

Седиментационно-емкостная модель подсолевых отложений южного Предуралья и сопредельных территорий

*В.А. Жемчугова**, Г.Г. Ахманов, Ю.В. Наумчев, В.В. Панков, Е.Е. Карнюшина
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Зона сочленения Прикаспийской синеклизы, Русской плиты и Предуральского прогиба характеризуется сложным строением, но довольно детально изучена в ходе масштабных геолого-геофизических работ и бурения при поисках месторождений полезных ископаемых. С подсолевыми отложениями связываются основные перспективы прироста запасов углеводородов в этом регионе. Это делает актуальным переосмысление имеющихся данных и проведение научного анализа для выявления закономерностей формирования осадочных комплексов и интегральной оценки их возможной углеводородной продуктивности средствами седиментационного моделирования. В работе детально рассмотрены строение и история формирования пяти крупных осадочных комплексов: ордовикско-нижнедевонского, эмско-среднедевонского, франско-турнейского, визейско-верхнекаменноугольного и пермского. Для каждого комплекса определены структурно-формационная позиция и условия осадконакопления, которые должны определять углеводородную продуктивность локальных объектов. Выявленная взаимосвязь между условиями накопления карбонатных отложений и их потенциальными коллекторскими свойствами послужила основой прогноза продуктивности региональных природных резервуаров. В работе представлена генерализованная модель формирования подсолевых толщ и прогноз пространственного распределения разнофациальных отложений, играющих роль аккумулирующих и консервирующих толщ. Полученные результаты применимы в практике нефтегазопоисковых работ в регионе.

Ключевые слова: Южное Предуралье, подсолевые отложения, природный резервуар, седиментационное моделирование, палеозой, карбонатные породы, мелководно-морское осадконакопление, углеводородная продуктивность, осадочные комплексы

Для цитирования: Жемчугова В.А., Ахманов Г.Г., Наумчев Ю.В., Панков В.В., Карнюшина Е.Е. (2019). Седиментационно-емкостная модель подсолевых отложений южного Предуралья и сопредельных территорий. *Георесурсы*, 21(2), с. 94-109. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.94-109>

Подсолевые отложения зоны сочленения Русской плиты, Предуральского прогиба и Прикаспийской синеклизы (рис. 1) представляют собой один из важнейших объектов для исследования как с научной позиции, так и с практической. История геологического изучения этой территории насчитывает не одно столетие. За это время накоплен обширный фактический материал, касающийся строения и нефтегазоносности осадочных толщ этого региона и требующий систематизации и переосмысления. Кроме того, за последние десятилетия существенной корректировке подверглись представления о процессах накопления осадков, постседиментационных трансформациях осадочного материала и особенностях реализации коллекторского потенциала. Все это делает необходимым обобщение имеющихся данных и проведение научного анализа, для выявления закономерностей формирования осадочных комплексов и оценки их возможной углеводородной продуктивности.

Одним из необходимых условий повышения достоверности прогноза перспективных на нефть и газ объектов является установление закономерностей распределения отложений в разрезе осадочного чехла, состав и свойства которых определяют возможности аккумуляции углеводородов и консервацию их скоплений. Решение

этой задачи связано с анализом условий формирования потенциальных коллекторов и покрышек, реализованным в виде седиментационного моделирования.

Создание седиментационной модели подсолевых отложений рассматриваемого региона осуществлялось на основе комплекса методик, разработанных как отечественными (Наливкин, 1956; Страхов, 1961; Фролов, 1990 и др.), так и зарубежными (Конибер, 1979; Селли, 1989; Уилсон, 1980; Хеллем, 1983; Tucker, Wright, 1996) исследователями. Уточнение геологического возраста и корреляция отложений проводились с использованием методических приемов секвенс-стратиграфии.

Согласно существующим представлениям, в истории формирования подсолевых отложений региона обособляются несколько этапов, каждый из которых характеризуется своеобразием структурообразующих движений, особенностями седиментогенеза и, как правило, специфической проявления процессов нефтегазообразования и нефтегазонакопления. Сформировавшиеся в течение таких этапов породные комплексы разделены поверхностями субэкринных несогласий, имеющих региональное распространение и фиксирующих значительные изменения седиментационных ситуаций. Они, как правило, хорошо отображаются в волновом поле и образуют опорные отражающие горизонты.

По результатам хроностратиграфического анализа выделено пять комплексов: ордовикско-нижнедевонский, эмско-среднедевонский, франско-турнейский, визейско-

* Ответственный автор: Валентина Алексеевна Жемчугова
E-mail: zem@gds.ru

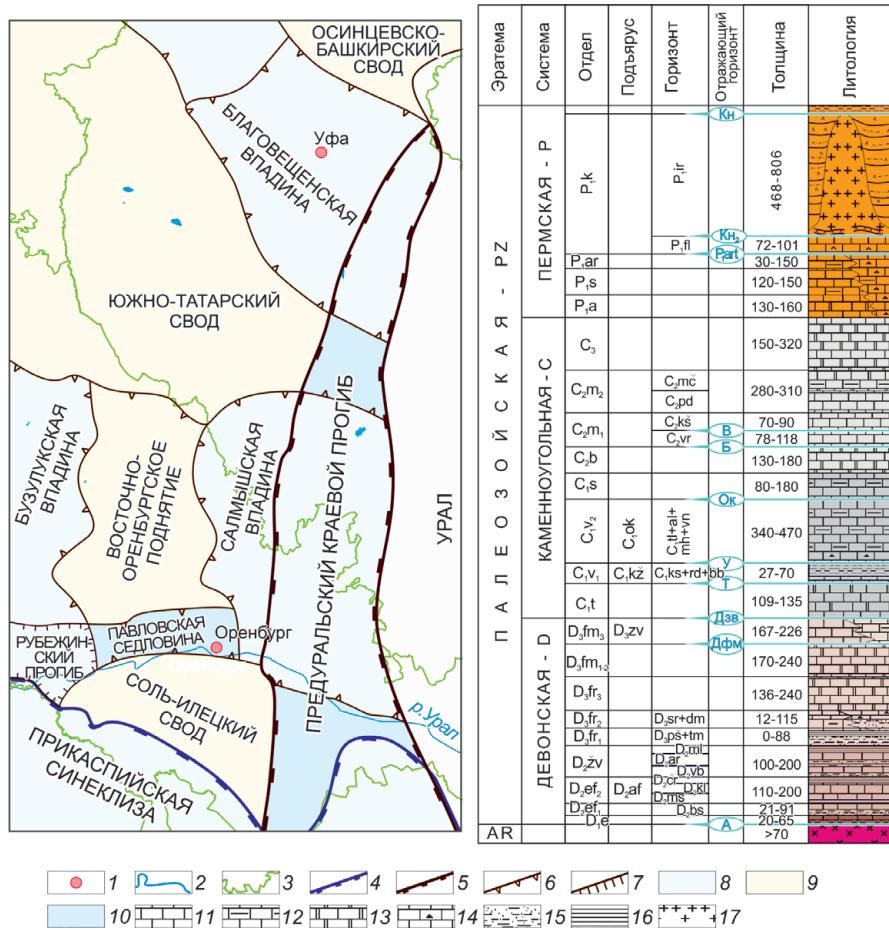


Рис. 1. Обзорная карта и сводный литолого-стратиграфический разрез района исследований. 1 – города; 2 – реки; 3-7 – границы: 3 – государственные и административные, 4-5 – надпорядковых тектонических элементов: 4 – Прикаспийского нефтегазоносного бассейна, 5 – Предуральского краевого прогиба, 6 – тектонических элементов первого порядка, 7 – тектонических элементов второго порядка; 8 – впадины, депрессии, прогибы; 9 – своды, поднятия; 10 – седловины; 11-14 – известняки: 11 – чистые, 12 – глинистые, 13 – доломитистые, 14 – глинисто-битуминозные; 15 – переслаивание глин, алевролитов и песчаников; 16 – глины; 17 – соли. Горизонты: D₂bs – бийский, D₂ms – мосоловский, D₂kl – клинцовский, D₂cr – чернорарский, D₂vb – воробьевский, D₂ar – ардатовский, D₂ml – муллинский, D₂ps – пашийский, D₂tm – тиманский, D₂sr – сараевский, D₃dm – доманиковский, C₂ks – косьвинский, C₂rd – радаевский, C₂bb – бобринский, C₂tl – тульский, C₂al – алексинский, C₂mh – михайловский, C₂yn – веневский, C₂yr – верейский, C₂ks – каширский, C₂pd – подольский, C₂mc – мячковский, P₁fl – филипповский, P₁ir – иреньский.

верхнекаменноугольный и пермский, со свойственными каждому из них структурно-формационной позицией и условиями осадконакопления, которые, по большому счету, контролируют углеводородную продуктивность локальных объектов.

В пределах рассматриваемого региона эти породные комплексы имеют различную стратиграфическую полноту.

Седиментационные модели

Ордовикско-нижнедевонский комплекс на сегодняшний день весьма скудно охарактеризован материалами сейсморазведочных работ и единичными скважинами. На юге разрез комплекса формируют ордовикско-силурийские терригенно-карбонатные отложения различного стратиграфического наполнения. Ордовикская часть комплекса представлена толщей переслаивания аргиллитов, алевролитов и песчаников. Распространение ордовикских отложений определяется границами Оренбургского палеорифта, занимавшего в ордовике территорию Соль-Илецкого свода и примыкающих к нему с востока районов (Nikishin et al., 1996).

Формирование эмско-среднедевонского комплекса в пределах изучаемого полигона происходило главным образом в условиях мелководно-морского бассейна с преобладающей карбонатной седиментацией. На большей части рассматриваемой территории нижняя граница комплекса проводится по поверхности стратиграфического несогласия, образовавшейся во время предсреднедевонского (а в Предуральском краево прогибе (ПКП) и Прикаспийской синеклизе – предпозднеэмского) перерыва, сливающейся

в зонах отсутствия ниже-среднедевонских отложений с предпозднефаменской. Этот перерыв по продолжительности и площади распространения был одним из самых крупных в истории развития осадочного чехла Восточно-Европейской платформы.

Стратиграфический диапазон размытых отложений возрастает в западном направлении, в соответствии с чем, эмские породы трансгрессивно перекрывают с востока на запад сначала пражские и лохковские отложения нижнего девона (западный склон Урала и, возможно, восточный борт ПКП), а затем силурийские и даже ордовикские породы.

Начало образования комплекса связано с эмским веком, который ознаменовался широкомасштабной трансгрессией, вызванной резким ростом уровня Мирового океана в середине эмского века, обеспечившим продвижение морских обстановок на запад. Старт трансгрессии отмечается базальной пачкой косослоистых кварцевых песчаников, гравелитов, с прослоями алевролитов и аргиллитов такатинской свиты (ранний эмс), развитой на востоке ПКП. На остальной части района исследований возрастному интервалу свиты соответствует перерыв в осадконакоплении. Здесь в пределах «оренбургского сегмента» разрез эмско-среднедевонского комплекса начинается с вязовского горизонта (поздний эмс). Преобладание в составе горизонта остатков нормальной морской биоты свидетельствует о мелководно-морских обстановках накопления слагающих его известняков и доломитов. Близкие условия седиментации были характерны до койвенского времени (вторая половина позднего эмса).

В северных участках – в пределах «башкирского сегмента» – среднедевонские отложения залегают с несогласием

на рифейско-вендских породах. Распределение различных по литологии и толщинам отложений в разрезе *эйфельского* яруса во многом определяется топографией дна морского бассейна и прилегающей суши (рис. 2). Последняя обеспечила преимущественно обломочный состав отложений бийского горизонта на значительной территории. Они формировались в прибрежной зоне, смещавшейся на север по мере развития трансгрессии.

