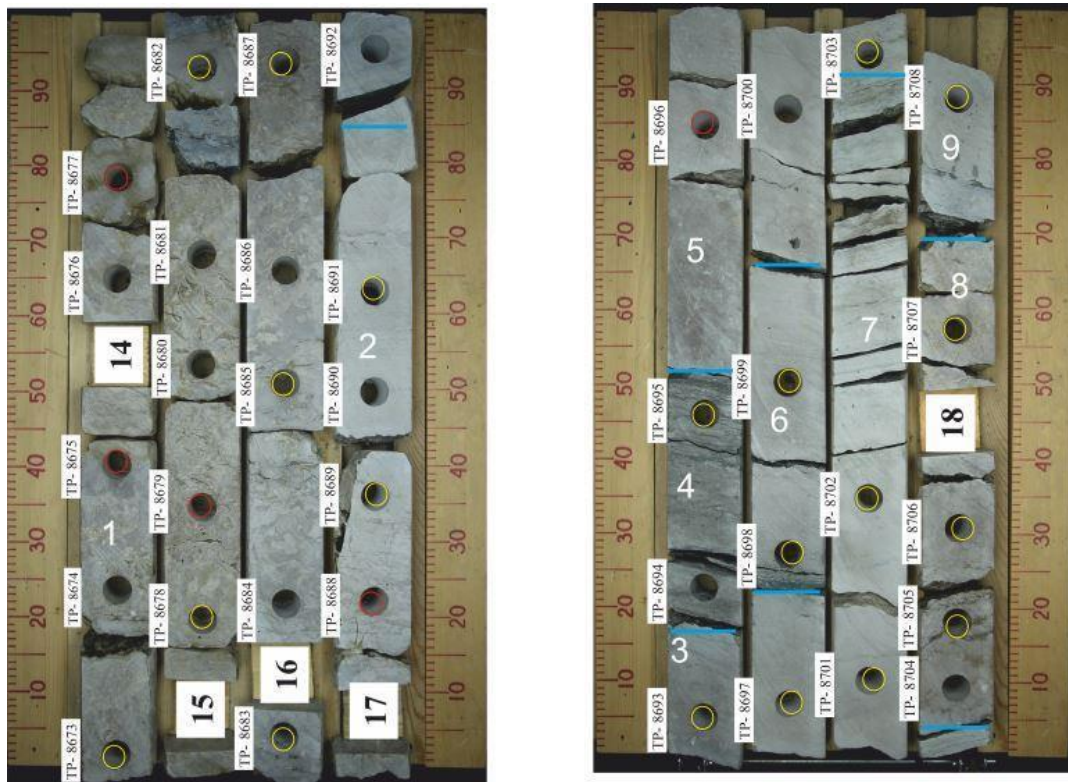
Несколько иными были условия осадконакопления в северо-восточной, шельфовой зоне. Башкирский свод в течение верхнедевонского времени существовал в виде замкнутого поднятия на восточном крае Русской плиты. Рифовые фации распространялись на периферийных участках этого свода, испытывающих устойчивое погружение (бортовая зона).

Сравнительно узкая полоса мелководных осадков, отделяющая шельфовую зону от прогиба, характеризуется максимальными мощностями фаменских отложений. Здесь накапливались преимущественно чистые, в основном органогенные известняки, в меньшей степени доломиты. Характерным для этой бортовой полосы является дальнейшее развитие цепочки изолированных одиночных рифовых массивов.

Указывается также на развитие здесь барьерного рифа, опоясывающего Башкирский свод с северо-запада и запада.

Таким образом, Актаныш-Чишминский прогиб, представлявший собой крупную депрессию в морском дне, в фаменское время получил наибольшее развитие. [8]

полученные результаты (Рис. 5) базируются на анализе фотографий кернового материала, 31 петрографическим шлифам по 15 месторождениям, данных ГИС и фильтрационно-емкостных свойств по 20 скважинам этих месторождений (Рис. 6). Стоит отметить, что только по 14 скважинам информация предоставлена либо фотографиями, либо описанием кернового материала. Так же фотографии петрографических шлифов, в количестве 31 штуки, были доступны по 9 скважинам.



Условные обозначения:





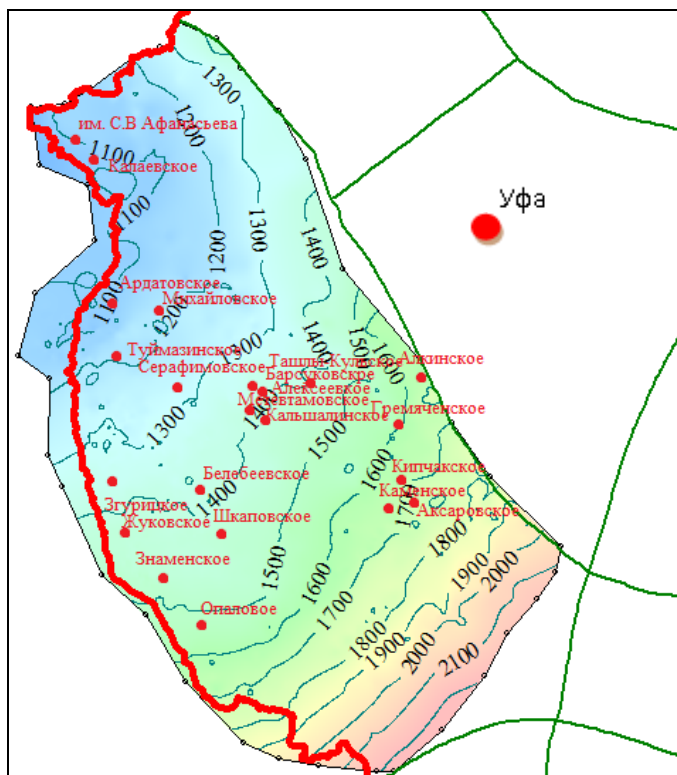
-  описание и состав
-  фотография, описание, состав шлифа
-  граница слоя
-  номер слоя

Рисунок 5 Фотографии керна с границами слоев, интервал XXXX- XXXX скважины № X Жуковского месторождения.



— - граница Республики Башкортостан

— - контур Южно-Татарского свода и других геологических структур

● - расположение месторождения на территории



- глубина расположения пласта D3fm2 (цвет подобран для удобства восприятия)

Рисунок 6 Схема расположения месторождений на территории восточной части Южно-Татарского свода

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Исходя из всей сложности строения карбонатных систем, их моделирование является достаточно непростой задачей. Для проведения работ использовались такие программные обеспечения, как Corel Draw X8 и Petrel 2013.

1. Создание структурно-генетической типизации слоев

На основе выявления устойчивых сочетаний структурно-вещественных и текстурных признаков по материалам изучения керна отобранного в 14 скважинах из интервала пласта D3fm2 установлены 8 структурно-генетические типы слоев и реконструированы условия их формирования. Для выделения пород использовалась классификация Р. Данхэма [9]

Она базируется на выделении типов пород на основе их структуры (Рис.7). Мадстоун состоит в основном из матрицы, в которой размещается относительно небольшое количество зерен. В вакстоуне также преобладает матрица, но процент зерен выше. В «уплотненных породах» (пакстоун) уже достаточно зерен для образования каркаса – матрица заполняет оставшееся поровое пространство. Зернистый известняк (грейнстоун) включает множество зерен, формирующих каркас, и содержит, соответственно, меньший процент матрицы. И, наконец, термин баундстоун или сцементированные породы применяется для описания пород, в которых первоначальный материал создавал каркас породы в процессе седиментации. Кристаллический карбонат – термин, применяемый для породы, утратившей осадочные текстурно-структурные особенности в связи с диагенетической кристаллизацией.

Первично-осадочная структура опознаваема					Первичная структура не опознаваема. Кристаллический карбонат (разделяется по классификации метаморфических пород и структур)
Компоненты не были скреплены при отложении			Порода не содержит ила	Компоненты скреплены при отложении (срастание скелетов и т.д.)	
Порода содержит ил (микрит)		Зерна опираются друг на друга			
Опора породы – ил					
Зерен <10%	Зерен >10%				
Мадстоун	Вакстоун	Пакстоун	Грейнстоун	Баундстоун	
					

Рисунок 7- Классификация Р. Данхэма для карбонатных пород.[9]

2. Формирование базы данных проекта

- 1) Загрузка в программу Petrel 2013 скважинных данных (ГИС (в формате «las»), интерпретация ГИС, литология, результаты седиментологического анализа). [3]
- 2) Загрузка полигона и привязка скважин по координатам.

3. Создание структурного каркаса

- 1) Межскважинная корреляция
 - Выбор региональных реперов, представленных аномалиями на каротажных диаграммах. Корреляцией называют сопоставление разрезов скважин с целью выделения опорных горизонтов и определения глубины их залегания в сопоставляемых скважинах. Корреляцию проводят, сопоставляя каротажные диаграммы. Предварительно выделяют реперы – участки каротажных кривых, прослеживающиеся на диаграммах в большинстве скважин. В качестве реперов выбираются участки кривых против однородных пластов. Был выбран Бобриковский горизонт Визейского Яруса Нижнего Каменноугольного периода. Он представлен аргиллитами, размыт и ДС (диаметр скважины) – изменяется, повышенная глинистость показывает положительные аномалии на кривой – ГК (гамма-каротаж). Высокая водонасыщенность показывает отрицательную ПС.

Для интервалов пласта D3fm2 для 20 скважин построены литологические колонки в программе Petrel 2013. По скважинам выполнен анализ кривых ГК, ПС, ПЗ, НГК каротажа для выявления связи их формы с литологическим строением пласта. При этом уточнены глубина залегания и мощность представленных в керне слоев, проведена литологическая интерпретация данных ГИС для выявления строения отрезков не представленных керном.

Построение литологического разреза скважины включает две операции:

- определение границ и толщин отдельных пластов и
- оценка литологической характеристики выделенных пластов

Литологическая характеристика оценивается по сумме признаков, выделенных на диаграммах различных методов. Необходимо учитывать, что геофизические методы дают физические признаки, часто являющиеся общими для разных пород. Поэтому литологическую характеристику, построенную по физическим признакам, необходимо уточнить по данным петрофизических исследований керна.

Плотные карбонатные породы уверенно выделяются по максимальным показаниям НГК и КС, минимальными ГК; диаметр скважины против плотных карбонатных пород равен номинальному значению. Трещиноватые и кавернозные известняки и доломиты характеризуются пониженными значениями КС. Однако КС против нефтегазонасыщенных пористых карбонатных пород соизмеримо с сопротивлением крепких разностей при неглубоком проникновении раствора. Диаметр скважины против трещиноватых и кавернозных карбонатных пород может быть существенно больше номинального значения. Кривые микрозондов против этих разностей пород могут быть сильно изрезаны. В карбонатном разрезе, как правило, кривая ПС слабо дифференцирована и неинформативна. Основными методами для построения литологической колонки в карбонатном разрезе являются методы: ПЗ, НГК дополнительными – ГК. [12]

- Для всех рассматриваемых разрезов построены кривые колебания уровня моря, которые стали основой их корреляции.

2) Создание структурного каркаса

- Создание структурных поверхностей по изохронным линиям максимумов трансгрессий и регрессий для фации на этом интервале.
- Выбор размерности и направления ячеек. Для регионального масштаба размер ячеек выбирался как 1000x1000 м.
- Выбор слоистости (10 слоев внутри каждой зоны).

4. Фациальное моделирование

1) Создание и подготовка поверхностей – трендов

- Составленные планшеты, позволили установить полную трансгрессивно-регрессивную последовательность структурно-генетических слоев (циклотем), построенную в Corel Draw. Разработана концептуальная седиментологическая модель формирования циклотем интервала пласта D3fm2, дополнительно обоснованная материалами по современным аналогам.

2) Перенос (осреднение) скважинных данных в ячеистую модель (upscaling)

- Последовательное гауссово моделирование (SIS)

Стохастические методы моделирования, позволяющие получать при одних и тех же настройках различные равновероятные случайные реализации: пиксельные, последовательно заполняющие объемную сетку геологическими телами различных литофаций размером с одну ячейку (пиксель). Наиболее распространено последовательное гауссово моделирование (SIS).

Стохастический метод был выбран потому что, он намного гибче, чем детерминированный. Например, с помощью кригинга (пошаговый процесс, он включает поисковый статический анализ данных, моделирование вариограмм, создание поверхности) никогда нельзя получить случайную реализацию. В то же время, сделав тысячу реализаций и найдя среднее из них, мы получим практически результат кригинга. Стохастические методы лучше учитывают тренды, а если мы захотим в точности повторить результаты расчетов.[12]

- Проверка качества (Data analysis). Происходит проверка качественных данных, их анализа и подготовки для процесса.

3) Распределение свойств в объеме

- Анализ геостатистического разреза соотношения фаций по вертикали.

4) Составлена серия фациальных карт для узких временных интервалов, соответствующих 2 регрессивным максимумам времени формирования пласта D3fm2 и 2 трансгрессивных максимумов.

5. Выявление зависимости ФЕС пород от принадлежности к структурно-генетическим типам

Емкостно-фильтрационные свойства горных пород и качество флюидопоров в значительной мере определяются литолого-фациальными условиями осадконакопления, которые, в свою очередь, во многом зависят от палеогеографической обстановки.

