

ЛИТОФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ КОЛГАНСКОЙ ТОЛЩИ ЮГА ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Представлены результаты литофациальных исследований отложений колганской толщи в пределах южной части Оренбургской области. Стратиграфический диапазон изученных отложений охватывает верхнефранский и нижнефаменский подъярусы верхнего отдела девонской системы. Определены обстановки седиментации северо-западной краевой зоны развития терригенных отложений колганской толщи, выделены и оконтурированы перспективные песчаные тела. Сформулированы основные направления дальнейших поисково-разведочных работ.

Ключевые слова: *алевролит, аргиллит, песчаник, бар, колганская толща, литофациальное моделирование, фация, циклит.*

The results of Kolgan Formation sedimentary researches within the southern part of the Orenburg Region are represented. Stratigraphic range of the studied deposits covers the Upper Devonian. The depositional environment of northwestern zone of Kolgan Formation clastics development are defined. Perspective sandy bodies are indentified. The main directions for exploration are formulated.

Keywords: *siltstone, mudstone, sandstone, bar, Kolgan Formation, fan, facies modelling, facies, sequence.*

Колганская толща – важнейший нефтепоисковый объект Оренбургской области, с которым связано 74,4% объема запасов УВ среднефранско-турнейского нефтегазоносного комплекса (НГК). Толща представляет собой серию мощных (до 100 м) пачек терригенных пород внутри карбонатного массива верхнефранско-нижнефаменского подъярусов верхнего отдела девонской системы. К отложениям колганской толщи приурочены продуктивные пласты группы Дкт.

Впервые колганская толща была вскрыта бурением в 1967 г., но основные месторождения открыты в последние 30 лет – Филатовское, Вахитовское, Донецко-Сыртовское, Кариновское, Дачно-Репинское, Восточно-Ольшанское, Царичанское [2]. Однако нефтегазоносный потенциал толщи остается полностью не раскрытым.

Изучением геологического строения колганской толщи занимались В. К. Баранов, И. А. Денкевич, В. И. Кайдалов, Б. С. Коротков, Г. В. Леонов, С. П. Макарова, С. В. Фролов, А. В. Ярошенко, Г. Д. Яхимович и др. [1]. До конца не решен вопрос генезиса отложений толщи из-за посредственного качества региональных и площадных сейсморазведочных работ, нехватки данных ядерного материала.

Повышение эффективности дальнейших поисково-разведочных работ и уточнение существующих геологических моделей залежей пластов Дкт в полной мере невозможны без изучения условий образования и эволюции обстановок осадконакопления отложений колганской толщи.

Целевым участком исследований является северо-западная краевая зона развития отложений колганской толщи в южной части Оренбургской области: Заринская, Царичанская, Степановская, Кичкасская площади бурения. Пласты группы Дкт разрабатываются на Кичкасской и Царичанской площадях.

Район работ расположен на южной переклинали Восточно-Оренбургского поднятия (положительной структуры II порядка) Восточно-Европейской платформы [1].

Литофациальное моделирование отложений продуктивных пластов производилось по данным керна и геофизических исследований 25 скважин Царичанской площади и сопредельных территорий. Для межскважинной корреляции полученных закономерностей привлечены материалы сейсморазведочных работ 3D (2008 г.) площадью 196 км². Комплексный подход позволил создать седиментационную модель отложений колганской толщи и определить основные направления поисково-разведочных работ в районе исследований.

Петрографические исследования позволили подразделить колганскую толщу на пять литологических пачек (снизу вверх): 1) базальная песчаная (к ней приурочен пласт Дкт), 2) алевро-аргиллитовая, 3) карбонатная, 4) кровельная карбонатно-глинистая, 5) кровельная алевро-песчаная.

Пачка 1 имеет преимущественно песчаный (рис. 1) состав. Пачка охарактеризована керном в 12 скважинах. Мощность пачки от 40 до 90 м.

Породы-коллекторы пачки (пласта Дкт) представлены песчаниками светло-серого, буровато-коричневато-серого и темно-коричневого цвета (результат нефтенасыщения), средней крепости, неравномерно известковистыми, с редкими нитевидными прерывистыми примазками глинисто-органического материала.