На остальной части района разрез бийского горизонта характеризуется, в целом, сходством слагающих его биокластовых известняков и доломитов, что свидетельствует о широком развитии здесь морских мелководных обстановок осадконакопления. Исключение составляет Соль-Илецкий палеосвод, где бийские отложения отсутствуют.

Изменение седиментационной ситуации характерно для второй половины эйфеля. В начале афонинского времени фиксируется углубление морского бассейна, приведшее к частичному затоплению палеосуши на месте Осинцевско-Башкирского свода и расширению области карбонатной седиментации на север. В это время возобновляется осадконакопление на Соль-Илецком палеосводе, где в условиях обширной карбонатной отмели начинается рост небольших кораллово-строматопоровых биогерм.

На западе, в районе Рубежинского прогиба Бузулукской впадины, устанавливаются относительно глубоководные условия, определившие накопление значительных по мощности толщ пелитоморфных известняков с кониконхиями и радиоляриями, в различной степени обогащенных глинистым материалом и органическим веществом.

С поздним эйфелем также связывается резкое углубление морского бассейна в районе Прикаспийской синеклизы. Разрез среднего девона здесь представлен кремнисто-битуминозными микритовыми известняками, кремнями, горючими сланцами с фауной гониатит, с конодонтами, брахиоподами, радиоляриями. Предполагается, что на северном склоне этой впадины могли формироваться органогенные постройки, что подтверждается данными бурения в скв. 501-Вершиновская.

Уменьшение глубины бассейна седиментации в снижения уровня моря в конце эйфеля вызвало осушение значительной части мелководного шельфа, отразившееся во фрагментарном распространении отложений черноровского горизонта.

Началу *живетского* века отвечает перерыв в осадконакоплении, в результате которого большая часть изучаемого района находилась в зоне субэвразального размыва. Осадконакопление в это время происходило, вероятно, лишь в топографических низинах, сохранившихся с предыдущего века: на востоке Бузулукской впадины и в Прикаспийской синеклизе, где распространены отложения воробьевского горизонта (рис. 3). В западных разрезах этот горизонт сложен прибрежными обломочными, глинисто-карбонатными и мелководно-морскими карбонатными отложениями; на юге к нему отнесена маломощная пачка глинисто-битуминозных известняков.

Расширение и углубление морского бассейна характерно для ардатовского времени (рис. 4). Существенно увеличившаяся в размерах «воробьевская» впадина на западе района исследований заполнялась сначала обломочным,

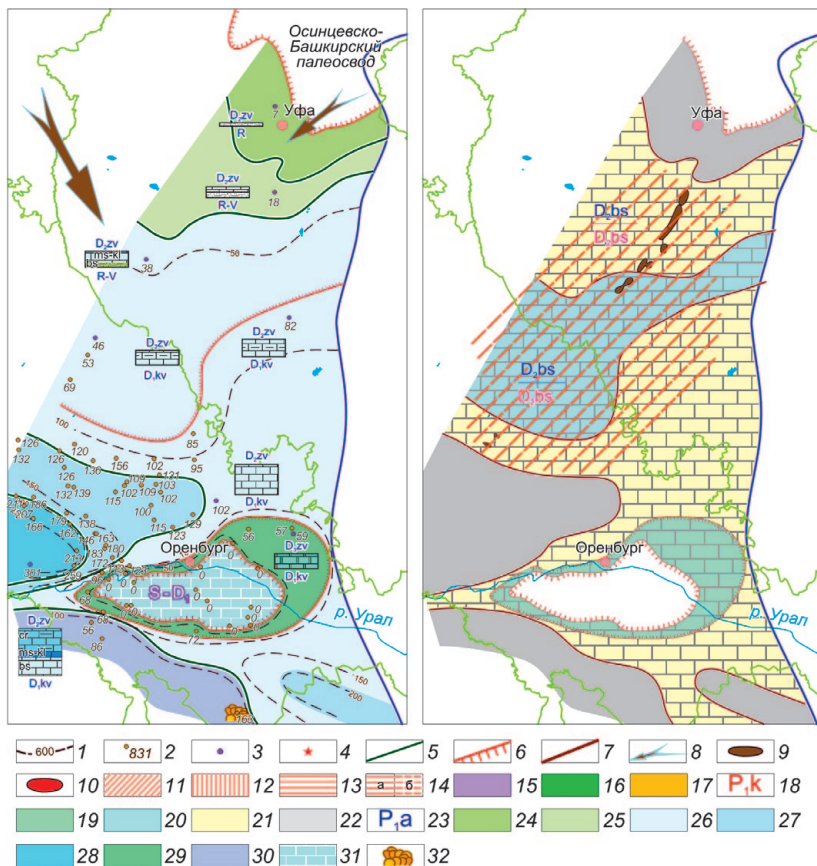


Рис. 2. Карта литолого-фациального районирования (слева) и карта относительного качества коллекторов и флювиодельт отложений эйфельского яруса. 1 – изопахиты, м; 2-3 – положение опорных скважин с установленной толщиной стратона, м, 3 – с эталонным разрезом; 4 – обнажения; 5-7 – границы: 5 – зон развития осадочных комплексов, 6 – отсутствия отложений; 7 – зон развития коллекторов соответствующего класса; 8 – основные направления сноса обломочного материала; 9-10 – залежи: 9 – нефти, 10 – газа; 11-18 – характеристика покрышек: 11-13 – вещественный состав: 11 – глинистые известняки и доломиты, 12 – ангидриты, 13 – глины и аргиллиты; 14а – развитые в соответствующем комплексе, 14б – развитые в перекрывающем комплексе; 15-17 – экраннующие свойства: 15 – высокие, 16 – средние, 17 – низкие; 18 – возраст; 19-22 – преобладающий класс коллекторов: 19 – АВ ($K_n=15-20\%$, $K_{np} = 0.1-0.5 \text{ мкм}^2$), 20 – ВС ($K_n=10-15\%$, $K_{np} = 0.1-0.01 \text{ мкм}^2$), 21 – CD ($K_n=7-10$, $K_{np} = 0.01-0.001 \text{ мкм}^2$), 22 – D ($K_n < 7$, $K_{np} < 0.001 \text{ мкм}^2$, $K_{np} > 0.1 \text{ мкм}^2$); 23 – возраст коллекторов; 24-31 – зоны преобладающего развития отложений: 24 – прибрежных равнин с обломочным осадконакоплением, 25 – прибрежных равнин с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 26 – мелководного шельфа с карбонатным осадконакоплением, 27 – впадин на мелководном шельфе с карбонатным осадконакоплением, 28 – впадин на мелководном шельфе с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 29 – карбонатных отмелей,

30 – относительно глубоководного бассейна с кремнисто-карбонатным осадконакоплением, 31 – предполагаемый тип отложений в зонах размыва; 32 – одиночные органогенные постройки.

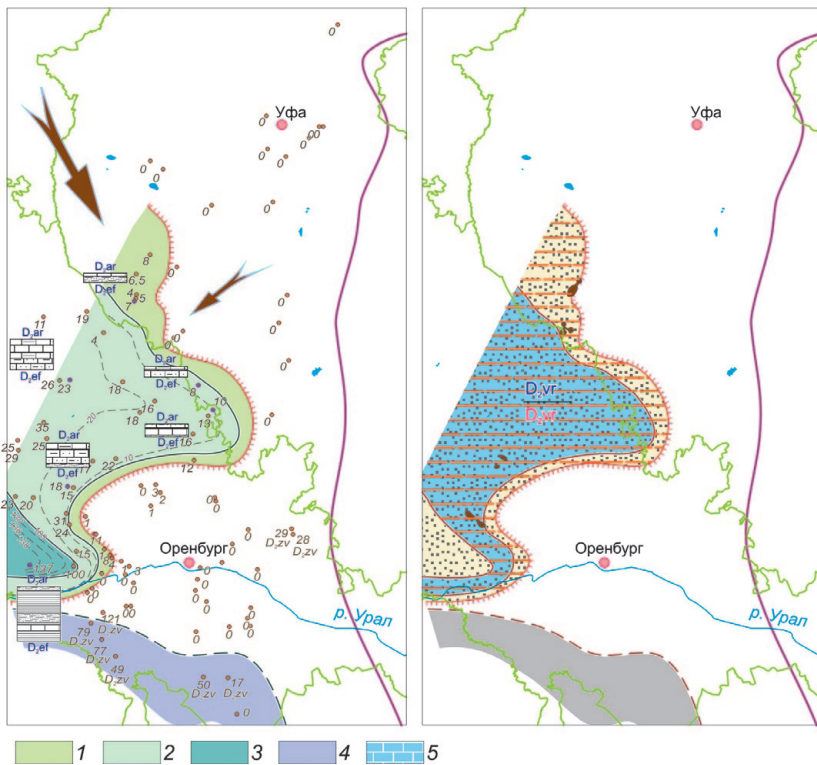


Рис. 3. Карта литолого-фациального районирования (слева) и карта относительного качества коллекторов и флюидоупоров (справа) воробьевского горизонта. 1-4 – зоны преобладающего развития отложений: 1 – прибрежных равнин с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 2 – мелководного шельфа с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 3 – впадин на мелководном шельфе с преобладающим обломочным осадконакоплением, 4 – относительно глубоководного бассейна с карбонатно-кремнисто-битуминозным осадконакоплением; 5 – предполагаемый тип отложений в зонах размыва.

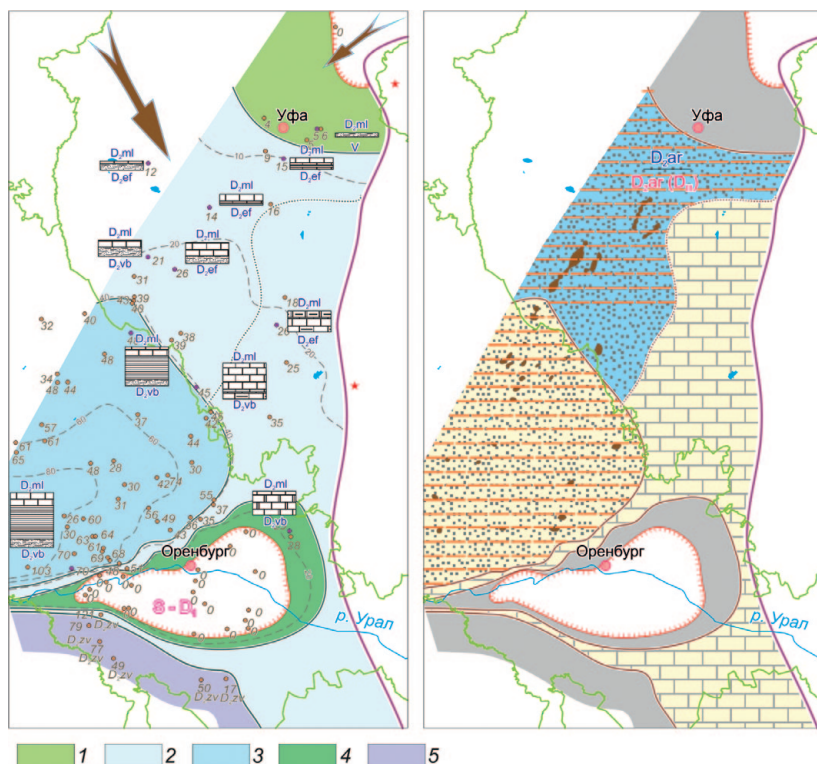


Рис. 4. Карта литолого-фациального районирования (слева) и карта относительного качества коллекторов и флюидоупоров (справа) ардатовского горизонта. 1-5 – зоны преобладающего развития отложений: 1 – прибрежных равнин с обломочным осадконакоплением, 2 – мелководного шельфа с карбонатным осадконакоплением, 3 – впадин на мелководном шельфе с преобладающим глинисто-карбонатным осадконакоплением, 4 – карбонатных отмелей, 5 – относительно глубоководного бассейна с карбонатно-кремнисто-битуминозным осадконакоплением.

