DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/42_2022

УДК 551.73.022.4:553.98(470)

Фортунатова Н.К., Канев А.С., Ермолова Т.Е., Бушуева М.А., Михеева А.И., Ступак А.А., Белоусов Г.А., Городков А.Б., Петерсилье В.И., Швец-Тэнэта-Гурий А.Г., Холмянская Н.Ю., Володина А.Г.
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт» (ФГБУ «ВНИГНИ»), Москва, Россия, fortunatova@vnigni.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИБОРТОВОЙ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ ПРИКАСПИЙСКОЙ И ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЙ

Зона сочленения таких крупных тектонических структур, как Волго-Уральская антеклиза, Прикаспийская впадина и Предуральский прогиб, характеризуется сложным тектоническим строением, историей геологического развития и формированием на разных этапах различных палеогеоморфологических обстановок и связанных с ними осадочных нефтегазоносных комплексов.

В пределах территории исследований, соответствующей южной и юго-восточной частях Волго-Уральской и северу Прикаспийской нефтегазоносных провинций, за последние одиннадцать лет открыто 73 месторождений, установлена продуктивность всего палеозойского чехла, начиная со среднего девона (бийский горизонт), заканчивая нижней пермью. Общее число месторождений в этой зоне насчитывает более 160 в Российской части и 14 на территории Республики Казахстан, среди которых преобладают нефтяные, открыты также нефтегазоконденсатные и газовые.

Сложный палеозойский палеорельеф послужил причиной разнообразия обстановок седиментации, формированию осадочных тел различного состава и генезиса: одиночных и барьерных рифов, карбонатных клиноформ, авандельтовых песчаных и песчано-алевритово-глинистых отложений, мелководных карбонатных и песчаных баровых, представляющие собой самостоятельные литологические ловушки углеводородов.

На основании комплексного литолого-стратиграфического и седиментологического анализов данных бурения и сейсморазведки разработаны седиментационные модели различных зон палеобассейна для нижнедевонского потенциально нефтегазоносного, среднедевонского эйфельского, средне-верхнедевонского живетско-нижнефранского, верхнедевонско-турнейского, верхневизейско-нижнебашкирского и среднекаменноугольно-нижнепермского нефтегазоносных комплексов. Выделены различные типы литологических и стратиграфических ловушек, дана характеристика типов коллекторов и их содержание в разрезах осадочных тел. Составлены геолого-геофизические эталоны разрезов скважин для осадочных комплексов разного генезиса. Выделены перспективные зоны, содержащие объекты литологического типа.

Ключевые слова: *седиментационная модель, палеозойский палеорельеф, сейсмостратиграфический анализ, тип литологических ловушек углеводородов, перспективная зона и объекты литологического типа, нефтегазоносность палеозойских отложений, Волго-Уральская антеклиза, Предуральский прогиб, Прикаспийская впадина.*

Введение

В последние годы усилился интерес к изучению перспектив нефтегазоносности палеозойских отложений зоны сопряжения Волго-Уральской антеклизы (южной части

Оренбургской нефтегазоносной области (НГО), юга Бузулукской НГО, Южно-Предуральской НГО) и северной части Прикаспийской впадины (Северо-Прикаспийская НГО). Этому способствовали как результаты систематически проводившихся геологических и геофизических исследований, включающих глубокое бурение и сейсморазведку, так и открытие целого ряда нефтяных и газовых месторождений на северо-востоке Саратовской и юге Оренбургской областей, а также сопредельной территории Казахстана. Только в пределах территории России за последние одиннадцать лет открыто 73 месторождения, среди которых преобладают мелкие. Тем не менее определяющими перспективы нефтегазоносности является наличие таких крупных и средних месторождений, как Оренбургское, Карачаганакское, Сладковско-Заречное, Кошинское, Судьбадаровское.

Наличие большого количества мелких и мельчайших месторождений чаще всего определяется тем фактором, что в качестве основного поискового признака используется структурный фактор, тем не менее палеозойские отложения этой территории характеризуются разнообразием осадочных тел, которые могут служить литологическими ловушками углеводородов (УВ).

Поэтому основной задачей проводимых исследований являлась актуализация и детализация моделей строения палеозойских нефтегазоносных комплексов с целью выделения перспективных зон и участков для поисков залежей УВ.

Для решения поставленных задач проанализирован и систематизирован геологический и геофизический материал, включающий данные по нефтегазоносности, результаты тектонических и структурных построений, результаты палеонтологических и литологических исследований, петрофизическая и геохимическая характеристики пород.

Использованный массив информации включал 12074 пог. км сейсмических профилей и результаты бурения 156 скважин (рис. 1).

Методика работ

Выделение перспективных зон и участков для поиска новых месторождений УВ осуществлялось путем последовательного выполнения следующих работ:

- создание стратиграфического каркаса палеозойских нефтегазоносных комплексов,
- разработка детальных тонко-пластовых седиментационно-емкостных моделей,
- проведение сейсмостратиграфического и сейсмофациального анализа,
- построение структурных и литолого-фациальных карт нефтегазоносных комплексов, подкомплексов или горизонтов и на этой основе - карт перспектив нефтегазоносности палеозойских отложений рассматриваемой территории.

Рис. 1. Обзорная схема территории исследований

1 - скважины в формате .LAS; 2 - сейсмические профили в формате .SGY; 3 - города; 4 - границы нефтегазоносных областей; 5 - административные границы; 6 - граница Российской Федерации; 7 - территория исследований; месторождения (8-10): 8 - нефтяные; 9 - газовые; 10 - смешанного типа; скважины: 1 - Сладковско-Заречная 1; 2 - Сладковско-Заречная 3; 3 - Яснополянская 1; 4 - Кошинская 113; 5 - Ташлинская 60; 6 - Западно-Оренбургская 105; 7 - Песчаная 20, 8 - Каинсайская 2; 9 - Каинсайская 1, 10 - Бердянская 85; 11 - Предуральская 110; 12 - Нагумановская 1; 13 - Акобинская 171, 14 - Вершиновская 501; 15 - Долинная 101; 16 - Зайкинская 555; 17 - Северо-Флеровская 2; 18 - Ново-Александровская 1; 19 - Перелюбская 3; 20 - Разумовская 20; 21 - Малаховская 1.

Территория исследований характеризовалась в палеозое сочетанием крупных и большого числа мелких палеогеоморфологических элементов (палеосводов, палеоподнятий, палеопрогибов и их склонов), что определило разнообразие фациальных обстановок и генетических типов отложений.

На основе проведения седиментологического анализа данных бурения и сейсморазведки выделены генетические типы отложений, разработаны геолого-геофизические эталоны разрезов для различных седиментационных зон и палеогеоморфологических элементов бассейна, определены интервалы коллекторов и флюидоупоров.

Отправной точкой для расчленения разрезов послужили данные, разработанные предшествующими исследователями [Геология Татарстана…, 2003; Губарева и др., 2006; Зайцева и др., 2012; Кулагина и др., 2018, 2019; Муслимов и др., 1999; Сташкова, Стукова, 2000, 2002; Сташкова, Стукова, Чижова, 1998; Фортунатова и др., 2007, 2014, 2018; Чижова и др., 1997; Чижова, Сташкова, 1999, 2002, 2004; Чижова, Сташкова, Стукова, 2007; Юнусов, 2000; Юнусов и др., 1997]. Уточнение границ стратонов проведено авторами на основе полученных новых данных по стратиграфии [Kulagina et al., 2021; Фортунатова и др., 2022а; Зайцева, Сахненко, Михеева, 2022; Sakhnenko, Zaytseva, 2020; Zaytseva, Sakhnenko, 2018], а также использования новых актуализированных стратиграфических схем верхнего девона и нижнего карбона Волго-Уральского субрегиона (2018[1], 2022[2]) [Фортунатова и др., 2018, 2022б].

Эмсско-нижнефранский нефтегазоносный комплекс

В строении эмсско-нижнефранского нефтегазоносного комплекса участвуют три подкомплекса: нижнедевонский (такатинско-койвенский), эйфельский (бийско-афонинский) и живетско-тиманский. Фациальная зональность каждого подкомплекса обусловлена сочетанием структурного и седиментационного факторов. В палеоструктурном плане выделены три основные области: Рубежинского палеопрогиба - на западе, Оренбургского (или Соль-Илецкого) палеосвода - на востоке и Северо-Прикаспийской прибортовой зоны Прикаспийской палеовпадины - на юге и юго-востоке. Значительную роль в формировании структур эмсско-нижнефранского палеоплана играла дизъюнктивно-блоковая тектоника. Основополагающими являлись крупные разломы субширотного простирания, неоднократно активизирующиеся на разных этапах развития. При их участии Рубежинский палеопрогиб

[1] *Унифицированная субрегиональная стратиграфическая схема верхнедевонских отложений Волго-Уральского субрегиона утверждена 6 апреля 2017 г.*

[2] *Стратиграфическая схема нижнекаменноугольных отложений Волго-Уральского субрегиона находится в разработке.*

разделен Камелик-Чаганской зоной дислокаций на два рукава субширотного простирания: Перелюбско-Рубежинский и Иргизско-Рубежинский. Кроме этого, на всем протяжении он разбит на сегменты системой узких палеопрогибов юго-восточного направления. Мощность нижнедевонско-эйфельских отложений в пределах Перелюбско-Рубежинского палеопрогиба составляет более 300 м, в пределах палеоподнятий сокращается до 250-200 м и менее метров. Мощность горизонтов живетского яруса также увеличивается в прогибах, например, воробьевского - до 100-120 м, на палеоподнятиях сокращается до 80-50 м.

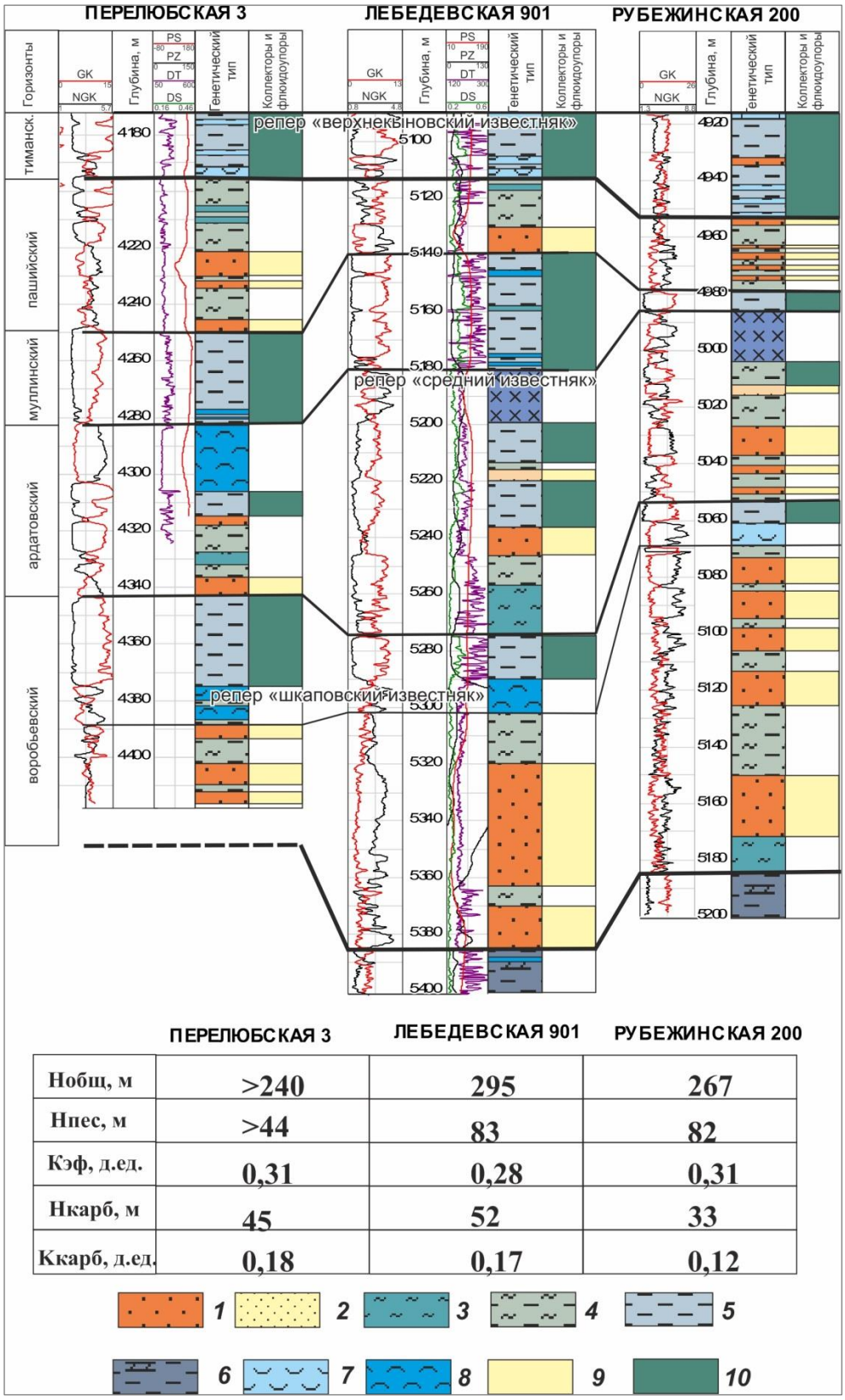
В присводовой части Оренбургского палеосвода отложения эмсско-нижнефранского комплекса подверглись полному или частичному размыву. В пределах южного склона палеосвода выделен Урало-Илекский палеопрогиб субширотного простирания. Мощность эмсско-эйфельских отложений на его склонах увеличивается до 450 м, осевая зона прогиба некомпенсирована осадками и мощность их, судя по данным сейсморазведки, здесь сокращается.

В северной части Северо-Прикаспийской прибортовой зоны прослежена система крупных палеоподнятий и выступов и разделяющих их линейных палеопрогибов

Уточнение стратиграфических границ эмсско-нижнефранского комплекса выполнено на основе анализа цикличности отложений и прослеживания геофизических реперов в разрезах скважин. Расчленение и корреляция отложений выявили основные этапы и черты циклического развития комплекса, обусловившие его строение и состав, а, значит, положение в разрезе и на площади коллекторов и покрышек.

В целом эмсско-нижнефранский нефтегазоносный комплекс имеет ритмичное трансгрессивно-регрессивное в объеме горизонтов строение. В пределах исследуемой территории в его разрезе чередуются терригенные и карбонатные отложения. Песчаные коллекторы, как правило, приурочены к базальным частям седиментационных циклитов, карбонатные - к средним частям, глинистые или карбонатно-глинистые отложения, образующие покрышки, - к верхним частям циклитов. Основным седиментационным фактором, обусловившим формирование коллекторов на ранних этапах трансгрессий, являлось накопление осадков в дельтах и авандельтах рек. В областях карбонатонакопления основными процессами, благоприятными для формирования коллекторов, являлись рифообразование и накопление подводных карбонатных конусов выноса.

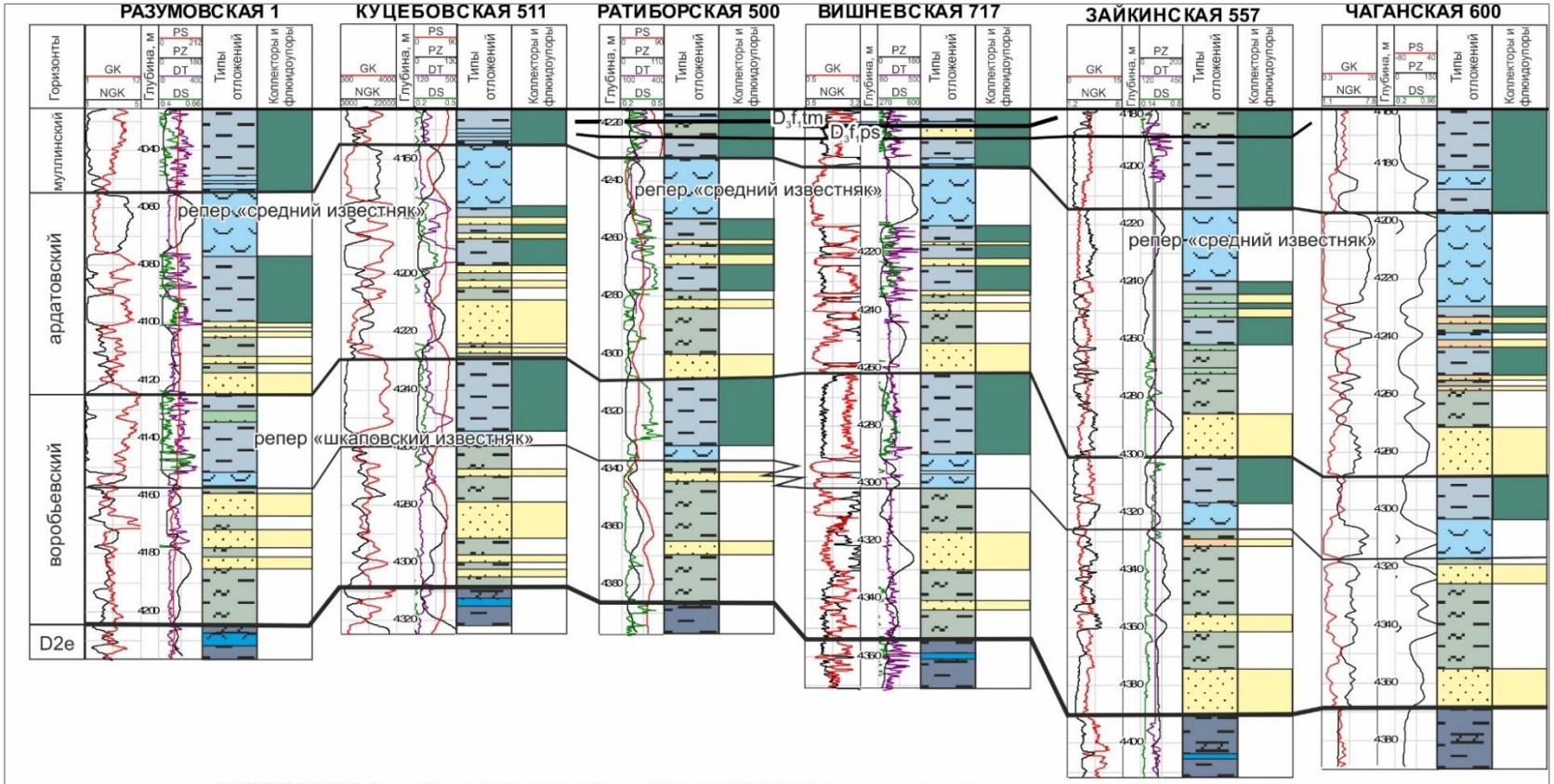
Разработаны эталоны строения разрезов нижнего девона и живетского яруса: авандельтовый - на участках рукавов дельты (рис. 2) и барово-отмельный - на межрусловых участках (рис. 3), рифовый (рис. 4) и подводных карбонатных конусов выноса - в отложениях нижнего девона и эйфельского яруса среднего девона.



	ПЕРЕЛЮБСКАЯ 3	ЛЕБЕДЕВСКАЯ 901	РУБЕЖИНСКАЯ 200
Нобщ, м	>240	295	267
Нпес, м	>44	83	82
Кэф, д.ед.	0,31	0,28	0,31
Нкарб, м	45	52	33
Ккарб, д.ед.	0,18	0,17	0,12

Рис. 2. Геолого-геофизические эталоны русловых фаций авандельтовых отложений живетского яруса Перелюбско-Рубежинского палеопрогиба

1 - песчаники подводных русел авандельты, 2 - песчаники отмельно-баровые, 3 - алевролиты, 4 - глинистые алевролиты, 5 - аргиллиты, 6 - аргиллиты с прослоями карбонатов, 7 - карбонатные отложения мелкого шельфа, 8 - карбонатно-глинистые отложения глубокого шельфа, 9 - интервалы коллекторов, 10 - интервалы глинистых покрышек. Нобщ - общая мощность комплекса (разреза), Нпес - общая мощность песчаных отложений, Кэф - коэффициент эффективных толщин, Нкарб - мощность карбонатных отложений, Ккарб - коэффициент карбонатности.



	РАЗУМОВСКАЯ 1	КУЦЕБОВСКАЯ 511	РАТИБОРСКАЯ 500	ВИШНЕВСКАЯ 717	ЗАЙКИНСКАЯ 557	ЧАГАНСКАЯ 600
Нобщ, м	180	164	171	184	210	210
Ннес, м	32	47	25	39	46	44
Кэф, д.ед.	0,18	0,29	0,15	0,21	0,22	0,21
Нкарб, м	32	30	29	32	33	53
Ккарб, д.ед.	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,25

Рис. 3. Геолого-геофизические эталоны отмельно-баровых фаций живетского яруса Перелюбско-Рубежинского палеопрогиба
Усл. обозначения см. на рис. 2.

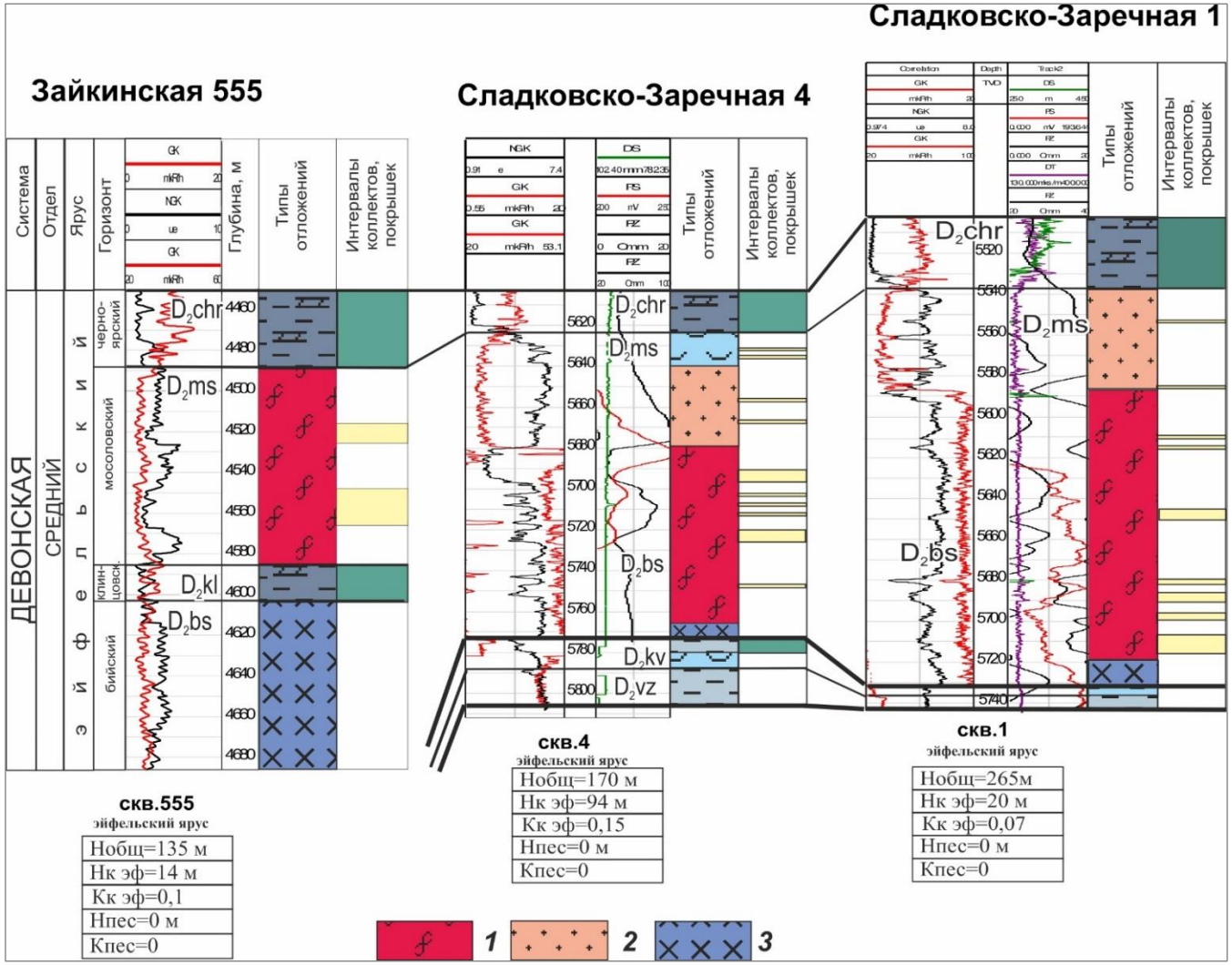


Рис. 4. Геолого-геофизические эталоны рифовых отложений эйфельского яруса Перелюбско-Рубежинского палеопрогиба

1 - биогермные известняки рифовых построек; 2 - органогенно-обломочные карбонатные отложения рифовых шлейфов; 3 - карбонатные отложения верхней части склона (известняки шламовые, доломиты. Нобщ - общая мощность комплекса (разреза), Нк эф - мощность карбонатных коллекторов, Кк эф - Нк эф/Нобщ, Нпес - общая мощность песчаных коллекторов, Кпес - коэффициент песчанистости (Нпес.Нобщ).

Остальные усл. обозначения см. на рис. 2.

На рис. 5 изображена седиментационная модель эмсско-нижнефранского комплекса Северо-Прикаспийской прибортовой зоны, Урало-Илекской седловины и Оренбургского вала. В строении комплекса выделены четыре основные структурно-фациальные зоны: 1 - постседиментационного размыва (отсутствия отложений) в пределах вершины Оренбургского палеосвода, 2 - Урало-Илекского палеопрогиба, в котором различаются подзоны северного и южного склонов, и разделяющая их центральная палеодепрессия, 3 - палеоподнятий Северо-Прикаспийской прибортовой ступени, 4 - палеосклона Прикаспийской впадины.

Такатинско-нижневязовские отложения представлены аллювиально-дельтовыми фациями. Основными доминантами рассматриваемой территории являются рифовые постройки нижнего девона, в ряде случаев, возможно, силура-нижнего девона.

Рифогенные отложения вязовского горизонта в скв. Вершиновская 501 сложены вторичными доломитами: реликтово-биогермными (в основном кораллово-строматопоровыми) и органогенными, строматолитовыми; доломитами замещения реликтово-органогенными, кавернозно-пористыми, пятнистыми. В верхней части толщи известняки органогенно-детритовые, органогенно-сгустково-комковатые, трещиноватые, по-видимому, представляют обломочный шлейф органогенной постройки.

Мощность рифовой фации - более 550 м. Эйфельская часть разреза формировалась как обломочный шлейф или толща облекания нижнедевонского рифа. В койвенско-бийском сегменте разрез представлен известняками биогермными кораллово-строматопоровыми с кальцитовой крипто-микрозернистой неясносгустковой и известково-глинисто-битумной связующей массой; известняками органогенно-детритовыми и известняковыми гравелитами. Породы трещиноватые, в нижней части кавернозно-пористые. В верхней, клинцовско-мосоловской части разрез представлен известняками органогенно-полидетритовыми, преимущественно крупнодетритовыми и биогермными (кораллово-строматопоровыми, строматопорово-коралловыми). Отложения обломочных шлейфов слагают вязовско-эйфельский разрез в скважинах Песчаная 20 и Каинсайская 2.

В пределах склонов Урало-Илекской и Прикаспийской палеовпадин наиболее широкое распространение получили карбонатные (скв. Бердянская 85) и карбонатно-глинистые (скважины Буртинская 120 и Старокючевская 121) клиноформы. Отложения подводных карбонатных конусов выноса формировались на этапах регрессий за счет разрушения рифовых построек и других отложений шельфа, лавинного переноса и переотложения обломочных карбонатов в пределах склонов. Мощность карбонатной клиноформы вязовского горизонта в скв. Бердянская 85 составляет 329 м. Отложения представлены в нижней части доломитами серой и коричневато-серой окраски, реликтово-органогенными, перекристаллизованными, в средней части - известняками неравномерно трещиноватыми,

местами брекчиевидными и неоднородно-пятнистыми, слоистыми, редко - строматолитовидными, узорчатыми, сгустково-комковато-органогенными, остракодово-водорослевыми. Центральная депрессионная часть Урало-Илекской палеовпадины сложена битуминозно-глинистыми или глинисто-карбонатными отложениями (частично вскрыта скв. Нагумановская 1).

Живетско-тиманский сегмент разреза представлен маломощными глинисто-карбонатными отложениями зоны глубокого шельфа. Над рифовыми палеоподнятиями в разрезе присутствуют биоморфно-детритовые известняки, включающие линзы коллекторов. Над раннедевонской рифовой постройкой в скв. Вершиновская 501 в живетско-раннефранское время осадки не накапливались.

Строение эмсско-нижнефранского комплекса Перелюбско-Рубежинского палеопрогиба продемонстрировано на примере его восточной части (рис. 6). Такатинско-вязовские отложения представлены глинисто-песчаными фациями авандельтового (скважины Черноярoвская 165, Кошинская 113) и продельтового (скважины Сладковско-Заречная 1, 3, 4) типов. Койвенский горизонт сложен маломощной пачкой криноидно-полидетритовых и кораллово-строматопоровых известняков и вторичных доломитов, интерпретируемых как отложения мелководного шельфа.

Бийско-мосоловская часть разреза по данным ГИС скв. Сладковско-Заречная 1 и на сейсмических разрезах имеет вид карбонатного массива (см. рис. 6). Бийский горизонт в нижней части слагается известняками, переслаивающимися с аргиллитами и мергелями (отложения верхней части пологого склона и отдаленного шельфа). Выше бийско-клинцовско-мосоловская толща представлена известняками и кавернозно-пористыми вторичными доломитами, иногда с сохранением реликтовой структуры органогенных известняков, по которым они развиты. Прослоями известняки органогенные, сложенные кораллами ругозами, брахиоподами, гастроподами, криноидеями, водорослями; органогенно-обломочные, детритовые, пористо-кавернозные, прослоями доломитизированные. В отложениях выявлена залежь с дебитом нефти 65,7 т/сут, газа - 15,2 тыс. м^3/сут на 8 мм-вом штуцере. Аналогичная постройка авторами прогнозируется в районе скв. Ташлинская 25, бурение которой остановлено в средней части воробьевского горизонта. В северо-восточном направлении Перелюбско-Рубежинский палеопрогиб компенсируется отложениями клиноформной толщи: органогенно- и биоморфно-обломочными карбонатами и карбонатными брекчиями мосоловского горизонта, - сменяемой вверх по разрезу глинисто-карбонатными и карбонатно-глинистыми (черноярский горизонт) отложениями глубокого шельфа.