Структура пород под микроскопом тонко-мелкопсаммитовая алевитистая, прослоями средне-мелкопсаммитовая. По результатам гранулометрического анализа в песчаниках пласта Дкт содержание зерен среднесаммитовой фракции от 0,87 до 8,59, мелкопсаммитовой от 21,21 до 76,14%. Тонкопсаммитовая фракция насчитывает 7,20–19,08,

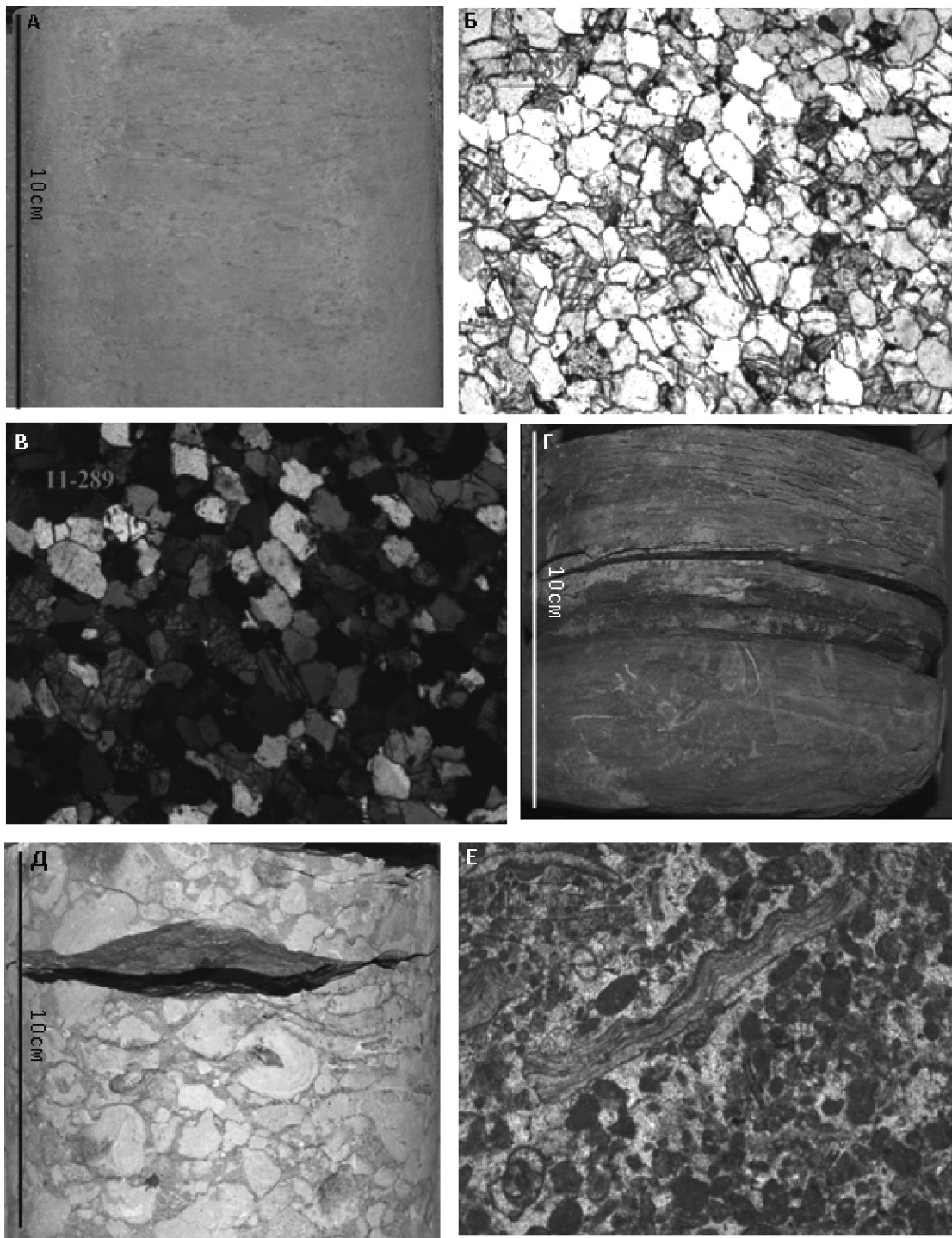


Рис. 1. Литотипы колганской толщи

Пачка 1, пласт Дкт: *а*) песчаник светло-серый, коричневатый, мелкозернистый, однородный, неравномерно нефтенасыщенный, массивный, плотный; *б*) песчаник мелкозернистый кварцевый, слабопористый (фото шлифа, ув. 50×, николи II); *в*) песчаник мелкозернистый кварцевый, слабопористый (фото шлифа, ув. 50×, николи +); пачка 2: *г*) аргиллит темно-серый, биотурбированный, известковистый, плотный, трещиноватый; пачка 3: *д*) нодулярная текстура в доломитизированном известняке, светло-сером сгустково-комковатом; *е*) известняк сгустково-комковатый с органогенным и водорослевым детритом, доломитистый, частично перекристаллизованный (фото шлифа, ув. 50×, николи II)

редко достигая 29,11, алевритовая от 9,19 до 16,67, пелитовая 0,074–8,02%.

Текстура однородная, массивная, линзовидно-неяснослоистая и пятнисто-полосчатая из-за неравномерного нефтенасыщения.

Обломочный материал изометричной и удлиненной формы, полуокатанный, реже окатанный

и угловатый, участками корродированный, средней и хорошей сортировки. Размеры зерен 0,01–0,65, в основном 0,08–0,2 мм.

Минеральный состав песчаников представлен кварцем (рис. 1) с зернами полевых шпатов, чешуйками слюды. Из аксессуарных минералов встречаются циркон и турмалин, в небольшом количестве

доломит, пирит, известковые органические обломки, образования лейкоксона, глауконит.

Цемент по составу глинисто-карбонатный, порового, контактово-порового, участками базально-го типа. Количество цемента 10–30, иногда до 50%.

Пористость пород в шлифах от 4 до 12%. Пory межзерновые угловатой неправильной формы размером 0,01–0,68, в основном 0,03–0,25 мм, образованы стенками из 3–6 зерен. По стенкам пор отмечаются пленки нефти.

На эффективном поровом пространстве отрицательно сказывается активное развитие вторичных процессов – регенерация кварца, глинизация, кальцитизация.