Коллектор - горная порода, обладающая такими геолого-физическими свойствами, которые обеспечивают физическую подвижность нефти и газа в пустотном (поровом) пространстве.

Проанализирована эффективная пористость и проницаемость для каждой фации и принадлежащей к ней структурно-генетический тип. Для выявления свойств структурно-генетических типов коллекторов использована классификация И.А Конюхова для карбонатных коллекторов. (Табл. 2)

Таблица 2

Классификация карбонатных коллекторов
(по И.А. Конюхову)

Группа	Клас с	Проницаем ость 10^{-12} м^2	Эффективная пористость, %	Литологические различия
А (классы высокой емкости)	I	> 1000	> 25	Известняки биоморфные, скелетные (рифовые), крупнокавернозные
	II	1000-500	25-20	Известняки биоморфные, кавернозные
	III	500-300	20-15	Известняки кавернозные и органогенно-обломочные
Б (классы средней емкости)	IV	300-100	15-10	Известняки крупнозернистые порово-кавернозные, крупноолитовые
	V	100-50	10-5	Известняки и доломиты средне- и мелкозернистые порово-кавернозные, мелкоолитовые
В (классы малой емкости, эффективна я пористость < 5 %)	VI	50-25	-	Известняки оолитовые, мелкодетритовые,
	VII	25-10	-	биоморфные, инкрустированные
	VIII	10-1	-	

Для выделения структурно-генетических типов представленных флюидоупорами использовалась классификация А.А Ханина 1969 года для групп глинистых пород по экранирующим свойствам. (Табл. 3)

Таблица 3

Группы глинистых пород по экранирующим свойствам
(по А.А. Ханину, 1969)

Группа флюидоупоров	Максимальный диаметр пор, мкм	Экранирующая способность	Абсолютная проницаемость по газу, м2	Давление прорыва газа, МПа
А	$\leq 0,01$	Весьма высокая	$\leq 10^{-21}$	≥ 12
В	0,05	Высокая	10^{-20}	8
С	0,3	Средняя	10^{-19}	5,5
Д	2	Пониженная	10^{-18}	3,3
Е	>10	Низкая	$> 10^{-17}$	$< 0,5$

Проанализированные свойства коллекторов и их мощность, позволили отнести эти коллектора к группе неблагоприятных по классификации трудно извлекаемых запасов по Халимову Э.М 2009 года [10] (Табл. 4)

Таблица 4

Критерии отнесения запасов нефти к трудноизвлекаемым.
Халимов Э.М., 2009г.

Группы	Критерии	Количественные критерии
Неблагоприятных коллекторов	Низкопроницаемых и низкопористых	$< 0,03 \text{ мкм}^2 < 8\%$
	Пласты прерывистые	$k < 0,6$
	Пласты сильнорасчлененные	$k > 3$
	Пласты с малой нефтенасыщенной толщиной	
	терригенные	$\leq 2 \text{ м}$
	карбонатные	$\leq 4 \text{ м}$
	Низкой нефтенасыщенности	$< 55\%$
	Пласты с двойной пористостью и проницаемостью	Разница в 2 порядка

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

4.1. Структурно-генетические типы слоев

Слои рассматриваются, как простейшие естественные геологические тела надпородного уровня организации, которые представляют собой системы родственных типов пород, ограниченные межслоевыми швами. В интервале пласта D3fm2 установлено 8 структурно-генетических типов слоев, которые были разделены по описанию керна и шлифов. Так же для каждого структурно-генетического типа подобраны средние, максимальные и минимальные значения фильтрационно-емкостных свойств, характеризующие изменчивость коллекторских свойств внутри пласта D3fm2. Слои объединены в рифовые, лагунные и прибрежные комплексы изолированной карбонатной платформы (горизонтальные ряды Табл.4), в пределах которых выделены группы по классификации Р. Данхема [9] для карбонатов по первично-осадочным структурам - баундстоуны, мадстоуны-вакстоуны, пакстоуны-грейнстоуны (вертикальные ряды Табл.4).

Таблица 4

Систематика структурно-генетических типов слоев, установленных в интервале продуктивного пласта D3fm2

Комплекс	Группа		
	Баундстоуны	Мадстоуны, вакстоуны	Пакстоуны, Грейнстоуны
Рифовый (R)	R ₁ , R ₂	R ₀	R ₃
Лагунный (L)	-	L ₁ , L ₂	-
Прибрежный (B)	-	B ₁	B ₂

Ниже дано описание установленных типов слоев и интерпретация условий их формирования.

Тип 1- R₀ Известняк обломочный (мадстоун).

Известняк серый, плотный, микрозернистый с фенестровой текстурой (мадстоун), с редкими органическими остатками. Фенестры, в разной степени, залечены кристаллами вторичного кальцита (Рис. 8). Породы сложены преимущественно продуктами

жизнедеятельности сине-зелёных водорослей, которые представляют собой неправильные, округлые и овальные сгустки пелитоморфного известкового вещества, вероятно, водорослевого происхождения, так же обломками органического детрита, которые сцементированы микро- и тонкозернистым кальцитом. (Рис. 9)

Условия образования: на передовом склоне биогерма, под углом обращенному в сторону глубоководного шельфа, ниже базиса действия волн, скапливались обломки строматолитовых построек.

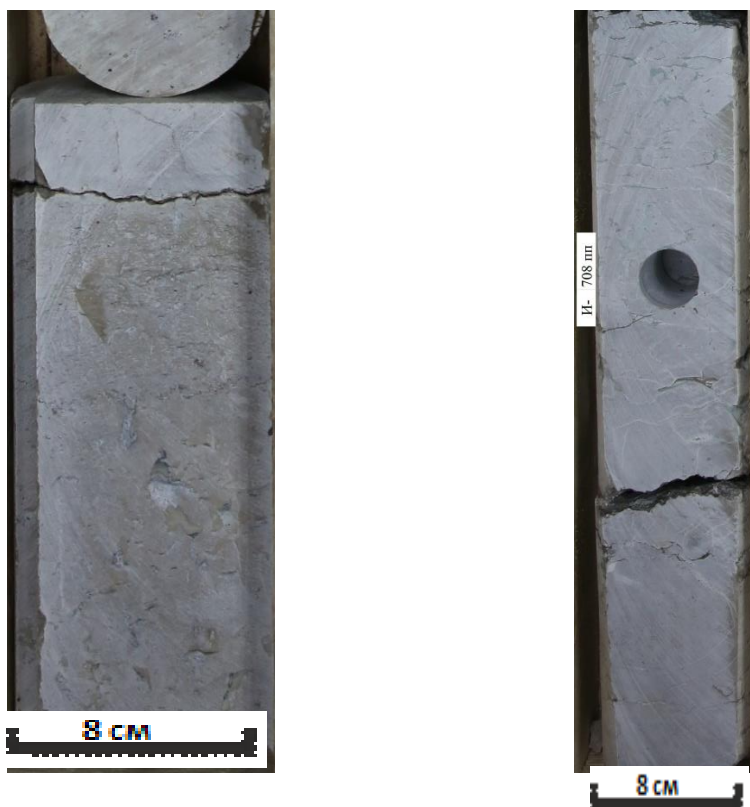


Рисунок 8 Известняк обломочный (мадстоун) скв. 656, инт. 1366-1380 и скв. 705, инт. 1691-1726 соответственно

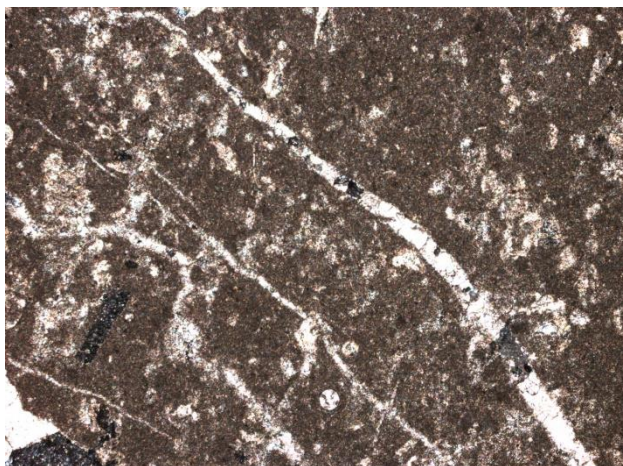


Рисунок 9 Известняк микрозернистый с редкими органическими остатками с прерывистыми минеральными трещинками (мадстоун). Скв.464 Лисовской площади. Инт. 1640-1654 м. Обр.122 Шлиф, фото с анализатором. Длина рисунка 2 мм.

Тип 2- R₁ Известняки биогермные сферово-водорослевые с граноморфным запонителем (баундстоуны).

Известняк буровато-серый, плотный, микрозернистый. Породы сложены преимущественно продуктами жизнедеятельности сине-зеленых водорослей, но водорослевые образования имеют форму комков (Рис. 10). Все форменные элементы сцементированы микро и тонкозернистым кальцитом. Пустотное пространство представлено порами, кавернами, трещинами. По слою отмечается чередование пористо-кавернозно-трещиноватых, трещиноватых и кавернозно-трещиноватых участков. По пустотоному пространству сильно нефтенасыщенный. Условно в слое можно выделить 3 прослоя с интенсивным развитием пор, каверн, трещин в среднем толщиной до 1 м. Поры размером до 1 мм, каверны изометричной, овальной, удлиненной формы, изогнутые - до 3 см; крупные каверны часто инкрустированы кальцитом. Поры и каверны часто соединены между собой трещинками, по которым часто видны выделения темно-коричневой нефти. Трещины выдержанные, крупные, преимущественно вертикальные и наклонные трещины (45° к горизонтальной оси керна) и участками тонкие короткие разнонаправленные, образующие сеть взаимно пересекающихся трещин, по которым керн нередко расколот и на их стенках видны выделения темно-коричневой нефти. Вторичные изменения: доломитизация, поро- и трещинообразование.

Условия образования: Оргоногенная постройка оказывалась выше уровня моря, и подвергалась процессам выщелачивания под действием метеорных вод (атмосферные осадки). Поры выщелачивания, при погружении биогерма, вероятно заполнялись комками сине-зеленых водорослей.



Рисунок 10. Известняки биогермные сферово-водорослевые с граноморфным заполнителем(баундстоуны) скв. 464, инт. 1651-1684 и скв. 656, инт. 1366-1380 соответственно

Тип 3- R₂: Известняки строматолитовые (баундстоуны).

Известняк светло-серый тонко-мелкозернистый, крепкий. Перекристаллизация развита неравномерно, нередко образует обособленные участки различной формы и размера, сложенные разнозернистым (до 1,5 мм) кальцитом (Рис. 11). Текстура слоистая, иногда, неясно выраженная. Подчеркивается линейной перекристаллизацией, ориентировкой некоторых органических остатков и редкими субпараллельными, довольно частыми и равномерными сутурами и зубчато-столбчатыми стилолитами амплитудой до 1 см, выполненные темно-серым, зеленовато-серым глинистым материалом, редко почти черным глинисто-органическим материалом (Рис. 12, 13, 14). Органические остатки (1-2 – 3-5%) представлены однокамерными фораминиферами, сферами, раковинами остракод и их створками размером до 1,0 мм, выполненными разнозернистым кальцитом, нередко приурочены к глинистым слойкам. Встречается вкрапленность, мелкие зерна и скопления

пирита. Присутствуют единичные открытые изолированные поры угловатой формы размером до 0,2 мм, образованные в результате перекристаллизации породы.

Условия образования: мелководный морской бассейн с нормальной соленостью, активная гидродинамика. При незначительном падении относительного уровня моря, на периодически осушаемых склонах биогермной постройки происходило формирование водорослевых матов (биостромов) – строматолитов (продукты жизнедеятельности сине-зеленых водорослей).



Рисунок 11 Известняки строматолитовые (баундстоуны) скв. 706, инт.1712-1726 и скв. 9, инт. 1782-1796 соответственно



Рисунок 12 Известняк слоистый с реликтовой водорослевой структурой сгустковый (баундстоун) (часто структура выражена слабо). Скв.705 Туркеевского ЛУ. Инт. 1691,0-1705,0 м. Обр.69. Шлиф, фото с анализатором. Длина рисунка 2 мм.

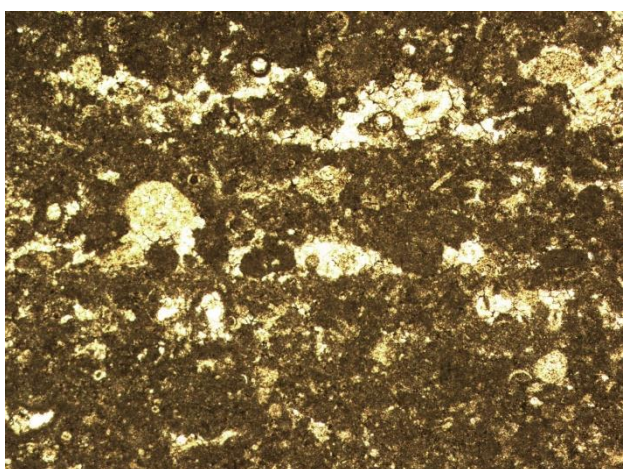


Рисунок 13 Известняк сгустковый перекристаллизованный с элементами слоистости (баундстоун) Скв.9 Аркаевского лицензионного участка. Инт. 1782-1796 м. Обр.80а. Шлиф, фото без анализатора. Длина рисунка 2 мм.