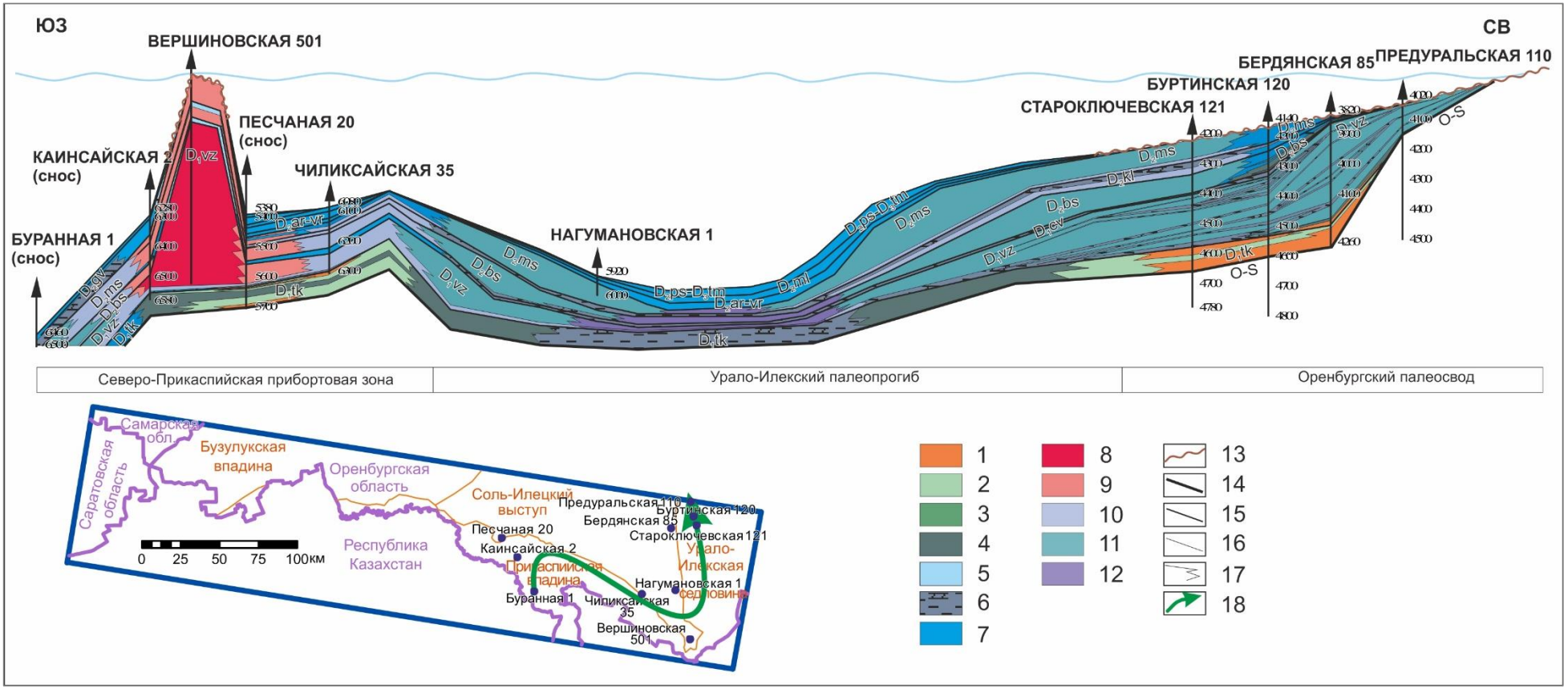


Рис. 5. Седиментационная модель эмсско-нижнефранского комплекса южного склона Оренбургского палеосвода, Урало-Илекского палеопрогиба и Северо-Прикаспийской прибортовой зоны

Литолого-фациальные и палеогеографические зоны (1-12): дельтовые отложения (1-3): 1 - отложения подводных русел и авандельтовых конусов выноса, песчаники; 2 - лагунные отложения, чередование песчаных и глинисто-алевролитовых отложений; 3 - глинисто-алевролитовые отложения; отложения открытого шельфа (4-7): 4 - глинистые отложения мелкого шельфа, удаленного от источников сноса, 5 - карбонатные отложения мелкого шельфа, 6 - карбонатно-глинистые отложения глубокого шельфа, 7 - карбонатные и глинисто-карбонатные отложения глубокого шельфа; рифовые отложения (8 -9): 8 - биогермных известняков и вторичных доломитов рифовых построек, 9 - органогенно-обломочных карбонатных отложений рифовых шлейфов; склоновые отложения (10-11): 10 - карбонатных отложений верхней части склона (известняки шламовые, доломиты), 11 - отложений подводных карбонатных конусов выноса, органогенные брекчии; 12 - депрессионные отложения, битуминозно-глинистые и глинисто-карбонатные отложения; границы (13-17): 13 - предфаменского размыва, 14 - поверхности додевонских отложений, 15 - геологические, 16 - литологические, 17 - фациального замещения, 18 - направление седиментационной модели.

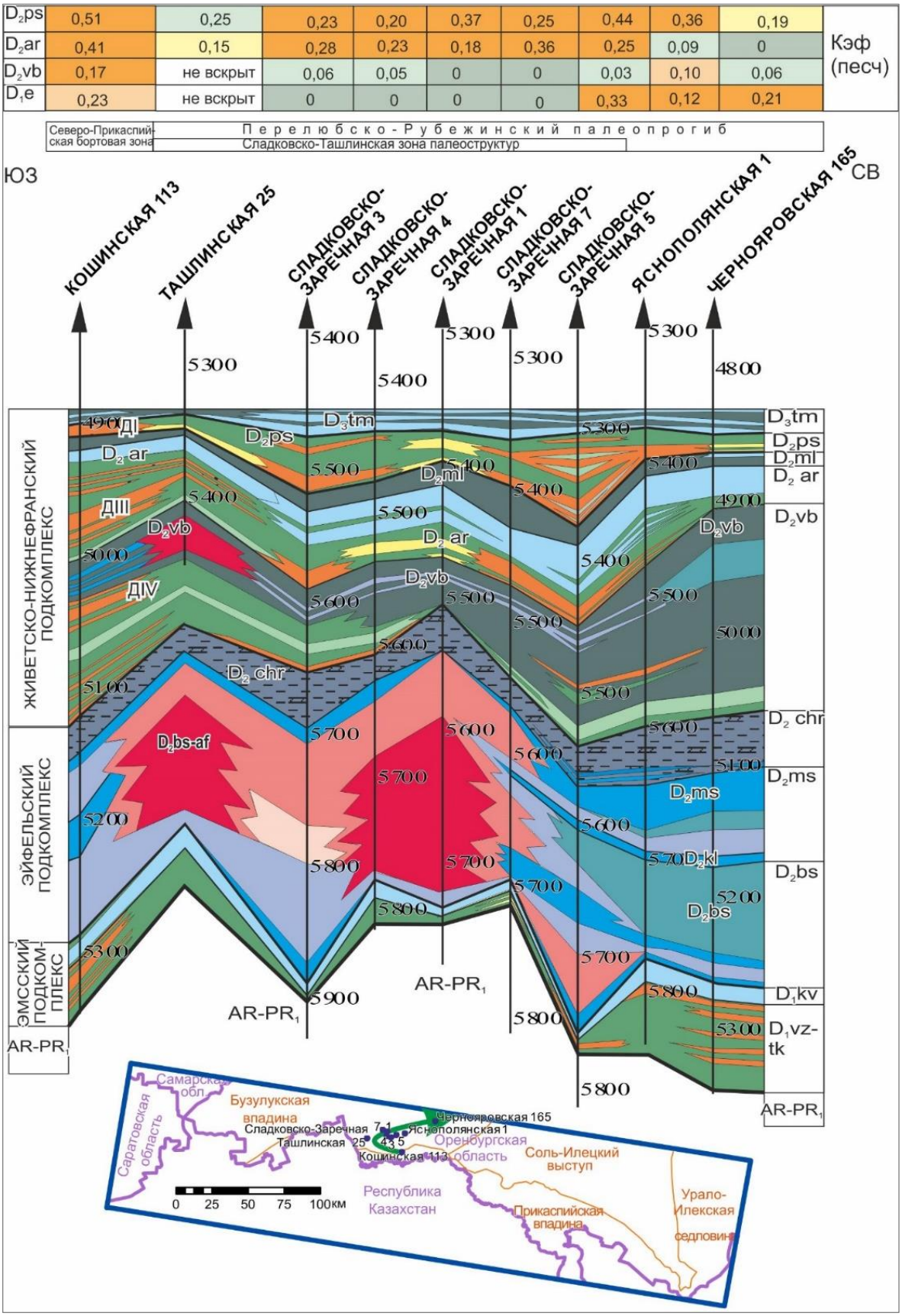


Рис. 6. Седиментационная модель эмсско-нижнефранского комплекса Северо-Прикаспийской прибортовой зоны Перелюбско-Рубежинского палеопрогиба, осложненного Сладковско-Ташлинской зоной палеоподнятий

Усл. обозначения см. на рис. 5.

В Северо-Прикаспийской прибортовой зоне (скв. Кошинская 113) преобладают карбонатные отложения верхней части пологого склона.

Живетский ярус представлен алевролитово-песчаными отложениями авандельтовых русел, замещающимися по латерали алевролитово-глинистыми отложениями межрусловых лагун и линзовидными песчаными телами отмельно-барового генезиса. Рукава авандельт приурочены к палеопрогибам юго-восточной ориентировки, их подводные песчаные конусы раскрываются в Перелюбско-Рубежинский палеопрогиб. Авандельтовые отложения в разрезе чередуются с отложениями мелкого шельфа и верхней части склона: пачками аргиллитов и известняков, микрозернистых, полидетритовых, шламовых, мощностью не более 20-30 м, сменяющихся по латерали подводными карбонатными конусами выноса (скважины Таловая 87, Долинная 101 и 106) – известняками полидетритовыми, шламовыми, и доломитами кавернозными общей мощностью 60-70 м.

Пашийский и тиманский горизонты на межрусловых участках Камелик-Росташинской зоны сложены аргиллитами, их мощность резко сокращается; в разрезах некоторых скважин, возможно, они отсутствуют (подводный смыв).

В соответствии с седиментационными моделями и интерпретацией сейсмического материала (рис. 7, 8) построены литолого-фациальные карты нижнего девона, эйфельского яруса и горизонтов живетского яруса (рис. 9-11). На картах выделены как охарактеризованные выше крупные структурно-фациальные зоны, так и участки распространения отложений разного генезиса, рассматриваемые как потенциальные зоны нефтегазонакопления и ловушки разного типа.

Зоны авандельтового строения прослежены в нижнедевонских отложениях и живетском ярусе (воробьевском, ардатовском и пашийском горизонтах). Рукава и подводные конусы выноса нижнедевонских дельт приурочены как к Рубежинскому палеопрогибу, так и распространяются в пределы южного склона Оренбургского палеосвода (см. рис. 9). Авандельтовые отложения живетского яруса дислоцируются в пределах Рубежинского палеопрогиба, замещаясь в западной части Северо-Прикаспийской прибортовой зоны карбонатно-глинистыми отложениями открытого шельфа, на склонах Оренбургского палеосвода - фациями глубокого шельфа: известковистыми аргиллитами с прослоями битуминозно-глинистых кониконхиевых известняков (см. рис. 11). В базальных частях прогибы осложнены эрозионными врезами. С дельтовыми и авандельтовыми отложениями связаны литологические и структурно-литологические ловушки руслового и барово-отмельного типов.

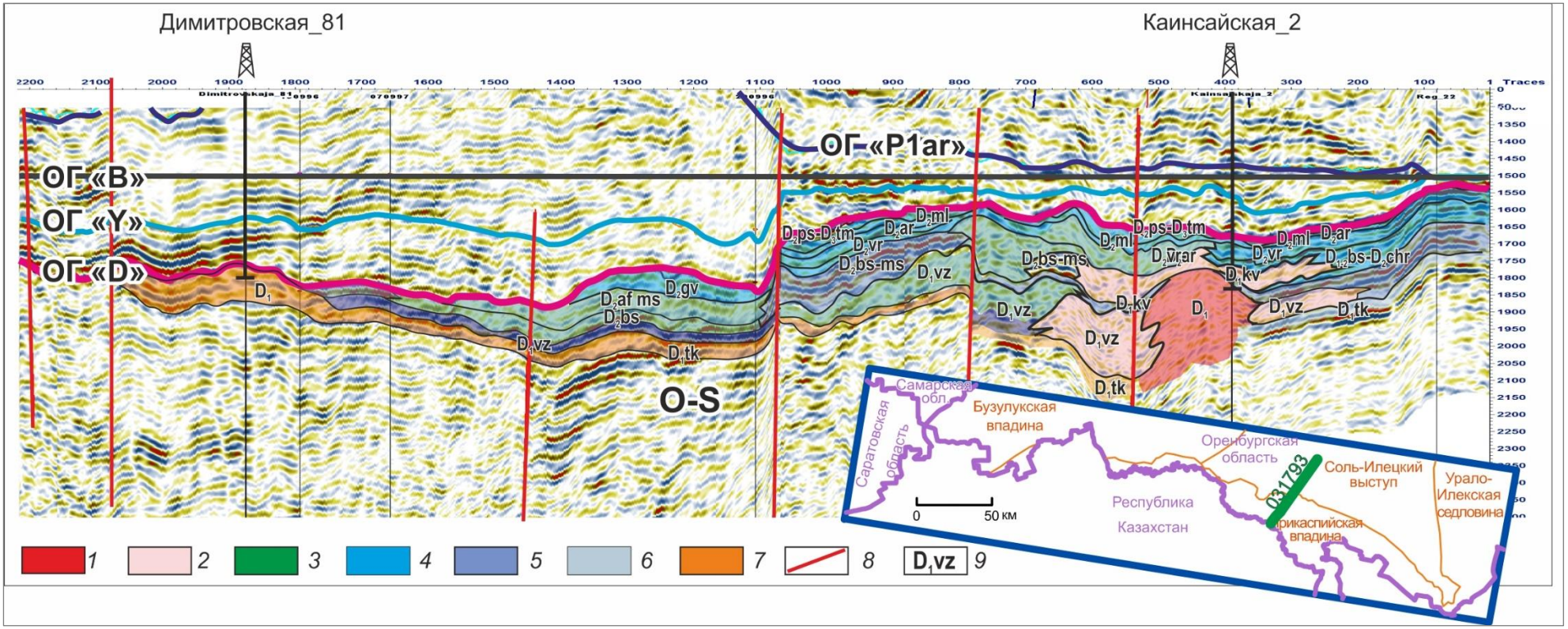


Рис. 7. Сейсмостратиграфическая и сейсмофациальная интерпретации временного разреза по сейсмопрофилю 031793, выровненному на ОГ В, в интервале эмсско-нижнефранских отложений

Сейсмофации (1-7): 1 - рифовая, 2 - обломочных шлейфов, 3 - подводных карбонатных конусов выноса, 4 - карбонатных отложений глубокого шельфа, 5 - карбонатных отложений верхней части пологого склона, 6 - глинистых отложений, 7 - песчано-алевролитовых русловых отложений авандельтового типа; 8 - тектонические нарушения, 9 - индексы горизонтов.

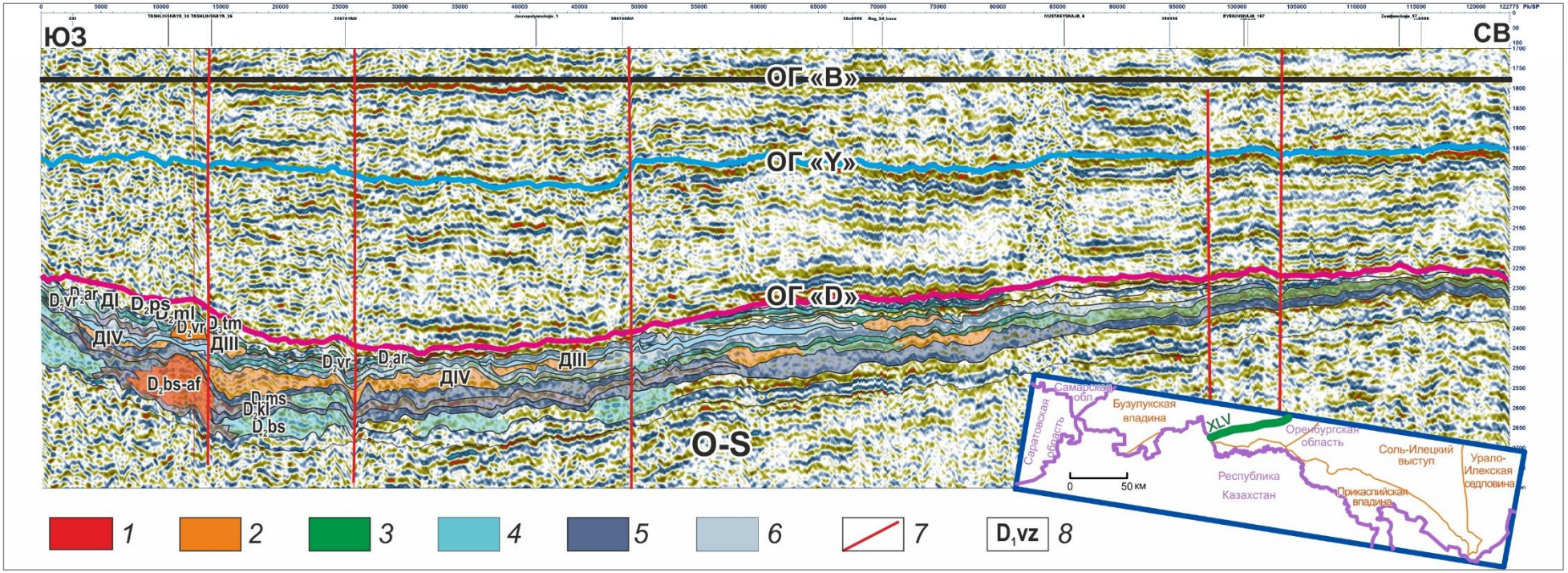


Рис. 8. Сейсмостратиграфическая и сейсмофациальная интерпретации временного разреза по сейсмопрофилю XLV, выровненному на ОГ В, в интервале эмсско-нижнефранских отложений

Сейсмофации (1-7): 1 - рифовая, 2 - песчано-алевролитовых русловых отложений авандельтового типа, 3 - подводных карбонатных конусов выноса, 4 - карбонатных отложений глубокого шельфа, 5 - карбонатных отложений верхней части пологого склона, 6 - глинистых отложений, 7 - тектонические нарушения; 8 - индексы горизонтов.

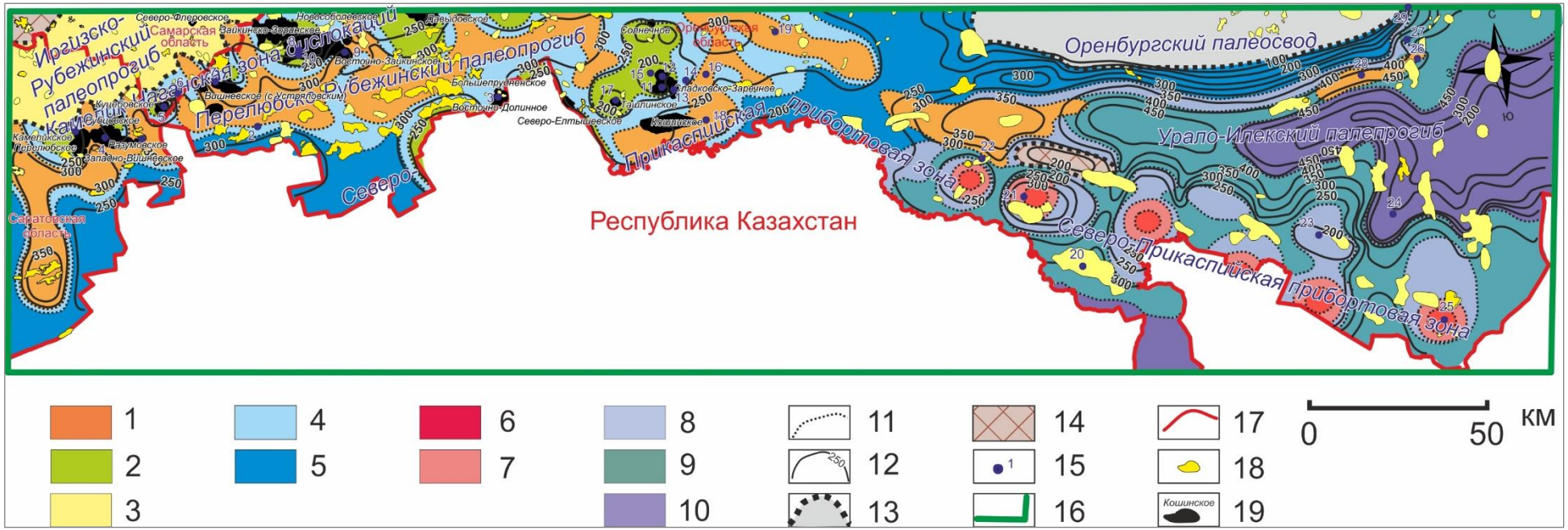


Рис. 9. Карта строения эмсского нефтегазоносного подкомплекса

Литолого-фациальные и палеогеографические зоны (1-10): дельтовые отложения (1-3): 1 - отложения подводных русел и авандельтовых конусов выноса, песчаники, 2 - лагунные отложения, чередование песчаных и глинисто-алевролитовых отложений, присутствуют прослои известняка, 3 - барово-отмельные межрусловые и прибрежные отложения, чередование песчаников и алевролитов; отложения открытого шельфа (4-5): 4 - глинисто-алевролитовых отложений мелкого шельфа, 5 - переслаивания алевролитов, глинистых алевролитов, аргиллитов, прослоев известняков продельты и глубокого шельфа; рифовые отложения (6-7): 6 - биогермных известняков и вторичных доломитов рифовых построек, 7 - органогенно-обломочных карбонатных отложений рифовых шлейфов; склоновые отложения (8-9): 8 - карбонатных отложений верхней части склона (известняки шламовые, доломиты), 9 - отложений подводных карбонатных конусов выноса, органогенные брекчии; депрессионные отложения: 10 - битуминозно-глинистые и глинисто-карбонатные отложения, 11 - границы литолого-палеогеографических зон, 12 - изопахиты эмсско-эйфельских отложений, 13 - зона предфаменского размыва, 14 - отсутствие эмско-эйфельских отложений (размываемая суша), 15 - скважины, 16 - граница участка, 17 - административные границы, 18 - структуры D_0, 19 - месторождения.

Скважины: 1 - Перелюбская 3, 2 - Лебедевская 901, 3 - Рубежинская 200, 4 - Разумовская 1, 5 - Куцебовская 511, 6 - Ратиборская 500, 7 - Вишневская 717, 8 - Зайкинская 557, 9 - Чаганская 600, 10 - Зайкинская 555, 11 - Сладковско-Заречная 4, 12 - Сладковско-Заречная 1, 13 - Сладковско-Заречная 3, 14 - Сладковско-Заречная 5, 15 - Сладковско-Заречная 7, 16 - Яснополянская 1, 17 - Ташлинская 25, 18 - Кошинская 113, 19 - Черноярoвская 165, 20 - Буранная 1, 21 - Каинсайская 2, 22 - Песчаная 20, 23 - Чиликсайская 35, 24 - Нагумановская 1, 25 - Вершиновская 501, 26 - Староключевская 121, 27 - Буртинская 120, 28 - Бердянская 85, 29 - Предуральская 110.

Рис. 10. Карта строения эйфельского нефтегазоносного подкомплекса

Литолого-фациальные и палеогеографические зоны (1-8): отложения открытого шельфа: 1 - переслаивания алевролитов, глинистых алевролитов, аргиллитов, прослоев известняков продельты и глубокого шельфа; рифовые отложения (2-3): 2 - биогермных известняков и вторичных доломитов рифовых построек, 3 - органогенно-обломочных карбонатных отложений рифовых шлейфов; склоновые отложения: 4 - карбонатных отложений верхней части склона, известняки шламовые, доломиты; отложения подводных карбонатных конусов выноса, органогенные брекчии: 5 - бийские, 6 - бийско-мосоловские, 7 - мосоловские; депрессионные отложения: 8 - битуминозно-глинистые и глинисто-карбонатные отложения, 9 - границы литолого-палеогеографических зон, 10 - изопахиты эмско-эйфельских отложений, 11 - зона предфаменского размыва, 12 - скважины, 13 - граница участка, 14 - административные границы, 15 - структуры D_0, 16 - месторождения.

Скважины: 1 - Перелюбская 3, 2 - Лебедевская 901, 3 - Рубежинская 200, 4 - Разумовская 1, 5 - Куцебовская 511, 6 - Ратиборская 500, 7 - Вишневская 717, 8 - Зайкинская 557, 9 - Чаганская 600, 10 - Зайкинская 555, 11 - Сладковско-Заречная 4, 12 - Сладковско-Заречная 1, 13 - Сладковско-Заречная 3, 14 - Сладковско-Заречная 5, 15 - Сладковско-Заречная 7, 16 - Яснополянская 1, 17 - Ташлинская 25, 18 - Кошинская 113, 19 - Черноярская 165, 20 - Буранная 1, 21 - Каинсайская 2, 22 - Песчаная 20, 23 - Чиликсайская 35, 24 - Нагумановская 1, 25 - Вершиновская 501, 26 - Староключевская 121, 27 - Буртинская 120, 28 - Бердянская 85, 29 - Предуральская 110.

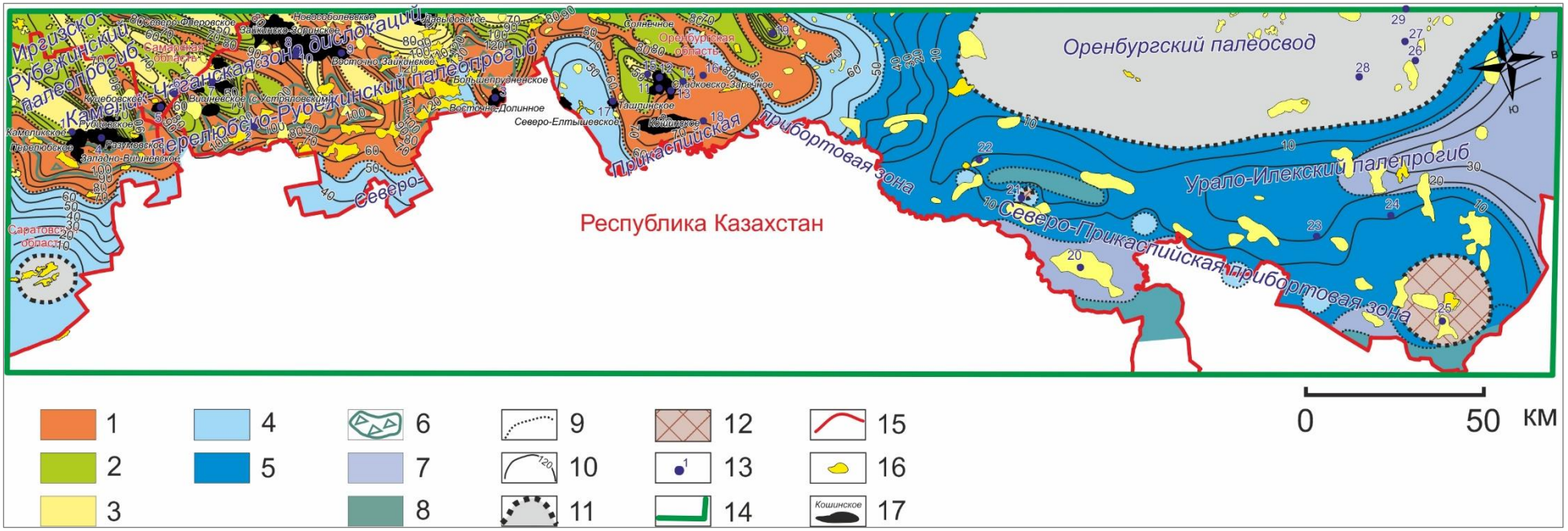


Рис. 11. Карта строения ардатовского горизонта

Литолого-фациальные и палеогеографические зоны (1-8): дельтовые отложения (1-3): 1 - отложения подводных русел и авандельтовых конусов выноса, песчаники, 2 - лагунные отложения, чередование песчаных и глинисто-алевролитовых отложений, присутствуют прослои известняка, 3 - барово-отмельные межрусловые и прибрежные отложения, чередование песчаников и алевролитов; отложения открытого шельфа (4-5): 4 - карбонатно-терригенные отложения открытого шельфа, 5 - глинисто-карбонатные отложения глубокого шельфа; склоновые отложения (6-8): 6 - карбонатные конусы выноса реперной пачки «средний известняк», 7 - карбонатных отложений верхней части склона, известняки шламовые, доломиты, 8 - отложений подводных карбонатных конусов выноса ардатовского горизонта, органогенные брекчии; 9 - границы литолого-палеогеографических зон, 10 - изопахиты ардатовского горизонта, 11 - зона предфаменского размыва, 12 - отсутствие живетских отложений (размываемая суша), 13 - скважины, 14 - граница участка, 15 - административные границы, 16 - структуры D_0, 17 - месторождения.

Скважины: 1 - Перелюбская 3, 2 - Лебедевская 901, 3 - Рубежинская 200, 4 - Разумовская 1, 5 - Куцебовская 511, 6 - Ратиборская 500, 7 - Вишневская 717, 8 - Зайкинская 557, 9 - Чаганская 600, 10 - Зайкинская 555, 11 - Сладковско-Заречная 4, 12 - Сладковско-Заречная 1, 13 - Сладковско-Заречная 3, 14 - Сладковско-Заречная 5, 15 - Сладковско-Заречная 7, 16 - Яснополянская 1, 17 - Ташлинская 25, 18 - Кошинская 113, 19 - Черноярoвская 165, 20 - Буранная 1, 21 - Каинсайская 2, 22 - Песчаная 20, 23 - Чиликсайская 35, 24 - Нагумановская 1, 25 - Вершиновская 501, 26 - Староключевская 121, 27 - Буртинская 120, 28 - Бердянская 85, 29 - Предуральская 110.

В отложениях этого генезиса выявлены многочисленные залежи нефти на Зайкинском, Росташинском, Конновском, Сладковско-Заречном и др. месторождениях, газоконденсатные - на Западно-Вишневском, Западно-Перелюбском, Долинном и пр. месторождениях. В нижнем девоне ловушки стратиграфического типа прогнозируются на южном склоне Оренбургского свода.

Зоны преимущественного карбонатонакопления в раннем девоне распространены на юго-востоке исследуемой территории (см. рис. 9). Наиболее интересными объектами изучения являются крупные одиночные рифы и рифовые массивы, выделенные по данным бурения и сейсморазведки в отложениях нижнего девона на протяжении северо-восточной части Северо-Прикаспийской прибортовой зоны. Помимо известных по публикациям Акбулакского (см. рис. 5) и Саракташского массивов, авторами установлены Южно-Песчаная, Западно-Каинсайская, Восточно-Базыровская и Западно-Чиликсайская одиночные постройки (см. рис. 9). В них прогнозируются литологические ловушки рифового типа, в эйфельском ярусе с ними связаны структурные и структурно-литологические ловушки в толщах облекания рифов, литологические, структурно-стратиграфические и структурно-литологические ловушки - в карбонатных отложениях обломочных шлейфов.

В эйфельском веке основные зоны рифообразования сместились в Перелюбско-Рубежинский палеопрогиб (см. рис. 10). В пределах его юго-восточной бортовой зоны в бийско-мосоловское время сформировались Сладковско-Заречный (см. рис. 5), Ташлинский (см. рис. 8) и Южно-Стешановский рифовые массивы, а северной бортовой зоны в мосоловское время - Куцебовско-Ратиборский и Зайкинский рифовые массивы. Нефтяные залежи выявлены на Сладковско-Заречном и Зайкинском месторождениях, газоконденсатное - на Куцебовском месторождении.

Отложения подводных карбонатных конусов выноса (карбонатных клиноформ) широко распространены в вязовском горизонте восточной части исследуемой территории, где они приурочены к склонам Оренбургского палеосвода и осложняющего его Урало-Илекского палеопрогиба, а также к Северо-Прикаспийской прибортовой зоне (см. рис. 9-10).

В эйфельских отложениях карбонаты подводных конусов выноса установлены также в западной части изучаемой территории (см. рис. 10). С ними связаны залежи газоконденсата на Западно-Вишневском, Западно-Перелюбском, Разумовском (РФ), Чинаревском (Казахстан) и других месторождениях, ловушки структурно-литологического типа прогнозируются на склонах крупных палеоподнятий, структурно-стратиграфического типа - на склонах выступов фундамента.

Таким образом, основные перспективы эмсско-нижнефранских отложений в зоне сочленения Прикаспийской и Волго-Уральской нефтегазоносных провинций связаны с

отложениями рифов, подводных карбонатных конусов выноса, русловыми и баровыми песчаными телами авандельтового комплекса.

В нижнем девоне прогнозируются ловушки, приуроченные к одиночным рифам и рифовым массивам, выявленным в юго-восточной части Северо-Прикаспийской прибортовой зоны (Акбулакская, Южно-Песчаная, Западно-Каинсайская, Восточно-Базыровская и Западно-Чиликсайская одиночные рифы). В эйфельском ярусе над рифовыми постройками формировались антиклинальные, структурно-литологические и структурно-стратиграфические ловушки в толщах облекания и обломочных шлейфах, обрамляющих нижнедевонские рифы.

В бийско-мосоловское время основные центры рифообразования сместились на склоны и поднятия Рубежинского палеопрогиба. Здесь прогнозируются перспективные объекты рифового типа, аналогичные выявленным на Сладковско-Заречном, Зайкинском и др. месторождениях.

В живетском ярусе прогнозируются зоны распространения песчаных тел руслового и барового генезиса, перспективные на поиск литологических, структурно-литологических (Рубежинский палеопрогиб) и структурно-стратиграфических (склоны Оренбургского палеосвода) ловушек. В качестве структурообразующего фактора и латеральных экранов часто выступают тектонические нарушения.

Среднефранско-турнейский нефтегазоносный комплекс

В строении разреза осадочного комплекса участвуют верхний отдел девонской системы в объеме франского (начиная с доманикового горизонта) и фаменского ярусов, турнейский ярус (исключая косьвинский горизонт) нижнего отдела каменноугольной системы.