а затем и карбонатным материалом. Снос осуществлялся преимущественно с северо-запада. Именно в это время сформировались регионально развитые песчаные продуктивные пласты (Жемчугова, Мятчин, 2015).

Смена обломочного прибрежного осадконакопления мелководно-морским отражена на большей части изученного района в двучленном строении разреза ардатовского горизонта: в основании его на западе залегают песчано-глинистые, на востоке – глинисто-карбонатные отложения, вверх по разрезу сменяющиеся карбонатными. Лишь на самом севере горизонт представлен маломощной пачкой переслаивания аргиллитов, алевролитов и песчаников,

имеющих прибрежный генезис, накопление которых связано, вероятно, с максимумом трансгрессии. На это же время приходится формирование карбонатной отмели с преобладающей водорослевой седиментацией в районе Соль-Илецкого палеосвода.

Для муллинского времени (рис. 5) рисунок фациальной зональности практически не меняется, однако слагающие горизонт отложения свидетельствуют о резком сокращении карбонатного осадконакопления на рассматриваемой территории. Это было связано главным образом с увеличением количества приносимого в морской бассейн глинистого и пелитоморфного карбонатного материала,

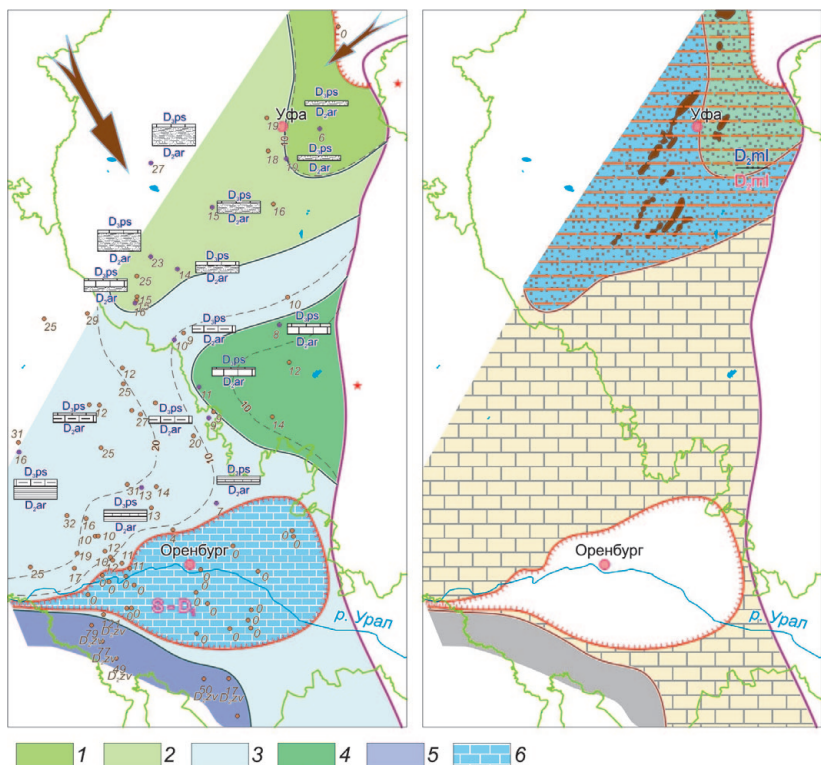


Рис. 5. Карта литолого-фациального районирования (слева) и карта относительного качества коллекторов и флюидоупоров (справа) муллинского горизонта. 1-5 – зоны преобладающего развития отложений: 1 – прибрежных равнин с обломочным осадконакоплением, 2 – прибрежных равнин с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 3 – мелководного шельфа с карбонатным осадконакоплением, 4 – карбонатных отмелей, 5 – относительно глубоководного бассейна с карбонатно-кремнисто-битуминозным осадконакоплением; 6 – предполагаемый тип отложений в зонах размыва.

подавляющего жизнедеятельность известьсекретирующих организмов. Часть этого материала сносилась с островной суши, существовавшей на древнем Соль-Илецком поднятии, поскольку к концу живетского века эта суша значительно расшилась по площади, поглотив участки карбонатных отмелей.

Эмско-среднедевонский и франко-турнейский комплексы разделены региональным несогласием, коррелируемым с глобальным падением уровня Мирового океана, сопровождавшимся структурной перестройкой Русской плиты.

В основании **франко-турнейского комплекса** залегают обломочные отложения пашийского горизонта, накопление которых происходило в условиях мигрировавших по мере развития франкской трансгрессии побережий. Господство в это время крайне мелководных обстановок осадконакопления определило изменчивые состав и мощности пашийских отложений (рис. 6).

Основными источниками сноса обломочного материала служили осушенные поднятия в районе Татарского и Осинцевско-Башкирского сводов. Об этом свидетельствует преобладание в разрезе пашийского горизонта крупно-

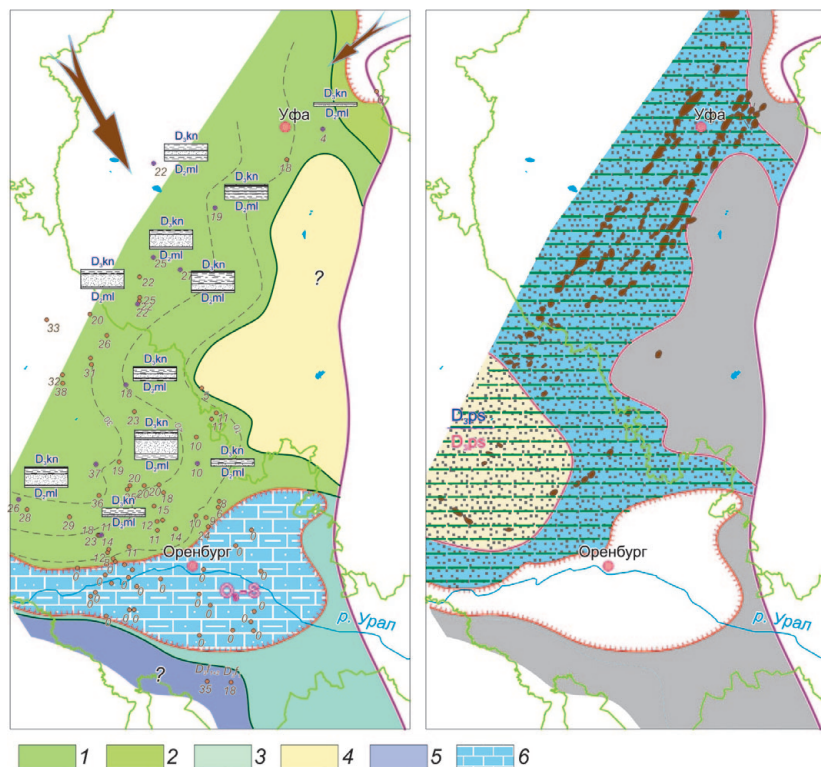


Рис. 6. Карта литолого-фациального районирования (слева) и карта относительного качества коллекторов и флюидоупоров (справа) пашийского горизонта. 1-5 – зоны преобладающего развития отложений: 1 – прибрежных равнин с обломочным осадконакоплением, 2 – временами заливаемого побережья, 3 – опресненного мелководного бассейна, 4 – островного мелководья с глинистым осадконакоплением, 5 – относительно глубоководного бассейна с карбонатно-кремнисто-битуминозным осадконакоплением; 6 – предполагаемый тип отложений в зонах размыва.

среднезернистого плохо отсортированного песчаного материала на их склонах. Накопление осадков в пашийское время происходило в мелководном опресненном бассейне, на что указывают своеобразный биоценоз ползающих и зарывающихся в осадок эвригалинных организмов (Алиев и др., 1978).

Последовательное углубление бассейна наблюдается во второй половине *раннефранского времени*. Выдержанный литологический состав разреза тиманского (кыновского) и саргаевского горизонтов, присутствие в них известняков с типичной морской фауной свидетельствуют о преобладании в исследуемом районе морских обстановок седиментации и о развивавшейся с юга и востока трансгрессии. Эта трансгрессия в саргаевское время привела к смене преимущественно обломочного осадконакопления карбонатным.

В тиманское время севернее Соль-Илецкого палеосвода сформировалась относительно глубоководная впадина (рис. 7). В ней накапливались типичные доманикиты с характерной для подобных палеобатиметрических зон биотой (кониконхии, стилиолины, реже радиолярии). Отложения заполнения этой впадины, представленные в нижней части обломочными, а в верхней – глинисто-карбонатными отложениями, выделяются как колганская толща. На север от палеосвода возраст этой толщи изменяется от саргаевского до позднефранского.

В доманиковом времени на большей части исследуемого полигона существовали достаточно глубоководные условия. В первую очередь, это касается Актаныш-Чишминского прогиба (рис. 8), где в условиях недокомпенсации накапливались кремнисто-битуминозные известняки с пелелиподово-радиоляриево-кониконхиевым комплексом биогенных остатков.

Наиболее приподнятые участки Осинцевско-Башкирского палеосвода оставались незатопленными, и с них в глубоководную впадину сносился тонкообломочный

глинистый материал. Близкая ситуация была характерна для участков акватории, соседствующих с Соль-Илецким палеосводом. В зонах, переходных от мелководных к глубоководным, преобладала глинисто-карбонатная седиментация.

Типично мелководно-шельфовые условия были характерны для южных «оренбургских» участков района исследований. Здесь накапливались преимущественно биокластовые осадки, слабо глинистые и слабо битуминозные. Их небольшая мощность подчеркивает стабильную обстановку мелководья. На мелководные условия указывает биоценоз, включающий нормально морскую бентосную фауну.

Позднефранский этап развития изучаемого района характеризуется дальнейшей дифференциацией рельефа дна морского бассейна и, в целом, сокращением области некомпенсированного осадками погружения (рис. 9). Осинцевско-Башкирский свод в это время в своей западной части был перекрыт осадками. Транспортировка песчано-алевритового обломочного материала происходила в основном с Воронежской антеклизы.

Актаныш-Чишминский прогиб уменьшился в размерах, однако в его прогнутых частях продолжали накапливаться кремнисто-битуминозные карбонатные отложения с обильными остатками радиолярий, кониконх, бухиол и другой глубоководной фауны. На северном борту прогиба в позднефранское время формировались многочисленные карбонатные постройки. Как правило, эти постройки приурочены к протяженным асимметричным поясам отмелей, разделяющих области мелководного карбонатного и относительно глубоководного глинисто-кремнисто-карбонатного осадконакопления. Рифостроителями в них выступали строматопороидеи, кораллы, микробные сообщества.