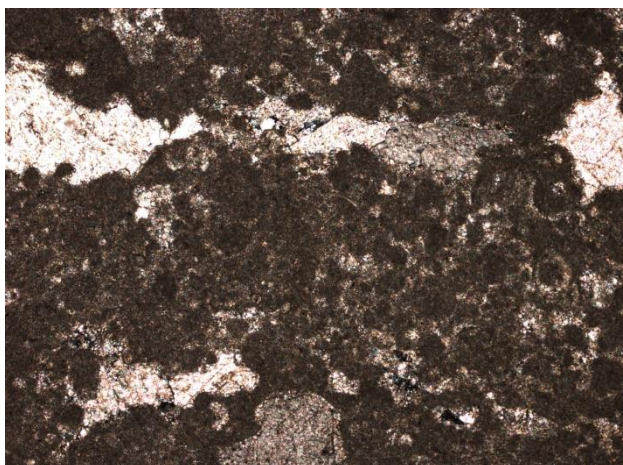


Рисунок 14 Известняк мелкокомковато-сгустковый (вероятно, водорослевый) перекристаллизованный с редкими органическими остатками. (баундстоун). Скв.9 Аркаевского лицензионного участка. Инт. 1782-1796 м. Обр.85(8696). Шлиф, фото

Тип 4 - L₁: Известняк микро-сгустковый водорослевый (мадстоун-вакстоун).

Известняк светло-серый микрозернистый, крепкий, плотный. Порода сложена микрозернистым ($\leq 0,01$ мм) кальцитом, участками со слабовыраженной сгустковой структурой, где сгустки округлой, изометричной формы размером до 0,1 мм, выполненные аналогичным кальцитом с частыми горизонтально ориентированными либо наклонно ориентированными, преимущественно зубчатыми сутурами и редкими стилолитами амплитудой до 1,5 см, выполненными зеленовато-серым глинистым материалом обуславливают слоистую текстуру (Рис. 15). Распределение участков перекристаллизации и послойное сгущение органических остатков в шлифе подчеркивает микрослоистую текстуру. Органические остатки (3-5%) представлены остракодами и их створками, водорослями, обломками раковин, неопределимыми остатками размером до 1,4 мм, выполненные разнозернистым (до 0,8 мм) кальцитом. Пирит присутствует в виде рассеянной вкрапленности и скоплений удлиненной формы размером до 0,1 мм (по длинной оси). Встречаются редкие открытые слабоволнистые прерывистые трещинки шириной до 0,02 мм. Вторичные изменения – перекристаллизация, поро-, трещинообразование.

Условия образования: на склоне биогерма, под углом обращенному в сторону лагуны, ниже базиса действия волн.



8 cm



8 cm

Рисунок 15 Известняк микро-сгустковый водорослевый(мадстоун) скв. 706, инт. 1712-1726, скв. 9, инт.1782-1796, скв. 464, инт. 1651-1684 соответственно

Тип 5 - L₂: Известняки микро-сгустковые глинистые с органическим детритом (мадстоуны-вакстоуны).

Известняк темно-серый сложен микросгустками округлой, изометричной, редко комками овальной, удлиненной формы темно-серый со слабым зеленоватым оттенком, тонкокристаллический зернистый, крепкий, плотный, с частыми нитевидными слабоволнистыми прослоями темно-серого глинисто-гидрослюдистого материала мощностью от 1 мм до 10мм. Характер их распределения как линейный, так и линзовидный, что придает породе слоистую и линзовидно-полосчатую текстуру (Рис. 16). Пирит присутствует в виде относительно равномерно рассеянной вкрапленности, зерен, иногда кубической формы и скоплений изометричной, удлиненной формы размером до 0,14 мм. Встречаются единичные открытые изолированные поры размером до 0,1 мм угловатой формы, образованные в результате перекристаллизации породы. Вторичные изменения – перекристаллизация, порообразование.

Условия образования: При подъёме относительного уровня моря, накопление известняков микросгустковых происходит на участках, более отдаленных от строматолитовых биогерм, относительно спокойная динамика. [15]

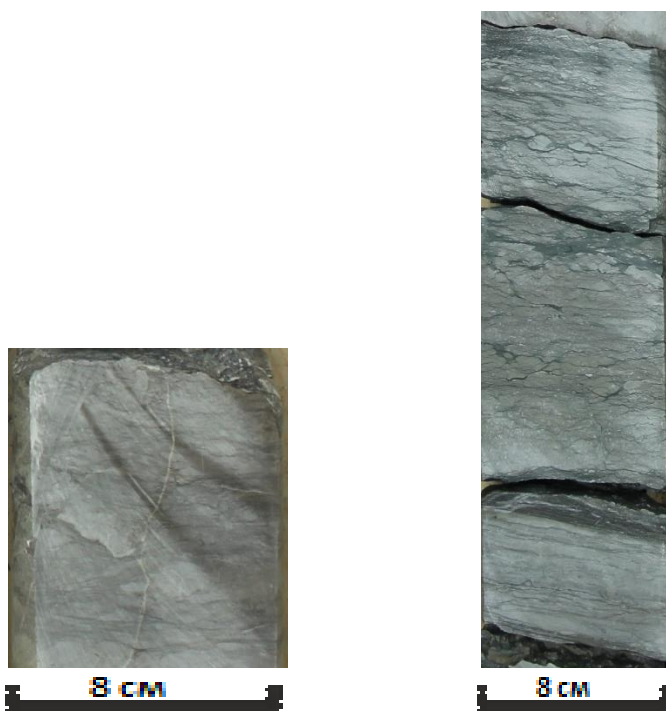


Рисунок 16. Известняки микро-сгустковые глинистые с органическим детритом (вакстоуны) скв. 706, инт. 1712-1726 скв. 9, инт. 1782-1796 соответственно

Тип 6 В₁: Доломит микрозернистый (мадстоун).

Доломит темно-серый микро-тонкозернистый, плотный. Порода очень крепкая, неравномерно известковистая, неравномерно кавернозная. Текстура в основном массивная

(Рис. 17). Структура представлена ромбовидными, реже изометричными зернами доломита размером 0,06-0,18 мм (преобладают зерна размером 0,1-0,16 мм). Встречаются частые постройки строматолит мощностью от 1 см до 3 см (байндстоун) и редкие постройки кораллов (бафлстоун), здесь же встречаются довольно частые органические остатки (раковинный детрит размером до 5 мм). Каверны изометричной, реже удлиненной формы размером от 1 до 8 мм по длинной оси, единичные до 2 см, иногда инкрустированные крупнокристаллическим кальцитом.

Условия образования: Прибрежная часть морского бассейна при относительном подъёме уровня моря, со спокойной гидродинамикой



Рисунок 17 Доломит микрозернистый(мадстоун) скв. 9, инт. 1782-1796 и скв. 464, инт. 1651-1726. соответственно

Тип 7 - В₂: Доломиты среднезернистые (грейнстоун).

Доломит коричневатого-серого, мелко-среднезернистый (сложены зернами размером от 0,07 до 0,3 мм, часто ромбоэдрической формы) (Рис. 19) местами до крупнозернистого. Плотный, крепкий, прослоями с неявно выраженной комковатой текстурой. Встречаются органические остатки (кораллы) преимущественно хорошей сохранности, так же строматолиты мощностью до 4 см (Рис. 18). По слою доломит неравномерно пористо-кавернозный с кавернами размером от 1-3 мм до 2-3 см, местами соединены мелкими прерывистыми трещинками. Каверны часто образованы при выщелачивании внутренних полостей органических остатков (Рис. 20).

Отмечаются вертикальные сомкнутые трещины, иногда с выпотами нефти на поверхности; местами по трещинам керн расколот. Встречаются также редкие горизонтальные, местами открытые трещины (Рис. 21) и зубчато-столбчатые стилолиты амплитудой до 2 см, поверхности которых выполнены буровато-темно-серым глинисто-органическим материалом.

Условия образования: Прибрежная часть теплого мелководного бассейна с нарушенной соленостью, с активной гидродинамикой.



8 cm



8 cm

Рисунок 18 Доломиты среднезернистые (грейнстоуны): скв. 706, инт. 1712-1726, скв. 9, инт. 1782-1796, скв. 2, инт. 1877-1897 соответственно



Рисунок 19 Доломит мелко-среднезернистый.(грейнстоун) Скв.464 Лисовской площади. Инт. 1640-1654 м. Обр.124. Шлиф, фото с анализатором. Длина рисунка 2 мм.

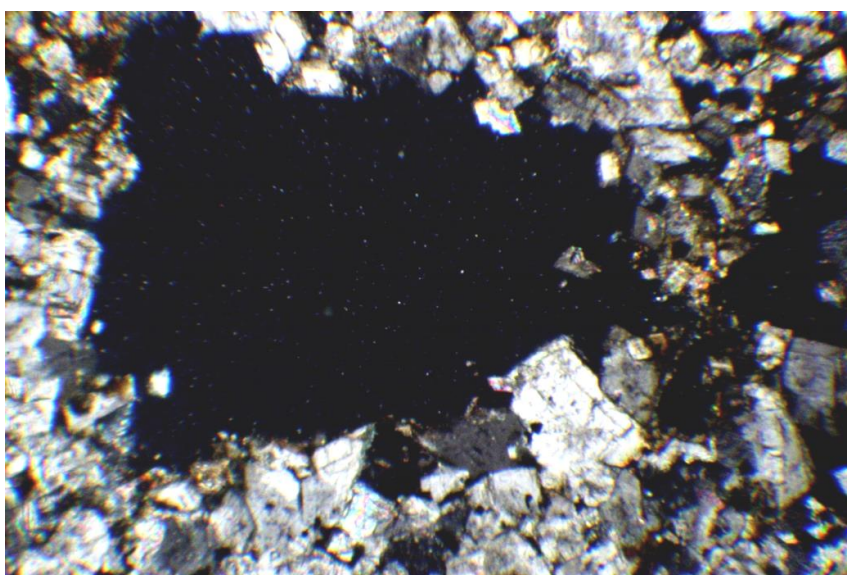


Рисунок 20 Каверна размером до 1,0 мм. Доломит мелко-среднезернистый.(грейнстоун) Скв. 433 Лисовской площади. Интервал отбора 1688-1695м, обр. 21/69 (6,7 м от начала). Среднефаменский подъярус. Шлиф. Увеличение 100. Николи +*

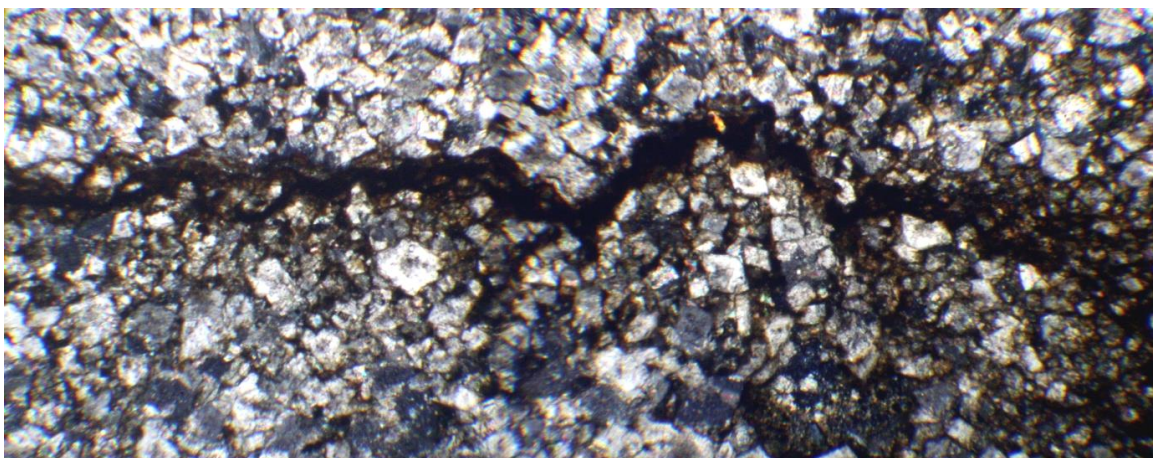


Рисунок 21 Выдержанная трещина, заполненная нефтью. Доломит мелко-среднезернистый (грейнстоун). Скв. 433 Лисовской площади. Интервал отбора 1688-1695м, обр. 21/69 (6,7 м от начала). Среднефаменский подъярус. Шлиф. Увеличение 50. Николи +*

Тип 8 - R3-Известняки сгустково- комковатые (пакстоуны).

Известняки буровато-серые сгустково-комковатые и комковато-сгустковые сложены сгустками и комками микрозернистого кальцита (Рис. 22), в различном соотношении, изометричной, овальной формы размером от 0,055 до 0,25 мм, реже до 0,5-1,0 мм, иногда разбиты участками минерализации. Текстура породы нодулярная (Рис. 23). Органические остатки (5-7%) представлены остракодами и их створками, фораминиферами, водорослями и другими неопределимыми обломками раковин размером до 0,75 мм, редко до 1,5 мм, реже крупными обломками раковин брахиопод до 9 мм, выполненные мелкозернистым кальцитом. Цементирующим материалом форменных образований служит перекристаллизованный кальцит, участками спаритовая составляющая пород весьма разнообразна: от микрозернистой до крупнозернистой, тип цемента поровый, редко базально-поровый, составляет 3-5 - 8-10%. Встречаются зубчатые и зубчато-столбчатые сутуры амплитудой до 0,3 мм, выполненные глинисто-органическим, битуминозным материалом, тонкие прерывистые, участками разветвляющиеся трещинки шириной до 0,005 мм, выполненные глинистым материалом (Рис. 23). Пирит присутствует в виде рассеянной вкрапленности и мелких зерен, иногда развивается по сутурам и трещинкам. Микроскопически обнаружено менее 1% гипса. Пустотное пространство представлено в основном единичными открытыми порами, редкими кавернами, так же иногда участками изолированными порами неправильной, извилистой, изометричной, вытянутой формы размером до 0,4 мм (по длинной оси), составляющие 2-3%, образованные в результате выщелачивания цементирующего материала, на стенках пор и в порах иногда видны выделения органического материала. . Вторичные изменения – сульфатизация, перекристаллизация, порообразование, участками наблюдается выпоты нефти на поверхности.