Неэффективная часть пласта Дкт, кроме аргиллитов и алевролитов темно-серых, черных плотных, представлена песчаниками серыми до темно-серых, крепкими, плотными и слабопористыми, с частыми прослоями глинистого материала и углефицированных растительных остатков, а также песчаниками известковистыми до известковых (местами переходящими в терригенно-карбонатные породы).

Нижняя часть пачки представлена, как правило, прослоями алевролитов серых песчаных и аргиллитов темно-серых слабопиритизированных мощностью до 5 м (в редких случаях 10 м и более).

Подстилающие колганскую толщу породы позднефранского возраста представлены известняками доломитизированными, пелитоморфными, с включениями тонких прослоев аргиллитов.

Пачка 2 сложена в основном аргиллитами с редкими прослоями алевролитов. Породы пачки 2 служат покрывками пласта Дкт. Пачка охарактеризована керном в четырех скважинах, мощность пачки от 7 до 60 м.

Аргиллиты (рис. 1) черные, плотные, неравномерно известковистые, с включениями пирита, тонкослоистые, с тонкими прослоями известняка, с трещинами разнонаправленными (от горизонтальных до субвертикальных), без наполнителя. Алевролиты серые, темно-серые, с углефицированным растительным детритом, включениями пирита, неяснослоистой и линзовидно-слоистой текстуры.

Пачка 3 сложена карбонатными породами. В основном это известняки, часто доломитизированные до перехода в доломит. Пачка охарактеризована керном в одной скважине. Мощность пачки от 22 до 60 м.

Известняки (рис. 1) серого, коричневатого-серого цвета, нодулярной текстуры, доломитизированные, перекристаллизованные, с пятнистым слабым нефтенасыщением, пористые, крепкие. Наблюдаются редкие стилолитовые швы.

Структура под микроскопом сгустково-комковатая с водорослевыми фрагментами, раковинами фораминифер, детритом брахиопод, кораллов и остракод плохой сохранности. Сгустки и комочки округлой, овальной, удлиненной формы, различного генезиса грануляции и заполнения. Цемент разномерный, кальцитовый и доломитовый, по типу поровый, контактный, базальный. Наблюдаются перекристаллизация, доломитизация, сульфатизация.