Соль-Илецкий палеосвод в позднефранское время оставался островной областью и продолжал поставлять

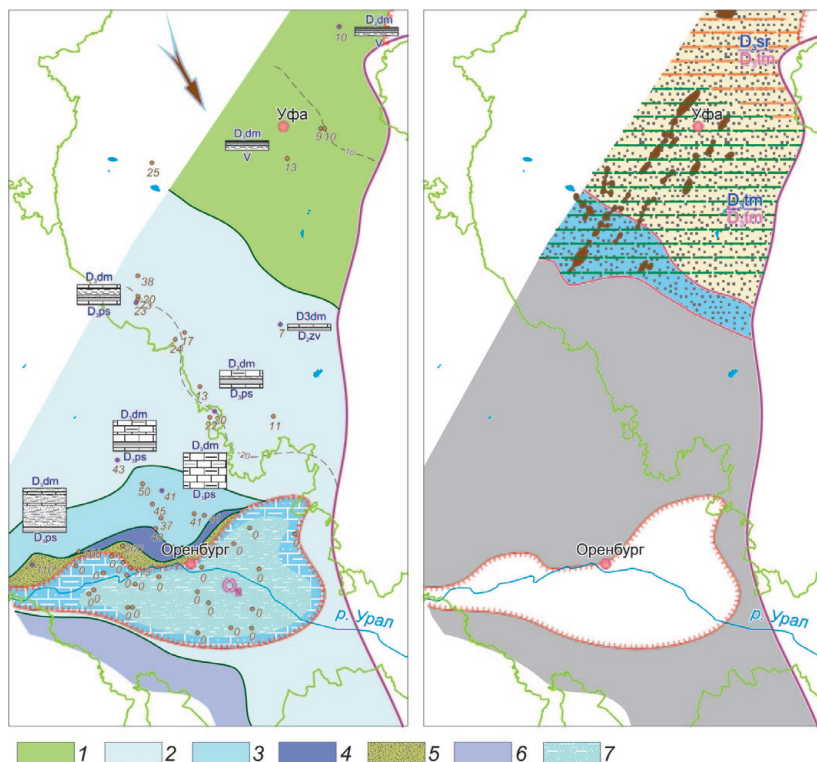


Рис. 7. Карта литолого-фациального районирования (слева) и карта относительного качества коллекторов и флюидоупоров (справа) тиманского и саргаевского горизонтов. 1-6 – зоны преобладающего развития отложений: 1 – прибрежных равнин с обломочным осадконакоплением, 2 – мелководного шельфа с карбонатным осадконакоплением, 3 – мелководного шельфа с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 4 – некомпенсированных впадин на шельфе с битуминозно-глинисто-карбонатным осадконакоплением, 5 – обломочной толщи заполнения глубоководной впадины, 6 – относительно глубоководного бассейна с карбонатно-кремнисто-битуминозным осадконакоплением; 7 – предполагаемый тип отложений в зонах размыва.

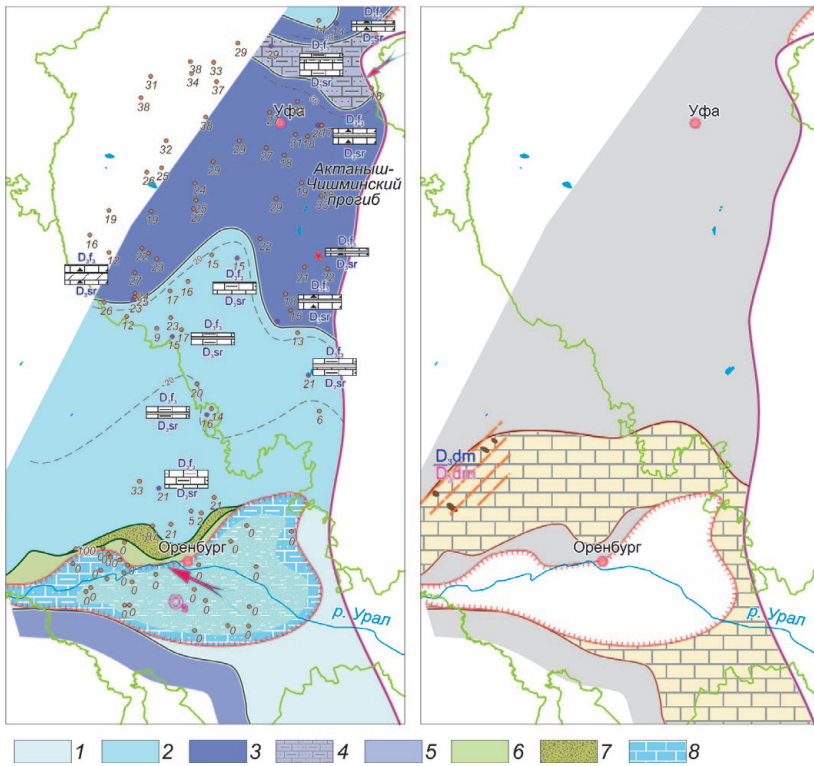


Рис. 8. Карта литолого-фациального районирования (слева) и карта относительного качества коллекторов и флюидоупоров (справа) доманиковского горизонта. 1-7 – зоны преобладающего развития отложений: 1 – мелководного шельфа с карбонатным осадконакоплением, 2 – мелководного шельфа с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 3 – некомпенсированных впадин на шельфе с битуминозно-глинисто-карбонатным осадконакоплением, 4 – некомпенсированных впадин на шельфе с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 5 – относительно глубоководного бассейна с карбонатно-кремнисто-битуминозным осадконакоплением, 6 – прибрежных равнин с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 7 – обломочных толщ заполнения глубоководной впадины; 8 – предполагаемый тип отложений в зонах размыва.

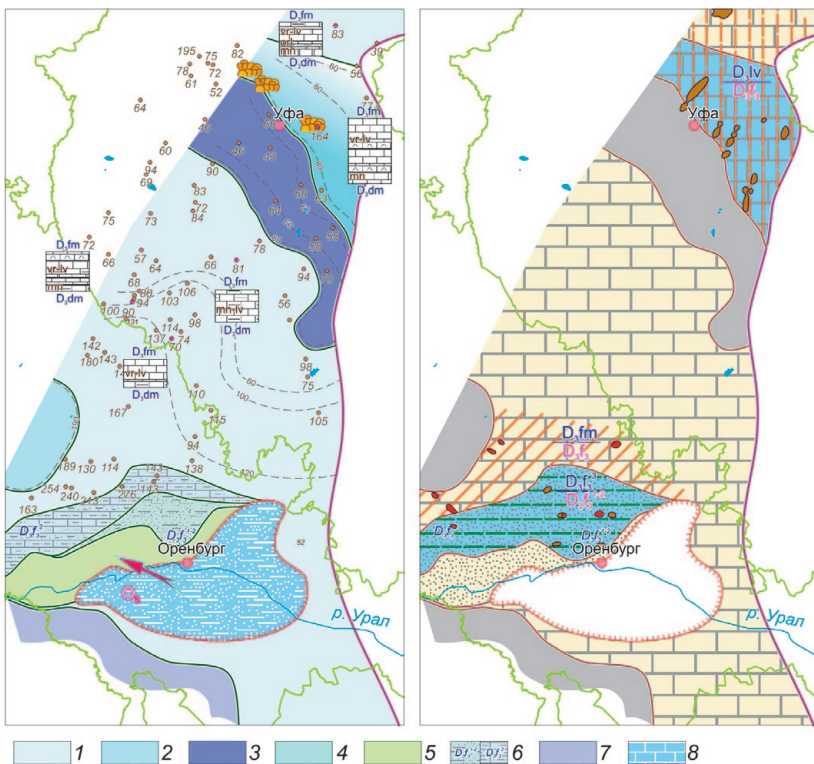


Рис. 9. Карта литолого-фациального районирования (слева) и карта относительного качества коллекторов и флюидоупоров (справа) доманиковского горизонта. 1-7 – зоны преобладающего развития отложений: 1 – мелководного шельфа с карбонатным осадконакоплением, 2 – мелководного шельфа с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 3 – некомпенсированных впадин на шельфе с битуминозно-глинисто-карбонатным осадконакоплением, 4 – склона некомпенсированной впадины с органогенными постройками, 5 – прибрежных равнин с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 6 – толщ заполнения глубоководной впадины разного возраста, 7 – относительно глубоководного бассейна с карбонатно-кремнисто-битуминозным осадконакоплением; 8 – предполагаемый тип отложений в зонах размыва.

в прилегающий мелководный бассейн обломочный материал на приостровное побережье. Здесь в условиях приливно-отливных равнин и мелководных сублиторалей накапливались алевро-пелитовые осадки, наращивая субаэральную часть палеосвода на север. Лишь во второй половине франа в результате резкого повышения уровня моря проградационный характер развития этого участка бассейна сменился ретроградационным, и прибрежные обстановки стали продвигаться в обратном направлении. Самые молодые фрагменты колганской толщи имеют раннефаменский возраст и перекрывают на палеосводе как

полигенные франские отложения, так и разновозрастные породы силура и ордовика.

Начиная, по-видимому, с раннефаменского времени (рис. 10), усилилась дифференциация морского дна на северо-западе изучаемого района. Южный борт Бузулукской впадины был втянут в прогибание совместно с заложившимся в позднем фране Муханово-Ероховским некомпенсированным прогибом (Геологическое строение..., 1997). Значительные глубины морского бассейна обеспечили накопление здесь мощных толщ карбонатных, в различной степени глинистых илов.

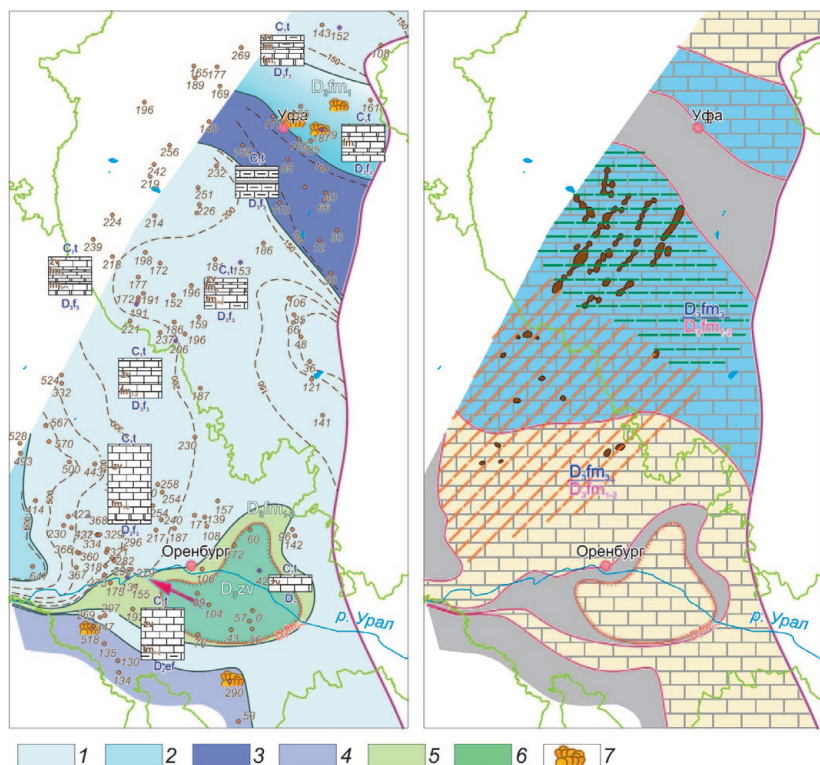


Рис. 10. Карта литолого-фациального районирования (слева) и карта относительного качества коллекторов и флюидоупоров (справа) отложений фаменского яруса: 1 – мелководного шельфа с карбонатным осадконакоплением, 2 – мелководного шельфа с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 3 – некомпенсированных впадин на шельфе с битуминозно-глинисто-карбонатным осадконакоплением, 4 – относительно глубоководного бассейна с карбонатно-кремнисто-битуминозным осадконакоплением, 5 – прибрежных равнин с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 6 – карбонатных отмелей; 7 – одиночные органогенные постройки.