Условия образования: мелководный морской бассейн с нормальной соленостью, активная гидродинамика. На вершинах биогермов накапливаются маломощные постройки грейнстоунов, за счет разрушения постройки под воздействием волн. [15]



Рисунок 22 Известняки сгустково-комковатые (пакстоуны) скв. 706, инт. 1712-1726, скв. 9, инт 1782-1796 соответственно

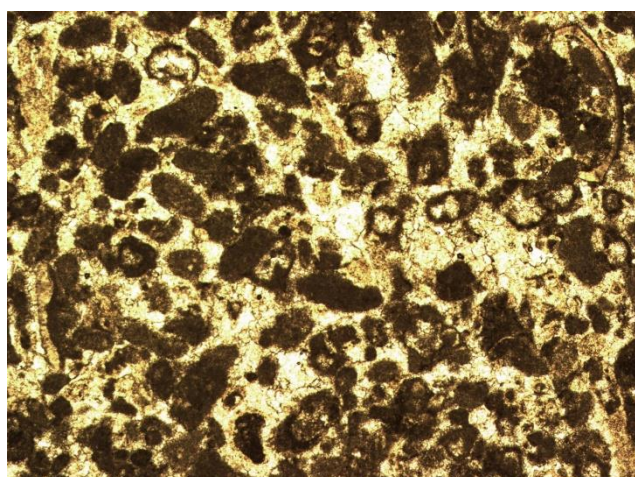


Рисунок 23 Известняк сгустково-комковатый перекристаллизованный с редкими органическими остатками. (пакстоуны) Скв.9 Аркаевского лицензионного участка. Инт. 1782-1796 м. Обр.71.(8675) Шлиф, фото без анализатора. Длина рисунка 2 мм

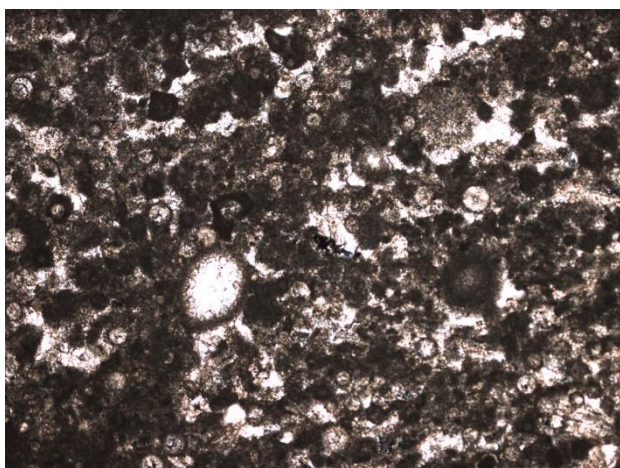


Рисунок 24 Известняк комковато-сгустковый перекристаллизованный с редкими органическими остатками (пакстоуны). Скв.464 Лисовской площади. Инт. 1640-1654 м. Обр.128 Шлиф, фото с анализатором. Длина рисунка 2 мм.

4.2. Циклотемы и концептуальная седиментологическая модель их формирования

Циклотемы (трансгрессивно-регрессивные последовательности слоев), выделены в разрезах на основе интерпретаций условий осадконакопления и процессов слоеобразования, выполненных на предыдущем этапе. По результаты этих реконструкций построены кривые колебания уровня моря, приведенные на каждой колонке 20 скважин. (см. схему корреляции разрезов – приложение 3).

Общие черты слоевой структуры циклотем, вскрытых скважинами, отражает полная циклотема, представленная на рис. 10., и структурная формула:

$$B_2 \rightarrow B_1 \rightarrow L_2 \rightarrow L_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_1 \rightarrow R_0 \rightarrow R_3 \rightarrow R_2 \rightarrow L_1 \rightarrow L_2 \rightarrow B_1 \rightarrow B_2$$

Для объяснения процесса формирования таких слоевых систем разработана концептуальная седиментологическая модель, представленная на Рис. 26.

При последующем рассмотрении схема распределения фаций обычно представляется в виде профиля поперек карбонатной изолированной платформы, имеющей слабонаклонный рельеф с крутым склоном.

При анализе разрезов установлено, что пласт D3fm2 образован двумя трансгрессивно-регрессивными циклами, в течение которых реализовывался весь спектр описанных условий (Рис. 25).

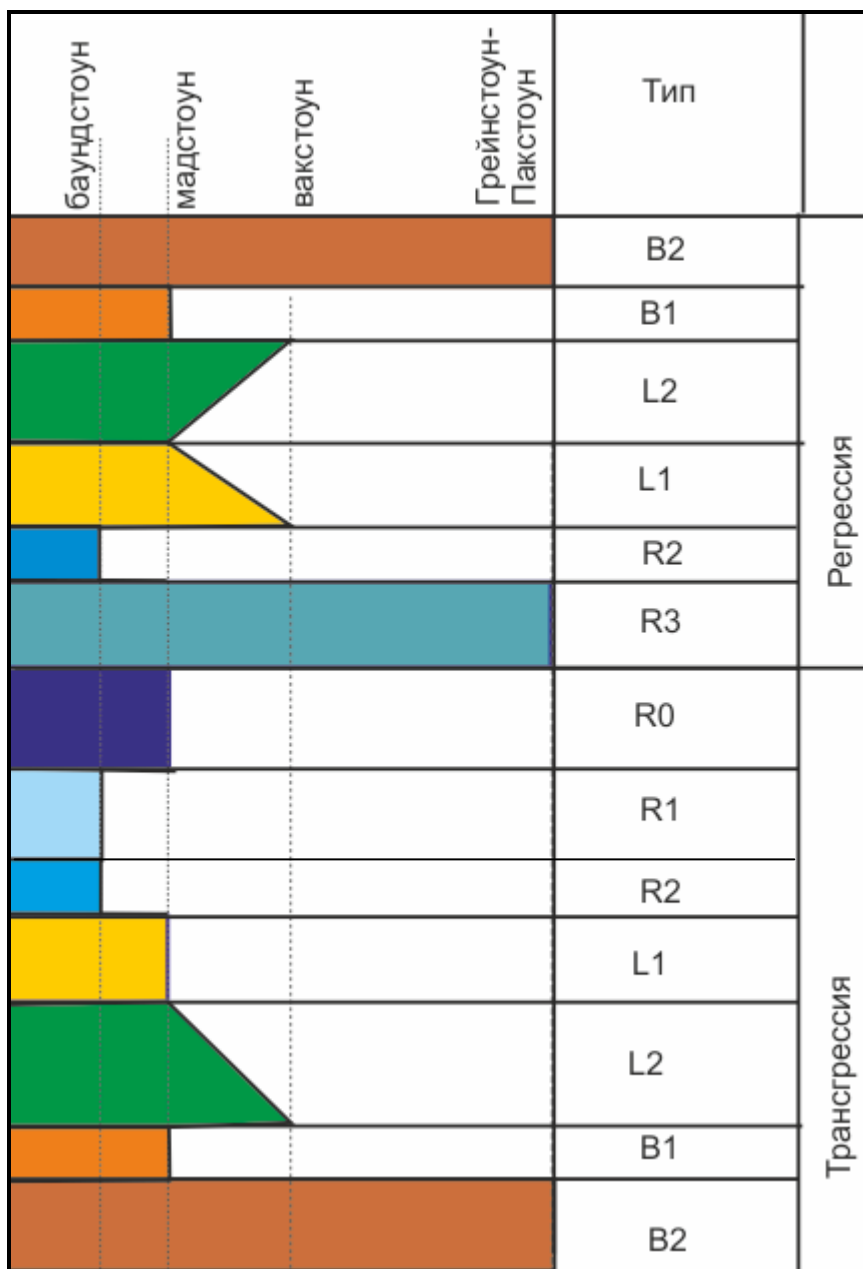


Рисунок 25 Полная циклотема интервала пласта D_{3m2} представленного в восточной части Южно-Татарского свода.

Условные обозначения: Фации прибрежной равнины: B2-Доломиты среднезернистые (грейнстоун), B1-Доломит микрозернистый (мадстоун). Фации лагуны: L2-Известняки микросгустковые глинистые с органическим детритом (мадстоуны-вакстоуны), L1-Известняк микро-сгустковый водорослевый (мадстоун-вакстоун). Рифовые фации: R1-Известняки биогермные сферово-водорослевые с граноморфным запонителем (баундстоуны), R2 - Известняки строматолитовые (баундстоуны), R0 - Известняк обломочный.(мадстоун), R3-Известняки сгустково-комковатые(пакстоуны.) Цвета подобраны для удобства.

Фации передового склона карбонатной платформы - обычно склон расположен выше нижней границы насыщенных кислородом вод и выше или ниже базиса действия волн. Материал представлен «обломками» водорослей, отложившимися на склоне крутизной до 30°; осадки подвижны; размер обломочных частиц значительно варьирует. Слоистость характеризуется наличием оползневых текстур, раздувов. Представлен структурно-генетическим типом R₀.

Органогенный барьерный риф края платформы - особенности варьируют в зависимости от энергии вод, крутизны склона, биологической продуктивности, степени развитости каркаса, процессов связывания элементов постройки и улавливания мелкозернистого материала между элементами каркаса, частоты осушения и последующей цементации. Можно различить три типа профилей через линейные органогенные постройки окраины шельфа. Тип R2 - скопление карбонатного ила и органогенных обломков на склоне, Тип R1 - склон, усеянный рифами- буграми или холмами; строящие каркас строматолиты встречаются изолированно или образуют панцирь; они растут лишь до базиса действия волн и ограничивают накопление обломочного материала. Тип R3 - каркасные кольцевые рифовые постройки, подобные современным кораллово-водорослевым сообществам с прикрепленными формами организмов, пересекающих при росте базис действия волн и достигающих зоны прибоя. [9]

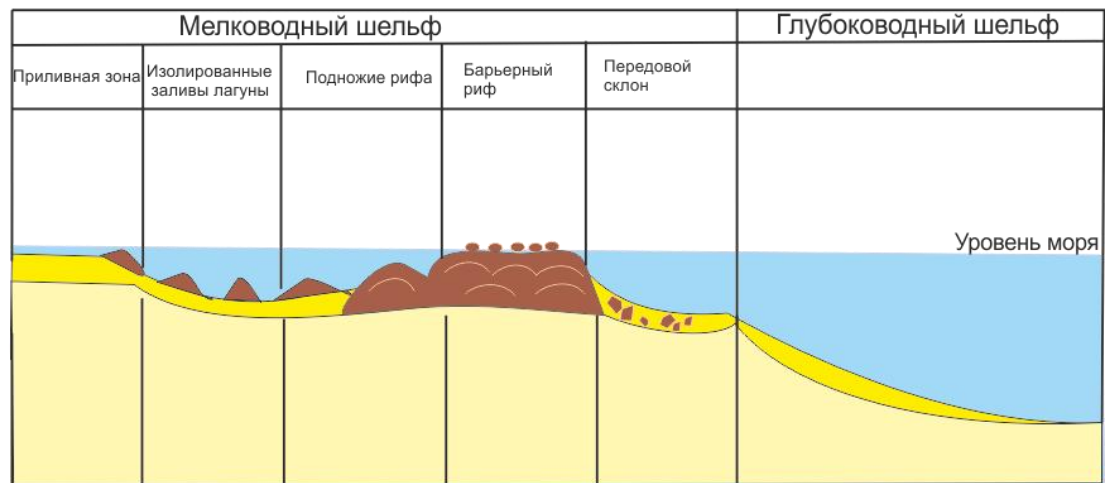
Наконец, строматолиты в оптимальных условиях среди карбонатных пород образуют биогермные выступы, обычно, виде купола со сложной внешней и внутренней структурой. Такие биогермы, в отличие от других форм роста, сильно выдвигались над дном бассейна. Для успешного роста необходимы приток чистой воды и условия мелководья. Благоприятными условиями являются соседство глубокого моря с течениями и массой планктона. Для мощного роста биогерм необходимым условием является медленное погружение края платформы. Обычно строматолиты образуют пласты значительной протяженности, но на краях этих мелей могут развиваться и биогермы рифового типа, правда, незначительной величины.