Поры типа выщелачивания, внутриформенные (внутренние части комков), межформенные и межкристаллические, неправильной изометричной, вытянутой формы размером 0,01–1,0 мм. Каверны до 2,0 мм. Часть тонких пор заполнена ОВ.

Пачку 4 в основном слагают чередующиеся между собой карбонатные породы и аргиллиты. Мощность пачки до 30 м. В отдельных случаях карбонатно-глинистые породы замещаются **пачкой 5** с переслаивающимися алевролитами, аргиллитами и песчаниками, местами переходящими в однородные песчаные разности. Мощность пачки до 70 м.

Пачки 4 и 5 керном не охарактеризованы, состав пород в них устанавливался исключительно по данным интерпретации ГИС.

Стратиграфическое расчленение разреза проводилось с помощью циклостратиграфического анализа, что было продиктовано необходимостью восстановления эволюции обстановок осадконакопления отложений колганской толщи и прослеживания по всей площади исследований границ разновозрастных седиментационных тел.

Методика циклостратиграфического расчленения разреза основана на использовании данных ГИС, включающих боковое электрическое зондирование (БЭЗ), метод электрического сопротивления – градиент-зонд (ГЗ), кавернометрию (КВ) и прежде всего гамма-каротаж (ГК) и метод потенциалов собственной поляризации (ПС). Сочетание геофизических параметров, фиксируемых данными ГИС [3, 5], позволило установить постепенные или резкие переходы в слоистой толще осадочных пород и выделить циклические изменения относительно высокого ранга (15–100 м). Стратиграфическими границами являются кровельные либо подошвенные части седиментационных циклитов.

В разрезе колганской толщи пять литологических пачек пород объединяются в три седиментационных циклита: нижний С1 – целиком сложен пачкой 1; средний С2 – объединяет пачки 2 и 3; верхний С3 – представлен пачками 4 и 5.

Циклит С1 имеет регрессивное строение (рис. 2) – в основании его залегают маломощные (как правило, до 5, редко до 10–15 м) глинистые разности пород, кровельная часть сложена преимущественно песчаниками мелкозернистыми. Толщина С1 изменяется от 40 до 90 м. Максимальные значения зафиксированы в южной части территории, минимальные в северной.

Циклит С2 характеризуется сменой вверх по разрезу однородной пачки аргиллитов карбонатными породами. Строение циклита определяется как симметричное, так как и базальные аргиллиты, и кровельные известняки типичны для морских обстановок (ниже базиса эрозии). Толщина С2 изменяется от 36 до 112 м.

Циклит С3 сложен преимущественно глинистыми известняками и аргиллитами, местами замещающимися однородными песчаными или алевро-песчаными разностями (рис. 3). Песчаные линзы в основном приурочены к базальной части, в разрезе циклита, как правило, отсутствуют карбонатные пласты. Циклит имеет общую регрессивно-трансгрессивную направленность.

Трансгрессивный тип цикличности описывает общие тенденции разреза колганской толщи, на более низких иерархических уровнях такой тип (рис. 3) встречается крайне редко. Регрессивный тип распространен преимущественно в разрезе.

Разрез скважин рассматривался на основе представлений о его циклическом строении с учетом выделенных закономерностей строения седиментационных циклитов.