В Прикаспийской синеклизе глубоководный бассейн был отделен от мелководного морфологически выраженным уступом. Однако роста биогенных построек в его пределах не происходило. По-видимому, это было связано с тем, что близко расположенная суша, в пределах которой эродировались не только мелководно-шельфовые карбонаты, но и более древние обломочные отложения, поставляла во впадину значительные массы обломочного материала. Возможно, именно обогащение вод пелитовыми частицами препятствовало процессу нормального биогермообразования на морфологически выраженном уступе. Однако одиночные рифогенные массивы росли на приподнятых участках в самой Прикаспийской синеклизе. Так, например, на Песчаной площади развита одиночная постройка высотой около 600 м, которая наращивалась на протяжении практически всего фаменского и турнейского веков. Она достаточно хорошо отображается в волновом поле, и ее наличие и местоположение типично для подобного рода обстановок осадконакопления. Сходными по морфологии и специфике формирования являются постройки на Нагумановской и Вершиновской структурах.

Вблизи этих построек развиты как склоновые отложения, так и карбонатные конуса выноса. Последние в разрезах скважин представлены толщей обломочных известняков в ассоциации с битуминозно-кремнисто-карбонатными породами. Положение их на профиле седиментации, литологический состав и текстурно-структурные особенности свидетельствуют о том, что эти своеобразные карбонатные тела, достаточно локализованные в пространстве, представляют собой фрагменты карбонатных конусов выноса, приуроченных к краю карбонатной платформы.

В заволжское время (поздний фамен) в результате общего углубления всего бассейна седиментации Соль-Илецкий палеосвод был затоплен, но глубина моря на

большей его части была крайне мала, что определило господство водорослевой седиментации.

В целом, рисунок фациальной зональности, свойственный позднефаменскому времени, сохранился и для турнейского века (рис. 11). Глубоководные условия осадконакопления на исследуемом полигоне остались лишь на узком участке, сохранившемся от Актаныш-Чишминского прогиба, а также в Прикаспийской синеклизе. На остальной территории района исследований господствовали мелководно-морские обстановки седиментации.

Начало формирования **визейско-башкирского комплекса** ознаменовалось крупной регрессией, особенно отчетливо проявившейся в северных участках рассматриваемого района. Значительная часть района была выведена на поверхность и в течение достаточно продолжительного времени представляла собой сушу, подвергавшуюся размыву. В разрезах западного склона Урала перерыву в осадконакоплении отвечает формирование толщи грубо-обломочных пород. Осадконакопление возобновилось в **козьвинское время**, когда бассейн стал последовательно заполняться сначала глинистыми, а затем и глинисто-карбонатными отложениями.

В **радаевское и бобриковское время** рисунок фациальной зональности практически не изменился, и на рассматриваемой территории продолжали существовать прибрежно-морские и мелководно-морские обстановки осадконакопления. По-видимому, этому времени отвечает последняя фаза компенсации Актаныш-Чишминского прогиба (рис. 12).

Начавшаяся во второй половине средневизейского времени трансгрессия в **окское время** охватила всю рассматриваемую территорию и предопределила господствующее развитие в ее пределах мелководно-морских обстановок осадконакопления (рис. 13). В условиях обширных выровненных шельфовых равнин накапливались преимущественно биокластовые известняки.

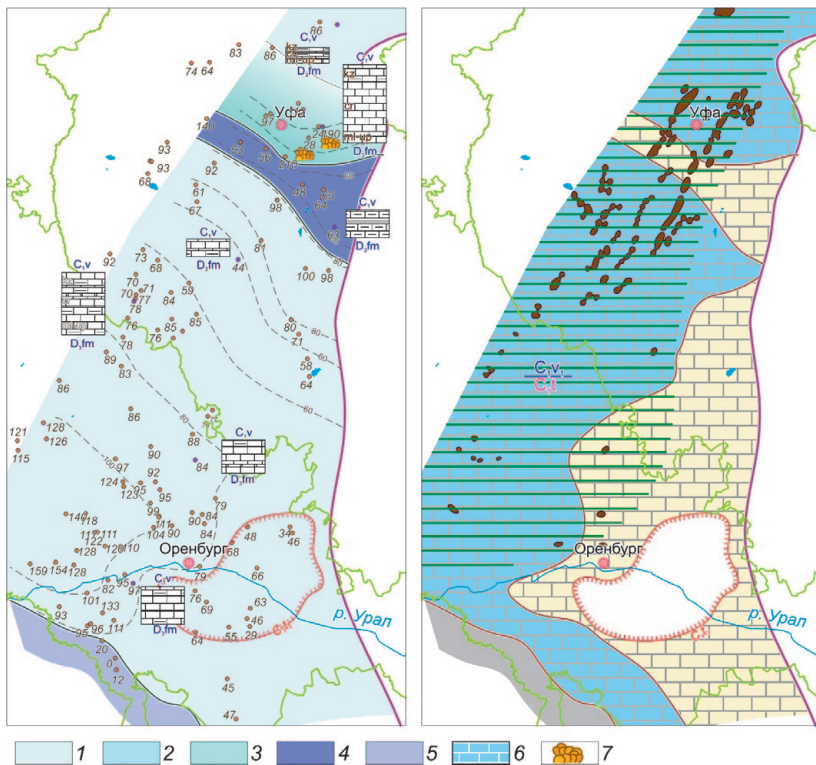


Рис. 11. Карта литолого-фашиального районирования (слева) и карта относительного качества коллекторов и флюидоупоров (справа) отложений турнейского яруса. 1-5 – зоны преобладающего развития отложений: 1 – мелководного шельфа с карбонатным осадконакоплением, 2 – мелководного шельфа с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 3 – склона некомпенсированной впадины с органогенными постройками, 4 – некомпенсированных впадин на шельфе с битуминозно-глинисто-карбонатным осадконакоплением, 5 – относительно глубоководного бассейна с карбонатно-кремнисто-битуминозным осадконакоплением; 6 – предполагаемый тип отложений в зонах размыва; 7 – одиночные органогенные постройки.

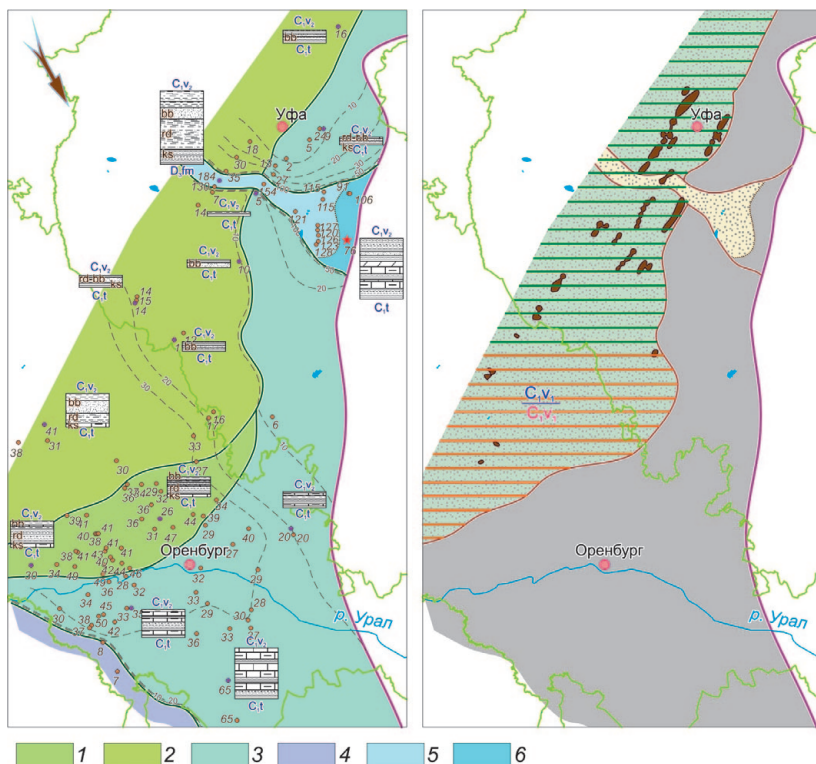


Рис. 12. Карта литолого-фашиального районирования (слева) и карта относительного качества коллекторов и флюидоупоров (справа) нижневолжского комплекса. 1-6 – зоны преобладающего развития отложений: 1 – прибрежных равнин с обломочным осадконакоплением, 2 – временами заливаемого побережья, 3 – опресненного мелководного бассейна, 4 – относительно глубоководного бассейна с карбонатно-кремнисто-битуминозным осадконакоплением, 5 – толщ заполнения глубоководной впадины (мелководная часть), 6 – обломочные отложения заполнения прогиба (относительно глубоководная часть).

На приподнятых участках морского дна формировались литокластовые, пелоидные, оолитовые разности, в приглубых преобладала микритовая седиментация.

Дифференциация дна морского бассейна несколько усилилась в серпуховско-башкирское время. На большей части Соль-Илецкого свода и Предуральского краевого прогиба продолжали господствовать мелководные открыто-шельфовые условия, предопределившие преобладание в накапливавшихся осадках остатков нормально морской фауны беспозвоночных и водорослей. На юге территории наметилась приподнятая зона со специфическим

отдельным обликом осадконакопления. Последний проявился в распространении в серпуховских разрезах маломощных биогермных построек, прослоев литокластовых и оолитовых известняков.

Рубеж раннего и среднего карбона – начало коренных перестроек Предуральского краевого прогиба. Нарастание коллизионных процессов между Восточно-Европейским и Казахстанским континентами отразилось на формировании на восточной окраине ПКП глубоководного флишевого прогиба, отделявшегося от мелководной области периферическим поднятием. В пределах этого поднятия

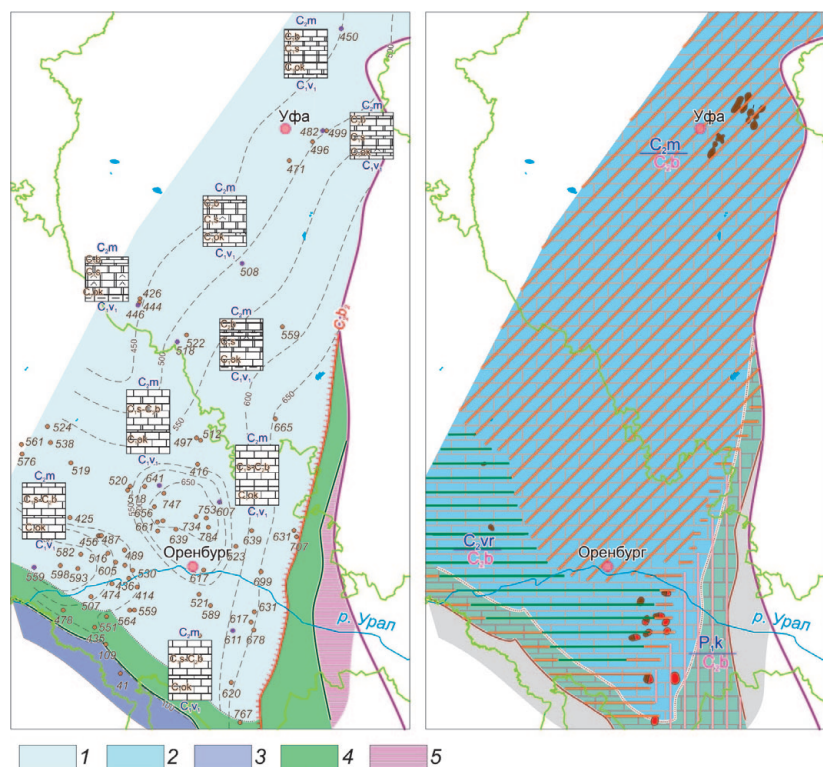


Рис. 13. Карта литолого-фациального районирования (слева) и карта относительного качества коллекторов и флюидоупоров (справа) окско-башкирского комплекса. 1 – мелководного шельфа с карбонатным осадконакоплением, 2 – мелководного шельфа с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 3 – относительно глубоководного бассейна с карбонатно-кремнисто-битуминозным осадконакоплением, 4 – карбонатных отмелей, 5 – глубоководного шельфа с некомпенсированным осадконакоплением.