Все строматолиты являются образованиями мелководными, так как жившие на них водоросли нуждались в свете. Вода была хорошо аэрирована волнениями и течениями. Строматолитовые образования росли в тёплом климате, на что указывает наличие гипса в породах. Весьма вероятно, что температура была относительно высокой. При большом количестве глинистого материала строматолитовые микроструктуры заменяются структурами типа узорчатым известняка - комковатого характера, часто с остатками сгустковых микроструктур без обычной слоистости сохраняются лишь внешне комковатая или крупно-обломочные форма. Строматолит имеет грубую слоистость, мощность слоев достигает несколько сантиметров. Строматолиты при преобладании химического осаждения доломита, имеют единообразно зернистую микроструктуру и различаются лишь по внешней форме. [5]

Морские платформенные фации подножие рифа - открытые лагуны и заливы, расположенные позади рифа, ближе к берегу. Глубины обычно незначительны - максимум

несколько десятков метров. Соленость может быть различна. Циркуляция вод умеренная. Представлены структурно генетическими типами L1 и L2. [9]

Фации ограниченной циркуляции - включают главным образом тонкие осадки весьма мелководных отшнурованных бассейнов и лагун; более грубые осадки встречаются в приливных каналах и на редких пляжах. Развит весь комплекс отложений приливной полосы. Условия исключительно разнообразны и неблагоприятны для организмов. Воды пресные, соленые и сильно соленые. Диагенетические изменения осадков резко выражены. На представленных скважинах месторождений проявлена доломитизация, особенно в продуктивных коллекторах. Наличие мелких кристаллов доломита в породах указывает на то, что этот процесс мог происходить при испарении морской воды уже на самых ранних стадиях диагенеза, сразу после осадконакопления. Морские воды временно изолированных лагун и приливной зоны (об этом говорят соответствующие индикаторы: конкреции сульфата магния, гипса) с высоким содержанием магния (увеличение концентрации вследствие частичного испарения) проникали в подстилающие зернистые отложения динамической части верхней сублиторали и способствовали их доломитизации. В этом случае происходит высвобождение части пустотного пространства. Однако, основная роль ранней доломитизации заключается не в увеличении пористости, а в создании жесткого каркаса, препятствующего дальнейшему уплотнению пород при захоронении. Кроме того, такая доломитизация могла проходить только в изначально проницаемых породах, тогда как литотипы с большим содержанием микритовой составляющей и рассеянного глинистого вещества, не могли обеспечить эффективную проницаемость и миграцию по ним растворов обогащенных магнием. Такая картина наблюдается на рассматриваемых месторождениях Представлены структурно-генетическими типами B1 и B2. [13]



Тип В₂:
Доломиты
среднезернистые
(грейнстоун);
Тип В₁:
Доломит
микрозернистый
(мадстоун)



Тип L₂:
Известняки
микрогустковые
глинистые с
органическим
детритом
(мадстоуны-
вакстоуны)



Тип L₁:
Известняк
микро-густковый
водорослевый
(мадстоун-вакстоун)



Тип R₃:
Известняки густково-
комковатые (пакстоуны)

Тип R₂:
Известняки
строматолитовые (баундстоуны)

Тип R₁:
Известняки
биогермные
сферово-водорослевые
с граноморфным
заполнителем
(баундстоуны)



Тип R₀:
Известняк
обломочный.
(мадстоун)

Рисунок 26 Концептуальная седиментологическая модель изолированной карбонатной платформы

4.3 Современный аналог седиментологической модели мелководной карбонатной платформы

Современные строматолиты, имеющие ограниченное распространение, как известно, представляют собой грубо столбообразные куполовидные образования высотой в десятки сантиметров и диаметров первые десятки сантиметров, располагающиеся на плоском дне мелководных заливов и лагун.

Залив Шарк-Бэй в северо-западной части австралийского штата Западная Австралия. Он представляет собой бухту со средней глубиной 10 м (Рис 27), которую разрезают два полуострова, выступающих в Индийский океан. Уникальная экосистема - строматолитовые водоросли, покрывающие более 4000 км² дна залива (Рис 28).

Строматолиты прежде всего образуют водорослевые гряды, представляющие собой узкие, вытянутые, образования шириной от нескольких до первых десятков метров и длиной от нескольких сот метров до нескольких километров. Эти гряды, как правило, располагаются на внешнем крае рифовых платформ на глубинах порядка 40 м.

Помимо фаций грядовых водорослевых известняков формируются также и купольные их формы, представляющие собой крупные (30 м в диаметре и 3-12 м высотой) округлые холмы, отдельно стоящие на рифовых платформах. Обычно, такие формы имеют характерную поверхность, в центре которой имеется неглубокая депрессия, окруженная по краям неправильными гребнями. Внутренне строение таких куполов характеризуется наличием пустот в виде тоннелей и полостей иногда размером свыше метра.[7]

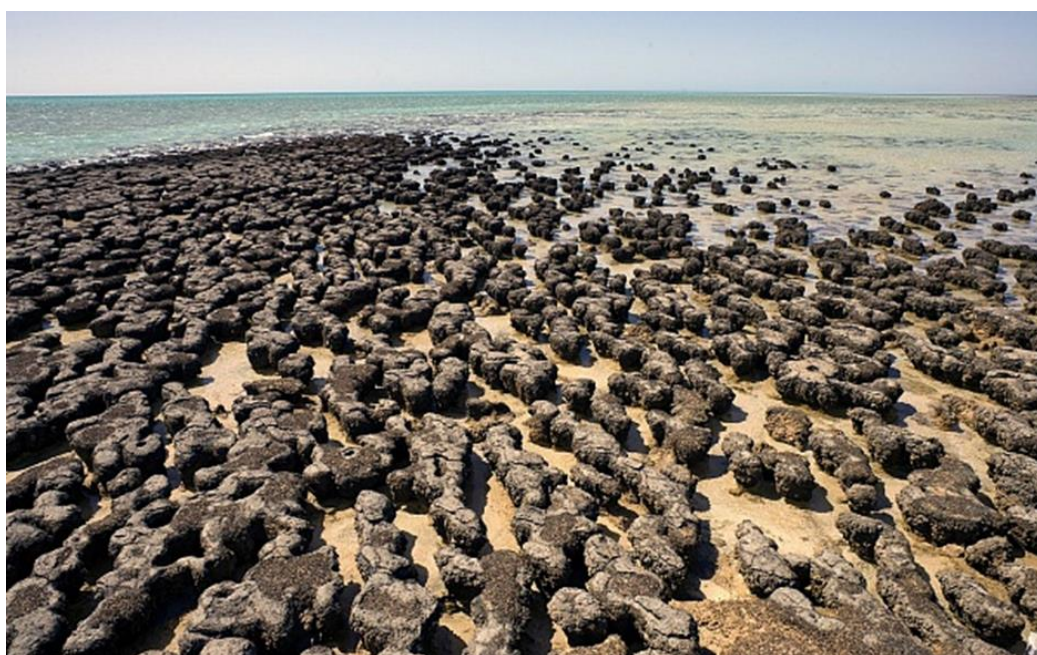


Рисунок 27. Современные строматолиты на западном побережье Австралии. <https://www.google.ru/maps>



Рисунок 28. Залив Шарк Бей на Западной побережье Австралии. <https://www.google.ru/maps>

4.4 Межскважинная корреляция

Геофизическая характеристика выделенных структурно-генетических типов подтверждается и фактическим керновым материалом на разведочных скважинах расположенных в пределах Южно-Татарского свода. К примеру, скважина Улкановского лицензионного участка Михайловского месторождения (Рис. 29). Интервалам с увеличенными прослоями зернистого литотипа соответствует отрицательная аномалии ПС и НГК, литотипы лагунных фаций, представленные глинистыми разностями – соответствуют положительным аномалиями на каротажных диаграммах ГК.

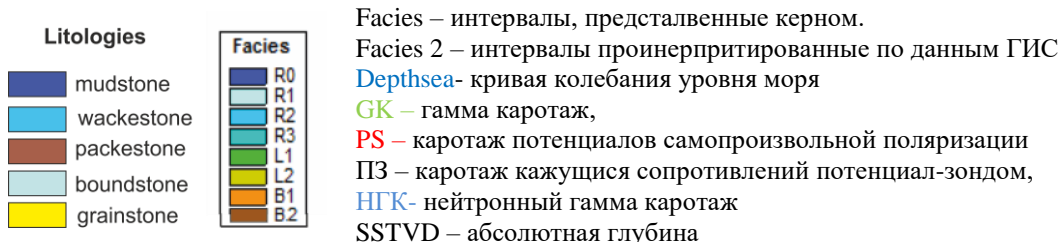
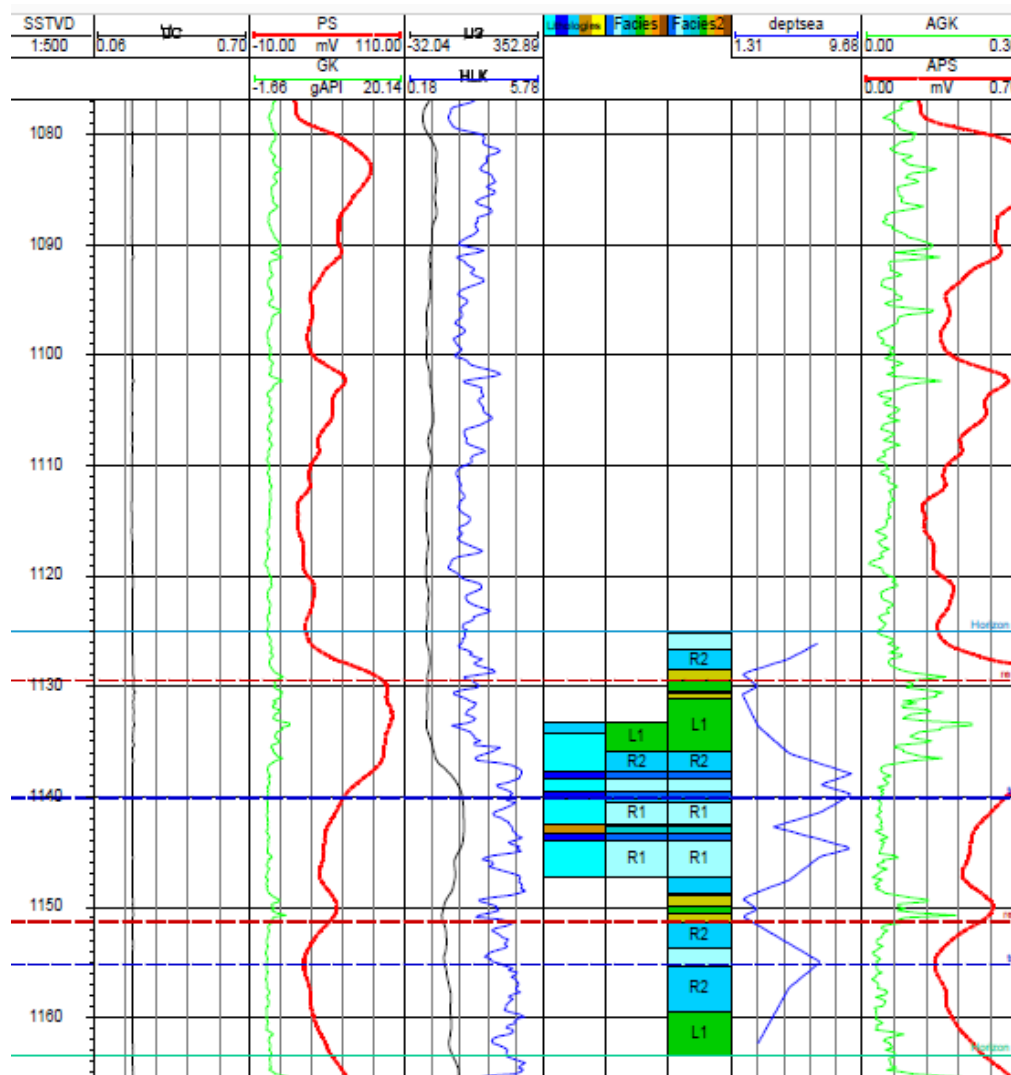


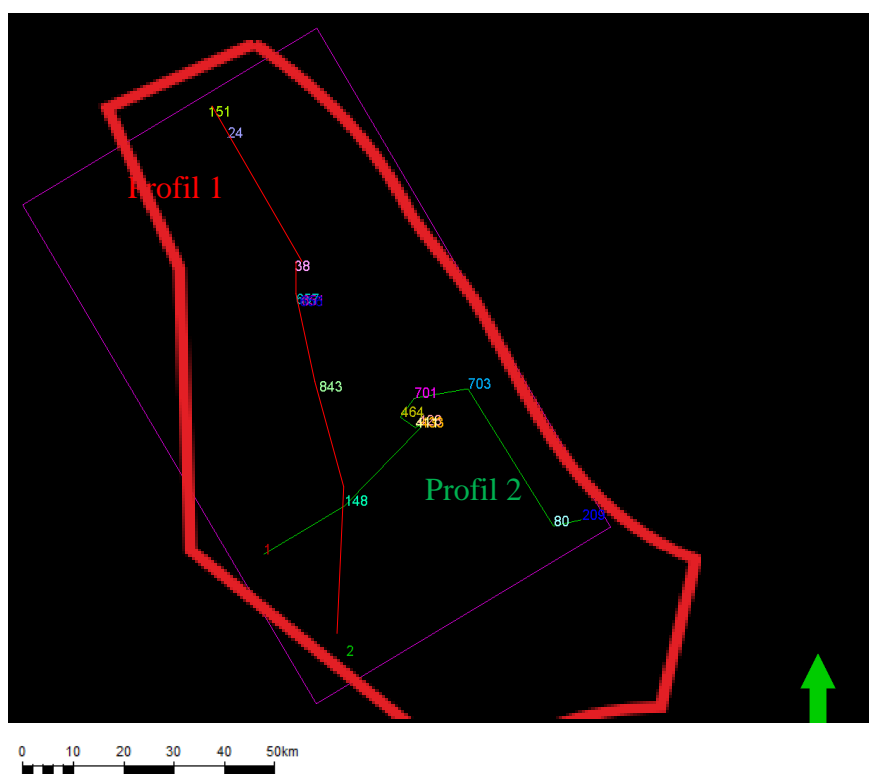
Рисунок 29 Геофизическая характеристика литотипов по скв. 656 Михайловского месторождения

. Условные обозначения Фации прибрежной равнины: B2-Доломиты среднезернистые (грейнстоуны), B1- Доломит микрозернистый (мадстоун). Фации лагуны: L2-Известняки микросгустковые глинистые с органическим детритом (мадстоуны-вакстоуны), L1-Известняк микро-сгустковый водорослевый (мадстоун-вакстоун). Рифовые фации: R1-Известняки биогермные сферово-водорослевые с граноморфным запонителем (баундстоуны), R2 - Известняки строматолитовые (баундстоуны), R0 - Известняк обломочный.(мадстоун), R3-Известняки сгустково- комковатые(пакстоуны).