Результаты литологических и палеонтологических исследований глубоких скважин и интерпретация данных ГИС позволили провести седиментологический анализ карбонатных отложений верхнего девона и турнейского яруса, выделить интервалы развития пород-коллекторов и покрышек.

В строении проанализированных разрезов участвуют следующие генетические типы отложений: биогермные, рифовых шлейфов, внутририфовой лагуны, отложения пологого и крутого склонов бассейна, карбонатных мелководных отмелей, мелкого шельфа, приливно-отливных равнин, углеродистых карбонатно-кремнистых пород доманикового типа, глинисто-карбонатные относительно глубоководные отложения склонов палеодепрессий. По данным бурения разработаны эталоны строения крупных седиментационных зон: депрессионной, склонов палеосводов, центральных зон палеосводов, зон развития фаменских рифовых комплексов (рис. 12-14).

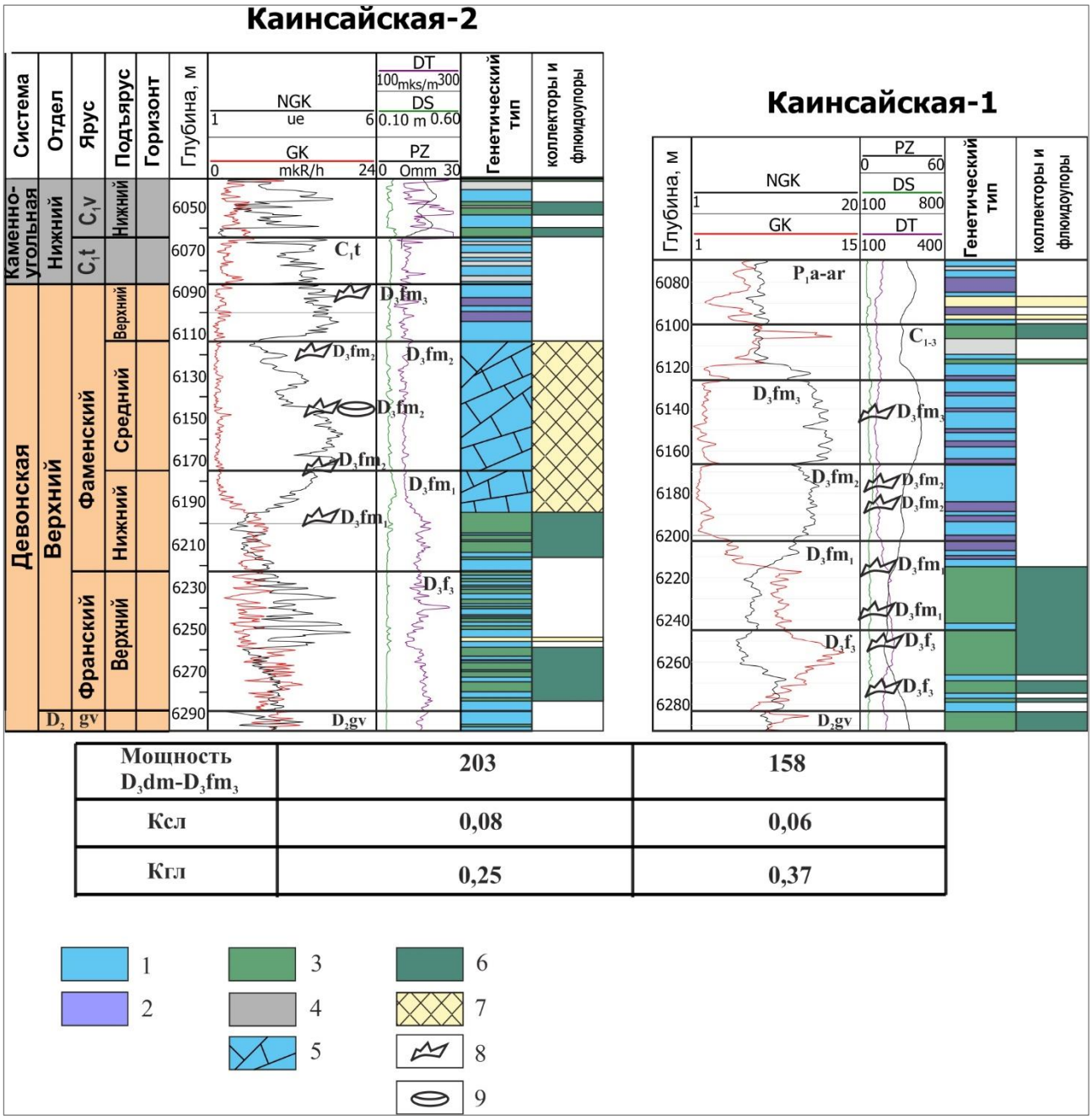


Рис. 12. Геолого-геофизические эталоны среднефранско-турнейских отложений палеодепрессии и нижней части крутого склона палеобассейна (скважины Каинсайская-1, Каинсайская-2)

Типы пород (1-4): 1 - шламовые известняки и доломиты верхней части пологого склона, 2 - углеродистые карбонатно-кремнистые породы доманикового типа, 3 - глины и аргиллиты, 4 - глинистые известняки; 5 - подводный карбонатный блоковый оползень; 6 – флюидоупоры; 7 - трещинный коллектор; 8 - конодонты; 9 - остракоды. Ксл - коэффициент сланценосности, Кгл - коэффициент глинистости.

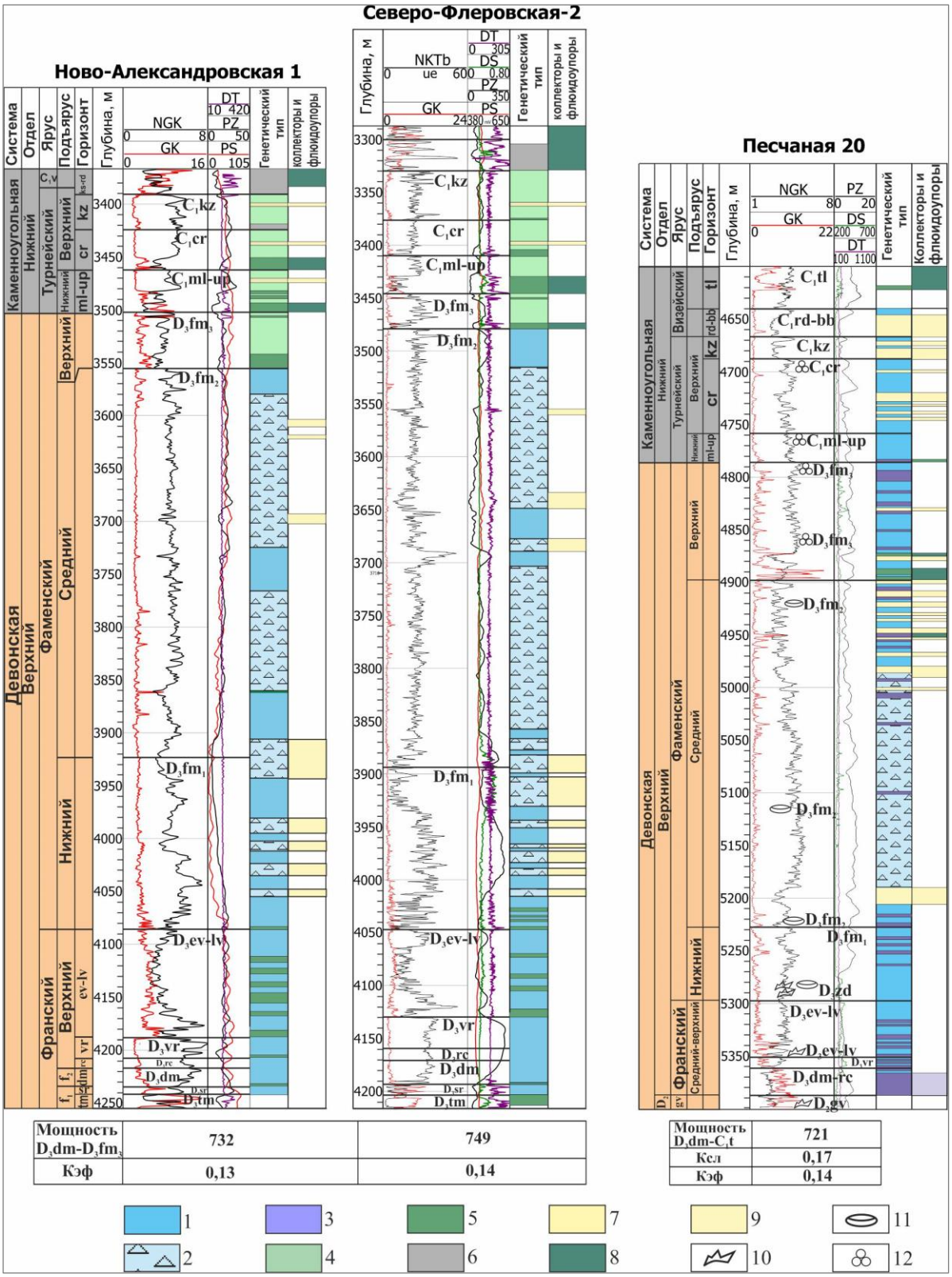


Рис. 13. Геолого-геофизические эталоны среднефранско-турнейских отложений в зоне развития среднефаменских клиноформных комплексов

Типы пород (1-7): 1 - шламовые известняки и доломиты верхней части пологого склона, 2 - карбонатные брекчии, обломочные известняки и доломиты клиноформных комплексов, 3 - углеродистые карбонатно-кремнистые породы доманикового типа, 4 - фораминиферово-водорослевые известняки и доломиты карбонатной отмели, 5 - глины и аргиллиты, 6 - глинистые известняки, 7 - органогенно-обломочные известняки; 8 - флюидоупоры; 9 - коллекторы; 10 - конодонты; 11 - остракоды; 12 - фораминиферы. Кэф - коэффициент эффективных толщин, Ксл - коэффициент сланценосности.

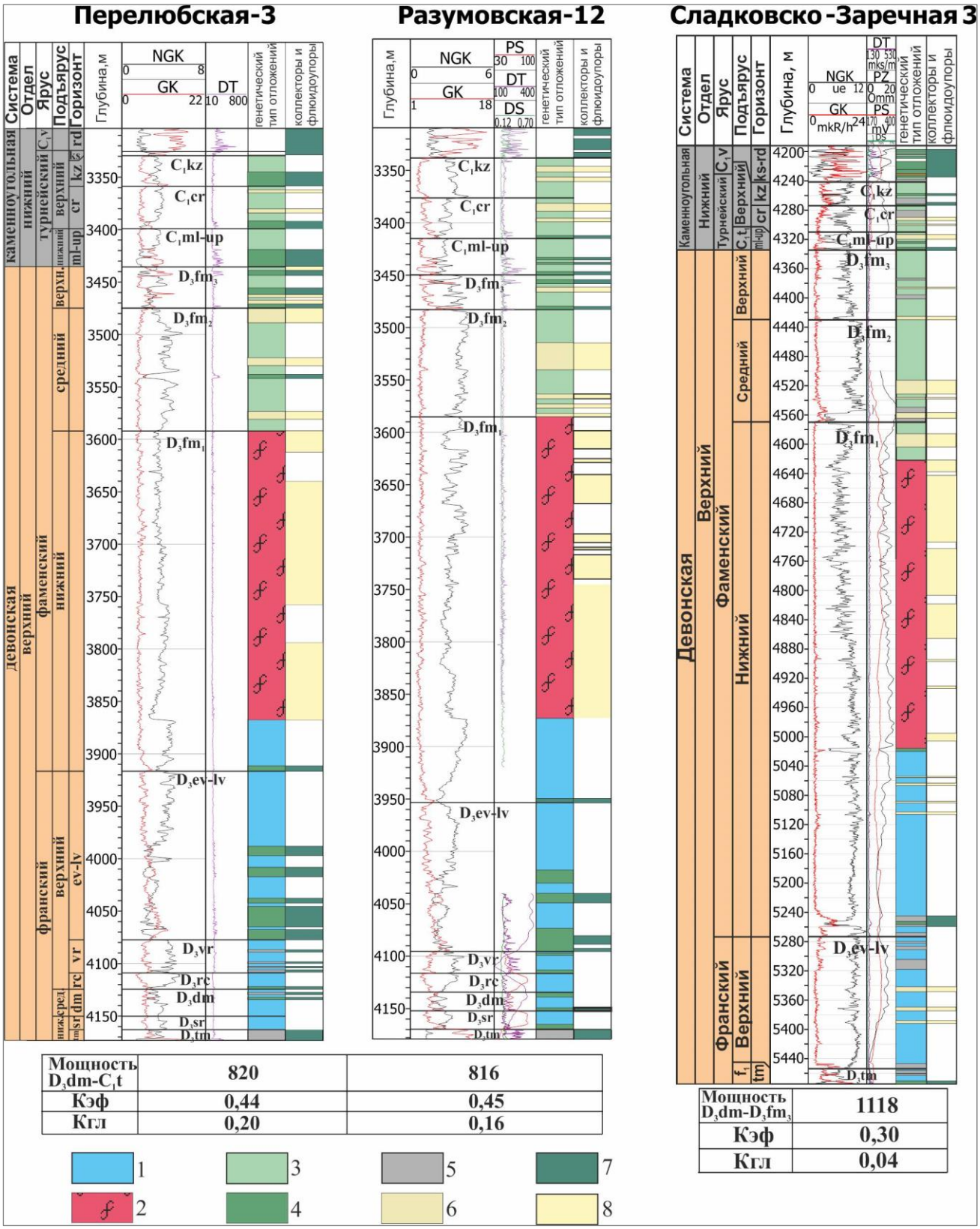


Рис. 14. Геолого-геофизические эталоны среднефранско-турнейских отложений в зоне развития нижнефаменского рифового комплекса

Типы пород (1-6): 1 - шламовые известняки и доломиты верхней части пологого склона, 2 - биогермные известняки, 3 - фораминиферово-водорослевые известняки и доломиты карбонатной отмели, 4 - глины и аргиллиты, 5 - глинистые известняки, 6 - органогенно-обломочные известняки; 7 - флюидоупоры; 8 - коллекторы. Кэф - коэффициент эффективных толщин, Кгл - коэффициент глинистости.

Закономерности латеральной и вертикальной изменчивости в разных зонах позднедевонско-турнейского бассейна отображены на седиментационных моделях, в виде литолого-фациальных палеоразрезов пересекающих разные палеотектонические элементы исследуемой территории. В качестве примера ниже приведены две из них. Седиментационная модель верхнедевонско-турнейских отложений (рис. 15) отражает внутреннее строение и седиментационную зональность комплекса в пределах склона Оренбургского палеосвода, Соль-Илецкого палеосвода его склонов и в северной прибортовой части Прикаспийской палеовпадины. Седиментационная зональность предопределяется Оренбургским палеосводом, расположенным в северо-восточной части территории изучения, где наблюдается значительно сокращенный разрез девонских отложений (до 326 м), в котором отсутствуют франские и живетские отложения. Нижний фамен залегает на размытой поверхности эйфельских отложений (скважины Восточно-Кардаиловская 1, Западно-Оренбургская 107). Вышележащие отложения фамена и турне представлены детритовыми известняками открытого шельфа, плотными фораминиферово-водорослевыми, а также пористыми органогенно-обломочными известняками карбонатных отмелей (скважины Западно-Оренбургская 105, 106, 107). Общая мощность отложений в этих скважинах достигает 470 м, коэффициент эффективной мощности среднефранско-турнейских отложений изменяется от 0,12 до 0,16. Разрезы содержат пласты пород-коллекторов мощностью до 20 м.

Восточнее, на склонах Оренбургского палеосвода отсутствуют франские, нижне-среднефаменские отложения. Мощность разреза сокращается до 100-170 м (в скважинах Копанской и Красноярской площадей). Отложения верхнего фамена и турнейского яруса представлены мелкоплитчатыми доломитами приливно-отливного генезиса, переслаивающимися с маломощными пластами глин (глинистый материал каналов стока). К югу от палеосвода располагается область развития подводных конусов выноса карбонатного обломочного материала, слагающих карбонатные клиноформы мощностью до 600-620 м, в которых широко развиты линзы карбонатных брекчий, переслаивающихся со шламово-детритовыми известняками и доломитами, а также углеродистыми карбонатно-кремнистыми породами доманикового типа. Фаменские клиноформные комплексы карбонатных брекчий имеют массивное строение и характеризуются линзовидным распределением пород-коллекторов. Их накопление происходило в пределах пологого склона Оренбургского палеосвода и в Перелюбско-Рубежинском палеопрогибе (скважины Восточно-Песчаная 30, Песчаная 17, 16, 10, 20).

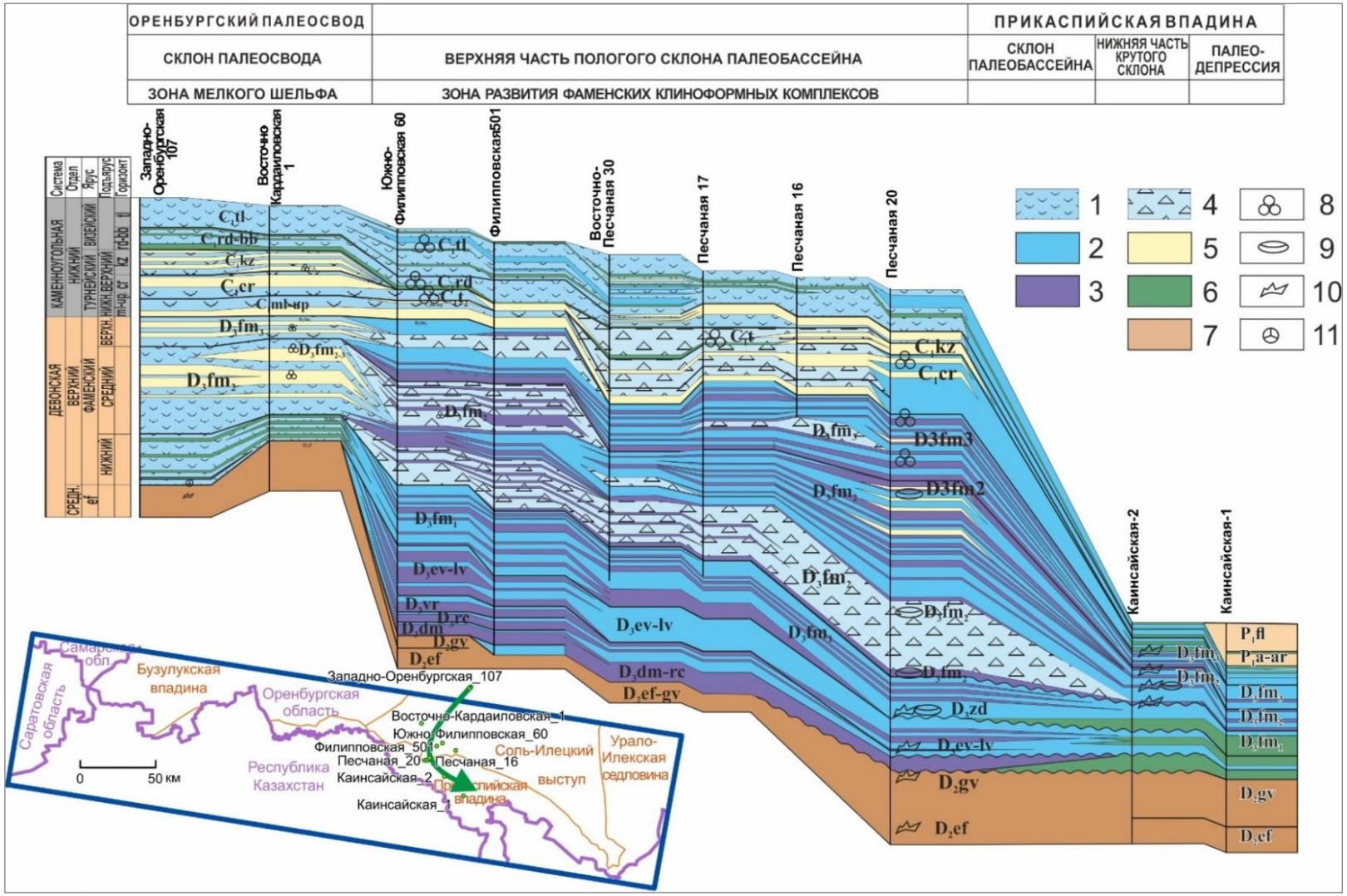


Рис. 15. Седиментационная модель верхнедевонско-турнейских отложений по линии скважин Западно-Оренбургская 105 - Каинсайская 1

Типы пород (1-7): 1 - органогенно-детритовые известняки открытого шельфа, 2 - шламово-детритовые известняки и доломиты склона бассейна, 3 - углеродистые карбонатно-кремнистые породы доманикового типа, 4 - карбонатные брекчии клиноформного комплекса, 5 - пористые органогенно-обломочные известняки, 6 - глины; 7 - комплекс среднего девона; органические остатки (8-11): 8 - фораминиферы, 9 - остракоды, 10 - конодонты, 11 - споры.

Седиментационная модель среднефранско-турнейских отложений юго-западной части Бузулукской впадины (рис. 16) иллюстрирует строение Перелюбско-Разумовского рифа, осложняющего строение одноименного поднятия, расположенного в западной части изучаемой территории - в юго-западной части Бузулукской палеовпадины и Перелюбско-Рубежинского палеопрогиба. В основании рифового комплекса залегают средне-верхнефранские плотные шламовые и глинистые известняки пологого склона бассейна, содержащие пласты и пачки глин. Только в центральной части палеоподнятия (скважины Разумовская 1, 19, 21, Перелюбская 2, 8, 5) отложения пологого склона сменяются биоморфно-детритовыми известняками мелкого шельфа. Рифовые массивы нижнего фамена достигают максимальной мощности (260-270 м) в скважинах Перелюбская 3 и Разумовская 12, между отдельными крупными массивами развиты органогенно- обломочные известняки тыловых рифовых шлейфов, содержащих фрагменты рифостроителей и отложения внутририфовых лагун. Рифовые массивы характеризуются массивным строением. Породы-коллекторы занимают различный объем в рифовой постройке. Перекрывающие отложения среднего фамена мощностью до 110 м представлены толстоплитчатыми фораминиферово-водорослевыми известняками, содержащими средне-толстоплитчатые пласты пористых органогенно-обломочных известняков карбонатной отмели. Породы-коллекторы мощностью от 10 до 20 м слагают отдельные пласты (см. рис. 16).

Перекрывающие отложения верхнего фамена, а также малевского и упинского горизонтов турнейского яруса мощностью до 260 м представлены мелкоплитчатыми известняками и доломитами приливно-отливного генезиса, которые перекрыты черепетскими и кизеловскими водорослевыми и органогенно-обломочными известняками карбонатной отмели, содержащими пласты пород-коллекторов мощностью от 1 до 10 м. Коэффициент эффективной мощности среднефранско-турнейских отложений в зоне развития нижнефаменского рифового комплекса достигает 0,44-0,45 (см. рис. 14), в зоне развития внутририфовой лагуны он сокращается до 0,33.

В южном направлении рифовые отложения последовательно замещаются шламовыми плотными среднеплитчатыми известняками, содержащими линзы органогенно-обломочных пород передовых рифовых шлейфов, далее по направлению к крутому склону Прикаспийской палеовпадины (скв. Малаховская-1) разрез комплекса резко сокращается, ввиду отсутствия средне- и верхнефранских отложений. Фаменские известняки залегают на эйфельских отложениях среднего девона. Сокращение разреза обусловлено наличием масштабного предфаменского плоскостного смыва отложений на крутом борту палеовпадины. Разрез фаменского яруса представлен плотными средне-толстоплитчатыми известняками пологого склона бассейна. Мощность отложений достигает 300 м.

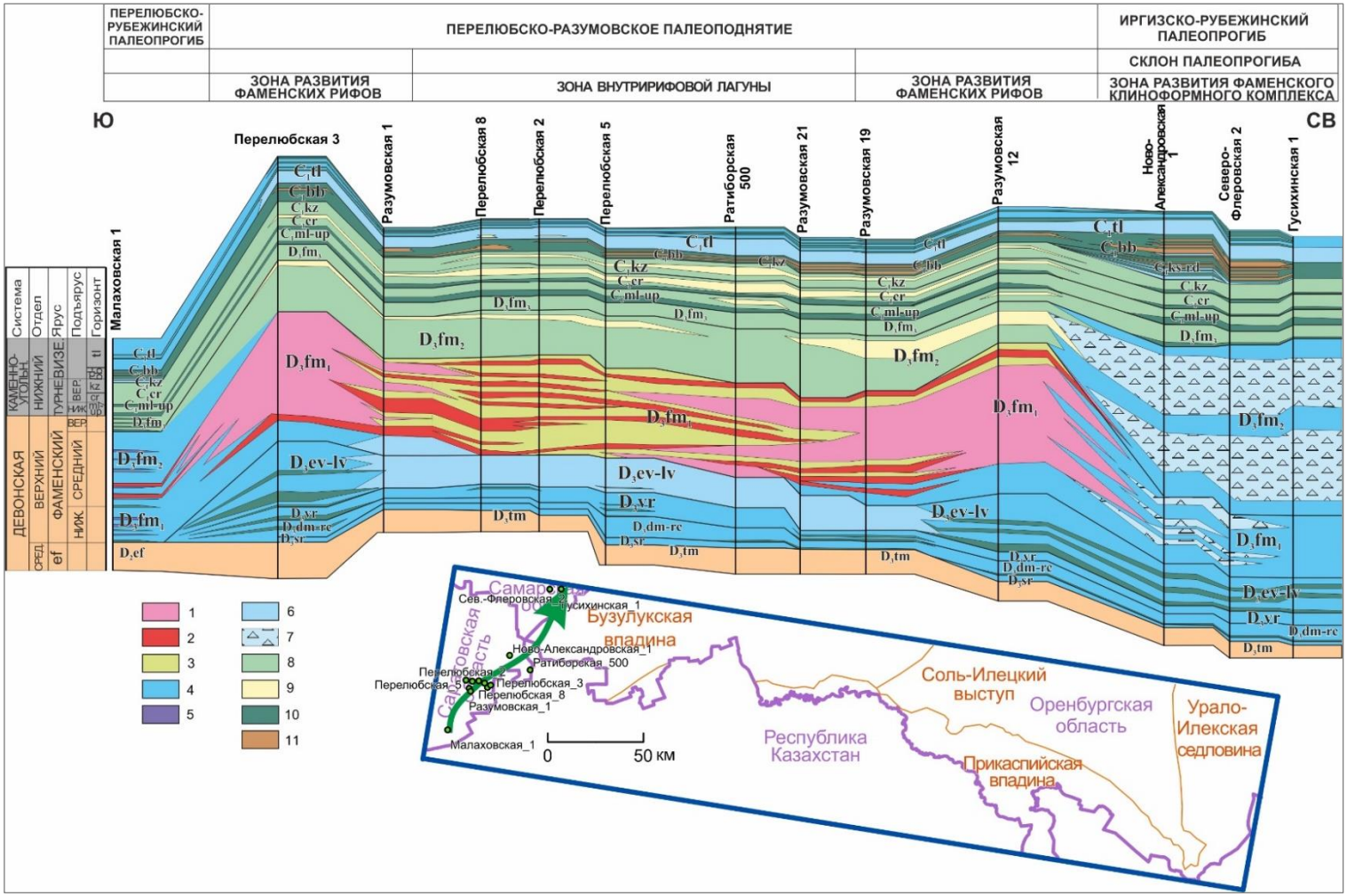


Рис. 16. Седиментационная модель среднефранско-турнейских отложений юго-западной части Бузулукской впадины по линии скважин Малаховская 1 - Гусихинская 1

1 - биогермные известняки, 2 - органогенно-обломочные известняки рифовых шлейфов, 3 - органогенно-обломочные и детритовые известняки внутририфовой лагуны, 4 - шламово-детритовые известняки и доломиты склона, 5 - углеродистые карбонатно-кремнистые породы доманикового типа, 6 - органогенно-детритовые известняки мелкого открытого шельфа, 7 - карбонатные брекчии клиноформного комплекса, 8 - фораминиферово-водорослевые известняки карбонатной отмели, 9 - пористые органогенно-обломочные известняки карбонатной отмели, 10 - глины, 11 - песчаники и алевролиты волновых отмелей, баров, лагун и субаквальной части дельты (авандельты).

В северном направлении на склоне Иргизско-Рубежинского палеопрогиба (см. рис. 16, скважины Ново-Александровская 1, Северо-Флеровская 2, Гусихинская 1) развиты мощные клиноформные тела среднего фамена. Общая мощность клиноформных комплексов достигает 410 м (скв. Северо-Флеровская 2, см. рис. 16). Они представлены массивными и массивно-слоистыми карбонатными брекчиями, слагающими клиноформные тела, разделенные слоистыми шламовыми и пелитоморфными известняками. В плане тела имеют конусовидную форму. Породами-коллекторами являются пористые органогенно-обломочные известняки и пористо-кавернозные карбонатные брекчии с органогенно-обломочным среднезернистым связующим материалом. Максимальное количество пород-коллекторов приурочено к верхней части нижнего, основанию и средней части среднего фамена. Франский интервал разреза (от подошвы доманикового горизонта до кровли верхнего франа) сложен глинистыми и шламово-детритовыми известняками. Перекрывающие клиноформные тела верхнефаменско-турнейские отложения мощностью до 150 м представлены мелководными известняками и доломитами, в основании которых выделяются глинистые пласты. Коэффициент эффективной мощности среднефранско-фаменских отложений в зоне развития клиноформного комплекса среднего фамена – 0,13-0,14 (см. рис. 13).

Геолого-геофизические эталоны разрезов осадочных тел разного генезиса и седиментационные модели строения верхнедевонско-турнейских отложений различных палеогеоморфологических элементов палеобассейна послужили основой для сейсмостратиграфического анализа результатов региональной и площадной сейсморазведок на изучаемой территории (см. рис. 1). Проведение комплексных исследований позволило разработать карту строения среднефранско-турнейского нефтегазоносного комплекса, отображающую распространение различных типов разрезов и литологических ловушек (рис. 17), являющуюся основой выделения перспективных нефтегазоносных зон и участков для дальнейших геологоразведочных работ.

Как видно из приведенной карты седиментационные зоны имеют субширотную ориентировку. В южной части территории трассируется бортовой уступ и крутой склон палеобассейна, осложненный оползнями карбонатного и глинисто-карбонатного материала. Оползание на крутых участках палеосклона происходило в подводных условиях. Развитие подводных оползней на крутых склонах палеобассейнов и отдельных палеоподнятий - широко распространенное явление [Фролов, 1995; Collins et al., 2006]. Отложение их происходило путем отрыва осадочных достаточно крупных тел от склона и дальнейшего захоронения в «нормальных» слоистых осадках, одновременно при соскальзывании такие блоковые оползни срывают со склона нижезалегающие осадки.