в условиях карбонатных отмелей накапливались био- и литокластовые, оолитовые известняки, иногда росли небольшие биостромы.

Среднекаменноугольная эпоха – время наиболее длительного и стабильного существования карбонатного осадконакопления в позднем палеозое Русской плиты. Начало московского века знаменуется резким повышением относительного уровня моря и широчайшей трансгрессией. В это время формируется глинисто-битуминозная пачка пород, выделяемая как верейский горизонт, отражающая момент максимально высокого стояния уровня моря и существования на значительной части рассматриваемого района суббассейновых условий. Предполагается, что относительно глубоководные условия осадконакопления на исследуемой территории существовали до подольского времени.

В прибортовой зоне Прикаспийской синеклизы и на западе Предуральского краевого прогиба среднекаменноугольные отложения практически нацело уничтожены в результате предподнекаменноугольного перерыва в осадконакоплении. В разрезах этой части рассматриваемой территории средний карбон выделяется в объеме верейского горизонта. Здесь он представлен темно-серыми, до черных, микритовыми и биокластовыми полидетритовыми известняками с прослоями спикуловых известняков, аргиллитов, мергелей.

На большей части исследуемого района осадконакопление в средне- и позднекаменноугольные эпохи осуществлялось в условиях мелководного морского бассейна с преобладающей биокластовой седиментацией (рис. 14).

В моменты обмелений на топографически выраженных поднятиях формировались карбонатные отмели. Одна из таких отмелей располагалась на Соль-Илецком своде, обеспечив преобладание в разрезе оолитовых и лито-биокластовых известняков, практически лишенных синседиментационной микритовой примеси.

Глубоководные условия существовали в это время лишь в Прикаспийской впадине.

Формирование карбонатных отложений **пермского комплекса** на рассматриваемой территории происходило в условиях тектонической активизации Русской плиты, связанной с образованием Уральского орогена и заложением Предуральского краевого прогиба, предопределивших специфику осадконакопления в это время и во многом контролировавших рисунок фациальной зональности (рис. 15).

В центральной и восточной части ПКП на рубеже позднего карбона и ранней перми обособилась глубоководная впадина, в которой в условиях недокомпенсации накапливались глинисто-карбонатные осадки с остатками кремнистых спикул губок, радиолярий. На западном борту этой впадины в ассельский век началось формирование высокоамплитудных органогенных построек, протягивающихся узкой полосой почти на 2,5 тыс. км с юга на север от Прикаспийской синеклизы до Новоземельского архипелага в Баренцевом море.

Близкое строение и пространственное ограничение имеют одновозрастные карбонатные постройки, расположенные на северном борту Прикаспийской синеклизы. Они также протягиваются полосой вдоль Илекско-Яйсанской флексуры, маркируя границу мелководного и относительно глубоководного осадконакопления.

Для сакмарского и артинского веков характерно резкое углубление акватории, что отразилось в разрезах увеличением доли микритовых и глинистых пород. В то же время площадь развития нижнепермских карбонатных отложений в целом сокращалась из-за последовательного заполнения краевого прогиба обломочным материалом, сносившимся с Уральского орогена.

В **позднеартинско-филипповское время** седиментационная ситуация резко меняется: на месте мелководно-шельфовых областей с преобладающей биокластовой

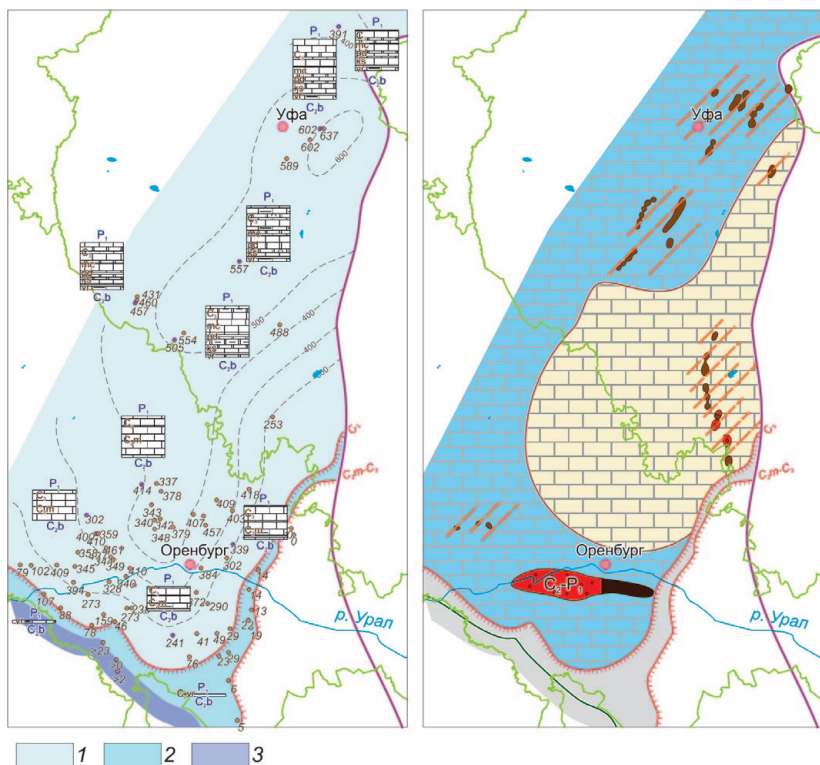


Рис. 14. Карта литолого-фациального районирования (слева) и карта относительного качества коллекторов и флюидоупоров (справа) средне-верхнекаменноугольных отложений. 1-3 – зоны преобладающего развития отложений: 1 – мелководного шельфа с карбонатным осадконакоплением, 2 – мелководного шельфа с глинисто-карбонатным осадконакоплением, 3 – относительно глубоководного бассейна с карбонатно-кремнисто-битуминозным осадконакоплением.

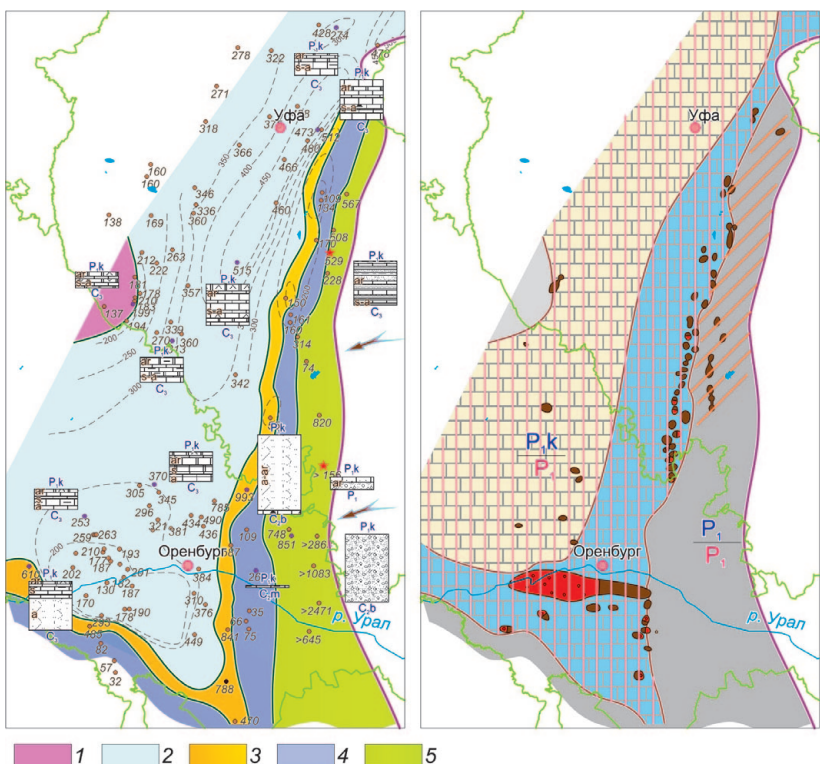


Рис. 15. Карта литолого-фациального районирования (слева) и карта относительного качества коллекторов и флюидоупоров (справа) нижнепермских отложений. 1-5 – зоны преобладающего развития отложений: 1 – лагуны, 2 – мелководного шельфа с карбонатным осадконакоплением, 3 – рифовой системы, 4 – глубоководного шельфа с некомпенсированным осадконакоплением, 5 – предгорного прогиба.

седиментацией обособляется лагуна, в пределах которой осаждаются сульфаты, седиментационные доломиты и известняки. Преобразование ее в солеродный бассейн, произошедшее в кунгурский век, обеспечило господство галогенных формаций, получивших развитие не только на шельфе, но и в значительной мере компенсировавших глубоководные впадины Предуральского краевого прогиба и Прикаспийской синеклизы.

Природные резервуары

Выявленная в процессе работы взаимосвязь условий накопления карбонатных пород с их потенциальными

коллекторскими свойствами послужила основой прогноза продуктивности региональных природных резервуаров в исследуемом районе.

Для определения относительного качества коллекторов и покрышек использовался набор параметров, наиболее значимых для резервуарных и экранирующих свойств. Для коллекторов – это коэффициенты открытой пористости ($K_{\text{п}}$) и газопроницаемости ($K_{\text{пр}}$), суммарные эффективные толщины ($H_{\text{эф}}$), данные гидродинамических исследований в скважинах, долевое участие в разрезе фаций с высоким емкостным потенциалом; для покрышек – минеральный состав, мощность пласта, коэффициент однородности.

В **эмско-среднедевонском комплексе** благоприятные соотношения коллекторов и покрышек характерны как для эйфельских, так и для живетских отложений.

В **нижнеэйфельском подъярусе** развитие средне- и низкочемких карбонатных коллекторов предполагается на юге Русской плиты. Лучшими коллекторами обладают бийские известняки в районе Янгурчинской площади. Это обусловлено главным образом двумя причинами: во-первых, на юг от древней суши, располагавшейся в пределах Осинцевско-Башкирского палеосвода, в карбонатных породах последовательно уменьшается доля микритовых и глинистых разностей; во-вторых, активными процессами вторичного выщелачивания отложений в зоне отсутствия чернойяровского горизонта. Экранируются коллекторы локально распространенными глинисто-карбонатными покрышками, стратиграфически связанными с кровлей бийского горизонта (рис. 2). Экранирующие свойства этих покрышек оцениваются как удовлетворительные лишь в центральной части «башкирского» сегмента; на север и юго-восток они последовательно ухудшаются, отражая увеличение в составе глинистых известняков песчаной и карбонатной составляющей соответственно.