Создание фациальной модели на территории Южно-Татарского свода базировалось на основе структурно-генетических типах пород и циклотем. Выполнялось построение хроностратиграфических границ и по ним построение хроностратиграфических поверхностей и картирование высокочастотных циклов; так же определение вертикальных последовательностей структурно-текстурных свойств.

В разрезе каждой скважины есть только один тип границ, о которых можно с уверенностью утверждать, что они действительно существуют - это временные границы. Их можно проследить в каждой скважине. Согласно этому утверждению, структурный каркас геологической модели основан на 3 регрессивных временных циклах и 2 трансгрессивных, выделенных в пределах пласта D3fm2. Построение структурных поверхностей с учетом выделенной цикличности позволило корректно определить границы распространения свойств по вертикали уже на стадии построения поверхности фациальной модели.

Было выбрано два взаимно-пересекающихся профиля Profil 1 и Profil 2 (Рис. 30).



— - контур Южно-Татарского свода

Рисунок 30 Два взаимно пересекающихся профиля Profil 1 и Profil 2

Предварительно выделялся региональный репер (аргиллиты визейского яруса нижнего карбона) – участок каротажных кривых, прослеживающиеся на диаграммах в большинстве скважин (Рис. 31). Выделен красным цветом на схемах корреляций (Приложение №2.1 и 2.2)

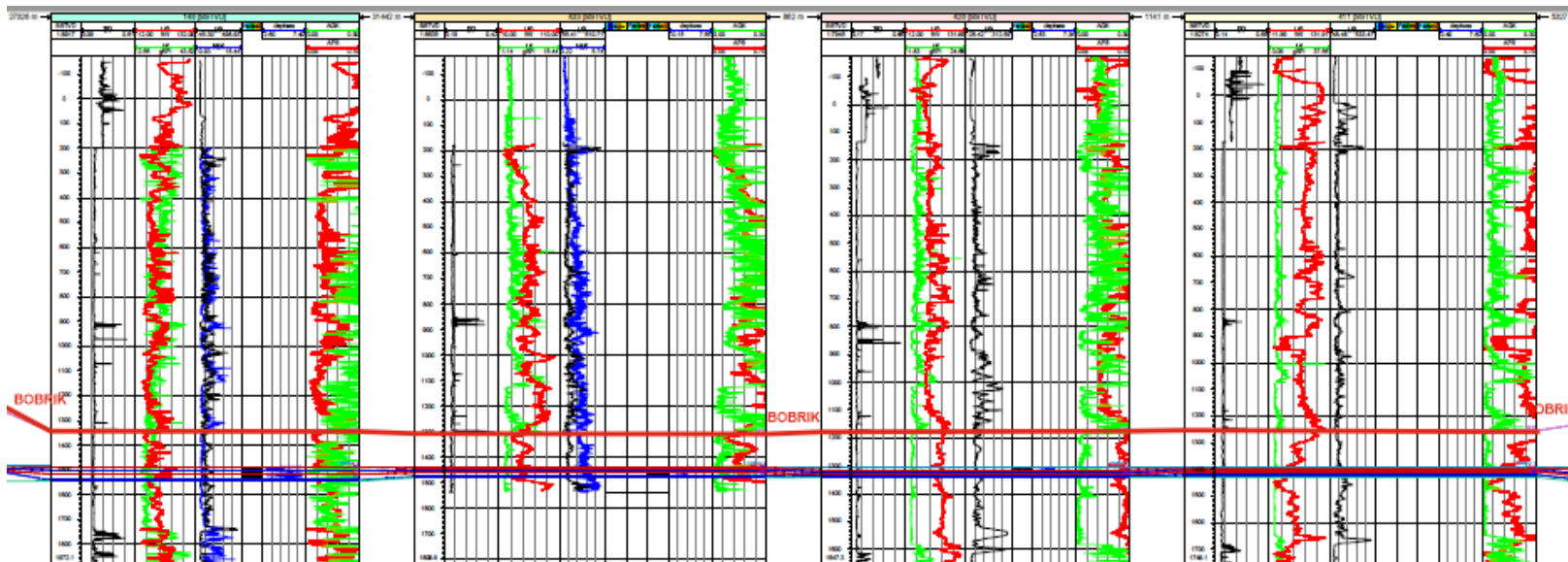



Рисунок 31
 Корреляция некоторых скважин 148, 656, 433, 428 по региональному реперу. Масштаб 1:5000. Условные обозначения смотреть на Рис. 29

 - региональный репер (аргиллиты визейского яруса нижнего карбона).

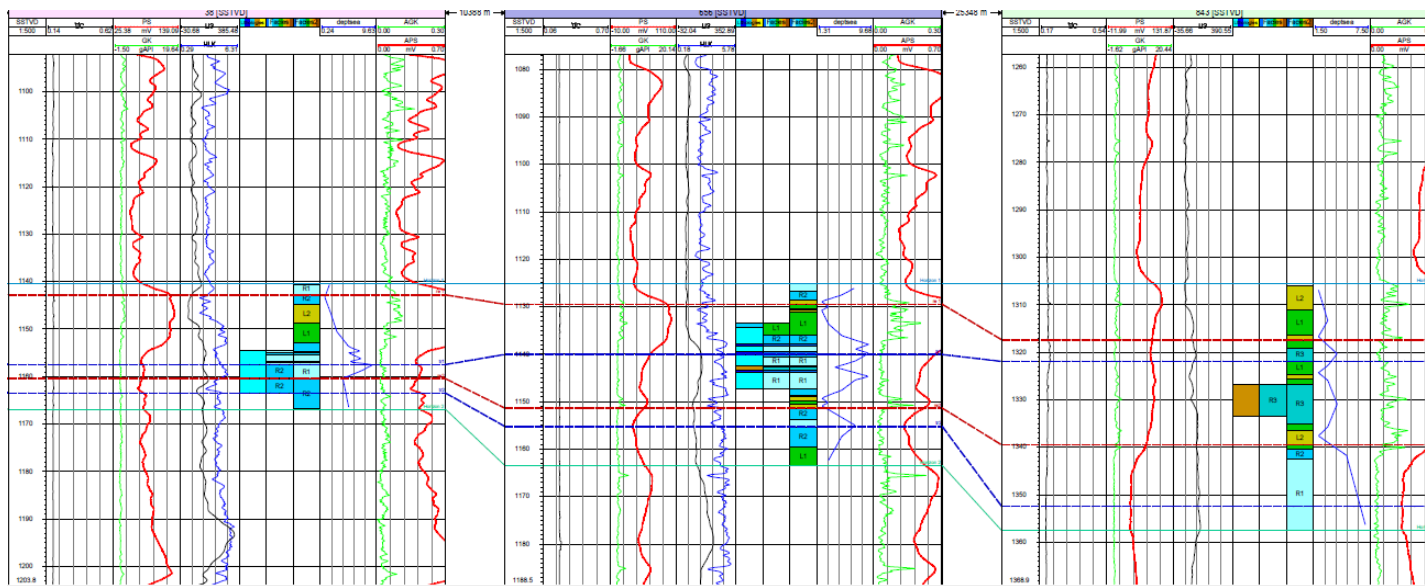


Рисунок 32 Детальная корреляция некоторых скважин 38, 656, 843 по максимумам трансгрессий и регрессий. Масштаб 1:500. Условные обозначения смотреть на Рис. 29

Детальная корреляция проводилась по максимумам трансгрессий и регрессий уровня моря выделенных в каждой скважине (Рис. 32). Корреляция позволяет распространить свойства внутри границ циклов. (Приложение №3.1 и 3.2)

По результатам корреляции разрезов скважин установлено, что разрезы отличаются по количеству и толщинам выделенных циклитов. Основную роль в изменчивости облика циклитов играет наличие и толщина в нижней частей, сложенных биогермными породами.

4.5 Геолого-статистические разрезы

Анализ вертикальных трендов геолого-статистических разрезов для циклов, характеризующихся трансгрессивно-регрессивным переслаиванием фаций соответствует принятой геологической концепции.

В нижней части разреза первого цикла, который соответствует регрессивному максимуму R1, сосредоточены фации лагуны и прибрежной равнины, что соответствует общему обмелению палеобассейна. В нижней части ГСР, соответствующий второму циклу, который венчает максимум трансгрессии T1, наблюдается увеличение вероятности появления фации рифового комплекса. Далее к следующему максимуму регрессии R2, снова увеличивается доля лагунных фаций в цикле. К максимуму трансгрессии T2 в нижней части ГСР сосредоточены фации рифового комплекса, что соответствует общему погружению палеобассейна. (Рис. 33)

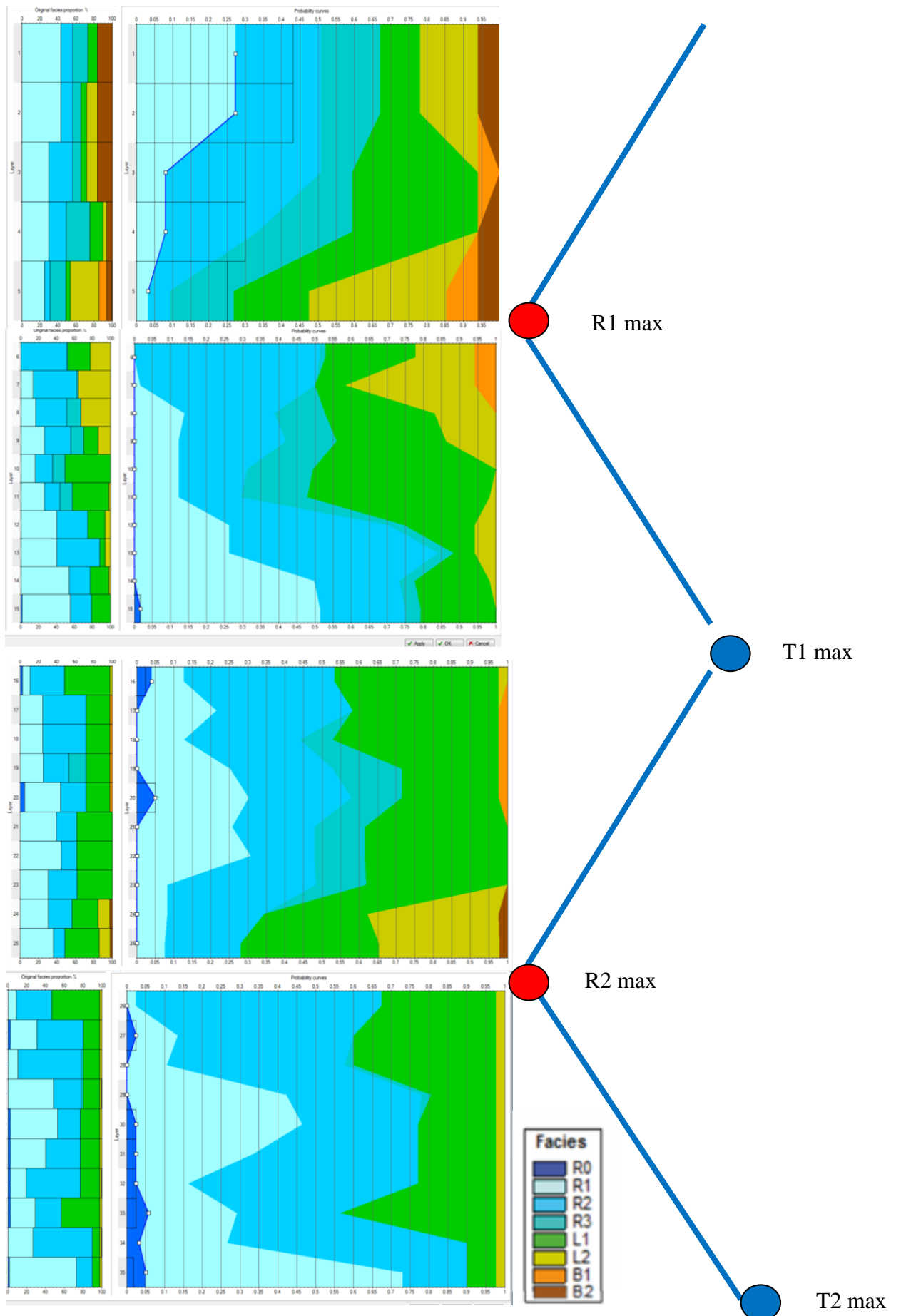


Рисунок 33 Геолого-статистический разрез вероятности соотношения фаций для трансгрессивно-регрессивных циклов по всем скважинам на территории Ю-Тс

Условные обозначения: Фашии прибрежной равнины: В2-Доломиты среднезернистые (грейнстоун), В1-Доломит микрозернистый (мадстоун). Фашии лагуны: L2-Известняки микросгустковые глинистые с органическим детритом (мадстоуны-вакстоуны), L1-Известняк микро-сгустковый водорослевый (мадстоун-вакстоун). Рифовые фашии: R1-Известняки биогермные сферово-водорослевые с граноморфным запонителем (баундстоуны), R2 - Известняки строматолитовые (баундстоуны), R0 - Известняк обломочный. (мадстоун), R3-Известняки сгустково-комковатые(пакстоуны).