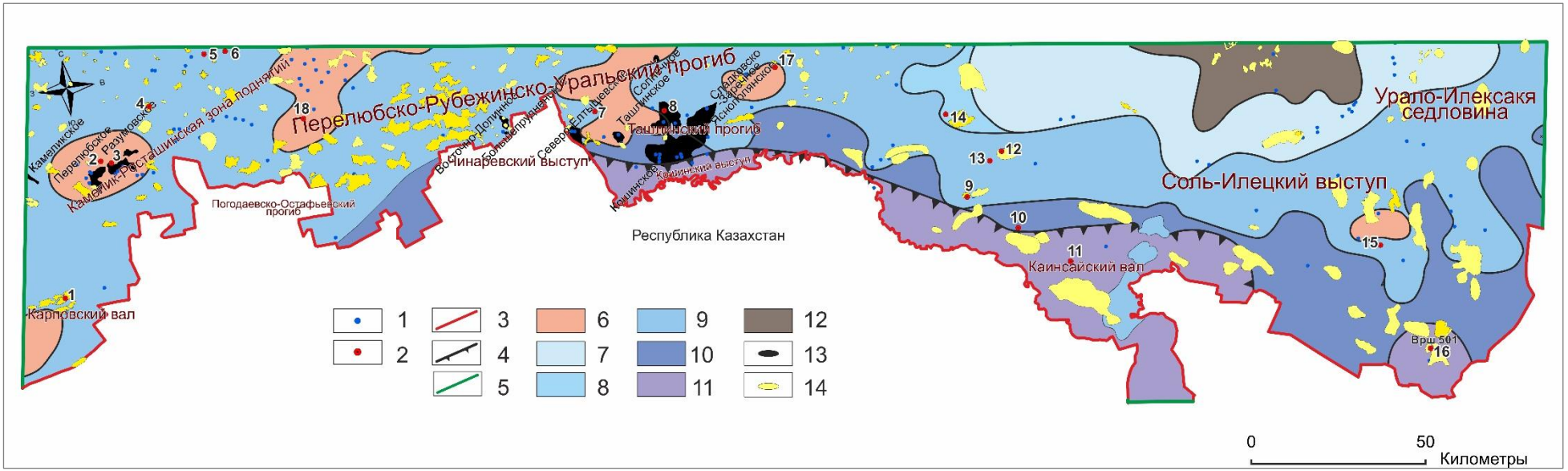


Рис. 17. Карта строения среднефранско-турнейского нефтегазоносного комплекса

1 - скважины, 2 - скважины в моделях и эталонах, 3 - административные границы, 4 - граница крутого склона Прикаспийской палеовпадины, 5 - контур работ, 6 - одиночные рифы, 7 - верхнефаменско-турнейские отложения мелкого шельфа, 8 - мелководные обломочные известняки западного склона палеосвода, 9 - зона развития карбонатных подводных конусов выноса среднего-верхнего фамена на пологом склоне палеобассейна, 10 - отложения нижней части склона бассейна, слоистые шламовые известняки и доломиты, 11 - депрессионные отложения нижней части крутого склона и палеодепрессии (глинистые и шламовые известняки), 12 - верхнефаменско-турнейские глинистые известняки центральной части палеосвода, 13 - месторождения, 14 - структуры Дл.

Скважины: 1 - Малаховская_1, 2 - Перелюбская_3, 3 - Разумовская-12, 4 - Ново-Александровская-1, 5 - Северо-Флеровская-2, 6 - Гусихинская_1, 7 - Ташлинская-25, 8 - Сладковско-Заречное_3, 9 - Песчаная_20, 10 - Каинсайская_2, 11 - Каинсайская_1, 12 - Южно-Филипповская_60, 13 - Филипповская_501, 14 - Восточно-Кардаиловская_1, 15 - Нагумановская_1, 16 - Вершиновская_501, 17 - Черноярoвская_165, 18 - Мирошкинская-556.

На фрагменте сейсмического профиля 350701АМ, пересекающего бортовой уступ в районе Чинаревского палеовыступа (рис. 18), показаны строение и условия залегания нижне-среднефаменского блокового оползня. Отложения нижнего фамена залегают на неровной поверхности живетских и франских частично «сорванных» отложений и перекрываются слоистой глинисто-карбонатной толщей верхнего фамена и турнейского яруса. На сейсмической картине видно хаотичное разноориентированное положение блоков карбонатных пород. Строение разрезов крутого склона отражено в скв. Каинсайская-2 (см. рис. 15), где на глинистых известняках и глинах евлановского и ливенского горизонтов залегают перемещенные блоки (фрагменты пластов) нижнего и среднего фамена (см. рис. 12). Оползневые отложения перекрыты тонкоплитчатыми глинистыми известняками верхнего фамена и турнейского яруса. Для отложений этого типа характерна интенсивная трещиноватость.

Ниже по склону прослеживается зона его нижней части и депрессионных отложений (скважины Каинсайская-1, Чиликсайская-35 и Вершиновская-501), см. рис. 17). Разрезы зоны сложены тонко- и мелкослоистыми темноцветными шламовыми и глинистыми известняками, а также пачками глин. Породы-коллекторы в разрезе отсутствуют, за исключением маломощных пластов обломочных известняков в турнейской части разреза, коэффициент эффективной мощности среднефранско-турнейских отложений не превышает 0,09.

В пределах депрессионной зоны на юго-востоке территории выделяются тела фаменских подводных конусов выноса карбонатных брекчий, смещающихся последовательно вниз по склону (рис. 19).

<u>Зона распространения отложений верхней части склона палеобассейна</u> занимает наибольшую площадь изучаемой территории. Верхняя часть склона палеобассейна осложнена двумя палеопрогибами: северным Иргизско-Рубежинским и южным Перелюбско-Рубежинским субширотной ориентировки. Разрезы этой зоны характеризуются максимальной мощностью отложений (от 850 до 1200 м), стратиграфической полнотой разреза, присутствием мощных (до 400 м) клиноформных тел карбонатных брекчий, приуроченных к склонам палеопрогибов (см. рис. 15-16). В пределах верхней части склона также выделяются участки межрифовых проливов, ориентированные вкрест простирания общей зональности и разделяющие Перелюбское, Мирошкинско-Зайкинское, Сладковско-Заречное и Черноярoвское палеоподнятия.

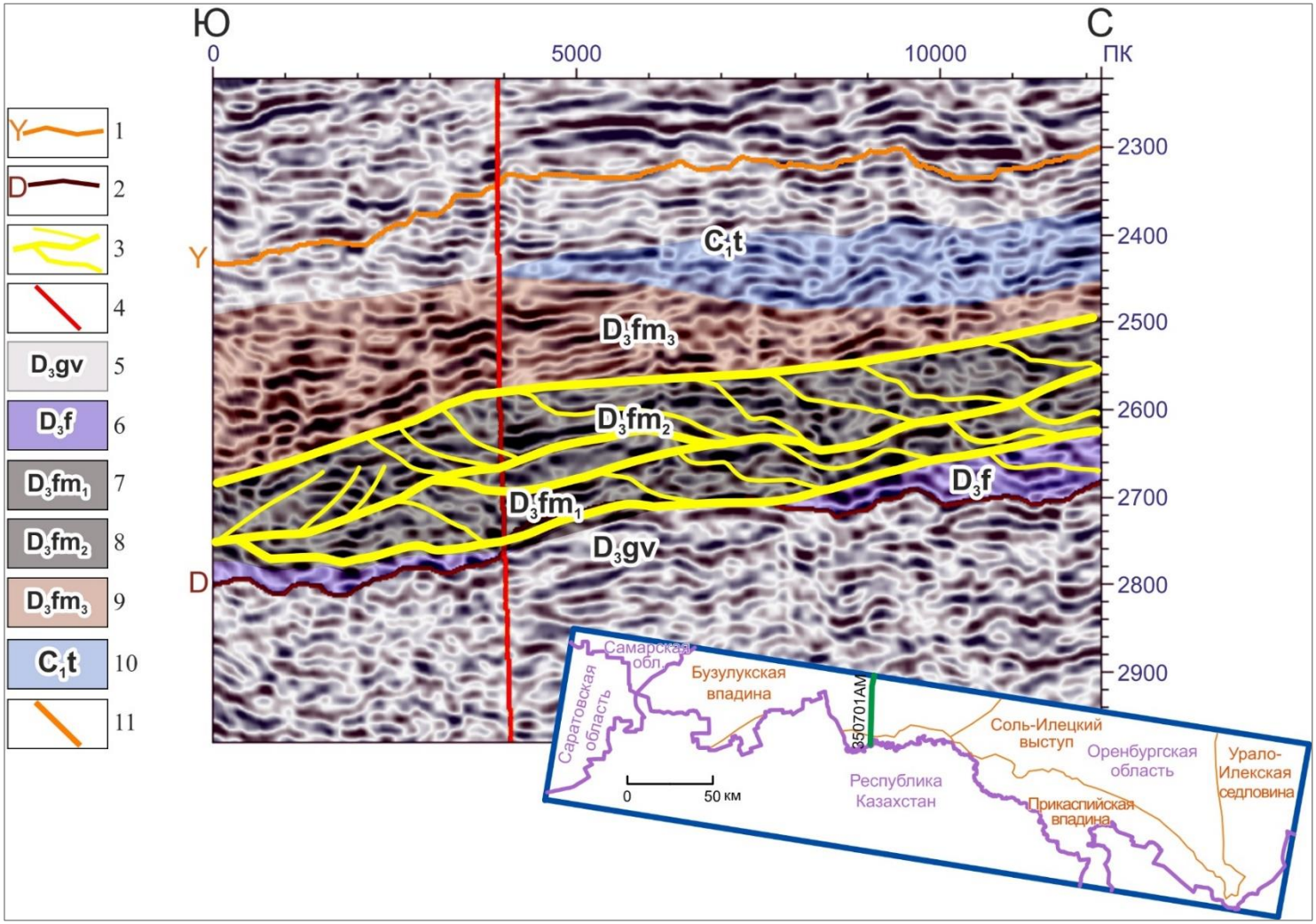


Рис. 18. Фрагмент сейсмического профиля 350701АМ, иллюстрирующий строение оползневых тел на крутом склоне палеобассейна

Отражающие горизонты (1-2): 1 - кровли бобриковского горизонта; 2 - кровли разновозрастных отложений эмско-нижнефранского комплекса; 3 - границы блоков в оползне; 4 - разрывные нарушения; отложения (5-10): 5 - живетского яруса, 6 - франского яруса, 7 - нижнефаменского подъяруса, 8 - среднефаменского подъяруса, 9 - верхнефаменского подъяруса, 10 - турнейского яруса; 11 - линия профиля на карте.

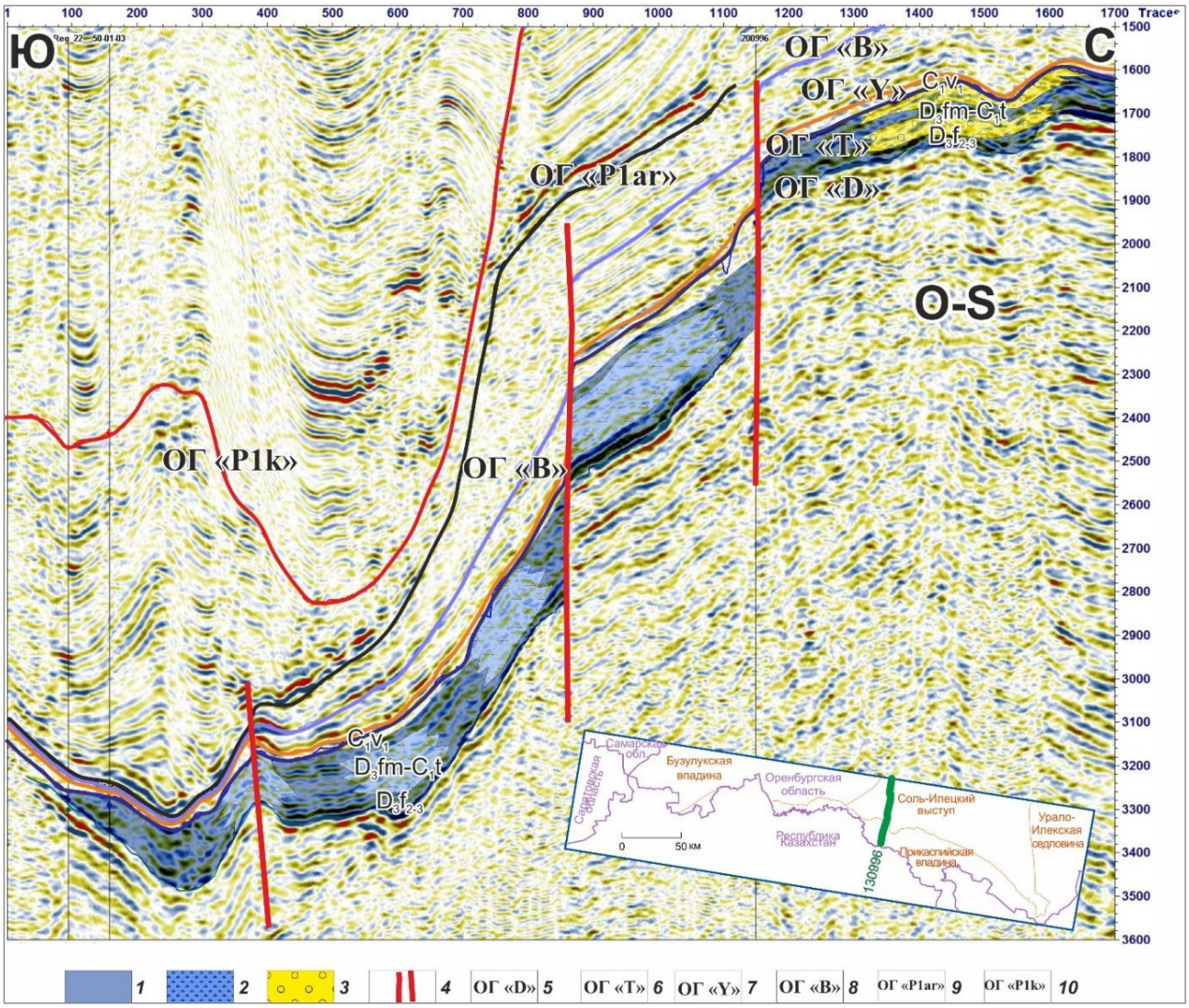


Рис. 19. Фрагмент профиля 130996 с прогнозируемыми литологическими тектонически ограниченными ловушками в фаменском клиноформном комплексе в прибортовой зоне Прикаспийской впадины, а также структурно-литологическая ловушка в фаменско-турнейских известняках на склоне Оренбургского свода

Отложения (1-3): 1 - нижней части склона палеобассейна, шламовые и глинистые известняки, 2 - подводных конусов выноса, карбонатные брекчии; 3 - верхней части склона палеосвода, мелководные органогенно-обломочные известняки; 4 - разрывные нарушения; отражающие горизонты (5-10): 5 - кровли разновозрастных отложений эмско-нижнефранского комплекса, 6 - кровли карбонатов турнейского яруса, 7 - кровли бобриковского горизонта, 8 - кровли верейского горизонта, 9 - кровли карбонатов нижней перми; 10 - кровли солей кунгурского яруса.

В пределах зоны наблюдаются существенные изменения литологического состава средне-верхнефранских отложений (см. рис. 13). В западной части Иргизско-Рубежинского палеопрогиба и в пределах Перелюбского палеоподнятия отсутствуют углеродистые карбонатно-кремнистые отложения доманикового типа, широко развиты глинистые пласты и пачки. Восточнее, в районе Зайкинско-Росташинских палеоструктур, отложения доманикового типа распространены в доманиковом, речицком, воронежском, евлановском и ливенском горизонтах, особенно широко они представлены в пределах юго-восточных

территорий от скв. Таловая 87 до скважин Ташлинская 25, 60, Северо-Ташлинская 3 и 4.

Появление глинистого материала характерно для межрифового пролива, разделяющего Сладковско-Заречный и Чернояровский рифовые комплексы. Так, например, в разрезах скважин Сладковско-Заречная-7 и 5 мощность глинистых пачек воронежского, евлановского и ливенского горизонтов достигает 40-80 м, в разрезе верхнего франа преобладают глинистые известняки, отложения доманикового типа отсутствуют. Коэффициент глинистости среднефранско-турнейских отложений составляет 0,16-0,17. Восточнее углеродистые карбонатно-кремнистые отложения распространены в виде отдельных пластов и пачек в составе не только франских отложений, но и среди отложений фаменского яруса (скв. Песчаная-20, см. рис. 13). Широко представленные в этой зоне нижне- и среднефаменские карбонатные брекчии слагают клиноформные тела мощностью до 350-400 м. Обломочный материал в брекчиях представлен различными известняками: детритовыми, водорослевыми, фораминиферово-водорослевыми, микрозернистыми, пелитоморфными и кристаллическими доломитами. Обломки размером от первых до десятков сантиметров, угловатой и полуокатанной формы. Заполнитель или основная масса разнообразны по составу: от шламового материала в дистальных частях клиноформ до детритового и органогенно-обломочного зернистого материала в проксимальных. В зависимости от распределения заполнителя изменяются коллекторские свойства брекчий: от поровых и порово-каверновых коллекторов с пористостью до 12%, до трещинных (Кп 1,5-2%). Породы-коллекторы имеют линзовидное распределение. В целом для брекчий характерно массивное строение. Содержание коллекторов в проксимальных частях клиноформ достигает 15% (Кэф 0,10-0,15). С фаменскими карбонатными клиноформами связаны ловушки литологического типа, ввиду их морфологической выраженности, наличия коллекторов и перекрывающих нижнетурнейских и нижневизейских флюидоупоров. На рис. 20 приведены примеры прогнозируемых литологических ловушек в фаменских карбонатных клиноформах на склоне Прикаспийской палеовпадины в восточной части территории исследований.

Области распространения одиночных рифовых построек, обрамляющих палеоподнятия

Рифовые постройки образуют «цепочку» в северо-западной части территории на пологом склоне палеобассейна. Одиночные постройки разделяют межрифовые проливы (см. рис. 17) и приурочены к самостоятельным палеоподнятиям. Разрезы характеризуются наличием биогермных кораллово-строматопорово-водорослевых массивных известняков нижнего и среднего фамена, которые залегают на мелководных детритовых, относительно глубоководных склоновых шламовых и глинистых известняках (см. рис. 14) и перекрываются водорослевыми и органогенно-обломочными известняками карбонатной отмели позднефаменского и турнейского возраста.

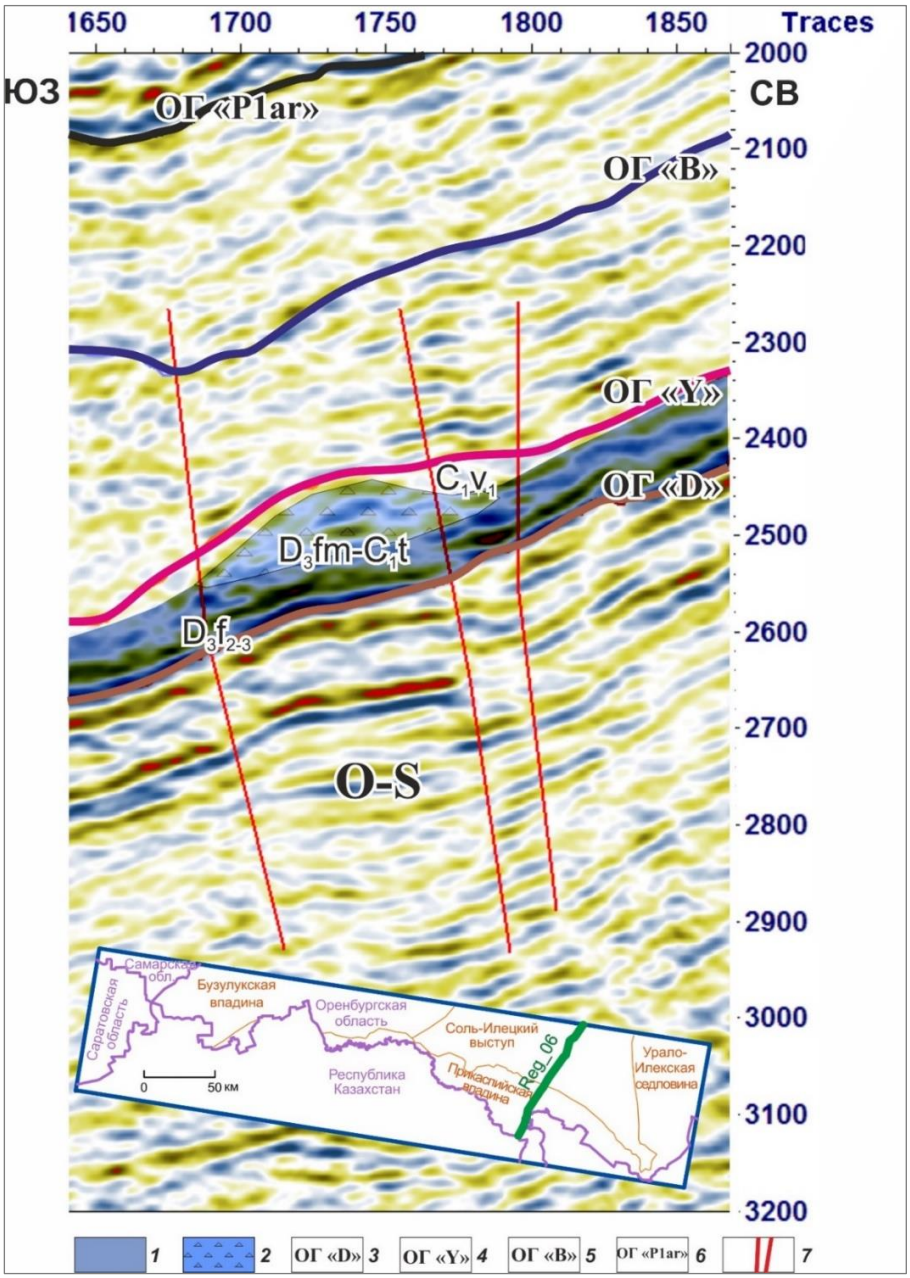


Рис. 20. Прогнозируемая литологическая ловушка в фаменском клиноформном комплексе на фрагменте профиля REG-06

Отложения (1-2): 1 - нижней части склона бассейна, 2 - карбонатных подводных конусов выноса; отражающие горизонты (3-6): 3 - кровли разновозрастных отложений эмско-нижнефранского комплекса, 4 - кровли бобриковского горизонта, 5 - кровли верейского горизонта, 6 - кровли карбонатов нижней перми; 7 - разрывные нарушения.

Породы-коллекторы массивные порово-каверновые в нижне-среднефаменском интервале разреза и пластовые поровые горизонтально слоистые в верхнефамен- турнейском. Содержание пород-коллекторов, рассчитанное на полный разрез (доманиковый и кизеловский горизонты), составляет 33-37%, рассчитанное на фамен-турнейский интервал разреза - 44-45%.

Строение рифовых построек, обрамляющих Перелюбско-Разумовское палеоподнятие,

показано на седиментационной модели (см. рис. 16). Самостоятельный одиночный рифовый массив выделяется на юго-востоке, на Нагумановском поднятии. На северо-востоке территории выделяется область развития мелководных отложений склона Оренбургского палеосвода (см. рис. 17), которая характеризуется полным отсутствием отложений среднего-верхнего франа и частично нижнего фамена. Известняки нерасчлененных нижнего и среднего фамена залегают на размытой поверхности эйфельско-живетского комплекса. Мощность отложений последовательно сокращается по направлению к центральной зоне палеосвода от 440 до 200 м и 150 м. Породы-коллекторы представлены пластами органогенно-обломочных мелководных известняков мощностью от 2 до 20 м. Содержание пород-коллекторов в разрезе составляет 23-26%. Наблюдается выклинивание пластов по восстанию. Комплекс перекрывается глинистыми отложениями визейского яруса. Тип ловушки – литолого-стратиграфический.

Таким образом, в пределах территории исследования в среднефранско-турнейском карбонатном нефтегазоносном комплексе выделяются три типа литологических ловушек УВ: рифовый, клиноформный и блоково-оползневой, представляющие самостоятельный интерес для поисковых работ. Приуроченность рифовых построек к палеоподнятиям, наличие поровых коллекторов в перекрывающих фамен-турнейских и глин в верхнетурнейско-визейских отложениях определяют их как наиболее перспективные объекты проведения поисковых работ. В отличие от рифовых тел карбонатные брекчиевые отложения формируют клиноформы на моноклинальном склоне палеобассейна или в прибортовых частях палеопрогибов. Для них характерна пологоволнистая поверхность, образующая локальные мелкие палеоструктуры. Тем не менее морфология ловушки и распределение коллекторов в разрезе определяются собственно клиноформой. К последнему типу отнесены блоковые оползни, залегающие среди глин и глинистых известняков склона бассейна и характеризующиеся трещинным типом пород-коллекторов.

Верхнетурнейско-визейский нефтегазоносный комплекс

В строении верхнетурнейско-визейского нефтегазоносного комплекса участвуют карбонатно-терригенные отложения верхнего отдела турнейского яруса в объёме косьвинского горизонта, нижнего отдела визейского яруса - в объёме радаевского и бобриковского горизонтов, верхнего отдела визейского яруса - в объёме тульского горизонта.

На основании интерпретации данных ГИС с использованием фондовых материалов литологических и биостратиграфических исследований проведен седиментологический анализ. С учетом регионального изменения общей мощности комплекса установлен унаследованный характер палеоструктурного плана территории. В западной части на этапе

регрессии увеличилась амплитуда локальных структур (Камелик-Чаганской системы палеоподнятий, Чинаревской, Булатовско-Кошинской и других положительных палеоструктур). В результате на новом этапе прогибания ранее сформированных отрицательных палеоструктурных элементов (Иргизско-Рубежинского, Перелюбско-Рубежинского и других палеопрогибов) усилилась терригенная седиментация с последовавшей компенсацией палеорельефа. Мощность верхнетурнейско-визейского комплекса в переделах палеоподнятий сокращается от 124 м (скв. Перелюбская 3) до 92 м (скв. Разумовская 1) и увеличивается в палеопрогибах более 140 м (скв. Борщевская 1). Общий тренд наклона территории отмечается в южном и юго-восточном направлениях. В этом же направлении происходит смена терригенного осадконакопления на карбонатную седиментацию. В восточной части по изопахите 90 м прослеживается склон Оренбургского палеосвода, служившего источником обломочного карбонатного материала. В пределах склона фиксируется зона распространения отложений мелководного шельфа. С юга её ограничивает Северо-Прикаспийская прибортовая зона Прикаспийской палеовпадины, условно принятая по изопахите - 140 м. В пределах бортового уступа Прикаспийской палеовпадины мощность отложений осадочного комплекса достигает более 280 м (скв. Чиликсайская 35).

Таким образом, в соответствии с палеоструктурным планом, выделены крупные седиментационные зоны и приуроченные к ним типы разрезов. Установлены генетические типы отложений, участвующие в строении осадочного комплекса: группа дельтовых отложений, включающая лагунные, волновые (отложения отмелей, баров и кос), собственно отложения дельты, в данном случае представленные её подводной частью - авандельтой и продельтой, мелководного шельфа, склона бассейна и его депрессионной части. С использованием данных бурения для каждой зоны разработаны геолого-геофизические эталоны, отражающие характерные черты и особенности строения седиментационных зон, с определенным набором генетических типов отложений, интервалов развития пород коллекторов и флюидоупоров.

В качестве примера приведены геолого-геофизические эталоны русловых фаций подводной части дельты Перелюбско-Рубежинского палеопрогиба (рис. 21) и карбонатных отмелей, расположенных вдоль северо-восточного борта Прикаспийской палеовпадины (рис. 22).

Седиментационные модели верхнетурнейско-визейского комплекса отображают последовательную смену типовых разрезов в направлении от областей сноса в зоны аккумуляции (см. рис. 15-16).

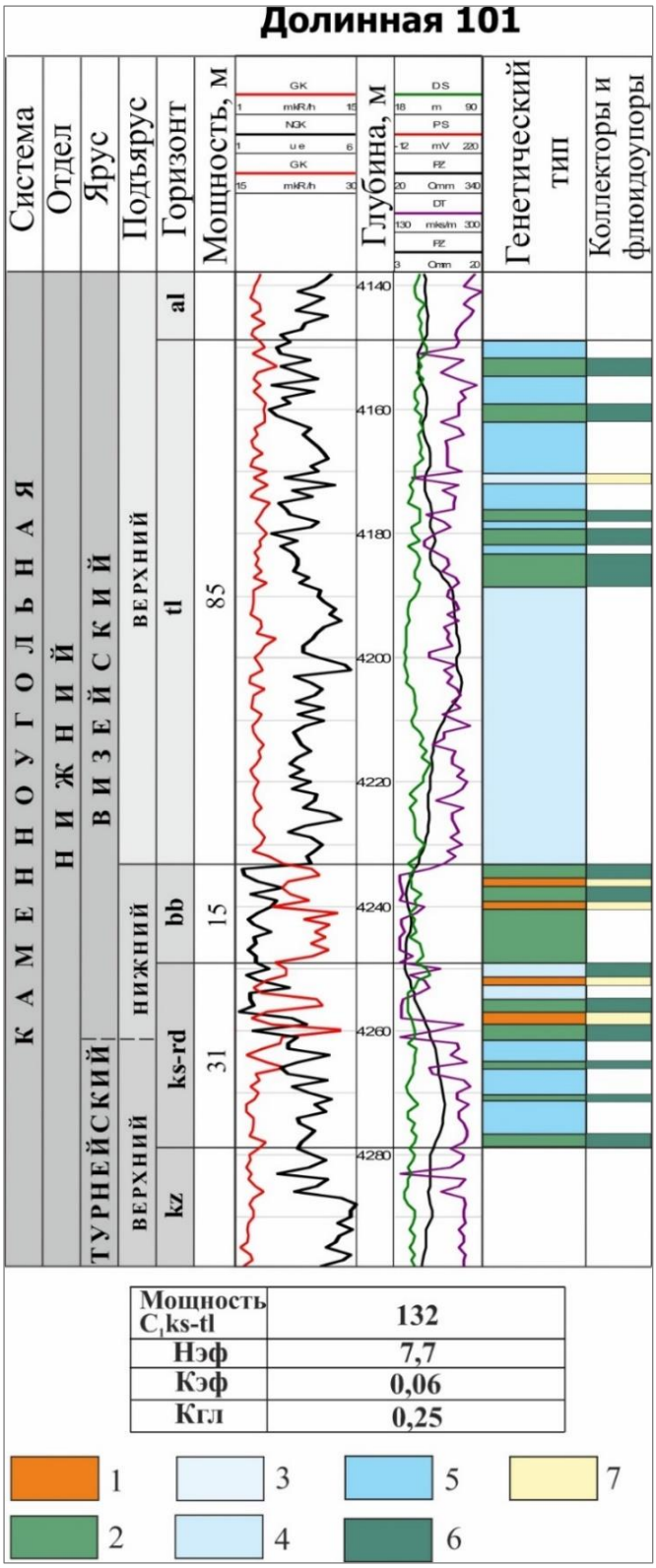


Рис. 21. Геолого-геофизический эталон верхнетурнейско-визейских отложений в зоне развития русловых и межрусловых фаций подводной части дельты (авандельты), мелкого и глубокого шельфа в пределах Перелюбско-Рубежинского палеопрогиба

1 - русловые отложения подводной части дельты (авандельты), кварцевые мелко- среднезернистые песчаники и алевролиты; 2 - отложения продельты, аргиллиты черные плитчатые; 3 - органогенно-обломочные известняки и доломиты карбонатной отмели; 4 - карбонатные отложения мелководного шельфа, мелко-тонкокристаллические детритовые известняки и доломиты; 5 - отложения глубокого шельфа, глинистые известняки и доломиты; 6 - флюидоупоры; 7 - коллекторы. Нэф - эффективные толщины, Кэф - коэффициент эффективных толщин, Кгл - коэффициент глинистости.

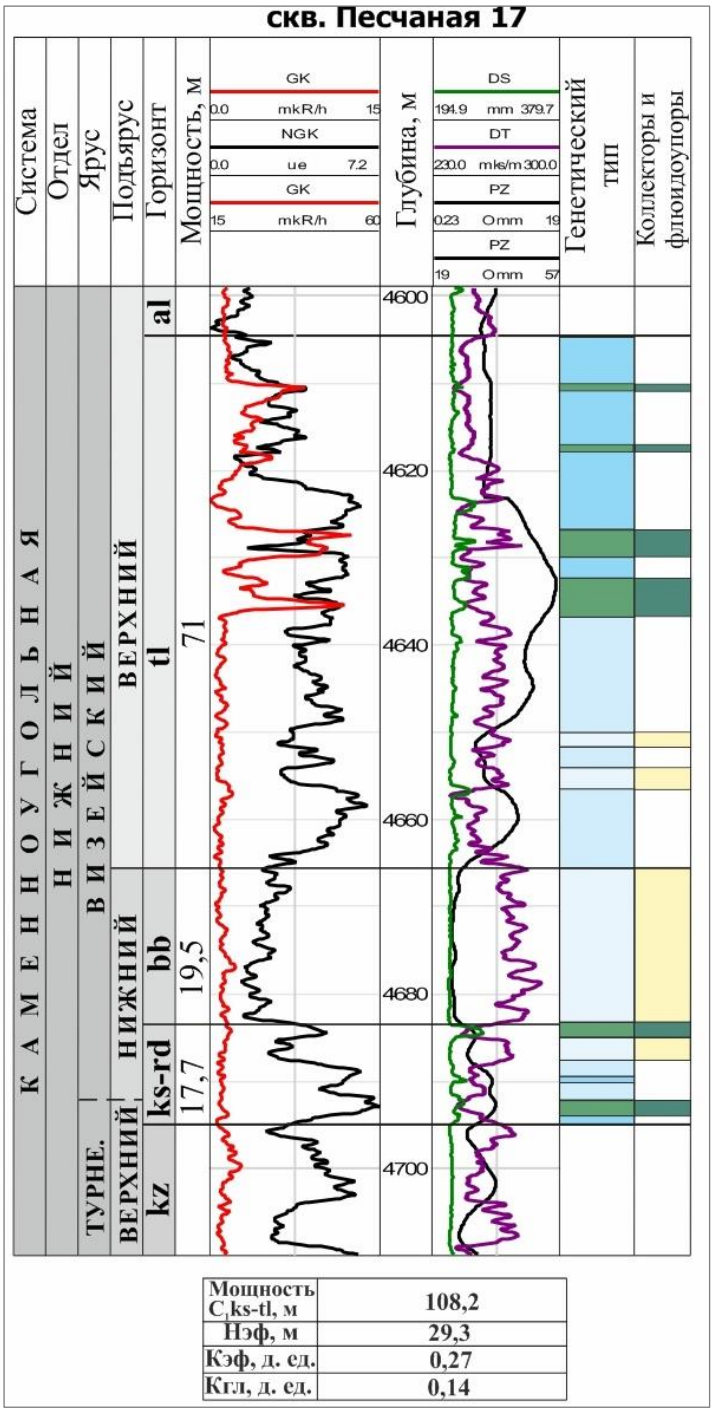


Рис. 22. Геолого-геофизический эталон верхнетурнейско-визейского комплекса в зоне развития отложений карбонатных отмелей, расположенных вдоль северо-восточного борта Прикаспийской палеовпадины

Усл. обозначения см. на рис. 21.