В прибортовых частях Соль-Илецкого палеосвода, где в эйфельское время существовала крупная карбонатная отмель, предполагается развитие высоко- и среднеемких коллекторов. Но перекрывающие их живетские отложения, имеющие главным образом супралиторальный генезис, обладают крайне низкими экранирующими свойствами.

В вышележащем **черноярском горизонте** благоприятные соотношения карбонатных коллекторов и глинистых покрышек характерно для восточной части Бузулукской впадины и западной части Восточно-Оренбургского поднятия. Это обеспечивает присутствие в области их развития небольших резервуаров, содержащих нефтяные скопления.

В отложениях **воробьевского горизонта** основные коллекторы связаны с его обломочной частью, где развиты средне-, реже высокоемкие коллекторы, выделяемые как пласт D_{IV} (рис. 3). Экранами для песчаных резервуаров служат небольшие по мощности глинистые пачки, приуроченные к кровле горизонта. Поскольку коллекторы и покрышки разделены пачкой плотных известняков, выполняющих роль «ложной» покрышки, продуктивность этих трехслойных резервуаров во многом зависит от соотношения мощности ложной покрышки и амплитуды структуры.

Близкую структуру и свойства имеют резервуары **ардаповского горизонта**. Песчаные коллекторы, выделяемые как продуктивный пласт D_{III} , перекрываются глинистой покрышкой, имеющей повсеместное распространение на западе рассматриваемого района, что обеспечивает высокую продуктивность этого горизонта (рис. 4).

В **мулинском горизонте** область развития коллекторов средней и высокой емкости (пласта D_{II}) определена границами периодически затопляемого побережья, существовавшего на севере исследуемого района в конце живетского века. Многократные смены песчаной прибрежной и глинистой шельфовой седиментации привели к формированию целой группы небольших резервуаров, содержащих нефтяные залежи (рис. 5).

В области развития карбонатных отложений коллекторы встречаются достаточно редко, и большая их часть относится к классу CD.

Сложное лито-фациальное строение **франско-турнейского комплекса** предопределило не менее сложное распространение в нем коллекторов и покрышек. В основании комплекса – в **пашийском горизонте** – выделяются несколько самостоятельных песчаных пластов-коллекторов, разделенных глинистыми покрышками. Нижний из них (D_I) имеет региональное распространение, и именно с ним связана основная продуктивность горизонта. Однако строение горизонта очень изменчивое, что обусловлено главным образом седиментационными причинами. В связи с этим на некоторых месторождениях в пашийском горизонте бурением вскрыто около десятка небольших залежей нефти.

С севера на юг качество пашийских коллекторов несколько ухудшается (рис. 6). В этом же направлении уменьшается количество приуроченных к ним залежей углеводородов (УВ).

Высокая продуктивность пашийских отложений объясняется также наличием устойчивой глинистой пачки в кровле горизонта, играющей роль покрышек в резервуарах. Качество этих покрышек оценивается как хорошее, а их практически повсеместное распространение обеспечивает высокую продуктивность горизонта в целом.

На востоке исследуемого района выделяются две зоны отсутствия коллекторов. В разрезе северной из них преобладают алевро-глинистые разности, накопление которых происходило в условиях мелководных, часто осушаемых, областей (локальные супралиториали?). Напротив, разрез южной зоны слагают глинистые и глинисто-карбонатные осадки опресненного мелкого моря.

В **тиманско-саргаевских** отложениях область развития песчаных коллекторов приурочена к Осинцевско-Башкирскому палеосводу, значительная часть которого была затоплена в результате тиманской трансгрессии (рис. 7). Накопившиеся в прибрежных и мелководно-морских условиях пески характеризуются очень небольшой мощностью (первые метры) и невысокими в целом фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС).

На остальной территории коллекторы в рассматриваемом интервале разреза верхнего девона отсутствуют, что предопределено преобладанием относительно глубоководных условий осадконакопления. Даже существенно песчаная толща заполнения прогиба на севере Соль-Илецкого свода не содержит коллекторов в силу плохой сортированности обломочного материала.

Для **доманикового горизонта** коллекторы не характерны (рис. 8), поскольку условия накопления карбонатных отложений были неблагоприятны для формирования пористости. Небольшие линзы пористых известняков встречаются в разрезах доманика северо-восточной части Бузулукской впадины. Как правило, они встречаются совместно с залежами в перекрывающих верхнефранских отложениях.

В **верхнефранских отложениях** развитие коллекторов связано с двумя основными областями (рис. 9). Во-первых, в «башкирском» секторе это система разномасштабных органогенных построек, расположенных на склоне Актаныш-Чишминского прогиба, и сопутствующие им

мелководные известняки. Экранами в резервуарах выступают главным образом пачки ангидритов и интенсивно сульфатизированных известняков. Низкое качество таких флюидоупоров, вероятно, определяет невысокую продуктивность франских отложений. Кроме того, преобладание в разрезе продуктивных отложений низкоемких разностей, возможно, объясняется интенсивной сульфатизацией коллекторов.

Вторая область – северо-западный склон Соль-Илецкого палеосвода и центральная часть Восточно-Оренбургского свода в зонах развития разновозрастной и генетически неоднородной колганской толщи. Здесь в разрезе верхнего франа на различных стратиграфических уровнях встречаются достаточно мощные прослои песчаников с высокими емкостными свойствами (например, в скв. 95-Татищевская $K_{\text{н}}$ по керну достигает 20%). Как правило, такие песчаники приурочены к толще заполнения раннефранской глубоководной впадины. Менее пористые обломочные разности ($K_{\text{н}}$ по керну 7-12%) встречены в породах, интерпретированных как образования «приостровных» побережий. Проградация таких побережий в течение франского века создавала предпосылки для формирования потенциальных резервуаров, способных содержать небольшие скопления углеводородов. Невысокая продуктивность колганской толщи определена главным образом низким качеством франских и фаменских покровов, поскольку фациальные условия (господство приливно-отливных равнин и осушаемых побережий) были неблагоприятны для накопления выдержанных глинистых пачек. В целом, зона распространения экранов среднего качества прогнозируется на тех участках Восточно-Оренбургского поднятия, где глинистые породы датируются поздним франом. В то же время нижнефаменские алевро-глинистые пачки, содержащие значительную примесь карбонатного материала в своем составе, отнесены к экранам низкого качества.

В разрезе фаменских отложений (рис. 10) коллекторы, среди которых преобладают средне-низкоемкие разности, встречаются на различных стратиграфических уровнях. Однако на большинстве площадей эти коллекторы обводнены. Причиной этому служит отсутствие на большей части изучаемого района покровов в разрезе как фаменского яруса, так и перекрывающих его карбонатных породах турне. Лишь на склонах существенно сократившегося по размерам Актаныш-Чишминского прогиба накапливались мощные толщи глин и глинистых известняков, экранирующие свойства которых обеспечивали сохранность многочисленных нефтяных скоплений в поле их развития.

В зонах отсутствия выдержанных глинистых пачек покровками для небольших залежей в среднефаменских доломитах служат глины и глинистые известняки основания заволжского надгоризонта. Последовательное сокращение мощности этих покровов на юг определяет практически полное отсутствие залежей УВ в фаменских отложениях «оренбургского» сектора. Эта ситуация характерна и для крупных рифогенных массивов, выявленных по сейсмическим данным на северном борту Прикаспийской синеклизы. Вероятно, определенный поисковый интерес здесь могут представлять карбонатные конусы выноса, на возможность развития которых в этой зоне указывают

результаты бурения скважин на Каинсайской площади. Карбонатная толща, включающая несколько нефтенасыщенных прослоев обломочных известняков, перекрывается здесь глинисто-битуминозными карбонатами, выполняющими роль экранов.

В турнейском ярусе коллекторы развиты очень широко (рис. 11), что определяется как седиментационными причинами, так и интенсивным формированием вторичной пористости на рубеже турнейского и визейского веков, когда большая часть изучаемой территории была выведена на поверхность и подверглась субаэральному размыву. Вторая причина, объясняющая высокую продуктивность турнейских отложений – наличие над ними региональной глинистой покровки ранневизейского возраста. На восток и юго-восток качество этой покровки ухудшается за счет появления в ней прослоев известняков. В этом же направлении резко сокращается и число турнейских залежей.

Областью развития прибрежно-морских отложений лимитируется распространение залежей нефти в разрезе нижнего визе (рис. 12). Коллекторами в залежах выступают высоко- и среднеемкие песчаники, большая часть которых накопилась в условиях берегового склона. Затопление побережья сопровождалось сменой песчаной седиментации глинистой, что приводило к формированию природных резервуаров, способных содержать скопления УВ флюидов.

В областях стабильного распространения мелководно-шельфовых образований **визейско-башкирского комплекса** коллекторы развиты очень широко, и большая их часть относится к средне- и высокоемким разностям. Особенно это касается зоны развития отмельных карбонатов, охватывающей прибортовые части Прикаспийской синеклизы и Предуральского прогиба. Однако на большей части рассматриваемой территории разрез комплекса характеризуется неблагоприятным соотношением коллекторов и покровов: лишь две залежи в изучаемом районе связываются с окскими (Кодяковское месторождение) и серпуховскими (Кедровское месторождение) доломитами, экранами для которых служат пачки ангидритов. Исключение составляют башкирские (а в зоне их отсутствия – серпуховские) известняки и доломиты (рис. 13), перекрытые разновозрастной и различной по вещественному составу покровкой верейского горизонта.

Область распространения глинистой верейской покровки, качество которой было определено как высокое, охватывает те районы, в которых в первой половине московского века господствовали достаточно глубоководные условия седиментации, определившие существенно глинистый состав накопившихся осадков. Значительно более низкими экранирующими свойствами обладают, по-видимому, верейские отложения прибортовых частей впадин в районе «оренбургского» сегмента. Во-первых, они существенно редуцированы сверху в результате предассельского размыва, а во-вторых – само положение их на профиле седиментации неблагоприятно для создания экранирующего потенциала, поскольку повышенная битуминозность пород способствует развитию трещиноватости. Улучшение экранирующих свойств наблюдается по направлению «обмеления» разреза битуминозных отложений и появления в них глинистой примеси, снеженной с суши.

На востоке «оренбургского» сегмента, где отсутствует средне-верхнекаменноугольная часть разреза, башкирские отложения формируют природные резервуары совместно с кунгурскими солями, как это свойственно, например, Аюбинскому месторождению.

Средне-верхнекаменноугольные отложения (рис. 14) в «оренбургском» сегменте мало интересны, с точки зрения поиска скоплений УВ. С одной стороны, большая часть московских отложений характеризуется невысокими ФЕС, обусловленными относительно глубоководными условиям их накопления, а во-вторых, в разрезе перекрывающих их пород практически отсутствуют потенциальные покрывки. Исключение составляет центральная часть Соль-Илецкого свода, где в течение всего палеозоя существовала карбонатная отмель, и накапливались биокластовые, оолитовые и литокластовые грейнстоуны, обладающие высоким емкостным потенциалом. Совместно с перекрывающими нижнепермскими отложениями они образуют самую крупную на Оренбургском газоконденсатном месторождении залежь.

Несмотря на значительный диапазон газонасыщенности разреза (от кровли артинского яруса до подошвы среднего карбона), вся толща известняков благодаря наличию системы микротрещин формирует единый сообщающийся резервуар.

На север глинистость отложений московского яруса несколько уменьшается, в разрезе комплекса появляются коллекторские горизонты, обладающие достаточно высокой пористостью. Совместно с маломощными прослоями одновозрастных глинистых известняков они образуют резервуары, с которыми связано множество небольших нефтяных залежей.