Барьерный остров/баровое тело

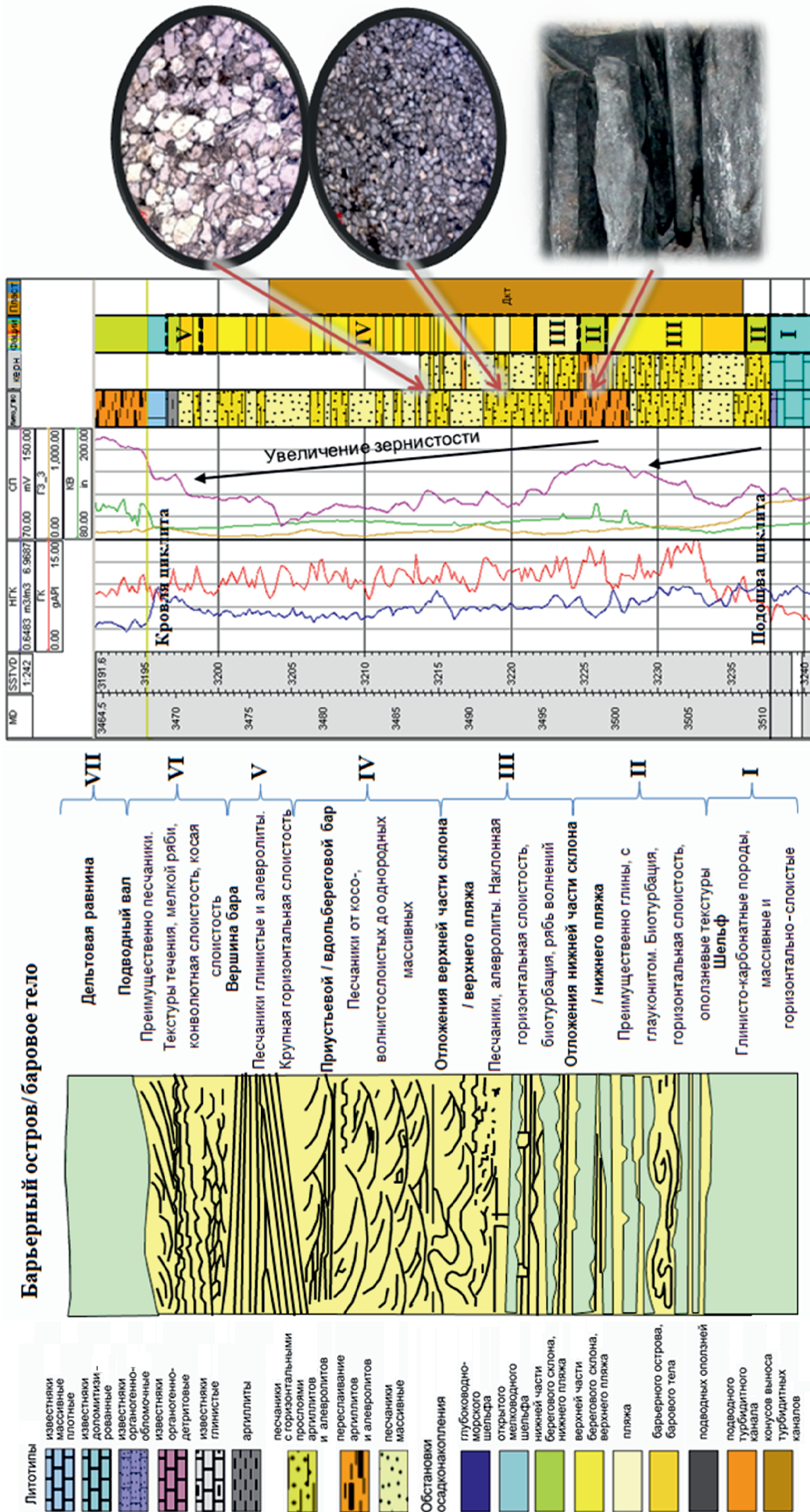


Рис. 2. Седиментационная модель строения пиклинга С1 колганской толщи (с использованием материалов Галлоева и Хобдея, 1983) [4]