4.6 Фашиальные карты

При анализе разрезов установлено, что продуктивный пласт D3fm2 образован двумя трансгрессивно-регрессивными циклами, в течение которых реализовывался весь спектр описанных выше обстановок осадконакопления

Трансгрессивные фазы циклов маркирует присутствие маломощных и не широко распространенных отложений лагунных комплексов и широкое распространение фашии рифового комплекса.

Формирование глинистых известняков лагунных комплексов и доломитов прибрежной приливной равнины происходило в течение регрессивных фаз седиментационных циклов.

По результатам корреляции разрезов скважин установлено, что разрезы отличаются по количеству и толщинам выделенных циклитов. Основную роль в изменчивости облика циклитов играет наличие отложений сложенных биогермными породами. Что свидетельствует о весьма сложном строении продуктивного пласта.

Для выявления закономерностей пространственно-временных взаимоотношений отложений разного генезиса построено 4 фашиальные карты, характеризующие палеогеографическую обстановку времени формирования продуктивного пласта D3fm2. Рассмотрим карты снизу вверх по разрезу, как и происходило осадконакопление на территории Южно-Татарского свода (Рис. 34).

На первой палеогеографической карте распространения фашии для максимума трансгрессии T2 видно, что комплекс рифовых известняков почти полностью покрывает всю поверхность карты. Однако средняя часть рифового водорослевого массива сосредоточена на территории между Туймазинским и Белебеевским месторождением. Комплекс распространен от Знаменского и Туймазинского месторождения на расстоянии около 50 км и простирается с юга на север. В восточной части карты можно наблюдать отложения лагунной фашии длиной 25 км с севера на юг.

Вторая палеогеографическая карта распространения фашии, показывает, что на максимуме регрессии R2 уменьшается зона распространения комплекса рифовых фашии на юго-восточной части карты, около месторождений Белебеевское, Аскарское, Знаменское преобладают глинистые известняки лагунных комплексов мелководья. Так же

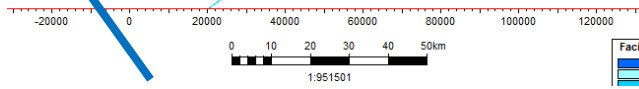
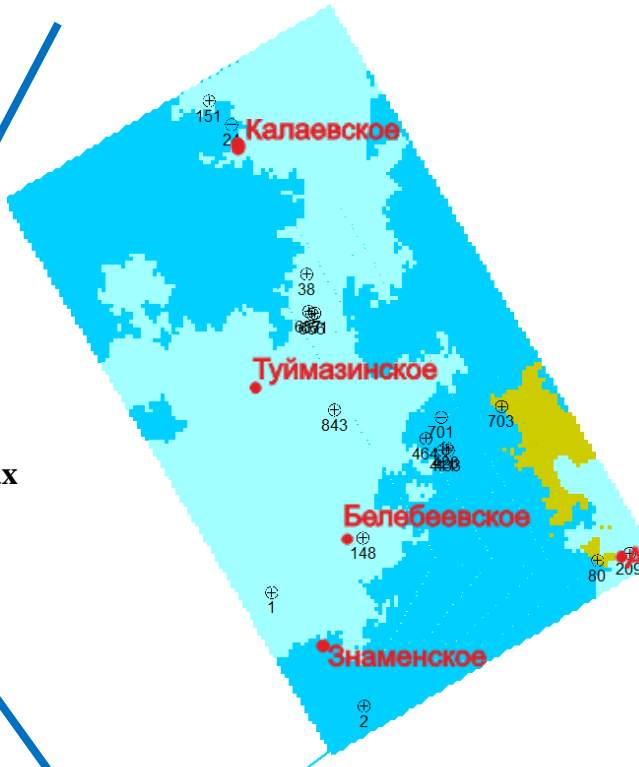
отложения лагуны распространены в северо-восточной части карты и имеют протяженность с юга на север около 50 км.

На следующей палеогеографической карте, соответствующей максимуму трансгрессии T1, значительно увеличивается площадь распространения фации мелководья лагуны, что связано с увеличением глинистой составляющей этой площади. Южная часть карты – месторождения Белебеевское, Знаменское, Аскардовское - полностью занята отложениями лагунных комплексов. В середине карты образуется канал водорослевых известняков, заканчивающийся к Калаесвкому месторождению фацией обломочных известняков. Возможно, это связано с течениями, которые сносят глинистый материал по бокам канала, что очищает воду и позволяет расти строматолитовым биогермам. В районе Туймазинского месторождения наблюдаются известняки, приуроченные к срединной части биогермного массива.

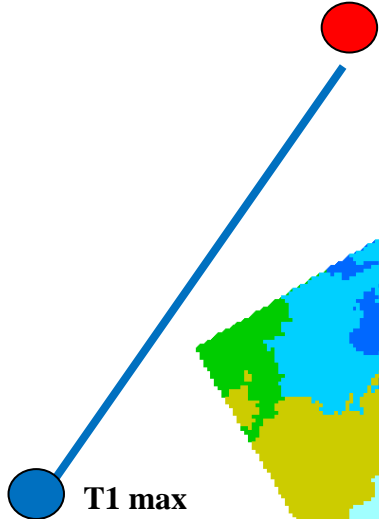
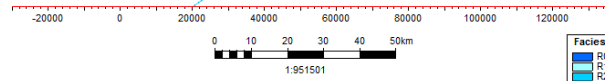
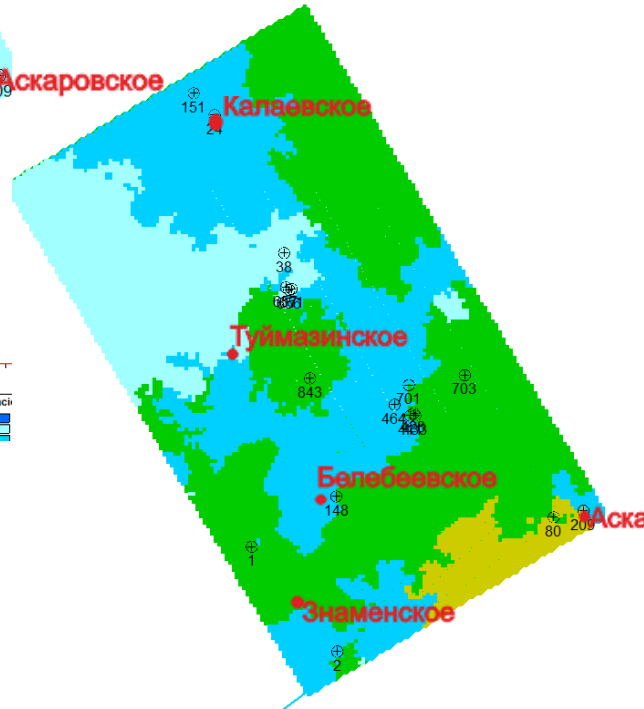
Следующая фациальная карта, приуроченная к максимальному понижению уровня моря R1, показывает, что вся южная часть карты покрыта глинистыми известняками лагунной фации. Территория Туймазинского района тоже представлена отложениями застойной части мелководья, однако имеет меньшую глинистость, чем территории Белебеевского, Аскардовского и Знаменского месторождений. Северная часть карты занята фациями рифового комплекса, представленного известняками строматолитовыми.



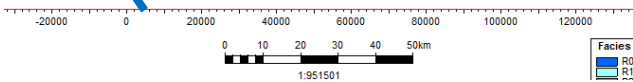
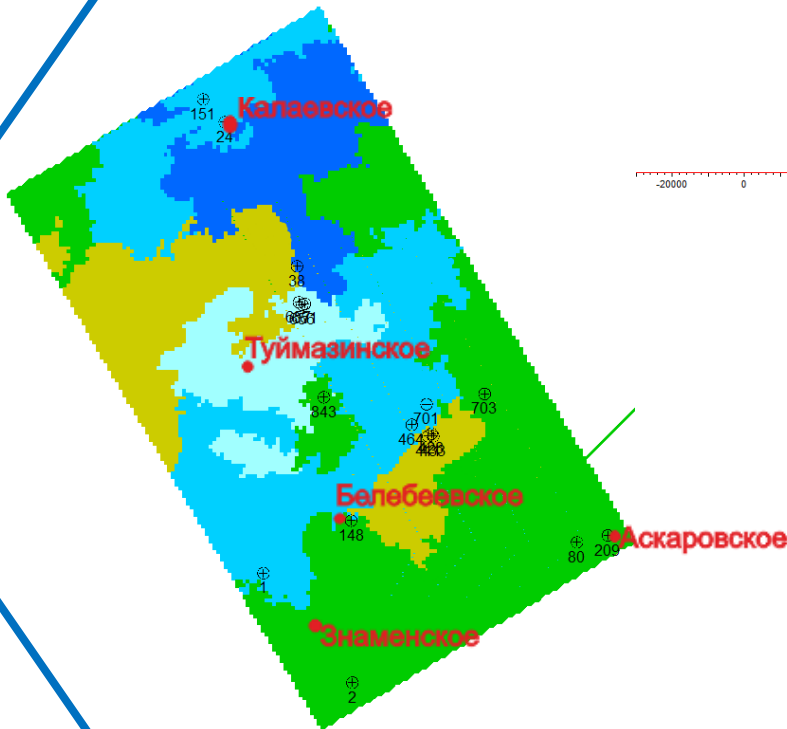
T2 max



R2 max



T1 max



Facies

Facies

Facies

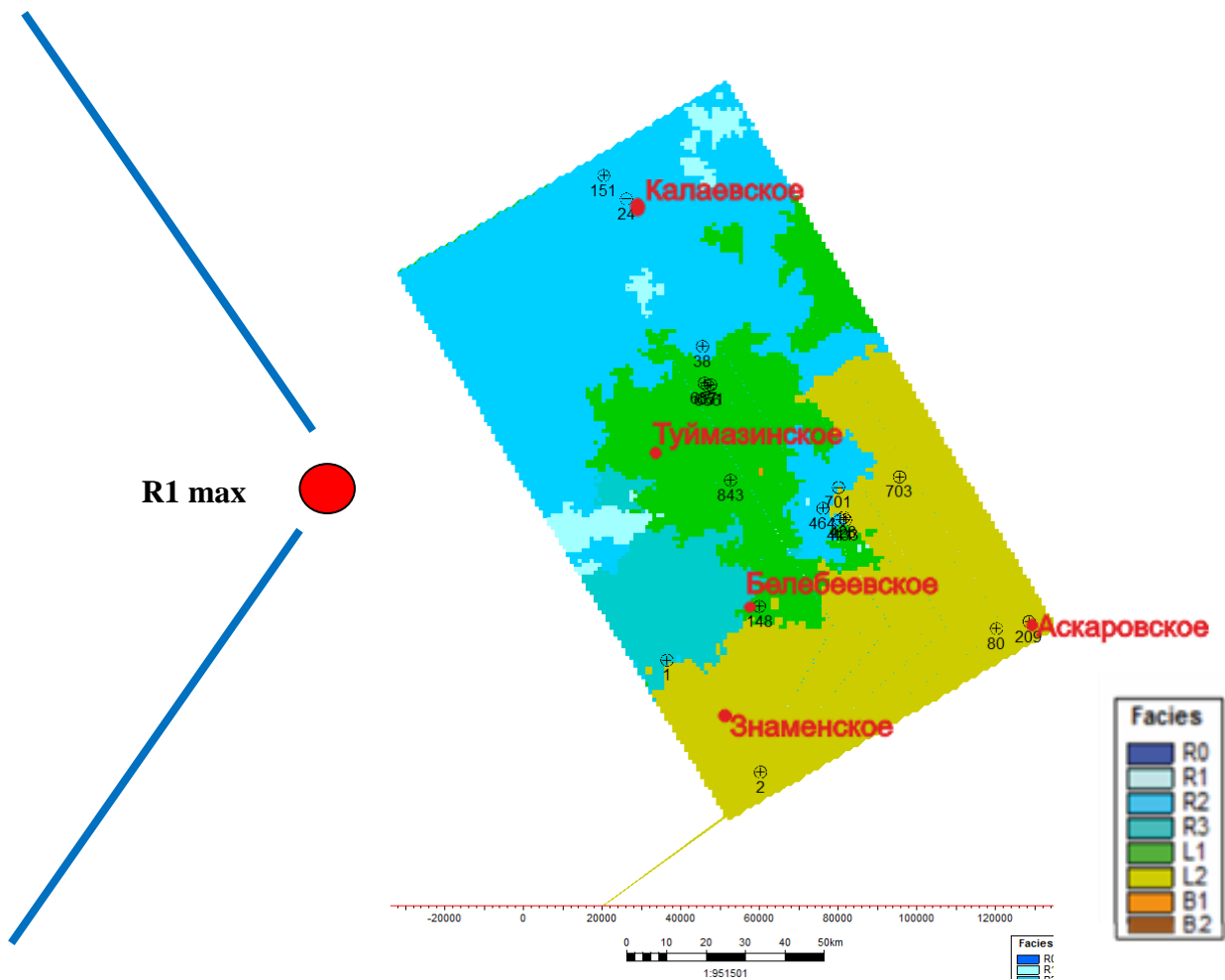


Рисунок 34 Серия фациальных карт для двух трансгрессивно-регрессивных циклов. Условные обозначения: Фации прибрежной равнины: В2-Доломиты среднезернистые (грейнстоун), В1-Доломит микрозернистый (мадстоун). Фации лагуны: L2-Известняки микросгустковые глинистые с органическим детритом (мадстоуны-вакстоуны), L1-Известняк микро-сгустковый водорослевый (мадстоун-вакстоун). Рифовые фации: R1-Известняки биогермные сферово-водорослевые с граноморфным заполнителем (баундстоуны), R2 - Известняки строматолитовые (баундстоуны), R0 - Известняк обломочный (мадстоун), R3-Известняки сгустково-комковатые(пакстоуны) Масштаб:1:95000

4.7 Выявление зависимости ФЕС пород от принадлежности к структурно-генетическим типам

Емкостно-фильтрационные свойства горных пород и качество флюидопоров в значительной мере определяются литолого-фациальными условиями осадконакопления, которые, в свою очередь, во многом зависят от палеогеографической обстановки.