На рис. 15 показана седиментационная модель верхнетурнейско-визейского комплекса, демонстрирующая его строение в зонах Перелюбско-Рубежинского и Иргизско-Рубежинского палеопрогибов и разделяющей их системы палеоподнятий. На данной территории расчленение отложений косьвинского и радаевского горизонтов затруднено, в силу сходства состава и недостатка данных биостратиграфических исследований. Косьвинско-радаевские отложения являются толщей заполнения палеорельефа, поэтому имеют относительно более

глубоководный характер, чем перекрывающая толща бобриковского горизонта. Они приурочены к палеопрогибам, представлены глинисто-алевролитовыми межрусловыми и песчаными отложениями авандельты с прослоями детритовых известняков мелкого шельфа.

В зонах склонов Иргизско-Рубежинского и Перелюбско-Рубежинского палеопрогибов бобриковские отложения представлены русловыми песчаниками подводной части дельты, которые чередуются в разрезе с межрусловыми глинисто-алевролитовыми толщами лагун и отмелей. В составе русловых отложений преобладают кварцевые, средне-мелкозернистые песчаники. Мощность песчаных пачек составляет до 10 м. В нижней части разреза среди терригенных отложений косьвинского и радаевского горизонтов встречаются прослои известняков мелкого шельфа (скважины Ново-Александровская 1, Северо-Флеровская 2).

Палеопрогибы разделены системой палеоподнятий. В данной зоне бобриковский горизонт слагают чередующиеся в разрезе генетические типы отложений волновых отмелей, баров и лагун. Баровый тип представлен песчаниками кварцевыми, средне-мелкозернистыми, окатанными, хорошо отсортированными, мощность песчаных пачек варьирует в пределах 4-7 м, лагунный тип отложений - темно-серыми мелкозернистыми кварцевыми алевролитами с тонкими прослоями песчаников до 5 м и аргиллитами (скважины Перелюбская 2, 5).

Перспективные объекты, в пределах охарактеризованных зон, связаны с рукавообразными песчаными телами подводных дельт и линзовидными телами баров. К ним могут быть приурочены литологические и структурно-литологические ловушки. Продуктивность подтверждена на Вишневском, Долинном, Сладковско-Заречном и других месторождениях. Покрышками служат глины и аргиллиты в кровле бобриковского горизонта или плотные окремненные детритовые известняки мелкого шельфа нижней части тульского горизонта. На Перелюбской площади среди плотных известняков отмечаются линзы органогенно-обломочных известняков карбонатных отмелей мощностью до 7 м. С ними могут быть связаны новые поисковые объекты литологического и структурно-литологического типов.

В южном и восточном направлениях мощность песчаных прослоев уменьшается, песчаники имеют тонкозернистый состав или замещаются алевролитами. Широко распространены глинистые отложения продельты, встречаются тонкие прослои детритовых известняков мелководного шельфа.

На рис. 16 показана седиментационная модель верхнетурнейско-визейского и подстилающих отложений верхнедевон-турнейского комплексов восточной части территории. На данный момент здесь пока не выявлено ни одного месторождения в верхнетурнейско-визейских отложениях. Использование результатов комплексного седиментологического анализа позволяет выделить новые перспективные объекты и

связанные с ними ловушки литологического и структурно-литологического типов.

Направление седиментационной модели выбрано вкрест простирания седиментационных зон: склона Оренбургского палеосвода, северного борта и нижней части склона Прикаспийской палеовпадины.

В зоне склона Оренбургского палеосвода отмечается сокращение мощности, вследствие частичного размыва нижней части отложений комплекса (косьвинского горизонта). Здесь распространены отложения открытого шельфа, представленные известняками детритовыми и биоморфно-детритовыми, пелитоморфными, образующими выдержанные пласты с прослоями черных пиритизированных гидрослюдистых аргиллитов, среди которых присутствуют линзовидные тела обломочных карбонатов отмелей и их шлейфов (скв. Восточно-Песчаная 30). В прибортовой зоне впервые выделены кромкошельфовые тела линзовидной формы, представленные органогенно-обломочными известняками карбонатных отмелей (скважины Песчаная 16, 17, 20), расположенными вдоль северо-восточного борта Прикаспийской палеовпадины мощностью до 15 м. К обломочным карбонатам могут быть приурочены ловушки литологического и структурно-литологического типов.

Верхняя часть тульского горизонта представлена известняками органогенно-обломочными глинистыми, доломитизированными, до перехода в кристаллические доломиты, что соответствует относительно глубоководной обстановке осадконакопления. Данный тип отложений может являться покрышкой.

На юго-востоке территории в зоне бортового уступа Прикаспийской палеовпадины распространены линзы подводных конусов выноса, сложенные шламово-мелкодетритовыми известняками с прослоями мергелей, черных, битуминозных аргиллитов и маломощных органогенно-детритовых и комковато-детритовых известняков (скв. Чиликсайская 35). С данным типом отложений связаны низкие перспективы вследствие малой изученности бурением, низким процентным содержанием интервалов развития пород-коллекторов в разрезе и большими глубинами залегания (более 5,5 км). В направлении к осевой части впадины распространены депрессионные отложения, представленные черными битуминозными аргиллитами и тонкозернистыми глинистыми карбонатами.

На основании результатов седиментологического моделирования и сейсмо-фациального анализа, разработана карта строения верхнетурнейско-визейского комплекса (рис. 23). На карте четко обособляются две крупные зоны: западная и восточная. В западной зоне на поднятиях в результате действия волновых процессов, или в палеопрогибах, в результате деятельности течений по системе подводных русел, шло накопление терригенного материала. В восточной зоне преобладало карбонатное осадконакопление в обстановках мелководного шельфа и склона.

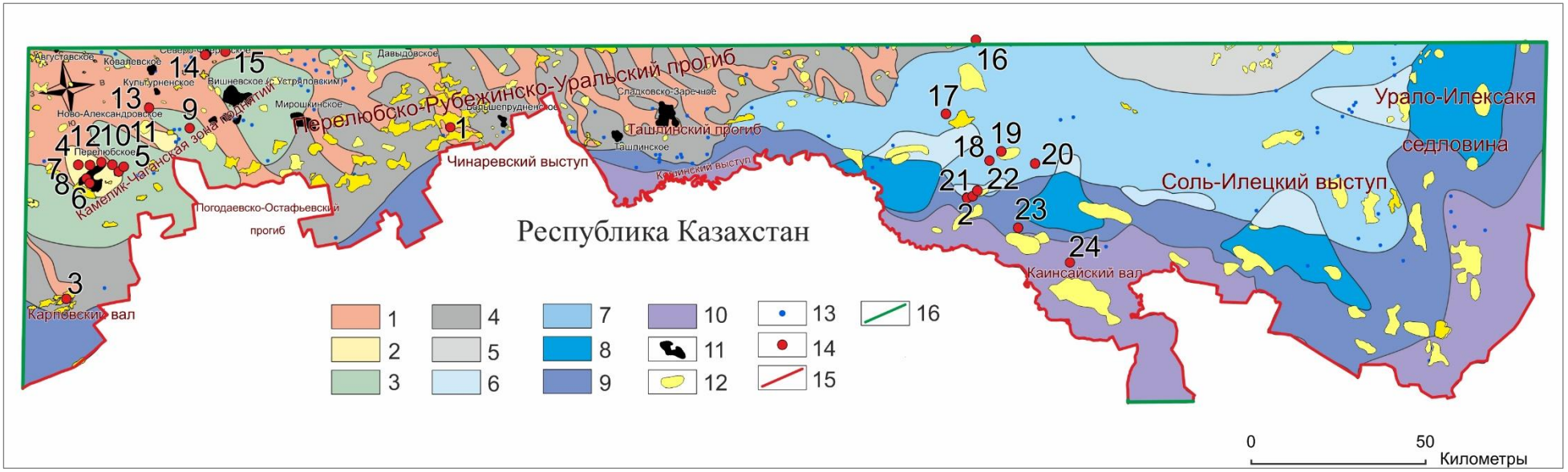


Рис. 23. Карта строения верхнетурнейско-визейского нефтегазоносного комплекса

1 - отложения подводной части дельты, песчаники; 2 - волновые барово-отмельные отложения, песчаники и алевролиты; 3 - лагунные отложения, чередование глинисто-алевролитовых и песчаных отложений; 4 - отложения продельты, чередование глинистых и алевролитовых отложений, присутствуют прослои известняка; 5 - область частичного размыва отложений мелкого шельфа; 6 - отложения мелкого шельфа, преимущественно детритовые известняки; 7 - обломочные известняки карбонатных отмелей; 8 - отложения подводных карбонатных конусов выноса, обломочные известняки; 9 - карбонатные отложения верхней части склона, слоистые шламовые известняки и доломиты; 10 - депрессионные отложения нижней части склона, аргиллиты и глинистые известняки; 11 - месторождения; 12 - структуры Dл; 13 - скважины; 14 - скважины в моделях и эталонах; 15 - административные границы; 16 - граница участка.

Скважины: 1 - Долинная 101, 2 - Песчаная 17, 3 - Малаховская 1, 4 - Перелюбская 3, 5 - Разумовская 1, 6 - Перелюбская 8, 7 - Перелюбская 2, 8 - Перелюбская 5, 9 - Ратиборская 500, 10 - Разумовская 21, 11 - Разумовская 19, 12 - Разумовская 12, 13 - Ново-Александровская 1, 14 - Северо - Флеровская 2, 15 - Гусихинская 1, 16 - Западно-Оренбургская-107, 17 - Восточно-Кардаиловская 1, 18 - Южно-Филипповская 60, 19 - Филипповская 501, 20 - Восточно-Песчаная 30, 21 - Песчаная 16, 22 - Песчаная 20, 23 - Каинсайская 2, 24 -Каинсайская 1.

Основная нефтеносность связана с западной частью территории работ, где открыты 15 месторождений, среди них - 14 нефтяных (Перелюбское, Вишневское, Сладковско-Заречное и др.) и 1 газоконденсатное (Долинное). Залежи приурочены к осадочным телам песчаных баров, дельты и её подводного продолжения – авандельты, чередующиеся как в разрезе, так и по простиранию с глинистыми лагунными, межрусловыми, продельтовыми и карбонатными отложениями мелководного шельфа. По типу залежи относятся к пластово-сводовым, тектонически экранированным и литологически ограниченным. Все залежи приурочены к продуктивным пластам бобриковского горизонта (Б1 и Б2), так же в скв. Ново-Александровская 1 получен приток нефти из песчаников радаевского горизонта. Покрышками служат глины и аргиллиты в кровле бобриковского горизонта или плотные карбонаты тульского горизонта. Данная территория является перспективной для поисков ловушек литологического и структурно-литологического типов.

Песчаные и алевролитовые фации в восточном направлении замещаются глинистыми. В разрезах южного склона Оренбургского палеосвода среди детритовых известняков мелководного шельфа распространены обломочные карбонаты отмелей, в плане имеющие линзовидную форму. Южнее, в прибортовой зоне, также обособляются кромкошельфовые линзовидные тела, представленные органогенно-обломочными известняками. В северо-восточной прибортовой зоне Прикаспийской палеовпадины развиты плотные глинистые, шламовые карбонаты склона, чередующиеся с маломощными линзами подводных конусов выноса. В направлении к центральной части Прикаспийской палеовпадины распространены битуминозно-глинистые депрессионные отложения.

Нефтепроявления наблюдаются в скв. Бердянская 85. В разрезе скважины среди плотных отложений мелкого шельфа, представленных пелитоморфно-микрозернистыми известняками, присутствует прослой органогенно-детритовых известняков отмельного типа. Таким образом, на данной территории можно прогнозировать литологические и структурно-литологические ловушки в линзовидных телах обломочных карбонатов, распространенных в пределах мелкого шельфа, на кромке шельфа и в карбонатных отложениях подводных конусов выноса, развитых в пределах северного борта Прикаспийской палеовпадины.

Таким образом, наибольшие перспективы нефтегазоносности связаны с западной частью территории, на которой в раннем визе преобладало терригенное осадконакопление. На приподнятых участках образовались волновые отложения песчаных баров и кос, в палеопрогибах формировались отложения авандельты, происходила их интенсивная компенсация терригенными осадками. Поисковые объекты представлены линзовидными и рукавообразными песчаными телами, к которым приурочены литологические и структурно-литологические ловушки. Продуктивность данных объектов подтверждена на Вишневском,

Долинном, Сладковско-Заречном и других месторождениях.

Восточная часть района работ считается менее перспективной для поиска скоплений УВ в отложениях верхнетурнейско-визейского комплекса. На сегодняшний день месторождения здесь не выявлены, однако отмечаются нефтепроявления (скв. Бердянская 85). Несмотря на невысокие перспективы данной территории, использование результатов комплексного седиментологического анализа позволяет выделить поисковые объекты, связанные с линзовидными телами органогенно-обломочных известняков среди плотных отложений мелководного шельфа, а также с обломочными карбонатами, сформировавшимися вдоль кромки шельфа в прибортовой зоне северо-восточной части Прикаспийской палеовпадины и обломочными карбонатами подводных конусов выноса в пределах северо-восточного склона Прикаспийской палеовпадины. К указанным типам отложений могут быть приурочены новые объекты поисков ловушек литологического и структурно-литологического типов.

Верхневизейско-нижнебашкирский нефтегазоносный комплекс

В строении разреза верхневизейско-нижнебашкирского нефтегазоносного карбонатного комплекса участвуют отложения нижнего и среднего отделов каменноугольной системы в объеме верхневизейского подъяруса (начиная с алексинского горизонта), серпуховского яруса и нижнего подъяруса башкирского яруса. На территории исследования комплекс повсеместно залегает на отложениях тульского горизонта и перекрывается карбонатно-глинистыми породами мелекесского горизонта башкирского яруса (скважины Оренбургская 310, 324, 303, 16, 66, Комаровская 134, 149, Бердянская 75, Шуваловская 5, Переволоцкая 90, Татищевская 96 и др.) и верейского горизонта московского яруса (скважины Южно-Филипповская 60, Филипповская 501, Песчаная 16, 17, 20, Каменная 160, Копанская 152, Нагумановская 1, 507, Кардаиловская 146 и пр.).

Проведенная седиментологическая интерпретация данных бурения в разрезах окско-серпуховского возраста позволила установить фации различных зон карбонатонакопления: закрытого шельфа, внутренних склонов палеоподнятий, зоны развития барьерной рифовой системы и межрифовых проливов, склонов палеобассейна, а также депрессионных отложений. Для отложений нижнебашкирского подъяруса установлено наличие фаций биогермного типа барьерной рифовой системы и обрамления карбонатных банок открытого шельфа, а также склонов палеовпадин и депрессионных частей бассейна.

Для разрезов различных седиментационных зон разработаны геолого-геофизические эталоны, характеризующие распределение генетических типов карбонатных отложений в разрезе, тип и мощность пород-коллекторов, а также интервалы развития пород-флюидоупоров. В эталоне рассчитаны параметры разреза для каждого продуктивного

горизонта комплекса, а именно - значения коэффициентов эффективных толщин (отношение суммарной мощности пластов-коллекторов к общей мощности разреза - Кэф) и коэффициенты глинистости (отношение суммарной мощности глинистых пластов к общей мощности разреза - Кг). В целом для комплекса максимальные концентрации пород-коллекторов характерны для зон рифовых отложений, оолитовых и органогенно-обломочных известняков мелкого шельфа, а также обломочных карбонатов клиноформных комплексов, развитых на склонах крупных палеовпадин. Кроме этого, карбонатные отложения закрытого шельфа в своих разрезах часто содержат значительное количество прослоев обломочных пород тыловых рифовых шлейфов. Наименьшее количество коллекторов характерно для разрезов депрессионных частей бассейна.

Общие закономерности распределения глинистых пластов в отложениях различных фациальных зон следующие: минимальными содержаниями характеризуются разрезы рифовых, мелководно-шельфовых фаций, а также закрытого шельфа. Максимальная глинистость отмечена для отложений склонов межрифовых проливов, в которые глинистый материал попадает с размывающихся палеоподнятий, а также из депрессионных частей палеобассейна в дистальных участках пролива.

Рифовые фации (рис. 24) окско-нижнебашкирского возраста вскрыты в разрезах скважин вдоль бортового уступа Прикаспийской впадины, где они формируют единую барьерную рифовую систему. Разрезы этого типа сложены известняками серыми и светло-серыми, иногда белыми, массивными кораллово-водорослево-фораминиферовыми, водорослево-строматопоратовыми и криноидно-фораминиферово-водорослевыми, прослоями обломочными, оолитовыми и микрозернистыми. Породы крепкие и плотные, местами рыхлые и кавернозно-пористые. Залегают преимущественно на шламово-мелкодетритовых известняках склонового генезиса и на мелкозернистых сгустково-комковатых известняках закрытого шельфа. Разрезы рифовых фаций характеризуются большими мощностями биогермных интервалов от 150 до 300 м, очень высокими значениями коэффициентов эффективных толщин (0,5-0,85), а также пониженными коэффициентами глинистости (0,01-0,07). В краевых частях построек происходит чередование биогермных отложений с обломочными карбонатами передовых шлейфов, шламовыми и глинистыми известняками склона бассейна, за счет чего коэффициенты эффективной толщины в этих разрезах могут уменьшаться до 0,35, а глинистости увеличиваться до 0,3. Мощность рифовых разрезов башкирского возраста на бортовом уступе Прикаспийской палеовпадины не превышает 40-100 м, что обусловлено постседиментационным размывом верхней части комплекса и, как результат, отсутствием в разрезах отложений черемшанского и мелекесского горизонтов верхнего подъяруса башкирского яруса.

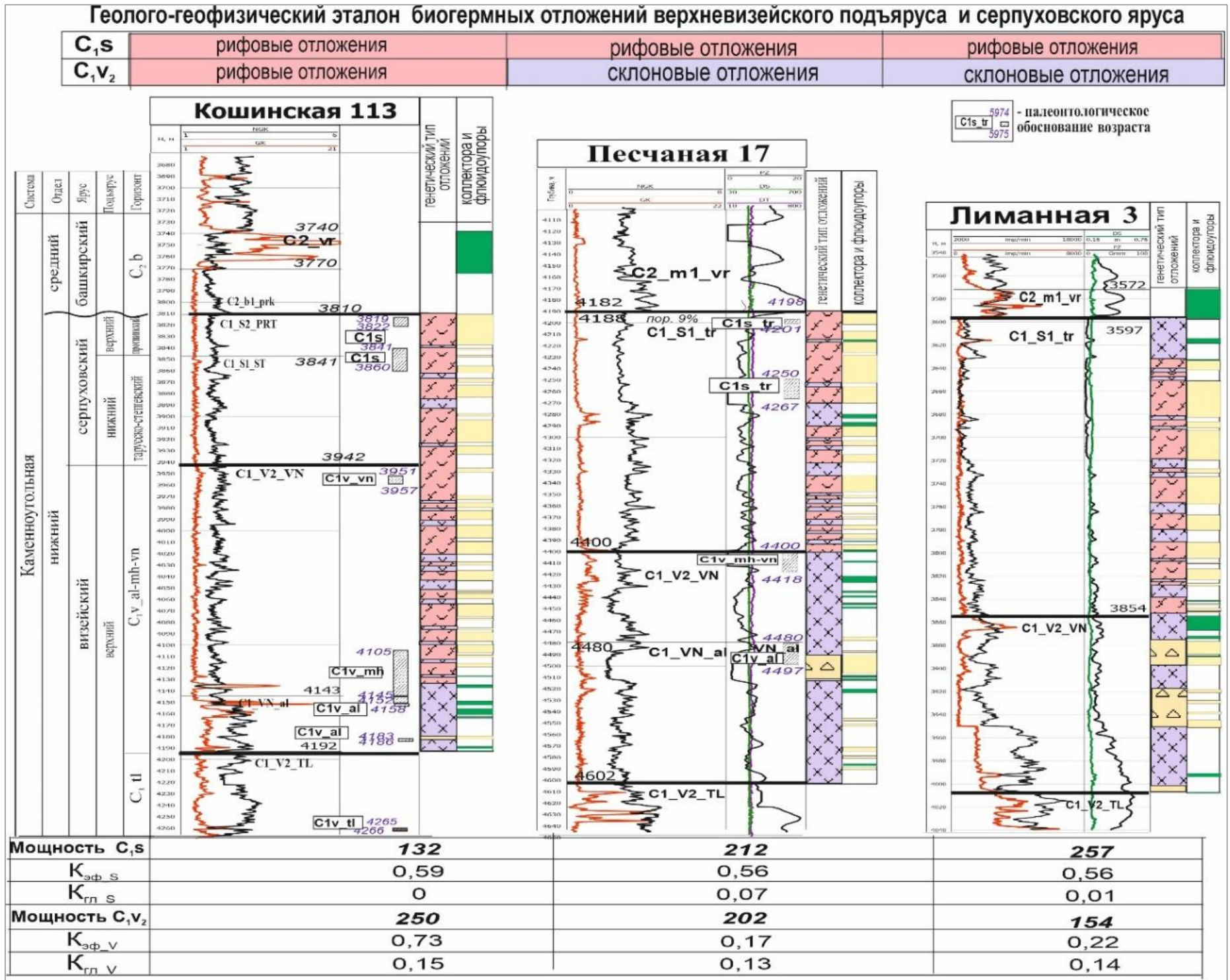


Рис. 24. Геолого-геофизические эталоны биогермных отложений

Генетические типы отложений: 1 - рифовые, 2 - межрифовых проливов, 3 - закрытого шельфа, 4 - мелкого шельфа, 5 - склонов палеовпадин, 6 - депрессий. Петрофизические характеристики: 7 - коллекторы, 8 - флюидоупоры. Кэф_s - коэффициент эффективных толщин серпуховских отложений, Кгл_s - коэффициент глинистости серпуховских отложений, Кэф_v - коэффициент эффективных толщин верхневизейских отложений, Кгл_v - коэффициент глинистости верхневизейских отложений, Кэф_b - коэффициент эффективных толщин башкирских отложений, Кгл_b - коэффициент глинистости башкирских отложений.

В отличии от разрезов барьерного типа, башкирские ***биогермные массивы*** южного склона Оренбургского палеосвода**,** распространенные на шельфе в пределах ***мелководных «карбонатных банок»,*** подстилаются отложениями мелкого шельфа и имеют линзовидное строение, которое объясняется частым чередованием биогермных пород с детритовыми и обломочными продуктами разрушения построек. Рифовые интервалы здесь сложены известняками серыми и светло-серыми, иногда белыми, водорослевыми и кораллово-водорослево-фораминиферовыми с прослоями оолитовых, органогенно-обломочных и детритовых известняков. Разрезы, содержащие рифовые постройки в этой зоне, характеризуются средними коэффициентами эффективных толщин (0,30-0,5) и невысокими коэффициентами глинистости разрезов (0,05-0,12). Мощности обложений нижнебашкирского возраста в этих разрезах могут достигать 200 м.

Отложения межрифовых проливов представлены переслаивающимися известняками серыми и темно-серыми микрозернистыми, участками глинистыми, мелкодетритовыми и органогенно-обломочными, а также доломитами перекристаллизованными, слабо известковистыми, неравномерно-глинистыми, частично окремненными, доломитовыми конгломератами. Они отличаются от других генетических типов высокими значениями глинистости в разрезах (до 0,20-0,35) и пониженными коэффициентами эффективных толщин (0,01-0,2). Мощность отложений стратонов комплекса различна и колеблется следующим образом: для башкирского возраста она составляет от 10 до 144 м, для серпуховского - от 51 до 232 м, а для верхневизейского - от 85 до 221 м.

Отложения ***закрытого шельфа,*** экранированного от основного бассейна барьерной рифовой системой, представлены известняками серыми, плотными, мелкозернистыми, криноидно-водорослевыми, органогенно-детритовыми и сгустково-комковатыми, трещиноватыми и пористо-кавернозными, неравномерно доломитизированными. Эти разрезы отличаются от мелководных фаций открытого шельфа низкими значениями глинистости разреза и толстой плитчатостью. Средние значения коэффициентов эффективной толщины разрезов (0,15-0,35) достигаются за счет наличия прослоев обломочных карбонатов тыловых рифовых шлейфов. Общие мощности отложений окско-серпуховского возраста в разрезах этого типа составляют 400-460 м.

Наиболее распространенными фациями для башкирского возраста являются отложения ***мелкого открытого шельфа***, которые делятся на два подтипа.

Отложения *малоподвижных вод мелкого шельфа* сложены известняками серыми и светло-серыми, крепкими, преимущественно плотными, пелитоморфно-микрозернистыми с очень редкими прослоями органогенно-обломочных и детритовых известняков. Коэффициенты эффективных толщин в разрезах этого типа составляют 0,02-0,1, в то время

как отношение глинистых прослоев к общей мощности разреза может достигать 0,23. Отложения *подвижных вод отмельных участков и горизонтов переотложения* (рис. 25) в мелководных частях башкирского бассейна седиментации представлены переслаиванием известняков плотных серых микрозернистых, пелитоморфно-детритовых и светло-серых кавернозно-пористых, преимущественно оолитовых и органогенно-детритовых. Кроме этого, в разрезах наблюдается прослои доломитов слабо известковистых и перекристаллизованных, а также доломитовых конгломератов. Отложения этого генетического типа отличаются от других низкими значениями глинистости в разрезах (до 0,1-0,2) и коэффициентами эффективных толщин равными 0,25-0,35. Мощности здесь могут колебаться от 70 до 170 м.

Разрезы ***склоновых фаций*** (рис. 26), содержащие клиноформные тела обломочных карбонатов, характеризуются переслаиванием известняков серых и темно-серых, микрослоистых, шламово-мелкодетритовых, неясносгустково-комковатых со светло-серыми органогенно-детритовыми, водорослево-строматопоровыми, кораллово-брахиоподовыми и фораминиферово-водорослево-криноидными известняками. Для этих разрезов типичны массивно-линзовидно-слоистая текстура, повышенное количество органики в разрезах, а также линзовидный характер распределения коллекторов в разрезах. Коэффициент глинистости здесь может варьировать в широких пределах (0,05-0,15), а коэффициент эффективной толщины в некоторых случаях может достигать 0,45. Мощности разрезов отложений этого типа в разрезах Предуральского палеопрогиба составляют 400-750 м.

Разрезы ***депрессионных фаций*** отличаются заметно сокращенными мощностями (до 50 м), а также повышенным содержанием пластов глинистых пород и битумоидов. Разрезы этого генетического типа сложены известняками серыми, буровато- и темно-серыми неяснослоистыми и пористо-мелкокавернозными, слабо окремненными с примесью битуминозного материала и доломитами серыми и темно-серыми, мелко-среднекристаллическими с редкими угловатыми обломками черного мергеля, а также прослоями аргиллитов и глинисто-битуминозного известняка. Аргиллиты, как правило, тонкослоистые пиритизированные, часто битуминозные, с тонкими прослоями битуминозно-глинисто-кремнистых пород. Структура комковатая органогенно-детритовая и органогенно-обломочная, реже сгустково- и мелкодетритово-шламовая. Породы неравномерно брекчированы, перекристаллизованы и доломитизированы. Отложения башкирского возраста в разрезах данного генетического типа отсутствуют или имеют крайне малые мощности. Данные разрезы характеризуются очень низкими значениями коэффициентов эффективных толщин (0,05-0,1) и увеличенными коэффициентами глинистости (до 0,5).