На востоке «башкирского» сегмента в залежах преобладают трещинные коллекторы с очень низкими значениями пористости (до 1-2%). Однако с ними связан ряд залежей, что определено больше тектоническими (структурообразующими) причинами, нежели седиментационными.

Несомненно, самые большие перспективы и надежды в Оренбургском регионе связаны с **нижнепермским комплексом** (рис. 15). Широкое развитие коллекторов в ассельско-артинских отложениях, обусловленное спецификой накопления раннепермских осадков, наличие над ними мощнейшей региональной сульфатно-галогенной покрывки иренского горизонта кунгура – все это предопределяет региональную углеводородную продуктивность нижней перми. Небольшие глубины современного залегания комплекса на большей части региона только увеличивают его привлекательность у добывающих компаний.

Основные зоны распространения высокочемких коллекторов в комплексе связаны с прибортовыми частями Предуральского прогиба. Здесь коллекторы приурочены преимущественно к отложениям, накопившимся в условиях отмелей и формирующим на наиболее приподнятых участках последних рифогенные массивы, зачастую значительной амплитуды. Перекрываемые солями, они содержат самые значительные объемы УВ во всем палеозойском разрезе.

В пределах Предуральского прогиба выделяется два типа резервуаров. Западный – «ишимбайского» типа –

с каверново-поровыми коллекторами, большая часть которых связана с мшанковыми и палеоаплизинными каркасами (баундстоунами). Параллельно «ишимбайской» протягивается зона с резервуарами «кинзебулатовского» типа, в которых, как и в московско-каменноугольных отложениях, основную роль в аккумуляции УВ играют трещинные коллекторы в глинистых известняках артинского яруса. Их развитие главным образом связано со сводами крутых складок, осложненных многочисленными надвигами и взбросами. Месторождения с «кинзебулатовским» типом резервуаров характеризуется высочайшей продуктивностью в начальную стадию эксплуатации, но быстрым и резким падением дебитов.

На северном борту Прикаспийской синеклизы, несмотря на близкие условия образования карбонатных толщ и наличие в их составе многочисленных органогенных построек с высокими ФЕС, залежи немногочисленны. Эта ситуация объясняется тем, что от галогенной покрывки высокочемкие коллекторы отделены сакмаро-нижнеартинской толщей, которая накопилась, в целом, в неблагоприятных условиях для формирования не только емкостного, но и экранирующего потенциала. Эта ситуация имеет место, например, на Песчаной площади, где высокочемкие ассельские биогермные коллекторы обводнены, а залежь УВ приурочена к низкочемким коллекторам в кровле арта.

В то же время, на наиболее приподнятых участках позднекаменноугольного рельефа в ассельский век формировались высокоамплитудные органогенные массивы, на которых сакмаро-артинские отложения отсутствуют. Если такие массивы перекрыты толщей солей, они представляют собой наиболее перспективные объекты для поиска скоплений УВ. К ним относится, например, Вершиновская структура.

Таким образом, несмотря на достаточно высокую степень нефтегазогеологической изученности подсольных отложений исследуемого региона и значительный к ним поисковый интерес, в истории их формирования и становления как нефтегазоносных объектов много белых пятен. Как правило, имеющиеся публикации касаются специализированных вопросов биостратиграфии, литологии, тектоники и строения отдельных месторождений и залежей нефти и газа. В предлагаемой работе сделана попытка объединить разнородные исследования путем создания генерализованной модели формирования подсольных толщ и разработки схемы взаимосвязи процессов накопления карбонатных пород и их углеводородной продуктивности.

В ходе работы высветилось множество проблем и нерешенных вопросов, которые требуют дополнительного анализа и стимулируют дальнейшие исследования. Тем не менее, применение уже полученных результатов при нефтегазопроисковых работах может иметь практическое значение, поскольку оценка углеводородной продуктивности недр невозможна без прогноза пространственного распределения разнофациальных отложений, играющих роль аккумулярующих и консервирующих толщ.

Литература

Алиев М.М., Батанова Г.П., Хачатрян Р.О. и др. (1978). Девонские отложения Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. М: Недрa, 216 с.

Жемчугова В.А., Мятчин О.М. (2015). Среднедевонские резервуары нефти и газа юга Бузулукской впадины: особенности строения, условия образования, нефтегазоносный потенциал. *Вестник Московского университета. Серия 4: Геология*, 6, с. 35-43.

Конибер Ч.Э.Б. (1979). Палеогеоморфология нефтегазоносных песчаных тел. М: Недра, 256 с.

Наливкин Д.В. (1956). Учение о фациях. М: Изд-во АН СССР, т. 1,2.

Селли Р.С. (1989). Древние обстановки осадконакопления. М: Недра, 294 с.

Страхов Н.М. (1961). Основы теории литогенеза. М: Госгеотехиздат, т. 1,2.

Уилсон Дж.Л. (1980). Карбонатные фации в геологической истории. М: Недра, 463 с.

Фролов В.Т. (1992). Литология. М: Изд-во МГУ, кн.1, 336 с.

Хеллем Э. (1983). Интерпретация фаций и стратиграфическая последовательность. М: Мир, 328 с.

Nikishin A.M., Ziegler P.A., Stephenson R.A. et al. (1996). Late Precambrian to Triassic history of the East European Craton: Dynamics of sedimentary basin evolution. *Tectonophysics*, 268(1-4), pp. 251-285. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00228-4)

Tucker M.E., Wright V.P. (1996). Carbonate sedimentology. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 482 p.

Сведения об авторах

Валентина Алексеевна Жемчугова – доктор геол.-мин. наук, профессор кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

E-mail: zem@gds.ru

Григорий Георгиевич Ахманов – кандидат геол.-мин. наук, доцент кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

E-mail: akhmanov@geol.msu.ru

Юрий Владимирович Наумчев – магистр геологии, инженер кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

E-mail: y.naumchev@gmail.com

Виктор Викторович Панков – магистр геологии, инженер кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

E-mail: vicvicpankov@gmail.com

Евгения Емельяновна Карнюшина – доктор геол.-мин. наук, профессор кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

E-mail: evgem@geol.msu.ru

Статья поступила в редакцию 29.03.2019;

Принята к публикации 07.05.2019; Опубликована 20.05.2019

IN ENGLISH

Sedimentation-capacity model of the subsalt deposits of the Southern Urals and adjoining territories

*V.A. Zhemchugova**, *G.G. Akhmanov*, *Yu.V. Naumchev*, *V.V. Pankov*, *E.E. Karnyushina*

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

*Corresponding author: *Valentina A. Zhemchugova*, e-mail: zem@gds.ru

Abstract. The junction zone of the Caspian syncline, the Russian Plate and the Pre-Ural trough is characterized by a complex structure. It has been studied in some detail during large-scale geological, geophysical, and drilling operations in the search for mineral deposits. Subsalt deposits are associated with the main prospects for the growth of hydrocarbon reserves in this region. This makes it important to rethink the available data and conduct scientific analysis to identify patterns of formation of sedimentary complexes and an integrated assessment of their possible hydrocarbon productivity by means of sedimentation modeling. The structure and history of the formation of five large sedimentary complexes: the Ordovician-Lower Devonian, the Central Middle Devonian, the Frasnian-Tournaisian, the Viséan-Upper Carboniferous, and the Permian are considered in detail. For each complex, a structural-formational position and sedimentation conditions are determined, which should determine the hydrocarbon productivity of local objects. The revealed relationship between the conditions

of carbonate sediments accumulation and their potential reservoir properties served as the basis for forecasting the productivity of regional natural reservoirs. The paper presents a generalized model of the formation of subsalt strata and the forecast of the spatial distribution of different facies deposits, which play the role of accumulating and preserving strata. The results obtained are applicable in the practice of oil and gas exploration in the region.

Keywords: Southern Pre-Urals, subsalt deposits, natural reservoir, sedimentation modeling, Paleozoic, carbonate rocks, shallow-marine sediment accumulation, hydrocarbon productivity, sedimentary complexes

Recommended citation: Zhemchugova V.A., Akhmanov G.G., Naumchev Yu.V., Pankov V.V., Karnyushina E.E. (2019). Sedimentation-capacity model of the subsalt deposits of the Southern Urals and adjoining territories. *Georesursy = Georesources*, 21(2), pp. 94-109. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.94-109>

References

- Aliiev M.M., Batanova G.P., Khachatryan R.O. et al. (1978). Devonские отложения Волго-Уральского нефтегазоносной провинции [Devonian deposits of the Volga-Ural oil and gas province]. Moscow: Nedra, 216 p. (In Russ.)
- Frolov V.T. (1992). Litologiya [Lithology]. Moscow: MSU Publ., book 1, 336 p. (In Russ.)
- Koniber Ch.E.B. (1979). Paleogeomorfologiya neftegazonosnykh peschanykh tel [Paleogeomorphology of oil bearing sand body]. Moscow: Nedra, 256 p. (In Russ.)
- Nalivkin D.V. (1956). Uchenie o fatsiyakh [The doctrine of facies]. Moscow: AN SSSR Publ., vol. 1, 2. (In Russ.)
- Nikishin A.M., Ziegler P.A., Stephenson R.A. et al. (1996). Late Precambrian to Triassic history of the East European Craton: Dynamics of sedimentary basin evolution. *Tectonophysics*, 268(1-4), pp. 251-285. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00228-4)
- Selli R.Ch. (1989). Drevnie obstanovki osadkonakopleniya [Ancient sedimentation]. Moscow: Nedra, 294 p. (In Russ.)
- Strakhov N.M. (1961). Osnovy teorii litogeneza [Fundamentals of the theory of lithogenesis]. Moscow: Gosgeotekhizdat, vol. 1,2. (In Russ.)
- Khellem E. (1983). Interpretatsiya fatsiy i stratigraficheskaya posledovatel'nost' [Facies Interpretation and Stratigraphic Sequence]. Moscow: Mir, 328 p. (In Russ.)
- Tucker M.E., Wright V.P. (1996). Carbonate sedimentology. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 482 p.
- Uilson Dzh.L. (1980). Karbonatnye fatsii v geologicheskoy istorii [Carbonate facies in geological history]. Moscow: Nedra, 463 p. (In Russ.)
- Zhemchugova V.A., Myatchin O.M. (2015). Devonian reservoirs of oil and gas: depositional environments, structure features, oil-and-gas bearing capacity. *Moscow University Geology Bulletin*, 6, pp. 35-43. (In Russ.)

Manuscript received 29 March 2019;

Accepted 07 May 2019;

Published 20 May 2019

About the Authors

Valentina A. Zhemchugova – DSc (Geology and Mineralogy), Professor, Petroleum Geology Department Lomonosov Moscow State University
1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation
E-mail: zem@gds.ru

Grigoriy G. Akhmanov – PhD (Geology and Mineralogy), Associate Professor, Professor, Petroleum Geology Department Lomonosov Moscow State University
1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation
E-mail: akhmanov@geol.msu.ru

Yuri V. Naumchev – Master of Geology, Engineer, Petroleum Geology Department Lomonosov Moscow State University
1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation
E-mail: y.naumchev@gmail.com

Viktor V. Pankov – Master of Geology, Engineer, Petroleum Geology Department Lomonosov Moscow State University
1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation
E-mail: vicvicpankov@gmail.com

Evgenia E. Karnyushina – DSc (Geology and Mineralogy), Professor, Petroleum Geology Department Lomonosov Moscow State University
1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation
E-mail: evgem@geol.msu.ru