Высокими фильтрационными свойствами обладают структурно-генетические типы пород: известняки сферово-водорослевые (баундстоуны)-R2; известняки биогермные сферово-водорослевые с граноморфным заполнителем (баундстоуны) -R1; известняки комковатые (грейнстоуны) –R3.

Практически никогда не обладают значимыми коллекторскими свойствами известняки водорослевые: микросгустковые глинистые с органическим детритом L1 и L2.

Каждый из литотипов формируется в определенных фациальных обстановках. Типизация пород-коллекторов Изучаемые отложения фаменского возраста были дифференцированы по генетическим типам пустотного пространства. выделены следующие типы коллекторов:

- порово-кавернозный;
- трещинно-кавернозный;
- смешанный.

Трещины распространены почти повсеместно, но с различной интенсивностью. Образование данного типа коллектора протекало в породах, содержащих примесь глинистых веществ, которая тормозила процессы растворения, мешая образованию трещинно-кавернозного типа коллектора [3].

Таблица 5

Зависимость ФЕС пород от принадлежности к структурно-генетическим типам

Структурно-генетический тип	Проницаемость, мДарси			Эффективная пористость, %			Тип коллектора (по И.А. Колюхову)	Тип флюидопора (По А.А. Ханину)
	макс	мин	сред	макс	мин	сред		
R1	988,4	0,0043	21	13	0,15	3,2	группа В, класс VII	
R2	735	0,002	9,7	5,6	0,17	1,38	группа В, класс VIII	
R3	166	0,002	4,9	12,4	0,2	3,5	группа В, класс VIII	
R0			0,4			1,5		класс E
L1,L2			0,043			1,5		класс D

К известнякам биогермным сферово-водорослевым с граноморфным наполнителем R1 в исследуемых скважинах приурочен порово-кавернозный и в меньшей степени смешанный типы коллекторов. Рассматриваемый литотип обладает как высокими фильтрационными, так и высокими емкостными свойствами. Средняя проницаемость равна 21 мДарси (10^{-3} мкм²), а средняя эффективная пористость 3,15%, что позволяет отнести литотип к коллекторам малой емкости (группа В, класс VII). Значения проницаемости изменяется от 0,0043 до 988,4 мДарси. Эффективная пористость от 0,15% до 13%.

Для известняков сгустково-комковатых R3 характерны смешанный, порово-кавернозный и трещинно-кавернозный тип коллекторов. Средняя проницаемость равна 4,9 мДарси (10-3мкм²), а средняя эффективная пористость 3,5%, что позволяет отнести литотип к коллекторам малой емкости (группа В, класс VIII по И. А. Конюхову). Значения проницаемости изменяется от 0,002 до 166 мДарси. Эффективная пористость от 0,2% до 12.4%.

Для известняков строматолитовых R2 характерен трещинно-кавернозный тип коллекторов. Средняя проницаемость равна 9,7 мДарси (10-3мкм²), а средняя эффективная пористость 1,38, что позволяет отнести литотип к коллекторам малой емкости (группа В, класс VIII по И. А. Конюхову). Значения проницаемости изменяется от 0,002 до 735 мДарси. Эффективная пористость от 0,17% до 5,6%.

Представленные коллекторы обладают низкими показателями фильтрационно-емкостных свойств, что позволило отнести запасы продуктивного пласта D3fm2 к трудноизвлекаемым (по Халимову Э.М.). [10]

Известняки микросгустковые глинистые с органогенным детритом (мадстоуны-вакстоуны), известняки микро-сгустковые водорослевые (мадстоун-вакстоун) L1 и L2 имеют среднюю проницаемость 0,043 мДарси, что позволяет отнести эти литотипы к флюидоупорам с пониженной экранирующей способностью (класс D по А.А Ханину). В отложениях мелководно-морских фаций формируются, как правило, глинистые покрывки невысокого качества. По площади распространения их можно классифицировать, как зональные и локальные.

Обломочные известняки склона рифового комплекса так же обладают низкими экранирующими свойствами (класс E по А.А Ханину), средняя проницаемость - 0,4 мДарси и эффективная пористость 1,5%. (Табл. 5)

Согласно керновым исследованиям, фильтрационно-емкостные свойства лучше проявлены в более зернистых разностях, ухудшенные свойства наблюдаются у менее зернистых литотипов. Можно предположить, что основную роль в формированию ФЕС сыграли первичные седиментационные свойства отложений, вторичные процессы имели наложенный характер, усилив емкостной потенциал первично пористых осадков и уплотнив более микрозернистые типы. В соответствии с этим, карта распространения фаций отражает распространение коллекторов и флюидупоров на площади.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выполнения работы по исследованию коллекторских свойств, строения и условий формирования пласта D3fm2 на территории восточной части Южно-Татарского свода Республики Башкортостан полученные результаты базируются на данных по 13 месторождениям, которые включают фотографии кернового материала по 14 скважинам мощностью от 5 до 48 м, отобранные из интервала 1366-1975 м, интерпретации результатов ГИС. Так же использовались данные по фильтрационно-емкостным свойствам. Поставленные цели и задачи были выполнены в ходе работы.

Продуктивные карбонатные отложения среднего фамена сформировались в условиях мелководно-морского бассейна в пределах карбонатной изолированной платформы и образуют слоисто-неоднородное пластовое тело. В ходе выполнения начальных этапов работы было выделено 8 структурно-генетических типов по описанию керна и шлифов. Они разделены на группы фаций. Фации прибрежной равнины: B2-Доломиты среднезернистые (грейнстоуны), B1 - Доломиты микрозернистый (мадстоуны). Фации лагуны: L2 - Известняки микросгустковые глинистые с органическим детритом (мадстоуны-вакстоуны), L1 - Известняки микро-сгустковые водорослевые (мадстоуны-вакстоуны). Рифовые фации: R1 - Известняки биогермные сферово-водорослевые с граноморфным запонителем (баундстоуны), R2 - Известняки строматолитовые (баундстоуны), R0 - Известняки обломочные (мадстоуны), R3 - Известняки сгустково-комковатые (пакстоуны). Важную роль в формировании отложений сыграла гидродинамическая активность бассейна. Вдольбереговые течения, волновая деятельность сформировали вытянутые относительно палеобереговой линии карбонатные тела барьерных отмелей, образовавшие положительные формы рельефа.

Образование различных структурно-генетических типов можно объяснить миграцией обстановок осадконакопления в течение двух трансгрессивно-регрессивных циклов, образующих отложения пласта D3fm2.

Анализ палеогеографических карт (масштаба 1:95000) распространения фаций и фильтрационно-емкостных свойств позволяют считать, что тела биогермного рифового комплекса, отличающиеся повышенными коллекторскими свойствами сформировались на трансгрессивных фазах седиментации. Эти тела сосредоточены в средней и нижней части пласта D3fm2. Биогермные массивы имеют высокое распространение в северной части полигона в районах газонефтяных месторождений Туймазинское, Калаевское и др.

Напротив, глинистые отложения лагунных фаций, которые имели большое распространение во время общего обмеления палеобассейна, обладают экранирующими свойствами и являются локальными флюидоупорами. Большую мощность имеют в верхней части разреза. Отложения лагунного комплекса развиты в южной части карты и распространены на таких месторождениях, как Аскардовское, Знаменское и др.

Проделанная работа позволит уточнить строение и свойства среднефаменского продуктивного пласта, в котором сосредоточены основные остаточные запасы месторождений Республики Башкортостан.

Сделанные выводы, в связи с ограниченным количеством скважин и данных по ним, являются предварительными, возможно их дальнейшее обоснование фактическим материалом.

Выражаю глубокую благодарность за помощь в процессе подготовки дипломной работы: моему научному руководителю д.г.-м.н., профессору С.Б. Шишлову, компании ООО «БашНИПИНефть» : руководителю сектора лито-фациального моделирования А.С. Душину, аспиранту кафедры геофизики А.А Гомонову.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев М.М., Г.П. Батанова, Р.О. Хачатрян и др., Девонские отложения Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, М.: «Недра», 1978, с. 123
2. Алкснэ А.Э., Логвин В.Ф. Критерии прогноза размещения девонских отложениях Юрюзано-Айской части Предуральяского краевого прогиба. Тр. УфНИИ, 1971, вып. XXIX, с.63-66.
3. Багринцева К.И. Условия формирования и свойства карбонатных коллекторов нефти и газа. М.: РГГУ, 1999 (II). 285 с.
4. Жузе Н. Г. Диатомовые водоросли СССР: ископаемые и современные. М: «Наука», 1974, с. 44-45
5. Маслов В.П. Строматолиты (их генезис, метод их учения, связь с фациями и геологическое значение на примере ордовика Сибирской платформы), Академия наук СССР, 1960, с. 132-146
6. Мирчинк М.Ф., О.М. Мкртчян, А.А. Трохова. Фанерозойские рифы и кораллы СССР. М: «Наука», 1975. – с. 102-105
7. Павлик Ю. А., Ф. А. Щербаков. Фации шельфа. М: Москва, 1996, стр.136-137
8. Сюндюков, А.З Литология, фации и нефтегазоносность карбонатных отложений Западной Башкирии (верхний девон, карбон, нижняя пермь). - Москва : Наука, 1975. – с. 174 .
9. Уилсон Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории. Пер. с англ., М., Недра, 1980. Глава I-II –с.30, с. 5-10
10. Халимов Э.М. , Лисовский Н.Н. О классификации трудноизвлекаемых запасов. Вестник ЦКР Роснедра – 2009. № 6

Фондовая литература:

11. Юнусов М. А. Строение и эволюция осадочного чехла платформенной Башкирии, в связи с закономерностями размещения залежей нефти и газа БашНИПИНефть, 1966
12. НК Роснефть. Создание петрофизической модели и методики Интерпретации геофизических исследований скважин, М: МОСКВА, 2010

Электронные журналы:

13. Душин А.С., Рыкус М.В., Наумов Г.В., Гаймалетдинова Г.Ф

Условия осадконакопления, диагенетические процессы и их влияние на коллекторские свойства верхнесилурийско-нижнедевонских карбонатных пород месторождений им. Р. Требса и а. Титова , «Нефтегазовое дело», 2015, с. 20-44.

14. Минкаев, В.Н. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности нижнепермских отложений Южно-Татарского свода, Научная Электронная Библиотека, 2004
15. Мусихин А.Д., Осинцева Н.А., Сивальнева О. В. Китаева И. А. Условия формирования пород-коллекторов фаменских отложений центральной части восточного борта Хоревейской нефтегазоносной области Тимано-Печорской провинции, Нефтегазовая геология. Теория и практика -2012, <http://www.ngtp.ru>
Электронные ресурсы
16. Повышение эффективности разработки визейского объекта Русиновского месторождения нефти с применением циклического заводнения , Дипломная работа [Электронный ресурс] URL: <https://wudger.ru/cg/razrabotka-i-ekspluatatsiya-neftyanyx-i-gazovyx-skvazhin/povyshenie-effektivnosti-rusinovskogo-zavodneniya.htm>
17. Башкортостан [Электронный ресурс] URL: http://wiki02.ru/encyclopedia/Neftegazonosnyy_kompleks/t/9663
18. Розанов Л.Н., Ю. Н. Слепов, Изучение глубинной тектоники в районах восточного края Русской платформы, Библиотека Дамирджана [Электронный ресурс] URL: <http://geolib.ru/OilGasGeo/1960/06/Stat/stat04.html>