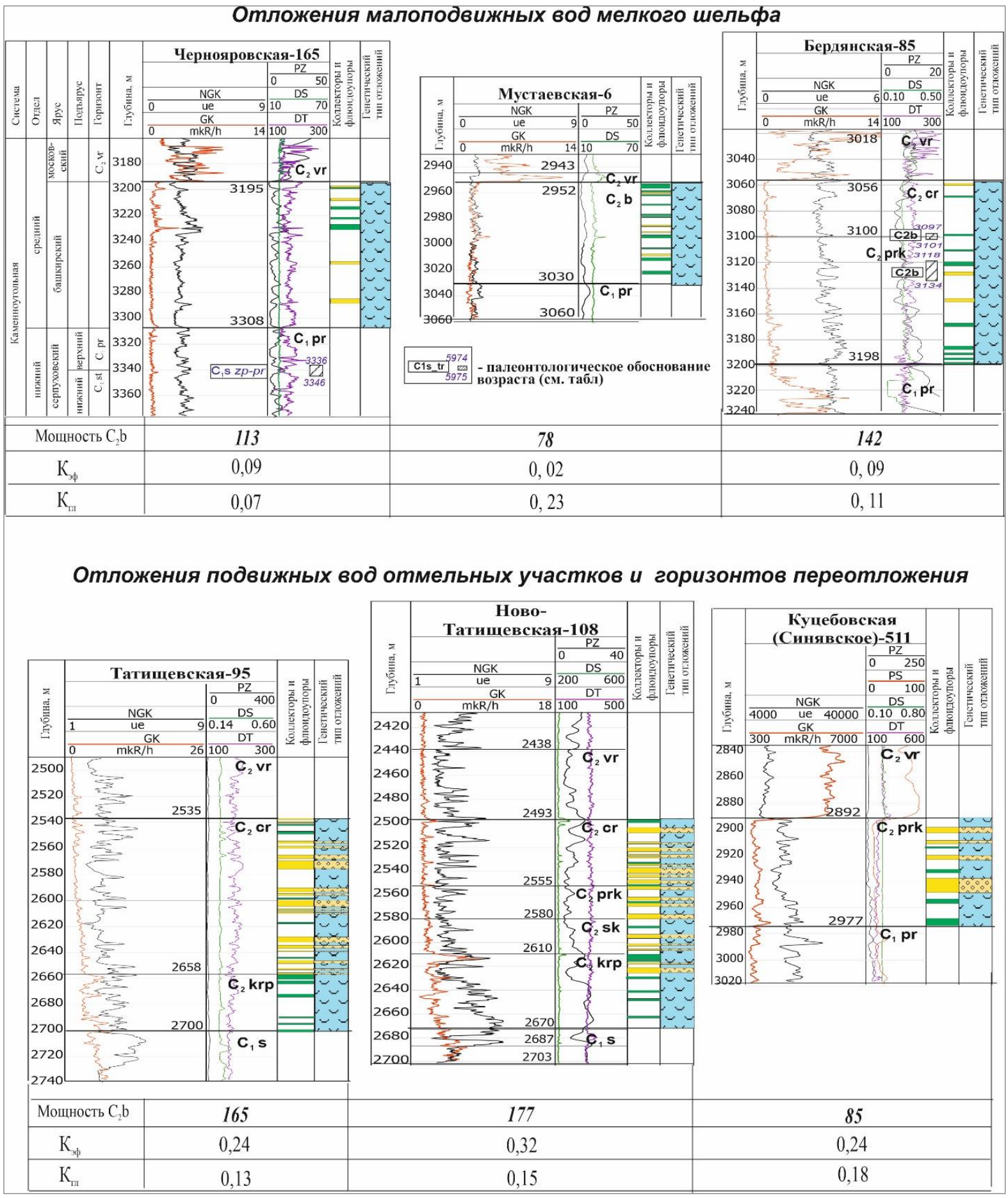
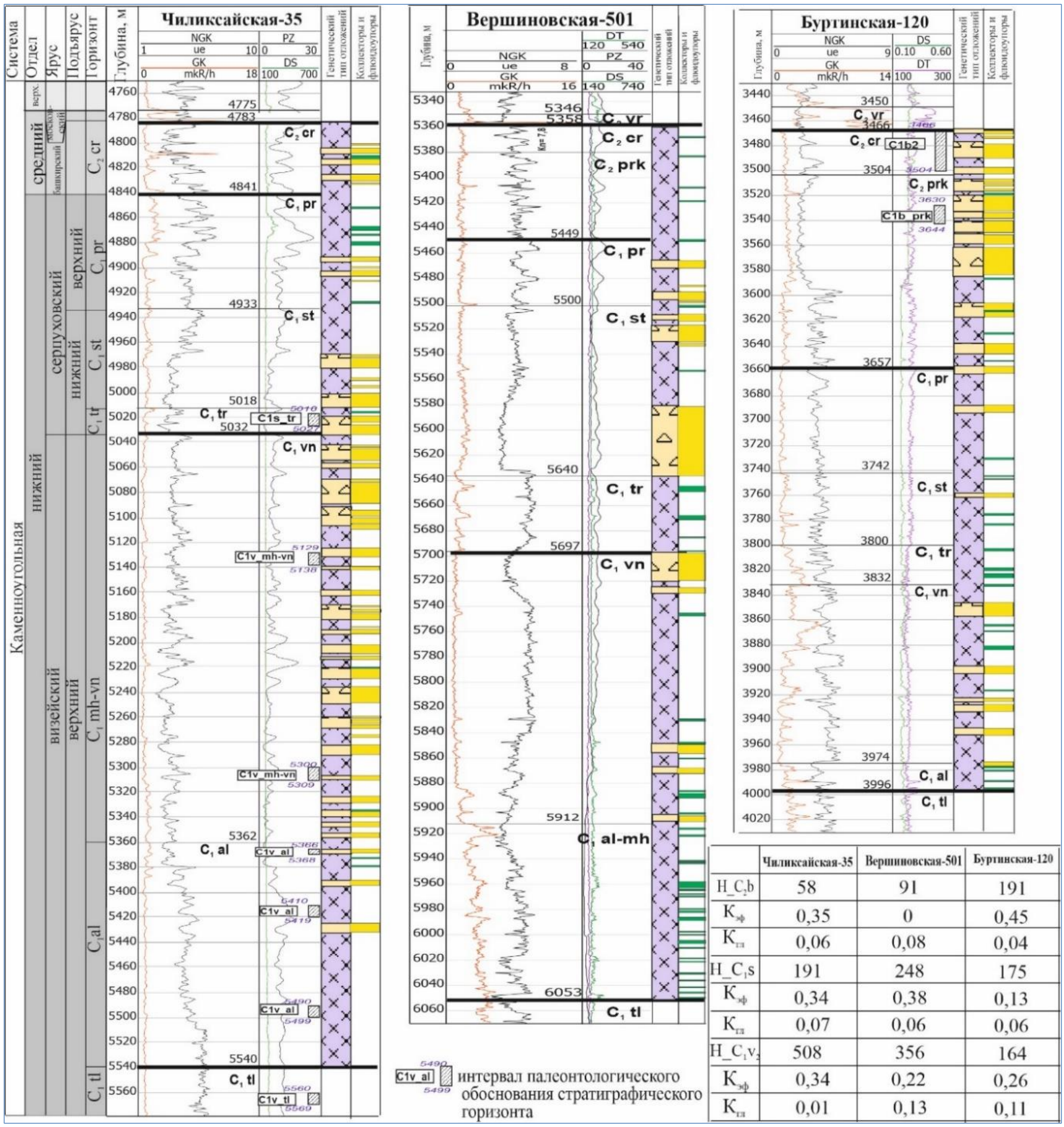


Рис. 25. Геолого-геофизический эталон фаций мелкого шельфа

Усл. обозначения см. на рис. 24.



	Чиликсайская-35	Вершиновская-501	Буртинская-120
H_C$_2$b	58	91	191
$K_{эф}$	0,35	0	0,45
$K_{тп}$	0,06	0,08	0,04
H_C$_1$s	191	248	175
$K_{эф}$	0,34	0,38	0,13
$K_{тп}$	0,07	0,06	0,06
H_C$_1$v$_2$	508	356	164
$K_{эф}$	0,34	0,22	0,26
$K_{тп}$	0,01	0,13	0,11

Рис. 26. Геолого-геофизический эталон отложений склонов Прикаспийской палеовпадины и Предуральского палеопрогиба верхневизейско-нижнебашкирского возраста

Усл. обозначения см. на рис. 24.

На основе выделения геолого-геофизических эталонов разрезов скважин территории работ построены тонкослоистые седиментационные модели верхневизейско-нижнебашкирского карбонатного комплекса, проходящие вкрест простирания фациальных зон и характеризующие пространственное взаимоотношение генетических типов отложений, пород-коллекторов и флюидоупоров для различных палеогеоморфологических элементов бассейна. Представленными моделями обосновано развитие барьерной рифовой системы верхневизейско-нижнебашкирского комплекса, протягивающейся вдоль бортового уступа Прикаспийской впадины и контролирующей седиментацию в области закрытого шельфа и склона бассейна.

На седиментационной модели (рис. 27) проиллюстрировано строение комплекса западной части территории исследования. В юго-западной части Бузулукской палеовпадины в окско-серпуховское время накапливались преимущественно отложения закрытого шельфа, в том числе включающие в себя лагунные фации (кристаллические доломиты и ангидриты), а в нижнебашкирское время - отложения мелкого шельфа. Камелик-Росташинская зона поднятий характеризуется развитием биогермных построек во всех стратиграфических интервалах разреза. По направлению к Прикаспийской палеовпадине биогермные фации сменяются на отложения склона бассейна.

На модели восточной части района исследований (рис. 28) показано строение рифов башкирского возраста, распространенных в зоне обрамления мелководных карбонатных банок, вскрытых скважинами на южном склоне Оренбургского палеосвода, и биогермные постройки барьерной рифовой системы окско-серпуховского возраста, приуроченные к бортовому уступу Прикаспийской палеовпадины. Последние, по направлению к центральным частям Прикаспийской палеовпадины, достаточно быстро сменяются на отложения склонового генезиса и далее - на маломощные отложения депрессионных частей бассейна (скважины Каинсайская 1, 2, Буранная 1). В бортовой зоне и на крутом северном склоне Прикаспийской палеовпадины башкирские отложения полностью размыты.

Модели строения верхневизейско-нижнебашкирского комплекса легли в основу проведения сейсмостратиграфического анализа всего массива профилей МОГТ-2D и площадной сейсмики южной и юго-восточной окраин Волго-Уральского субрегиона.

На основании седиментологических и сейсмостратиграфических исследований разработаны литолого-фациальные карты отложений верхнего подъяруса визейского и серпуховского ярусов, а также отложений нижнебашкирского подъяруса. Определено, что фациальная зональность верхневизейско-нижнебашкирского комплекса определяется линией северного бортового уступа Прикаспийской впадины и западного борта Предуральского прогиба, к которой приурочены основные биогермные постройки барьерной рифовой

системы, экранирующей зону развития отложений закрытого шельфа от отложений склона бассейна (рис. 29). Установлено отличие узкого крутого террасированного склона Прикаспийской палеовпадины и относительно пологого склона Предуральского палеопрогиба.

Небольшие мощности рифовых построек и сочетание их с обломочными карбонатами свидетельствуют о сравнительно низких скоростях погружения территории в нижнем и начале среднего карбона (рис. 30). На фоне стабильно приподнятого положения Оренбургского свода и прибортовой части Прикаспийской впадины, начиная с михайловского времени, территория Бузулукской впадины продолжала испытывать медленное погружение, что привело к возникновению условий обособленного шельфа с ограниченным водообменом, которые к концу окского века сменились на фациальные обстановки засолоненных лагун. О последнем свидетельствуют повышенные значения доломитизации в разрезах скважин и значительное количество прослоев сульфатных пород. Увеличенная мощность разрезов Бузулукской впадины свидетельствует о том, что погружение в пределах этого палеогеоморфологического элемента в это время полностью скомпенсировано. В северо-западной части территории, на продолжении Иргизского палеопрогиба, происходило накопление глинисто-карбонатных отложений. В пределах Камелик-Росташинской зоны поднятий, в районе обрамления Чинаревского палеовыступа, а также на склонах Оренбургского палеосвода в окско-серпуховское время формировались отдельные маломощные биогермные постройки, окруженные обломочными карбонатами.

Анализ строения башкирских отложений позволяет предположить образование крупной отмельной карбонатной банки на южном склоне Оренбургского палеосвода, в пределах которой происходил рост одиночных биогермных массивов, вскрытых на ряде площадей (рис. 31). Основная территория работ в башкирском веке представляла собой мелководный шельфовый бассейн, только во впадинах Предуральского палеопрогиба и на северо-западном борту Прикаспийской палеовпадины формировались относительно глубоководные отложения склонового генезиса (рис. 32). На юге территории, в зоне сочленения Соль-Илецкого выступа с Прикаспийской впадиной, откартирована зона отсутствия отложений башкирского возраста. Пологий склон с большим количеством линз обломочных карбонатов клиноформного генезиса установлен в пределах Предуральского палеопрогиба.

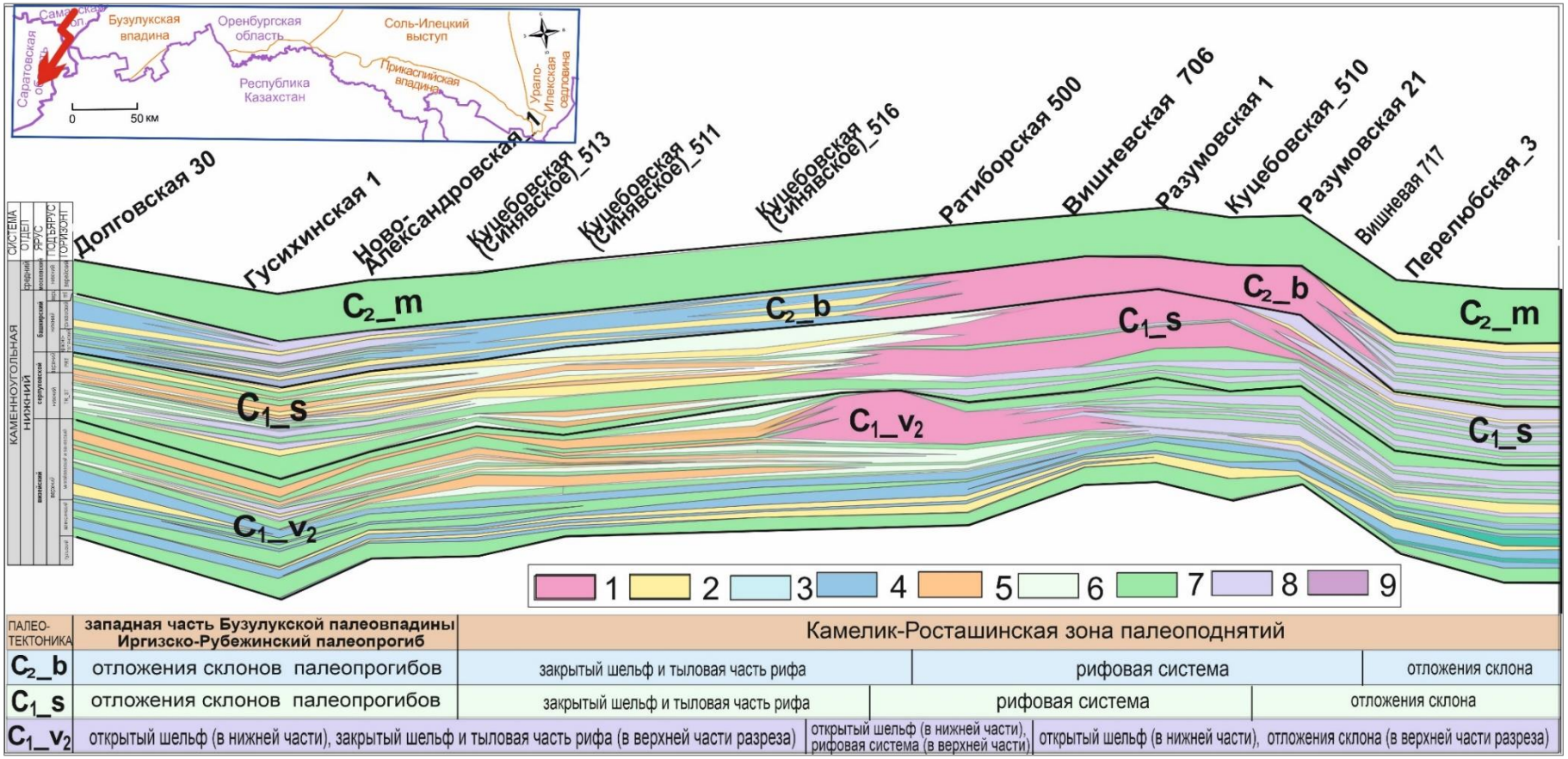


Рис. 27. Модель строения верхневизейско-нижнебашкирского карбонатного комплекса Иргизско-Рубежинского палеопрогиба, южной части Бузулукской и северного борта Прикаспийской палеовпадин

1 - рифовые отложения, 2 - обломочные карбонаты передовых и тыловых шлейфов, 3 - отложения карбонатной банки, 4 - отложения мелкого шельфа, 5 - лагунные отложения (ангидриты), 6 - отложения закрытого шельфа, 7 - глины и глинистые известняки, 8 - отложения склона, 9 - депрессионные отложения.

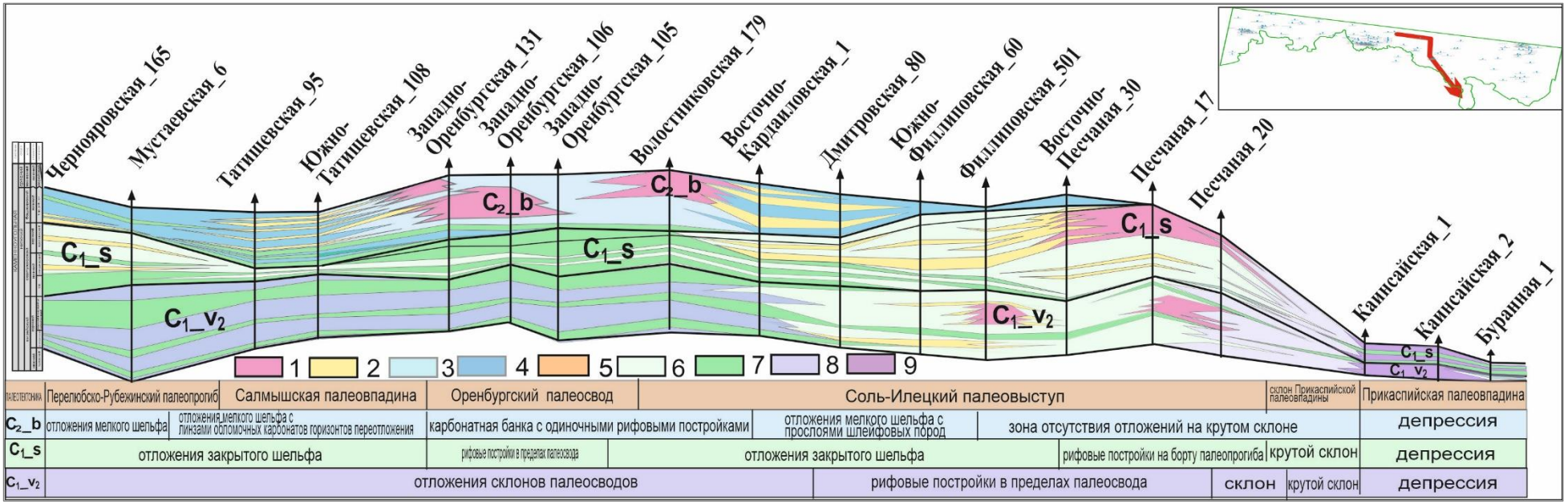


Рис. 28. Модель строения верхневизейско-нижнебашкирского карбонатного комплекса Оренбургского палеосвода, Соль-Илецкого палеовыступа и Прикаспийской палеовпадины

Усл. обозначения см. на рис. 27.

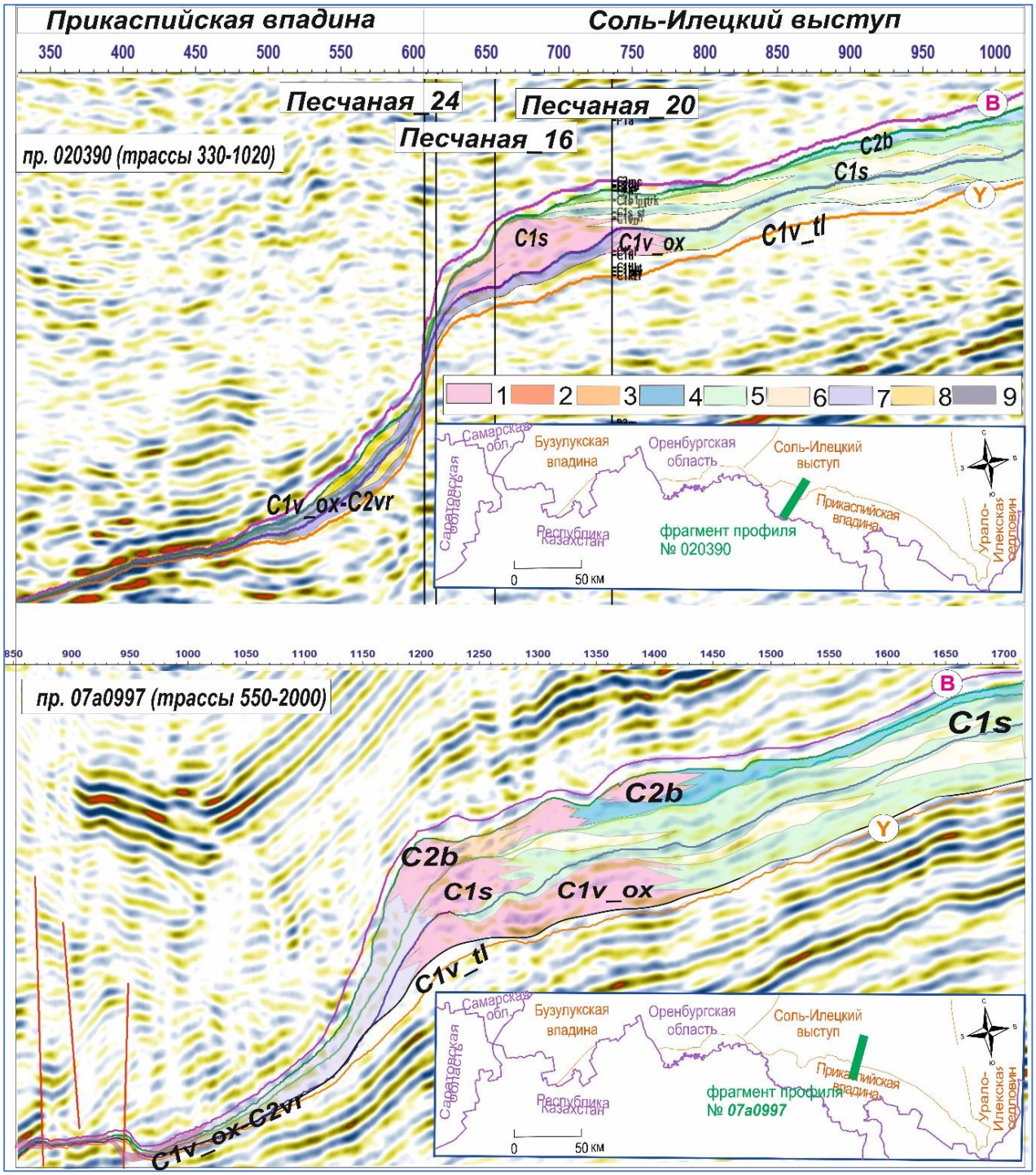


Рис. 29. Пример выделения и прослеживания сейсмофаций рифовых массивов барьерной рифовой системы, мелкого открытого шельфа, тыловых рифовых шлейфов и слоистых отложений закрытого шельфа, а также карбонатных клиноформ и депрессионных фаций окско-башкирского нефтегазоносного комплекса по фрагментам сейсмопрофилей 020390 и 07a0997

1 - отложения рифовых массивов барьерной системы, 2 - органогенные реликтовые постройки, 3 - отложения рифовых шлейфов, 4 - шельфовые отложения, 5 - отложения закрытого шельфа, 6 - линзы обломочных карбонатов подвижных придонных вод закрытого шельфа и оолитовых, органогенно-детритовых известняков мелкого шельфа, 7 - отложения склона палеовпадин, 8 - линзы обломочных карбонатов конусов выноса, 9 - депрессионные отложения.

Рис. 30. Фациальная карта верхневизейских и серпуховских отложений южной и юго-восточной частей Волго-Уральской провинции в зоне ее сочленения с Прикаспийской впадиной и Предуральским прогибом

Генетические типы отложений: 1 - рифовые , 2 - межрифовых проливов, 3 - закрытого шельфа, 4 - линзы обломочных карбонатов закрытого шельфа, 5 - мелкого шельфа, 6 - отмельные отложения, карбонатная банка, 7 - склоновые, 8 - линзы обломочных карбонатов клиноформного генезиса на склоне, 9 - депрессионные, 10 - глинистые отложения локальных палеосклонов; 11 - размыв отложений серпуховского яруса на разную глубину, 12 - полный размыв отложений башкирского яруса, 13 - бортовой уступ верхневизейско-нижнебашкирского возраста, 14 - скважины, 15 - месторождения, 16 - структуры D0, 17 - тектонические границы, 18 - административные границы.

Скважины: 1 - Малаховская 1, 2 - Перелюбская 3, 3 - Разумовская-1, 4 - Ново-Александровская-1, 5 - Ратиборская-500, 6 - Гусихинская 1, 7 - Вишневская-717, 8 - Рубежинская-200, 9 - Кошинская-113, 10 - Черноярoвская-165, 11 - Мустаевская-6, 12 - Волостновская-179, 13 - Восточно-Кардаиловская 1, 14 - Лиманная-3, 15 - Оренбургская-1, 16 - Дмитровская-80, 17 - Филипповская 501, 18 - Восточно-Песчаная-1, 19 - Песчаная 17, 20 - Каинсайская 2, 21 - Каинсайская 1, 22 - Буранная-1, 23 - Чиликсайская-35, 24 - Нагумановская 1, 25 - Вершиновская 501, 26 - Корниловская-150, 27 - Кзылобинская 180, 28 - Буртинская-120.

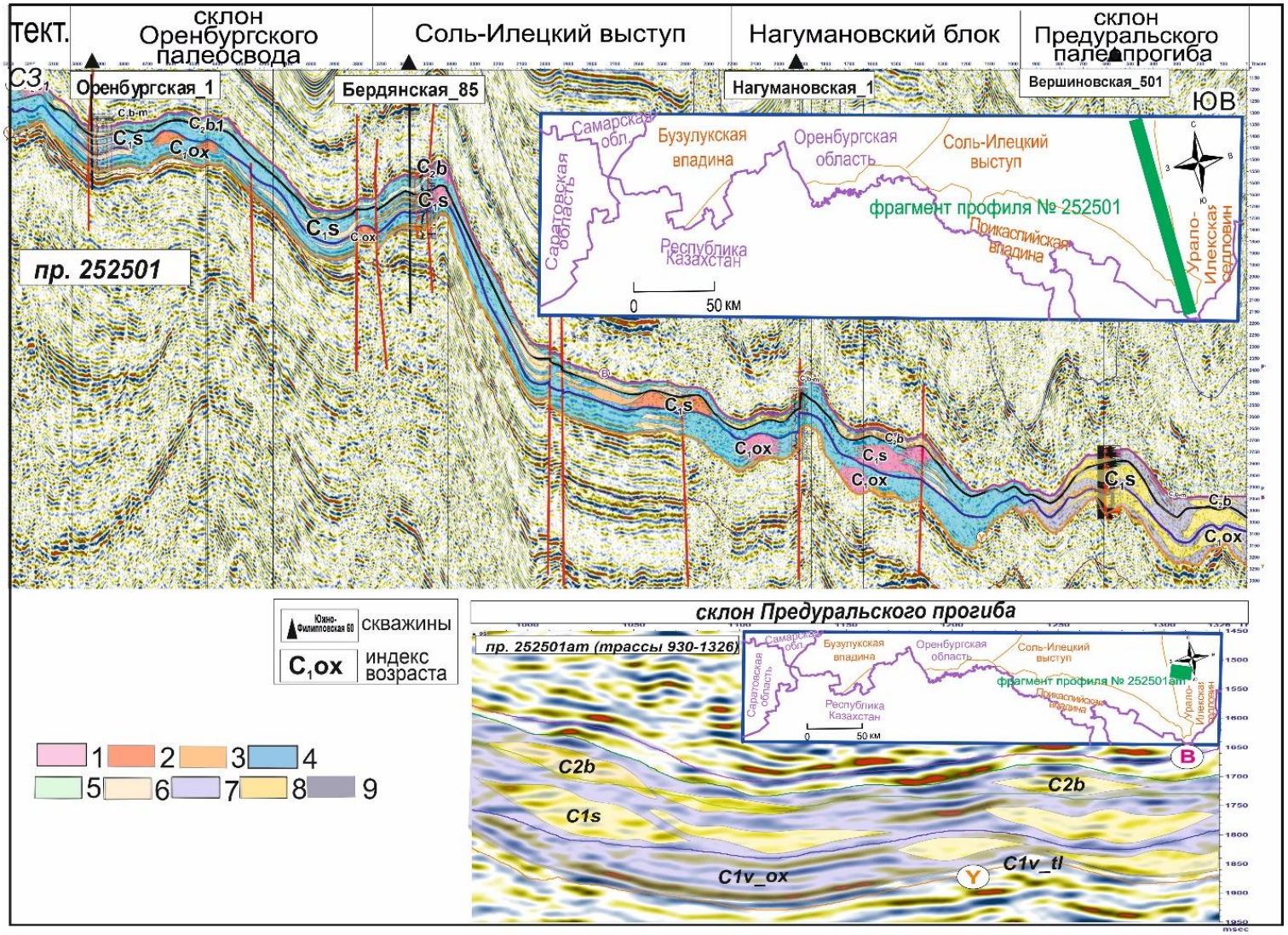


Рис. 31. Выделение и прослеживание сейсмофаций рифовых массивов, мелкого открытого шельфа, тыловых рифовых шлейфов и слоистых отложений закрытого шельфа, мелководных рифовых банок башкирского возраста, карбонатных клиноформ и депрессионных фаций окско-башкирского нефтегазоносного комплекса по фрагментам сейсмопрофилей 252501 и 252501am

Усл. обозначения см. на рис. 29.

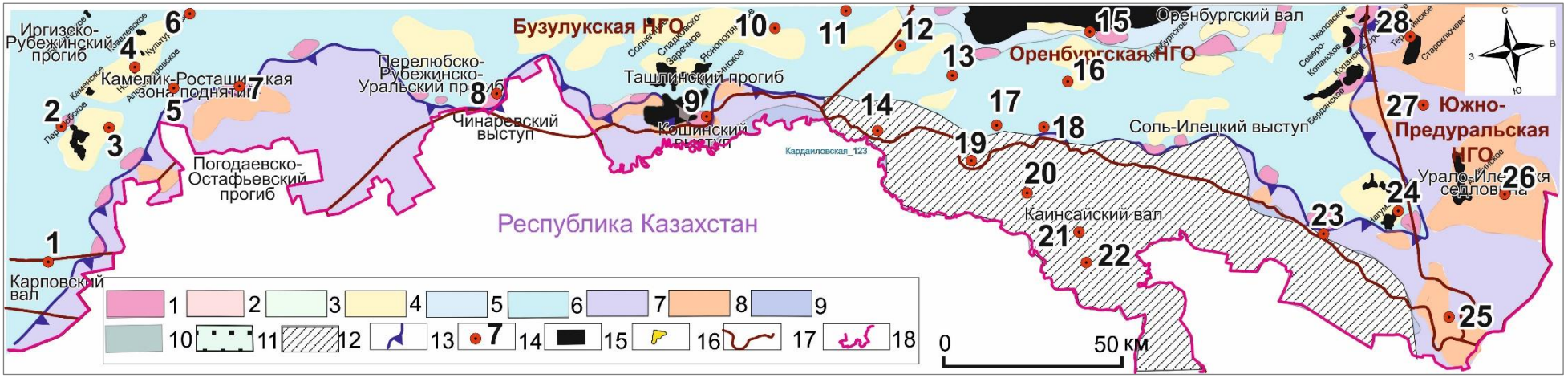


Рис. 32. Фациальная карта башкирских отложений южной и юго-восточной частей Волго-Уральской провинции в зоне ее сочленения с Прикаспийской впадиной и Предуральским прогибом

Усл. обозначения см. на рис. 30.

Высокие перспективы отложений нижнебашкирского подъяруса обусловлены, в первую очередь, залеганием их непосредственно под региональной глинистой покрышкой верейского возраста, а также наличием большого количества обломочных карбонатов. Наиболее перспективными для данного стратиграфического интервала являются фации биогермных построек окско-башкирского бортового уступа, мелководной карбонатной банки на склоне Оренбургского палеосвода, линзы обломочных клиноформ, формирующиеся на склонах Прикаспийской палеовпадины и Предуральского палеопрогиба и прослои обломочных карбонатов горизонтов переотложения. Для зон развития биогермных образований характерны литологические и структурно-литологические ловушки с поровым и порово-каверновым типом коллектора. В зонах отложений склонов Прикаспийской палеовпадины и Предуральского палеопрогиба ожидаются преимущественно литологические ловушки с линзовидным типом коллектора, в котором линзы очень часто разобщены достаточно мощными пластами плотных пелитоморфных и шламовых известняков. Для объектов закрытого шельфа характерны поровый и порово-кавернозный типы коллекторов. Для зон развития горизонтов переотложения в отмельных частях бассейна характерны структурные ловушки с пластовым распределением пород-коллекторов.

Региональным флюидоупором для залежей УВ в нижнебашкирском горизонте являются глинистые и глинисто-карбонатные отложения мелекесского и верейского горизонтов, которые на территории исследования имеют крайне неоднородное строение. Преимущественно глинистые отложения верхнебашкирско-нижнемосковского терригенно-карбонатного комплекса с хорошими экранирующими свойствами вскрыты скважинами в пределах Бузулукской впадины и в Мраковской депрессии. В центральной части Соль-Илецкого выступа они представлены плотными карбонатными породами с редкими пропластками глинистых известняков или аргиллитов, а в южной и юго-восточной частях - маломощной (до 5-8 м) пачкой аргиллитов, датируемых нерасчленённым московским ярусом (скважины Нагумановская 1, Чиликсайская 35, Вершиновская 501). Максимальное количество месторождений в башкирских отложениях приурочено к восточному склону Соль-Илецкого выступа и бортовым частям Предуральского краевого прогиба. При этом, если в первом случае характерен нефтегазоконденсатный состав залежей (месторождения Оренбургское, Чкаловское, Северо-Копанское, Бердянское и Нагумановское), то в пределах Мраковской впадины вскрыты залежи исключительно газоконденсатного типа (месторождения Рождественское, Южно-Оренбургское, Теректинское, Старо-Ключевское и Акобинское).

Отсутствие хорошей глинистой покрышки в кровле серпуховского яруса предопределяет в целом его невысокую перспективность и, как результат, минимальное количество месторождений в пластах этого возраста. Однако в зоне бортового уступа, где породы

башкирского яруса оказываются полностью редуцированными, целевыми отложениями могут являться верхние части рифовых построек серпуховского яруса, расположенные непосредственно под мелекесс-верейской покрышкой.

Хорошей покрышкой для отложений нижней части комплекса, коллекторов окского надгоризонта, может выступать карбонатно-глинистая пачка тарусского горизонта серпуховского яруса, получившая название «покровской пачки». Наилучшими экранирующими свойствами данная пачка обладает преимущественно в западной и центральной частях изучаемой территории, где она формирует ряд нефтяных залежей на месторождениях (Западно-Степное, Перелюбское, Борщевское, Сладково-Зареченское, Яснополянское, Ташлинское, Кошинское). В районе склонов Оренбургского поднятия и Соль-Илецкого выступа мощность пачки и наличие в ней глинистой составляющей сильно сокращается.

Среднекаменноугольно-нижнепермский нефтегазоносный комплекс

На юго-западе Бузулукской впадины в среднекаменноугольных отложениях выделяются каширский, подольский и мячковский горизонты. Верхний карбон на горизонты не подразделяется и в юго-восточных скважинах (Рубежинская 200, Долинная 101, 106) отсутствует вследствие срезания нижнепермскими отложениями. В нижней перми выделяются ассельский, сакмарский, артинский, кунгурский ярусы. В основании кунгурского яруса залегает филипповский горизонт. Наиболее надежным, хорошо прослеживаемым репером, является мелекесско-верейский терригенный комплекс отложений, подстилающий карбонатный среднекаменноугольно-нижнепермский. Подошва ангидритов верхнего арта - вторый реперный горизонт, позволяющий проследить эту границу на большей территории Бузулукской впадины и Соль-Илецкого выступа. Вышележащие сульфатно-соленосные отложения кунгурского яруса расчленены в соответствии с ритмостратиграфическим расчленением разреза, предложенным Ю.А. Писаренко (1982 г.). В карбонатно-сульфатной части, соответствующей верхнеартинскому подъярусу и филипповскому горизонту кунгурского яруса, выделены семь ритмопачек, каждая из которых начинается с пласта карбонатных пород.

В пределах Соль-Илецкого выступа и в северной прибортовой зоне Прикаспийской впадины наблюдается полный стратиграфический разрез: от мелекесского горизонта среднего карбона до филипповского горизонта нижней перми.

В интервале среднекаменноугольно-нижнепермских отложений выделен весь спектр генетических типов карбонатных отложений, свойственный для карбонатных рифогенных формаций: от приливно-отливных закрытого экранированного шельфа, рифовых до

склоновых и депрессионных [Фортунатова, 2000].

Нижнепермские *рифовые отложения* вскрыты скважинами Нагумановская 1, Бердянская 85, Усть-Илекская 1, Песчаная 17, 20, 24 и др. Основными рифостроителями являлись палеоаплизины, мшанки, тубифитовые водоросли, четырехлучевые кораллы, вместе с ними встречаются разнообразные фораминиферы, брахиоподы и криноидеи. Они образуют крупные рифовые массивы мощностью до 150-250 м, сложенные линзами биогермных отложений и обломочных карбонатных пород рифовых шлейфов. Рифовые отложения залегают на глинисто-карбонатных отложениях склона.

Зона развития *прибрежных лагун и закрытого шельфа* (скв. Гусихинская 1) отличается присутствием пачек переслаивания карбонатных пород приливно-отливного генезиса и ангидритов, которые выделяются в верхнем карбоне, в нижней части ассельского яруса и верхней части сакмарского яруса. В нижней части разреза, в среднем карбоне, прослежен мощный (350-400 м) интервал развития отложений открытого шельфа.

Зона развития отложений *закрытого шельфа и тыловой части рифовой системы* (скв. Западно-Оренбургская 105) характеризуется карбонатным составом пород, слоистым строением с линзами обломочных карбонатов тыловых рифовых шлейфов, отсутствием пластов ангидритов, глин и аргиллитов. В нижней части толщи в среднем карбоне выделяется интервал мощностью 250-300 м, представленный отложениями открытого шельфа, содержащими пласты (до 20-30 м) обломочных карбонатных пород, сформировавшихся в результате размыва и переотложения.

В разрезах *межрифовых проливов* (скв. Ташлинская 26) среднекаменноугольно-нижнепермские отложения представлены преимущественно карбонатными и глинисто-карбонатными отложениями склона с протяженными линзами обломочных известняков подводных конусов выноса мощностью до 100-120 м. В верхней части нижнепермской карбонатной толщи отложения склона палеобассейна чередуются и перекрываются отложениями закрытого шельфа, что свойственно только для межрифовых проливов.

Склоновые отложения формируются на мористом склоне рифовой системы, в разрезе преобладают плотные известняки и доломиты с линзами обломочных карбонатных пород передовых рифовых шлейфов - органогенно-обломочными известняками и доломитами, содержащими многочисленные фрагменты организмов - рифостроителей - водорослей, мшанок, кораллов, криноидей и др. Они вскрыты тремя скважинами (Вершиновская 495, 501 и Кошинская 113).

Шельфовые отложения представлены разнообразными детритовыми, фораминиферовыми, фораминиферо-криноидными, органогенно-обломочными, пелитоморфными и глинистыми известняками с остатками обильной фауны и флоры и

вскрыты многочисленными скважинами на юге Бузулукской впадины, Оренбургского свода и Соль-Илецкого выступа. Для них в целом характерно слоистое строение, наличие пластов глинистых известняков и доломитов, реже - аргиллитов.

В верхнем карбоне и нижней перми (ассель, сакмар, арт) кроме карбонатных пород присутствуют пласты *лагунных отложений* - ангидритов. Они вскрыты скважинами в западной части территории на Куцебовской, Чаганской, Зайкинской, Северо-Флеровской площадях.

Депрессионные отложения установлены в северной прибортовой зоне Прикаспийской впадины (скважины Каинсайская 1, 2 и Буранная 1) и на территории Мраковской депрессии (скважины Староключевская 121, Буртинская 120, Предуральская 110, Оренбургская 101). Для них свойственна небольшая мощность комплекса (16-80 м), присутствие высокоуглеродистых карбонатно-кремнистых отложений доманикового типа, слагающих до 50-70% мощности разреза.

На рис. 33-35 приведены седиментационные модели нефтегазоносного комплекса в юго-западной части Бузулукской и прибортовой части Прикаспийской впадин, отражающие последовательное изменение строения отложений в меридиональном направлении.

Модель юго-западной части Бузулукской впадины (см. рис. 33) отображает строение толщи в направлении от Камелик-Росташинской зоны поднятий через Перелюбско-Рубежинский прогиб к Прикаспийской впадине. Отличительной чертой является присутствие в пределах Камелик-Росташинской зоны поднятий пачек лагунных отложений в верхнем карбоне, ассельском и сакмарском ярусах, сложенных переслаиванием известняков, доломитов и ангидритов.

В нижней части разреза в среднем карбоне на северо-западе Камелик-Росташинской зоны и в Перелюбско-Рубежинском прогибе установлены отложения открытого шельфа, выше по разрезу сменяющиеся карбонатными отложениями закрытого шельфа и ангидритами прибрежных лагун. В юго-восточной части Перелюбско-Рубежинского прогиба, в скважинах Рубежинская 200, Долинная 101 и 106 в нижней перми широко развиты отложения тыловых рифовых шлейфов. Нижнепермские собственно рифовые отложения приурочены к Чинаревскому выступу и сменяются по направлению к центральной части Прикаспийской впадины маломощными депрессионными углеродистыми карбонатно-кремнистыми отложениями доманикового типа.

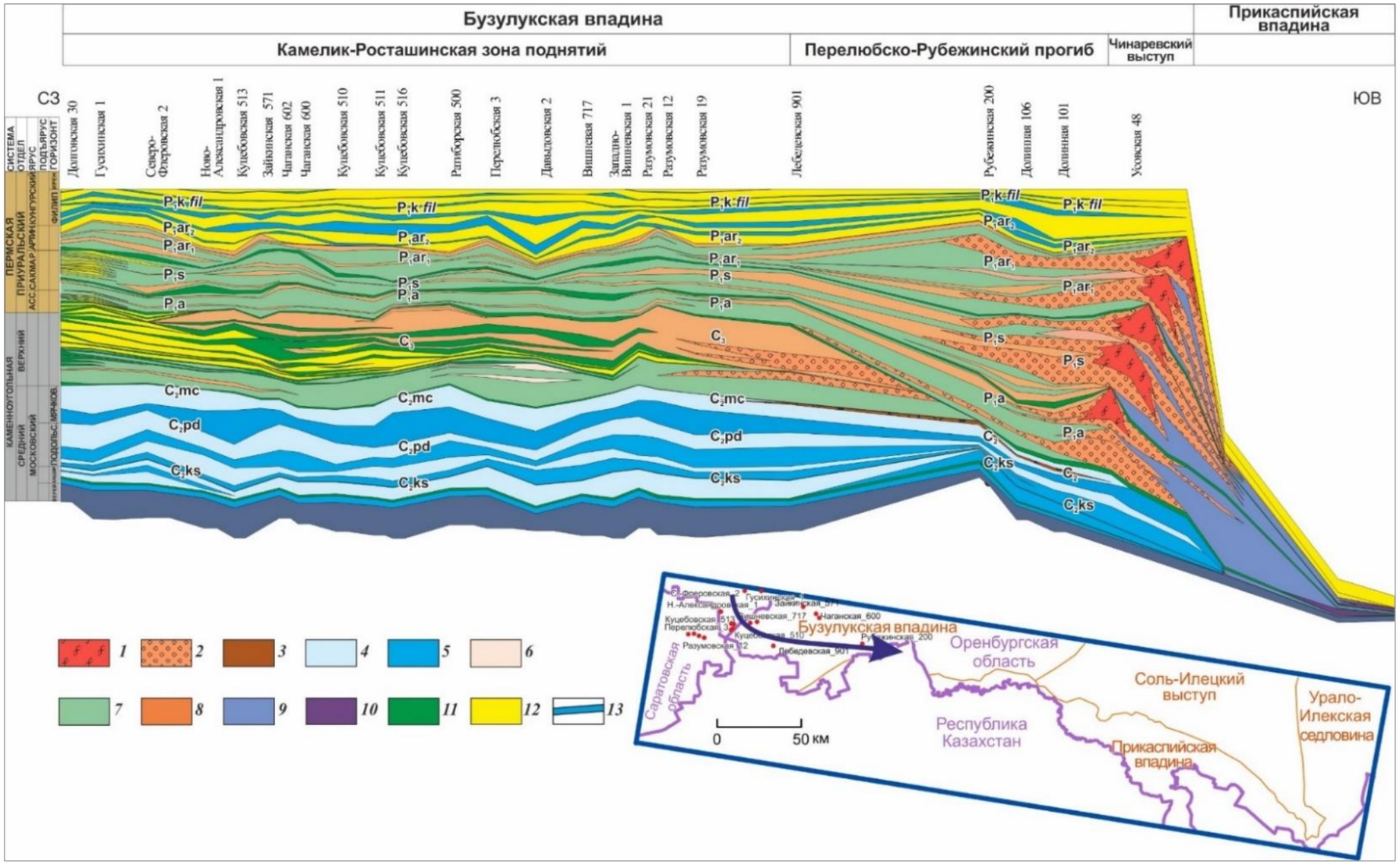


Рис. 33. Седиментационная модель среднекаменноугольно-нижнепермских отложений Камелик-Росташинской зоны палеоподнятий, Перелюбско-Рубежинского палеопрогиба, Чинаревского выступа и северной прибортовой зоны Прикаспийской палеовпадины

Карбонатные отложения (1-9): Группа рифовых отложений (1, 2): 1 - биогермные известняки, 2 - шлейфовые. Органогенно-обломочные известняки. Группа отложений открытого шельфа (3-5): 3 - обломочные известняки баровых и мелководных отмелей, 4 - мелководных шельфовых равнин. Детритовые и биоморфные известняки 5 - глубокого открытого шельфа. Мелкодетритовые, пелитоморфные и глинистые известняки Группа отложений закрытого шельфа и группа прибрежно- морских отложений (6-8): 6 - закрытого шельфа подвижных придонных вод. Органогенно-обломочные и оолитовые известняки 7 - закрытого шельфа малоподвижных придонных вод. Пелитоморфные известняки приливно-отливных равнин. Кристаллические строматолитовые известняки и доломиты 8 - горизонты переотложения и размывов, обломочные карбонатные породы Группа склоновых отложений (9): 9 - отложения верхней части пологого склона. Шламовые, пелитоморфные известняки и доломиты. Депрессионные отложения (10): 10 - высокоуглеродистые карбонатно-кремнистые сланцеватые породы. Отложения смешанного генезиса (11): 11 - глинистые известняки, глины и аргиллиты. Эвапоритовые отложения (12, 13): 12 - ангидриты и гипсы, 13 - пласты карбонатных пород в филипповском горизонте.

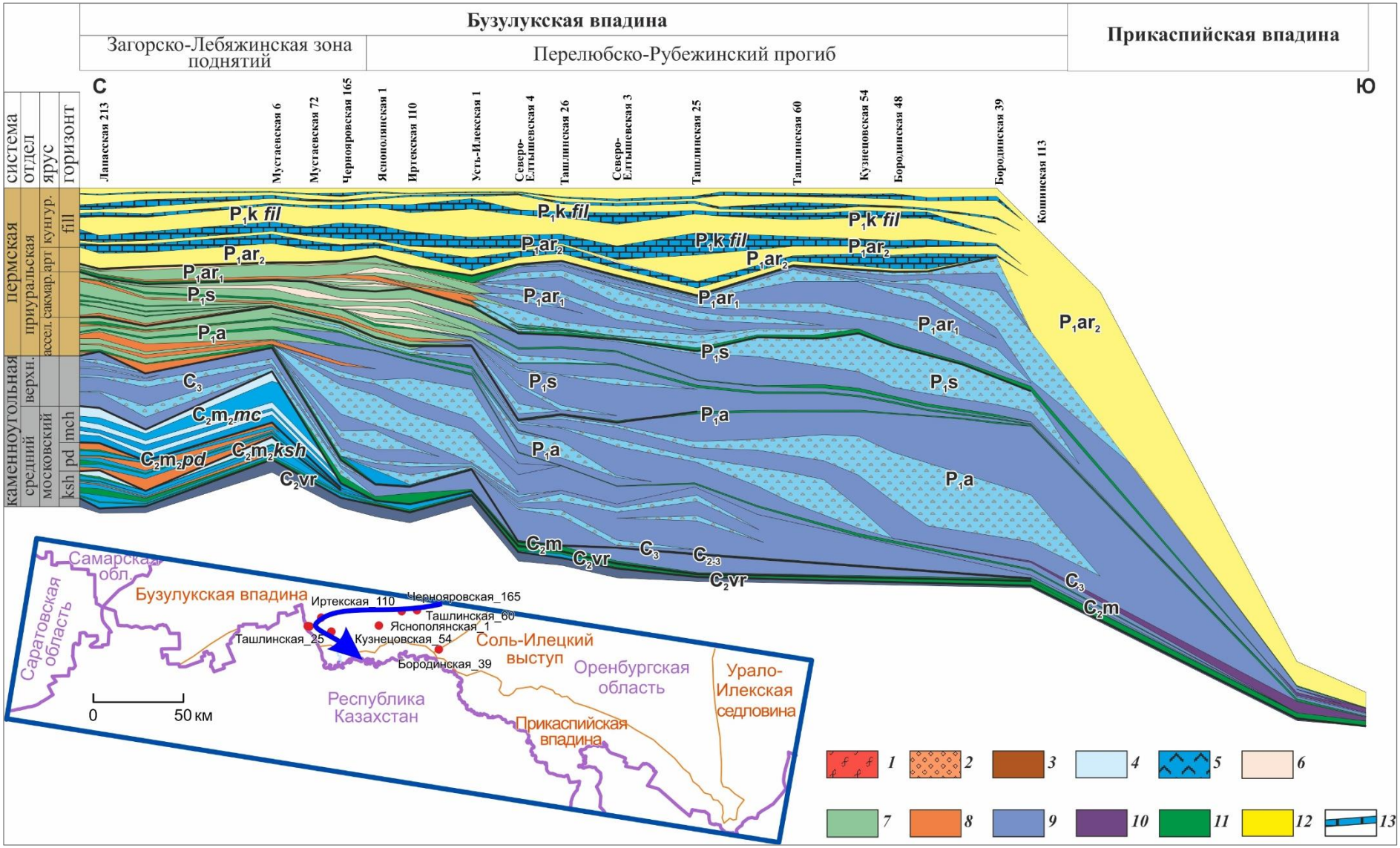


Рис. 34. Седиментационная модель среднекаменноугольно-нижнепермских отложений Загорско-Лебяжинской зоны палеоподнятий, Перелюбско-Рубежинского палеопрогиба и северной прибортовой зоны Прикаспийской палеовпадины

Усл. обозначения см. на рис. 28.

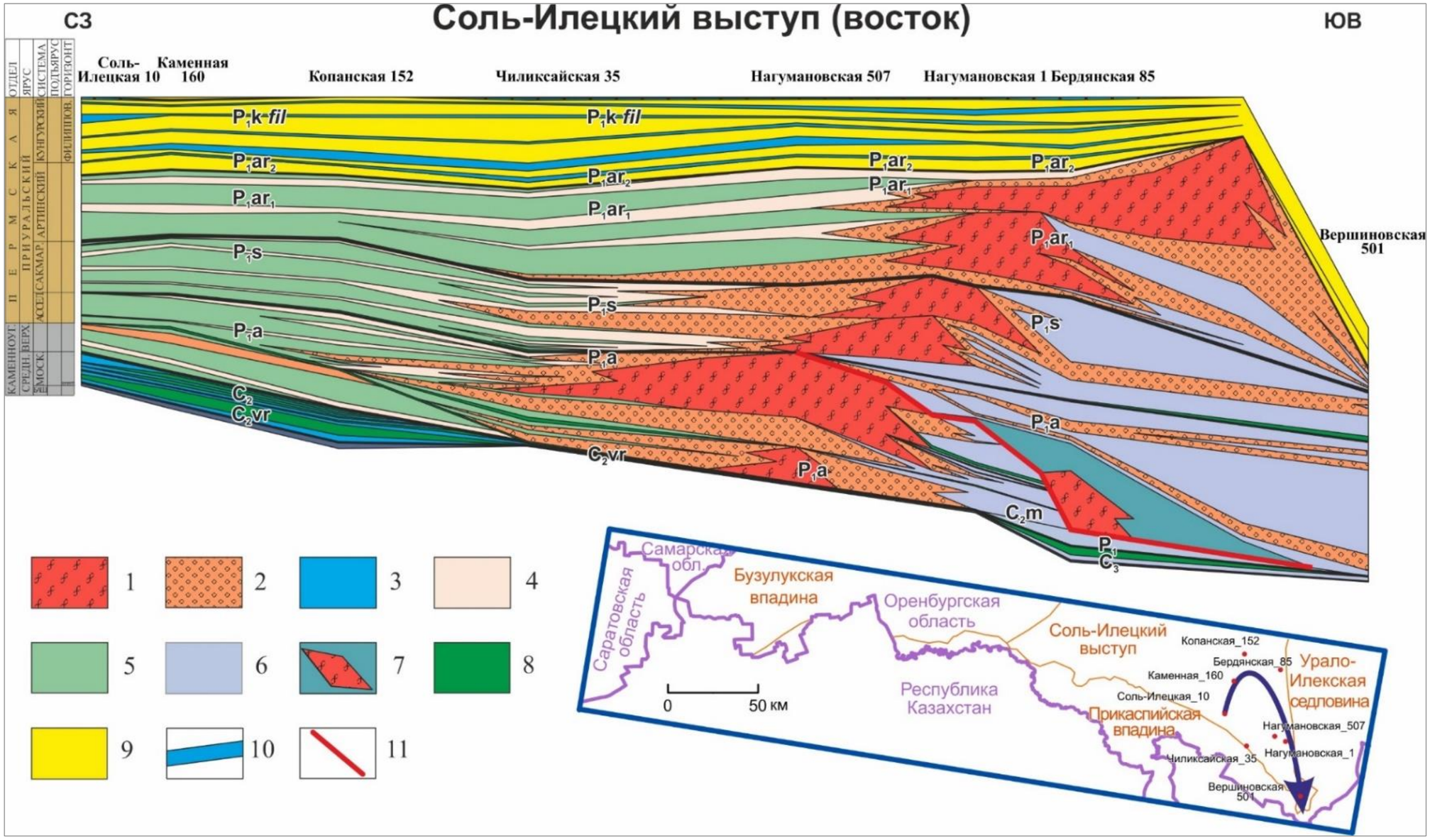


Рис. 35. Седиментационная модель среднекаменноугольно-нижнепермских отложений юго-восточного склона Оренбургского палеосвода

Карбонатные отложения (1-7): группа рифовых отложений (1, 2): 1 - биогермные известняки; 2 - шлейфовые. Органогенно-обломочные известняки; Группа отложений открытого шельфа (3): 3 - глубокого открытого шельфа. Мелкодетритовые, пелитоморфные и глинистые известняки; Группа отложений закрытого шельфа и группа прибрежно- морских отложений (4, 5): 4 - закрытого шельфа подвижных придонных вод. Органогенно-обломочные и оолитовые известняки; 5 - закрытого шельфа малоподвижных придонных вод. Пелитоморфные известняки приливно-отливных равнин. Кристаллические строматолитовые известняки и доломиты; Группа склоновых отложений (6, 7): 6 - отложения верхней части пологого склона. Шламовые, пелитоморфные известняки и доломиты; 7 - оползневые глинисто-карбонатные комплексы с фрагментами рифовых построек глинисто-карбонатные породы с линзами рифовых отложений. Отложения смешанного генезиса (8): 8 - глинистые известняки, глины и аргиллиты. Эвапоритовые отложения (9, 10): 9 - ангидриты и гипсы; 10 - пласты карбонатных пород в филипповском горизонте. 11 - сбросовые поверхности скольжения в оползневых комплексах.

Приведенная на рисунке модель юго-восточной части Бузулукской впадины (см. рис. 34) отражает строение среднекаменноугольно-нижнепермских отложений в направлении от Загорско-Лебяжинской зоны поднятий через восточную часть Перелюбско-Рубежинского прогиба к Прикаспийской впадине. Отличительной чертой этой территории является широкое развитие обломочных карбонатных пород подводных конусов выноса, слагающих клиноформные линзовидные тела, и отсутствие в нижнепермском интервале рифовых отложений. Такое строение обусловлено тем, что здесь располагался крупный пролив, соединяющий Бузулукскую и Прикаспийскую впадины, по которому шел интенсивный снос обломочного карбонатного материала.

На рис. 35 показано строение среднекаменноугольно-нижнепермских отложений на юго-востоке Соль-Илецкого выступа. Мощные (70-200 м и более) интервалы развития рифовых артинских отложений вскрыты скважинами Нагумановская 1 и Бердянская 85 на восточном склоне Соль-Илецкого выступа, обращенном в сторону Мраковской депрессии. В скв. Бердянская 85 в нижней части перми в ассельском ярусе выделяется крупный, мощностью 130 м, олистолит биогермных известняков. На оползневое происхождение указывают наличие резких контактов без постепенных переходов с вмещающими отложениями и залегание среди глинисто-карбонатных отложений склонового генезиса.

По региональным сейсмическим профилям и профилям 2D (см. рис. 1), наиболее полно отражающим структуру строения нефтегазоносных комплексов, выполнен сейсмостратиграфический анализ. В качестве примера на рис. 36 продемонстрирован профиль 020390, проходящий с северо-востока на юго-запад, характеризующий строение юго-западной части Соль-Илецкого выступа. Интерпретация профиля выполнена в соответствии с седиментационной моделью запада Соль-Илецкого выступа.

В южной части профиля в бортовой зоне Прикаспийской впадины выделена нижнепермская рифовая система, состоящая из нескольких рифовых массивов и вскрытая скв. Песчаная 20. К югу от рифовой системы расположена область развития глинисто-карбонатных отложений склона и депрессионных отложений доманикового типа сокращенной мощности. К северу от рифовой системы находится область распространения слоистых карбонатных отложений закрытого шельфа с пластами и линзами обломочных карбонатных пород подвижных придонных вод. В направлении с севера на юг верхнекаменноугольные отложения срезают среднекаменноугольные, а нижнепермские - верхнюю часть верхнекаменноугольной толщи.

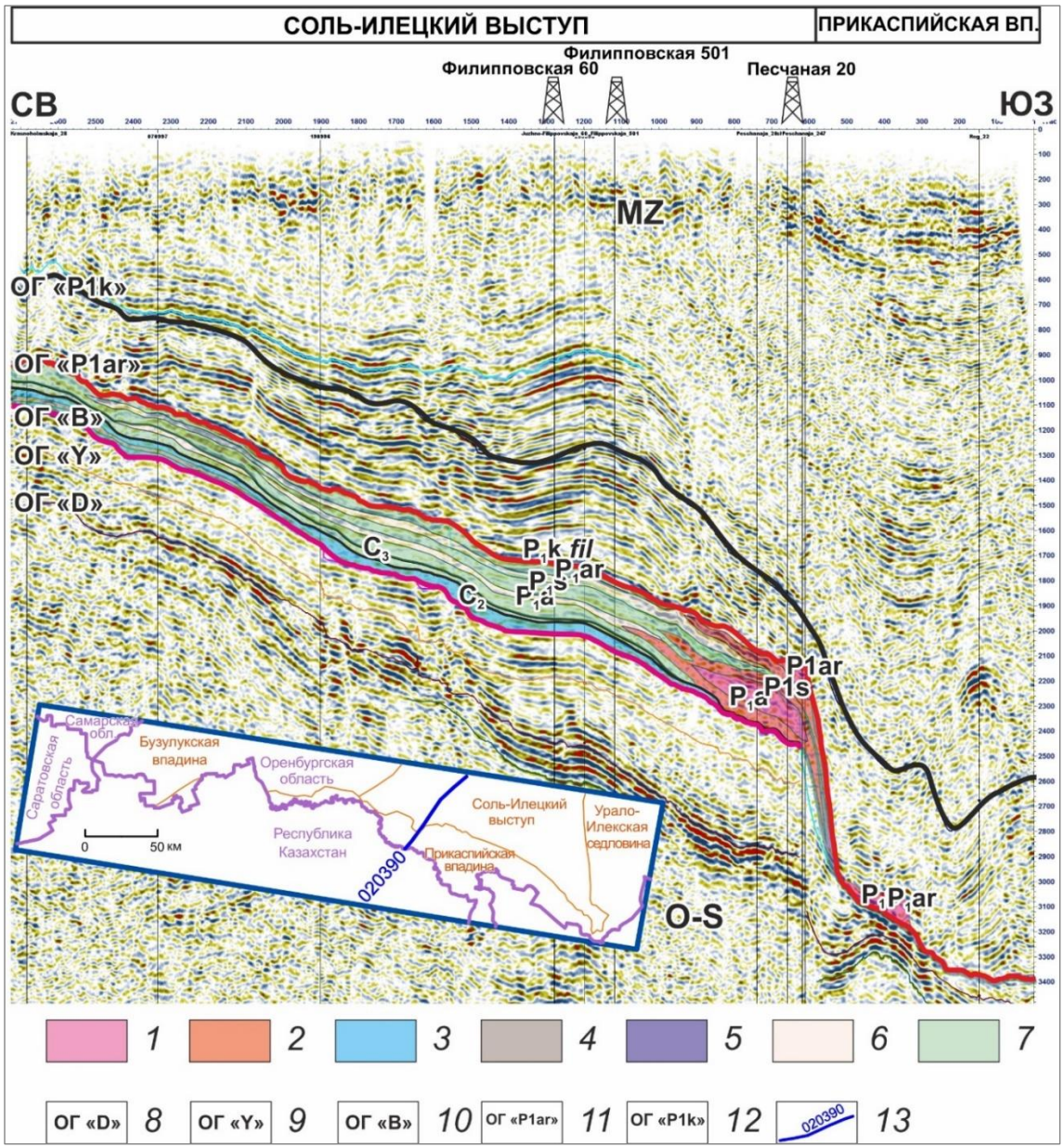


Рис. 36. Распределение сейсмофаций в интервале развития подсолевых среднекаменноугольно-нижнепермских отложений по сейсмопрофилю 020390

Интервалы развития основных генетических типов отложений (1-7): 1 - биоморфные известняки и доломиты рифовых массивов, 2 - обломочные карбонатные породы рифовых шлейфов, 3 - слоистые карбонатные породы открытого шельфа, 4 - обломочные карбонатные породы горизонтов переотложения, 5 - карбонатно-кремнистые породы доманикового типа склона и депрессионной зоны, 6 - слоистые обломочные и детритово-обломочные карбонатные породы подвижных придонных вод закрытого шельфа, 7 - плотные слоистые карбонатные породы малоподвижных придонных вод закрытого шельфа; индексы горизонтов (8-12): 8 - подошва карбонатных отложений верхнего девона, 9 - кровля бобриковских отложений, 10 - кровля верейских отложений, 11 - кровля отложений артинского яруса нижней перми, 12 - кровля отложений кунгурского яруса нижней перми, 13 - линия сейсмопрофиля.

Наличие палеоуступа на бортах Прикаспийской впадины и Мраковской депрессии (рис. 37) определило положение нижнепермской барьерной рифовой системы, разделяющей две различные зоны седиментации - шельфовую на Соль-Илецком выступе и юге Бузулукской впадины и склоново-депрессионную в Прикаспийской впадине и в Мраковской депрессии.

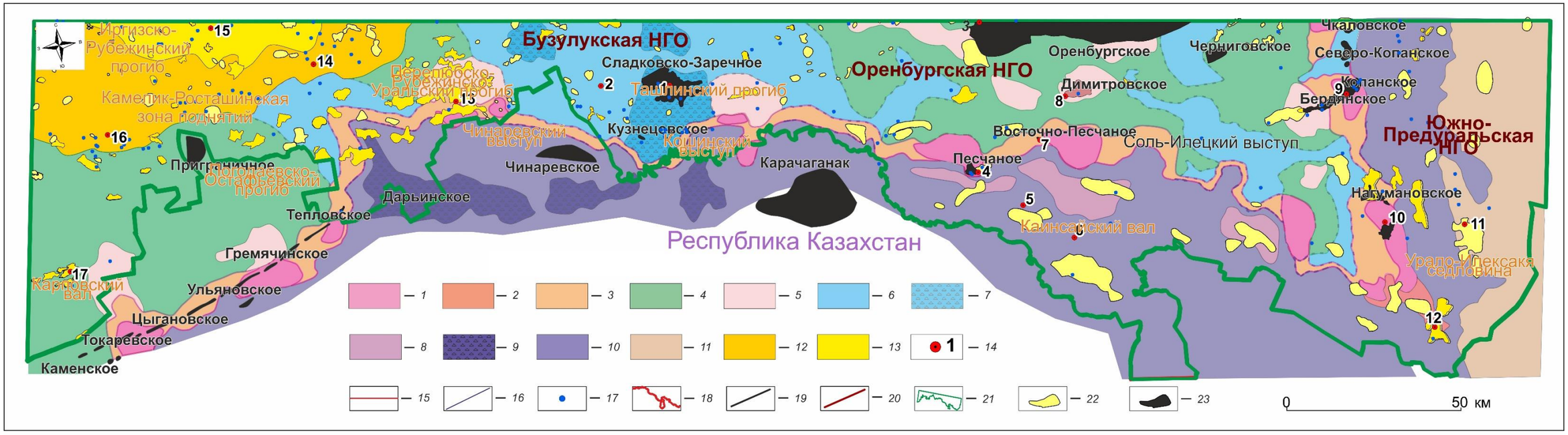


Рис. 37. Карта строения среднекаменноугольно-нижнепермского подсолевого карбонатного комплекса зоны сочленения Прикаспийской и Волго-Уральской нефтегазоносных провинций

Седиментационные зоны: барьерная рифовая система (1-3): 1 - рифовые массивы, Кэф 0,25-0,40; 2 - передовые рифовые шлейфы, Кэф 0,15-0,25; 3 - тыловые шлейфы и проливы в зоне развития рифовой системы, Кэф 0,15-0,25; закрытый шельф (4-7): 4 - карбонатные отложения впадин закрытого шельфа, Кэф 0,05-0,18; 5 - карбонатные отложения отмелей закрытого шельфа, Кэф 0,15-0,23; 6 - проливы в зонах развития отложений закрытого шельфа, Кэф 0,08-0,15; 7 - подводные конусы выноса в межрифовых проливах, Кэф 0,18-0,25; склон и депрессионная зона (8-11): 8 - оползни (олистостромы) на внешнем крае рифовой системы, Кэф 0,2-0,3; 9 - подводные конусы выноса на склоне бассейна, Кэф 0,1-0,15; 10 - отложения склона бассейна и депрессионной зоны: глинистые, шламовые известняки и высокоуглеродистые кремнисто-карбонатные отложения доманикового типа, Кэф < 0,05; 11 - отложения склона бассейна: шламовые, детритовые известняки, радиоляриты, спонголиты, Кэф < 0,05; прибрежная лагуна (12, 13): 12 - лагунные отложения (ангидриты) в верхнем карбоне, Кэф 0,06-0,15; 13 - лагунные отложения (ангидриты) в верхнем карбоне и нижней перми, Кэф 0,1-0,15; 14 - эталонные скважины; 15 - разрывные нарушения; 16 - сейсмопрофили; 17 - скважины; 18 - Государственная граница РФ; 19 - административные границы; 20 - границы НГО; 21 - контур района работ; 22 - структуры Дл по кровле карбонатной перми; 23 - месторождения среднекаменноугольно-нижнепермского нефтегазоносного комплекса.

Скважины: 1 - Сладковско-Заречная_1, 2 - Ташлинская_60; 3 - Западно-Оренбургская_105; 4 - Песчаная_20; 5 - Каинсайская_2; 6 - Каинсайская_1; 7 - Восточно-Песчаная_30; 8 - Димитровская_80; 9 - Бердянская_85; 10 - Нагумановская_1; 11 Акобинская_171; 12 - Вершиновская_501; 13 - Долинная_101; 14 - Зайкинская_555; 15 - Северо-Флеровская_2; 16 - Перелюская_3; 17 - Малаховская_1.

Барьерная нижнепермская рифовая система в целом проходит вдоль бортовых уступов впадин, но не представляет собой непрерывную зону. Участки развития рифовых массивов разделены межрифовыми проливами шириной до 30-50 км. Собственно, рифовые массивы вместе с окружающими их шлейфовыми отложениями составляют изометричные в плане тела размером до 10-15 км в поперечнике. Наиболее крупные рифовые массивы выделяются на юго-восточном окончании Соль-Илецкого выступа в районе Нагумановской и Чиликсайской площадей. К северу и северо-западу от барьерной рифовой системы расположена область отложений закрытого шельфа с зонами проливов, продолжающих межрифовые. На северо-востоке территории выделяется зона лагунных отложений. К югу и востоку от барьерной рифовой системы расположена зона склона палеобассейна и депрессионной области. Для склона палеобассейна характерно развитие конусов выноса обломочного материала, развитых на продолжении межрифовых проливов и подводных оползней на крутых склонах.

Основными типами литологических ловушек являются рифовые, а также оползневые рифовые с характерным типом порово-кавернового коллектора. Для оползневых тел характерна также повышенная трещиноватость. Структурно-литологический тип свойственен структурам облекания рифовых построек.

Выводы

Проведенные авторами статьи работы подтвердили высокие перспективы нефтегазоносности изучаемой зоны сочленения Волго-Уральской и Прикаспийской нефтегазоносные провинции и определили основные направления проведения поисковых работ. Установлено чрезвычайное многообразие палеоструктурных элементов и связанных с ними обстановок седиментации. Выявлено несовпадение структурных планов на различных этапах формирования палеобассейна. Несовпадение палеоструктурных планов разновозрастных комплексов, а также сложная форма и морфология поверхности осадочных тел разного генезиса, линзовидное в большинстве случаев распределение различных типов пород-коллекторов – все это позволяет сделать вывод о том, что использование только структурного поискового критерия в этих комплексах недостаточно. Необходимо проведение специальных детальных сейсмических работ для картирования осадочных тел и установления закономерностей распространения пород-коллекторов. Наиболее интересными поисковыми объектами в эмско-нижнефранском нефтегазоносном комплексе являются песчаные коллекторы русловых частей дельт и палеодельт, наибольшее распространение которых сосредоточено в западной части территории. На юго-востоке территории выделяется зона преимущественного карбонатонакопления, для которой характерно развитие крупных одиночных рифовых массивов.

Не менее интересными объектами являются отложения карбонатных конусов выноса (карбонатных клиноформ), широко распространенных в вязовском горизонте восточной части исследуемой территории. В эйфельском ярусе аналогичные тела установлены и на западе, где с ними связаны залежи газоконденсата.

В среднефранско-турнейском нефтегазоносном комплексе к перспективным объектам относятся одиночные рифовые массивы, приуроченные к самостоятельным палеоподнятиям и образующие прерывистую зону в северо-западной части территории. В качестве литологических объектов выделены мощные линзовиднопостроенные клиноформные тела карбонатных брекчий, которые часто ошибочно на сейсмических профилях определяются в качестве «аномалий типа риф». Принципиально новыми поисковыми объектами являются тела блоковых карбонатных оползней на крутых склонах Прикаспийской палеовпадины.

Основными перспективными объектами верхневизейско-нижнебашкирского нефтегазоносного комплекса являются литологические и структурно-литологические ловушки, связанные с рифовыми постройками барьерной рифовой системы, а также с биогермными постройками башкирского возраста, окаймляющими карбонатные отмели. Не менее интересны крупные линзы обломочных карбонатов в клиноформных телах, развитых на склонах Прикаспийской и Мраковской палеовпадин. В результате проведенных исследований обосновано формирование верхневизейско-нижнебашкирской барьерной рифовой системы, прослеженной вдоль бортового уступа Прикаспийской впадины и контролирующей седиментацию в области закрытого шельфа и на склонах палеобассейна. Региональным флюидоупором для залежей УВ в нижнебашкирском горизонте являются глинистые и глинисто-карбонатные отложения мелекесского и верейского горизонтов, которые на территории исследования имеют крайне неоднородное строение. Преимущественно глинистые отложения с хорошими экранирующими свойствами развиты в пределах южных территорий Бузулукской и Мраковской впадинах, в то время как в центральных частях Соль-Илецкого выступа они замещаются карбонатными породами.

В среднекаменноугольно-нижнепермском нефтегазоносном комплексе выделяются литологический и структурно-литологический типы ловушек. Структурно-литологический тип характерен для рифовых массивов нижнепермской барьерной системы, прослеженной вдоль бортового уступа Прикаспийской впадины и Мраковской депрессии. С этим типом ловушек связаны выявленные здесь месторождения УВ. Наличие на исследованной территории крупного террасированного склона является причиной отсутствия передовых самостоятельных одиночных рифов. В пределах рифовой зоны установлены участки отсутствия рифовых построек и развитие отложений межрифовых каналов, по которым обломочный карбонатный материал поступал на склоны впадин. Новым типом собственно

литологических ловушек являются крупные карбонатные оползни глыбового типа, выделенные на склонах рифовых массивов.

Литература

Геология Татарстана: стратиграфия и тектоника / М-во экологии и природ, ресурсов Респ. Татарстан, Казан, гос. ун-т; гл. ред. Б.В. Буров; отв. ред.: Н. К. Есаулова, В. С. Губарева. М.: ГЕОС, 2003. - 402 с.

Губарева В.С., Силантьев В.В., Галушин Г.А., Клевцов О.Н., Куркова С.В., Линкина Л.И., Макарова О.В., Нафиков А.З. Новые данные по стратиграфии верхнедевонских и нижнекаменноугольных отложений Актаныш-Чишминского прогиба // Ученые записки Казанского государственного университета. - 2006. - Т. 148. - Кн. 4. - С. 126-142.

Зайцева Е.Л., Сахненко К.В., Михеева А.И. Фораминиферы пограничных отложений визейского и серпуховского яруса в Волго-Уральской провинции // Ломоносовские чтения-2022. Секция геологии. Подсекция палеонтологии: сборник тезисов докладов (г. Москва, 18-20 апреля 2022 г.). - Москва: МГУ, 2022. - С.9-10.

Зайцева Е.Л., Фортунатова Н.К., Швец-Тэнэта-Гурий А.Г. Карцева О.А., Бушуева М.А., Баранова А.В., Агафонова Г.В., Михеева А.И., Рахимова Е.В. Проблемы стратиграфии верхнедевонских и нижнекаменноугольных отложений запада Волго-Уральской провинции / Отв. ред. А.И. Жамойда // Палеозой России: региональная стратиграфия, палеонтология, гео- и биособытия: материалы III Всероссийского совещания (г. Санкт-Петербург, 24-28 сентября 2012 г.). - СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. - С. 94-96.

Кулагина Е.И., Артюшкова О.В., Клименко Т.В., Тагариева Р.Ч. Девон и карбон западного склона Южного Урала: стратиграфический обзор // Геологический вестник. - 2019. - № 3. - С. 103-142. DOI: http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-3-8

Кулагина Е.И., Степанова Т.И., Зайцева Е.Л., Горожанина Е.Н., Гибшман Н.Б., Иванова Р.М., Вевель Я.А., Пономарева Г.Ю., Филимонова Т.В. Атлас фораминифер и микрофаций верхнедевонских и каменноугольных отложений Северной Евразии. Фаменский и турнейский ярусы. - Москва: ПИН РАН, 2018. - 220 с.

Муслимов Р.Х., Васясин Г.И., Шакиров А.Н., Чендаров В.В. Геология турнейского яруса Татарстана. - Казань: Мониторинг, 1999. - 186 с.

Сташкова Э.К., Стукова Т.В. К вопросу о границе между турнейским и визейским ярусами // Биостратиграфическое обоснование ярусных границ каменноугольной системы Восточной Европы: материалы Междунар. симпозиума. - Екатеринбург, 2002. - С. 293-301.

Сташкова Э.К., Стукова Т.В. К вопросу о границе нижнего и верхнего турне в Пермском Прикамье // Зональные подразделения карбона общей стратиграфической шкалы России: материалы Всероссийского совещания (г. Уфа, 29-31 мая 2000 г.). - Гилем, 2000. - С. 96-99.

Сташкова Э.К., Стукова Т.В., Чижова В.А. Сопоставление зональных шкал по конодонтам, фораминиферам, остракодам и спорам верхнефранско-нижневизейских отложений на востоке Русской платформы // Геологическое изучение и использование недр: научн.-техн. информ. сборник. - М.: ГЕОС, 1998. - Вып. 4. - С. 12-24.

Фортунатова Н.К., Зайцева Е.Л., Баранова А.В., Бушуева М.А. Мелекесская опорная скважина как типовой разрез для выделения свит в депрессионной зоне Усть-Черемшанского прогиба // Палеострат-2014: тезисы докладов годичного собрания (научная конференция) секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтологического общества при РАН (г. Москва, 27-29 января 2014 г.). - С. 76-77.

Фортунатова Н.К., Зайцева Е.Л., Баранова А.В., Бушуева М.А., Кононова Л.И., Харченко С.И., Афанасьева М.С. Новые данные по стратиграфии турнейского яруса Мелекесской впадины // Проблемы региональной геологии северной Евразии: сборник материалов конференции. - Москва: Парадигма, 2022а. - С. 86-91.

Фортунатова Н.К., Зайцева Е.Л., Бушуева М.А., Ермолова Т.Е., Михеева А.И., Ступак А.А., Баранова А.В., Кононова Л.Л., Харченко С.В., Авдеева А.А. Проект стратиграфической схемы нижнекаменноугольных отложений Волго-Уральского субрегиона // ПАЛЕОСТРАТ-2022: сборник тезисов годичного собрания (научной конференции) секции палеонтологии МОИП Московского отделения Палеонтологического общества при РАН (г. Москва, 31 января - 2 февраля 2022 г.). - Москва, 2022б. - С. 66-66.

Фортунатова Н.К., Зайцева Е.Л., Бушуева М.А., Швец-Тэнэта-Гурий А.Г., Баранова А.В., Кононова Л.И., Рахимова Е.В., Михеева А.И., Оленева Н.В., Авдеева А.А. Унифицированная субрегиональная стратиграфическая схема верхнедевонских отложений Волго-Уральского субрегиона. Объяснительная записка / Под ред. Н.К. Фортунатовой, С.М. Шика. - М.: ФГБУ «ВНИГНИ», 2018. - 64 с.

Фортунатова Н.К., Зайцева Е.Л., Швец-Тэнэта-Гурий А.Г., Оленева Н.В., Агафонова Г.В., Баранова А.В., Карцева О.А., Михеева А.И., Самыкина Е.В., Бушуева М.А. Новые подходы к стратиграфическому расчленению верхнедевонско-нижнекаменноугольных отложений западной части Волго-Уральской провинции // Стратиграфия и ее роль в развитии нефтегазового комплекса России. - СПб.: Изд-во ВНИГРИ, 2007. - С. 303-334.

Фортунатова Н.К., Швец-Тэнэта-Гурий А.Г., Гумаров Р.К., Ильин В.Д., Агафонова Г.В., Баранова А.В., Фарбирович В.П., Михеев И.Г. Седиментологическое моделирование карбонатных осадочных комплексов / Под ред. Н.К. Фортунатовой. - М.: НИА-Природа, 2000. - 249 с.

Фролов В.Т. Литология. Кн. 3 // Учебное пособие. - М.: Изд.-во МГУ, 1995. - 352 с.

Чижова В.А., Сташкова Э.К. Биостратиграфическая модель турнейского яруса карбона Волго-Уральской нефтегазоносной провинции // Совершенствование разработки нефтяных месторождений. - М., 2004. - С. 75-93.

Чижова В.А., Сташкова Э.К. О соотношении клиноформенных геологических тел толщи заполнения Камско-Кинельских прогибов и биостратиграфических подразделений // Геология Западного Урала на пороге XXI века. - Пермь: ПГУ, 1999. - С. 152-154.

Чижова В.А., Сташкова Э.К. Органогенные постройки и клиноформенные образования позднего девона Камско-Кинельской системы впадин // Геология девонской системы: материалы Междунар. симп. - Сыктывкар, 2002. - С. 310-314.

Чижова В.А., Сташкова Э.К., Зверева Е.В. Стукова Т.В., Акулова Н.Н. Соотношение верхнефранско-нижневизейских биостратиграфических подразделений по конодонтам, фораминиферам, остракодам и спорам в разрезах востока Русской платформы // Биостратиграфия и микроорганизмы фанерозоя Евразии. - М.: Геос, 1997. - С. 61-70.

Чижова В.А., Сташкова Э.К., Стукова Т.В. Горизонты турнейского яруса каменноугольных отложений Волго-Уральской нефтегазоносной провинции // Стратиграфия и ее роль в развитии нефтегазового комплекса России. - СПб: ВНИГРИ, 2007. - С. 334-351.

Юнусов М.А. Закономерности осадконакопления и нефтенакопления на востоке Русской плиты. - Уфа, 2000. - Вып. 100. - С.36-42. (Тр. УфНИИ).

Юнусов М.А., Масагутов Р.Х., Архипова В.В., Чижова В.А. Биостратиграфия верхнефранско-нижневизейских нефтегазоносных отложений Камско-Кинельских прогибов

Башкортостана // Биостратиграфия нефтегазоносных бассейнов: труды 1-го Междунар. симп. (г. Санкт-Петербург, 3-10 декабря 1994 г.). - СПб.: ВНИГРИ, 1997. - С. 235-240.

Collins J.F., Kenter J.A.M., Harris P.M., Kuanysheva G., Fischer D.J., Steffen K.L. Facies and reservoir-quality variations in the late Visean to Bashkirian outer platform, rim, and flank of the Tengiz buildup, Precaspian Basin, Kazakhstan, in P.M. Harris and L.J. Weber, eds., Giant hydrocarbon reservoirs of the world: From rocks to reservoir characterization and modeling: AAPG Memoir 88/SEPM Special Publication, 2006, p. 55-95

Kulagina E.I., Zaytseva E.L., Vevel Ya A., Stepanova T.I., Gibshman N.B., Nikolaeva S.V., Kononova L.I., Plotitsyn A.N. The foraminiferal zonal scale of the Devonian-Carboniferous boundary beds in Russia and Western Kazakhstan and its correlation with ammonoid and conodont scales // Palacobiodiversity and Palaeoenvironments, издательство Springer Verlag (Germany), vol. 101, 2021, p. 561-588.

Sakhnenko K., Zaytseva E. Evolution of the superfamily Palaeotextularioidea Galloway, 1933 (Foraminifera) in the Lower Carboniferous // Praceedings of 4th Kazan Golovkinsky Young Scientists' Stratigraphic Meeting 2220, Filoderitto editore, 2020, p. 238-243.

Zaytseva E., Sakhnenko K. Late Visean (Mississippian) Foraminiferal Faunas from the Volga-Ural Region (East European Platform) // Preceedings of Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting 19-23 September 2017, Kazan, Russia/Advances in Devonian, Carboniferous and Permian Research: Stratigraphy, Environments, Climate and Resources, Filoderitto editore Bologna Italy, 2018, p. 239-246.

Fortunatova N.K., Kanev A.S., Ermolova T.E., Bushueva M.A., Mikheeva A.I., Stupak A.A., Belousov G.A., Gorodkov A.B., Petersil'e V.I., Shvets-Teneta-Guriy A.G., Kholmyanskaya N.Yu., Volodina A.G.
FGBU «All-Russian Research Geological Oil Institute» (FGBU «VNIGNI»), Moscow, Russia, fortunatova@vnigni.ru

PERSPECTIVES FOR OIL AND GAS PALEOZOIC BEARING STRATA ON THE JUNCTION AREA OF THE PRE-CASPIAN AND VOLGA-URAL PETROLEUM PROVINCES

The junction zone of such large tectonic structures as the Volga-Ural anteclise, Precaspian depression and Pre-Ural foredeep is characterized by a very complex tectonic structure, history of geological development and formation at different phases of diverse paleogeomorphological settings and related sedimentary petroleum bearing strata.

Within the limits of territory of research, corresponding to southern and southeast part of Volga-Ural and north of Pre-Caspian petroleum Province for the last eleven years 73 accumulations have been discovered. Rate productivity of all Paleozoic cover beginning from Middle Devonian (Biysk level) up to Lower Permian has been established. Total number of accumulations in this zone is more than 160 in the Russian part and 14 in the territory of the Republic of Kazakhstan, among which oil accumulations prevail, oil-gas condensate and gas reservoirs are also discovered.

The complex Paleozoic paleorelief caused diversity of sedimentation conditions, formation of sedimentary bodies of different composition and genesis: single and barrier reefs, carbonate clinoforms, avandeltaic sand and sandy-siltstone-clay sequenceses, shallow carbonate and sandy bar, representing independent lithological HC traps.

On the basis of complex lithologic-stratigraphic and sedimentological analysis of drilling and seismic data, sedimentary models of different zones of paleobasin were developed for Lower Devonian potentially petroleum bearing, Middle Devonian Eifelian, Middle-Upper Devonian Givetian - Lower Frasnian, Upper Devonian - Tournaisian, Upper Visean - Lower Bashkirian and Middle Carboniferous - Lower Permian petroleum bearing strata. Various types of lithological and stratigraphic traps are distinguished, the characteristics of reservoir types and their content in the sections of sedimentary bodies are given. Geological and geophysical standard of well sections for sedimentary structures of different genesis are compiled. Prospective zones containing objects of lithological type are distinguished.

Keywords: *sedimentation model, Paleozoic paleobasin, seismical-stratigraphic analysis, type of lithological HC traps, promising zone and lithological type objects, perspectives for oil and gas Paleozoic bearing strata, Volga-Ural anteclise, Pre-Ural fordeep, Pre-Caspian basin.*

References

Chizhova V.A., Stashkova E.K. *Biostratigraficheskaya model' turneyskogo yarusa karbona Volgo-Ural'skoy neftegazonosnoy provintsii* [Biostratigraphic model of the Tournaisian levels of Carboniferous of Volga-Ural petroleum Province]. Sovershenstvovanie razrabotki neftyanykh mestorozhdeniy. Moscow, 2004, pp. 75-93.

Chizhova V.A., Stashkova E.K. *O sootnoshenii klinoformennykh geologicheskikh tel tolshchi zapolneniya Kamsko-Kinel'skikh progibov i biostratigraficheskikh podrazdeleniy* [On correlation of clinoform geological bodies of the Kama-Kinel trough fill and biostratigraphic divisions]. Geologiya Zapadnogo Urala na poroge XXI veka. Perm': PGU, 1999, pp. 152-154.

Chizhova V.A., Stashkova E.K. *Organogennye postroyki i klinoformennye obrazovaniya pozdnego devona Kamsko-Kinel'skoy sistemy vpadin* [Organogenic structures and clinoformations of the Late Devonian of the Kama-Kinel trough system]. Geologiya devonskoy sistemy: materialy Mezhdunar. simp. Syktyvkar, 2002, pp. 310-314.

Chizhova V.A., Stashkova E.K., Stukova T.V. *Gorizonty turneyskogo yarusa kamennougol'nykh otlozheniy Volgo-Ural'skoy neftegazonosnoy provintsii* [Tournaisian levels of

Carboniferous strata of Volga-Ural petroleum Province]. Stratigrafiya i ee rol' v razvitii neftegazovogo kompleksa Rossii. St. Petersburg, VNIGRI, 2007, pp. 334-351.

Chizhova V.A., Stashkova E.K., Zvereva E.V. Stukova T.V., Akulova N.N. *Sootnoshenie verkhnefransko-nizhnevizeyskikh biostratigraficheskikh podrazdeleniy po konodontam, foraminiferam, ostrakodam i sporam v razrezakh vostoka Russkoy platformy* [Correlation of Upper Petroleum - Lower Visean biostratigraphic divisions by conodonts, foraminifera, ostracodes and spores in sections of the eastern Russian Platform]. Biostratigrafiya i mikroorganizmy fanerozoya Evrazii. Moscow: Geos, 1997, pp. 61-70.

Collins J.F., Kenter J.A.M., Harris P.M., Kuanysheva G., Fischer D.J., Steffen K.L. Facies and reservoir-quality variations in the late Visean to Bashkirian outer platform, rim, and flank of the Tengiz buildup, Precaspian Basin, Kazakhstan, in P.M. Harris and L.J. Weber, eds., Giant hydrocarbon reservoirs of the world: From rocks to reservoir characterization and modeling: AAPG Memoir 88/SEPM Special Publication, 2006, pp. 55-95

Fortunatova N.K., Shvets-Teneta-Guriy A.G., Gumarov R.K., Il'in V.D., Agafonova G.V., Baranova A.V., Farbirovich V.P., Mikheev I.G. *Sedimentologicheskoe modelirovanie karbonatnykh osadochnykh kompleksov* [Sedimentological modeling of carbonate structures]. Editor N.K. Fortunatovoy. Moscow: NIA-Priroda, 2000, 249 p.

Fortunatova N.K., Zaytseva E.L., Baranova A.V., Bushueva M.A. *Melekesskaya opornaya skvazhina kak tipovoy razrez dlya vydeleniya svit v depressionnoy zone Ust'-Cheremshanskogo progiba* [Melekess basement well as a typical section for separation of formations in the depression zone of the Ust-Cheremshan trough]. Paleostrat-2014: tezisy dokladov godichnogo sobraniya (nauchnaya konferentsiya) sektsii paleontologii MOIP i Moskovskogo otdeleniya Paleontologicheskogo obshchestva pri RAN (Moscow, 27-29 Jan 2014). 2014, pp. 76-77.

Fortunatova N.K., Zaytseva E.L., Baranova A.V., Bushueva M.A., Kononova L.I., Kharchenko S.I., Afanas'eva M.S. *Novye dannye po stratigrafii turneyskogo yarusa Melekesskoy vpadiny* [New data on the stratigraphy of the Turonian stage of the Melekess Depression]. Problemy regional'noy geologii severnoy Evrazii: sbornik materialov konferentsii. Moscow: Paradigma, 2022a, pp. 86-91.

Fortunatova N.K., Zaytseva E.L., Bushueva M.A., Ermolova T.E., Mikheeva A.I., Stupak A.A., Baranova A.V., Kononova L.L., Kharchenko S.V., Avdeeva A.A. *Proekt stratigraficheskoy skhemy nizhnekamennougol'nykh otlozheniy Volgo-Ural'skogo subregiona* [Draft stratigraphic scheme of Lower Carboniferous strata of Volga-Ural subregion]. PALEOSTRAT-2022: sbornik tezisov godichnogo sobraniya (nauchnoy konferentsii) sektsii paleontologii MOIP Moskovskogo otdeleniya Paleontologicheskogo obshchestva pri RAN (Moscow, 31 Jan - 2 Feb 2022). Moscow, 2022b, pp. 66.

Fortunatova N.K., Zaytseva E.L., Bushueva M.A., Shvets-Teneta-Guriy A.G., Baranova A.V., Kononova L.I., Rakhimova E.V., Mikheeva A.I., Oleneva N.V., Avdeeva A.A. *Unifitsirovannaya subregional'naya stratigraficheskaya skhema verkhnedevonskikh otlozheniy Volgo-Ural'skogo subregiona. Ob"yasnitel'naya zapiska* [Unified subregional stratigraphic scheme of the Upper Devonian strata of the Volga-Ural subregion. Explanatory note]. Editors N.K. Fortunatova, S.M. Shik. Moscow: FGBU «VNIGNI», 2018, 64 p.

Fortunatova N.K., Zaytseva E.L., Shvets-Teneta-Guriy A.G., Oleneva N.V., Agafonova G.V., Baranova A.V., Kartseva O.A., Mikheeva A.I., Samykina E.V., Bushueva M.A. *Novye podkhody k stratigraficheskomu raschleneniyu verkhnedevonsko-nizhnekamennougol'nykh otlozheniy zapadnoy chasti Volgo-Ural'skoy provintsii* [New approaches to stratigraphic dissection of Upper Devonian-Lower Carboniferous strata of the western part of the Volga-Ural province]. Stratigrafiya i ee rol' v razvitii neftegazovogo kompleksa Rossii. St. Petersburg, Izd-vo VNIGRI, 2007, pp. 303-334.

Frolov V.T. *Litologiya. Kn. 3* [Lithology. Book 3]. Uchebnoe posobie. Moscow, Izd.-vo MGU, 1995, 352 p.

Geologiya Tatarstana: stratigrafiya i tektonika [Geology of Tatarstan. Stratigraphy and Tectonics]. Editor-in-chief B.V. Burov; editors in chief: N.K. Esaulova and V.S. Gubareva, Moscow: GEOS, 2003, 402 p.

Gubareva V.S., Silant'ev V.V., Galushin G.A., Klevtsov O.N., Kurkova S.V., Linkina L.I.,

Makarova O.V., Nafikov A.Z. *Novye dannye po stratigrafii verkhnedevonskikh i nizhnekamennougol'nykh otlozheniy Aktanysh-Chishminskogo progiba* [New data on the stratigraphy of the Upper Devonian and Lower Carboniferous deposits of the Aktanysh-Chishminsky trough]. Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2006, vol. 148, book 4, pp. 126-142.

Kulagina E.I., Artyushkova O.V., Klimenko T.V., Tagarieva R.Ch. Devon i karbon zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala: stratigraficheskiy obzor [Devonian and Carboniferous of the western slope of the Southern Urals: a stratigraphic review]. Geologicheskiy vestnik, 2019, no. 3, pp. 103-142. DOI: http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-3-8

Kulagina E.I., Stepanova T.I., Zaytseva E.L., Gorozhanina E.N., Gibshman N.B., Ivanova R.M., Vevel' Ya.A., Ponomareva G.Yu., Filimonova T.V. *Atlas foraminifer i mikrofatsiy verkhnedevonskikh i kamennougol'nykh otlozheniy Severnoy Evrazii. Famenskiy i turneyskiy yarusy* [Atlas of foraminifera and microfossils of the Upper Devonian and Carboniferous sections of Northern Eurasia. Famennian and Tournaisian stages]. Moscow: PIN RAN, 2018, 220 p.

Kulagina E.I., Zaytseva E.L., Vevel Ya A., Stepanova T.I., Gibshman N.B., Nikolaeva S.V., Kononova L.I., Plotitsyn A.N. The foraminiferal zonal scale of the Devonian-Carboniferous boundary beds in Russia and Western Kazakhstan and its correlation with ammonoid and conodont scales. Palacobiodiversity and Palaeoenvironments, издательство Springer Verlag (Germany), vol. 101, 2021, pp. 561-588.

Muslimov R.Kh., Vasyasin G.I., Shakirov A.N., Chendarov V.V. *Geologiya turneyskogo yarusa Tatarstana* [Geology of the Tournaisian stage of Tatarstan]. Kazan': Monitoring, 1999, 186 p.

Sakhnenko K., Zaytseva E. Evolution of the superfamily Palaeotextularioidea Galloway, 1933 (Foraminifera) in the Lower Carboniferous. Praceedings of 4th Kazan Golovkinsky Young Scientists' Stratigraphic Meeting 2220, Filoderitto editore, 2020, pp. 238-243.

Stashkova E.K., Stukova T.V. *K voprosu o granitse mezhdu turneyskim i vizeyskim yarusami* [On the boundary between the Tournaisian and Viseian stages]. Biostratigraficheskoe obosnovanie yarusnykh granits kamennougol'noy sistemy Vostochnoy Evropy: materialy Mezhdunar. simpoziuma. Ekaterinburg, 2002, pp. 293-301.

Stashkova E.K., Stukova T.V. *K voprosu o granitse nizhnego i verkhnego turne v Permskom Prikam'e* [On the Lower and Upper Turonian boundaries in the Perm Kama Region]. Zonal'nye podrazdeleniya karbona obshchey stratigraficheskoy shkaly Rossii: materialy Vserossiyskogo soveshchaniya (Ufa, 29-31 May 2000). Gilem, 2000, pp. 96-99.

Stashkova E.K., Stukova T.V., Chizhova V.A. *Sopostavlenie zonal'nykh shkal po konodontam, foraminiferam, ostrakodam i sporam verkhnefransko-nizhnevizeyskikh otlozheniy na vostoke Russkoy platformy* [Comparison of zonal scales for conodonts, foraminifera, ostracods, and spores of Upper Frasnian - Lower Visean strata in eastern Russian Platform]. Geologicheskoe izuchenie i ispol'zovanie nedr: nauchn.-tekhn. inform. sbornik. Moscow: GEOS, 1998, issue 4, pp. 12-24.

Yunusov M.A. *Zakonomernosti osadkonakopleniya i neftenakopleniya na vostoke Russkoy plity* [Similar features of sedimentation and oil accumulation in the eastern Russian plate]. Ufa, 2000, issue 100, pp. 36-42. (Trudy UfNII).

Yunusov M.A., Masagutov R.Kh., Arkhipova V.V., Chizhova V.A. *Biostratigrafiya verkhnefransko-nizhnevizeyskikh neftegazonosnykh otlozheniy Kamsko-Kinel'skikh progibov Bashkortostana* [Biostratigraphy of the Upper Frasnian - Lower Visean petroleum bearing strata of the Kama-Kinel troughs of Bashkortostan]. Biostratigrafiya neftegazonosnykh basseynov: trudy 1-go Mezhdunar. simp. (St. Petersburg, 3-10 Dec 1994). St.-Petersburg, VNIGRI, 1997, pp. 235-240.

Zaytseva E.L., Fortunatova N.K., Shvets-Teneta-Guriy A.G. Kartseva O.A., Bushueva M.A., Baranova A.V., Agafonova G.V., Mikheeva A.I., Rakhimova E.V. *Problemy stratigrafii verkhnedevonskikh i nizhnekamennougol'nykh otlozheniy zapada Volgo-Ural'skoy provintsii* [Stratigraphy Problems of Upper Devonian and Lower Carboniferous strata of the West Volga-Ural Province]. Paleozoy Rossii: regional'naya stratigrafiya, paleontologiya, geo- i biosobytiya: materialy III Vserossiyskogo soveshchaniya (St. Petersburg, 24-28 Sept 2012). Editor A.I. Zhamoyda, St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI, 2012, pp. 94-96.

Zaytseva E.L., Sakhnenko K.V., Mikheeva A.I. *Foraminifery pogranichnykh otlozheniy*

vizeyskogo i serpukhovskogo yarusa v Volgo-Ural'skoy provintsii [Foraminifers of border interval of the Viseian and Serpukhovian stages in the Volga-Ural Province]. Lomonosovskie chteniya-2022. Sektsiya geologii. Podsektsiya paleontologii: sbornik tezisov dokladov (Moscow, 18-20 Apr 2022). Moscow: MGU, 2022, pp. 9-10.

Zaytseva E., Sakhnenko K. Late Visean (Mississippian) Foraminiferal Faunas from the Volga-Ural Region (East European Platform). Preceedings of Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting 19-23 Sept 2017, Kazan, Russia/Advances in Devonian, Carboniferous and Permian Research: Stratigraphy, Environments, Climate and Resources, Filoderitto editore Bologna Italy, 2018, pp. 239-246.

© Фортунатова Н.К., Канев А.С., Ермолова Т.Е., Бушуева М.А., Михеева А.И., Ступак А.А., Белоусов Г.А., Городков А.Б., Петерсилье В.И., Швец-Тэнэта-Гурий А.Г., Холмянская Н.Ю., Володина А.Г., 2022