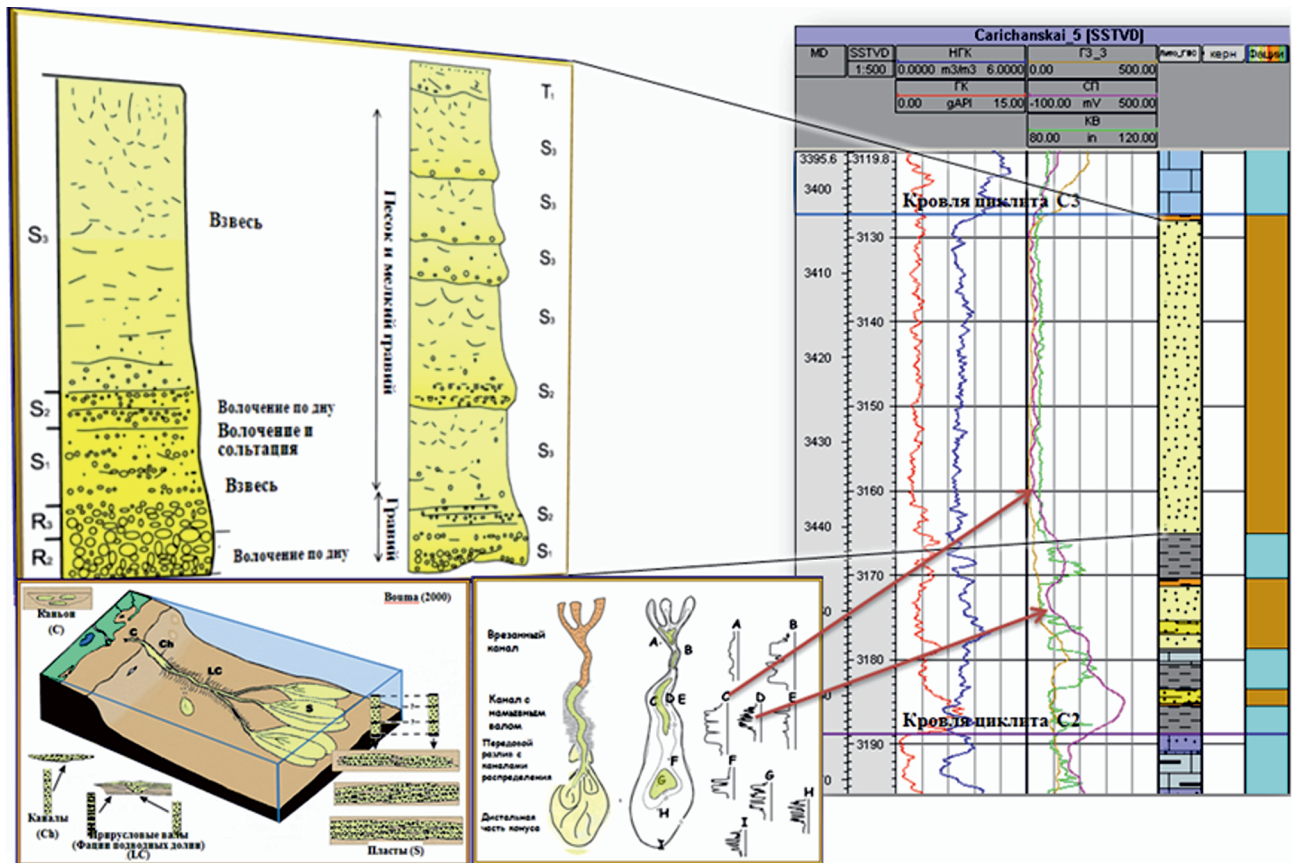


Рис. 3. Седиментационная модель строения циклита С3 (пачка 5) колганской толщи (с использованием материалов Боума, 2000; Галлоева и Хобдея, 1996) [4]. Усл. обозн. см. на рис. 2

Продуктивный пласт Дкт приурочен к базальной части толщи. Особенностью геофизической характеристики пласта Дкт является повышенное показание радиоактивности песчаников, связанное, по-видимому, с высоким содержанием калиевых полевых шпатов в породах. Толщина пласта Дкт от 12 до 46,5 м.

Методика интерпретации литофациальных соотношений сводилась к комплексному анализу, включающему литологические, циклостратиграфические исследования разрезов скважин и анализ изменений гранулометрических характеристик осадочного материала по данным ГИС.

Основой для проведения седиментологического анализа послужили керновые исследования. Методика анализа керна заключалась в макро- и микроскопических наблюдениях, направленных на выявление структурных, текстурных, минералогических особенностей пород и их взаиморасположение в разрезе [4, 5].

Имеющегося объема керна материала в пределах колганской толщи (в среднем менее 50% от общей толщины циклита С1, охарактеризованность керна циклитов С2 и С3 крайне низкая) не вполне достаточно для восстановления эволюции обстановок осадконакопления. Существенное внимание уделялось косвенным методам изучения условий седиментации, таких как последовательность изменения гранулометрического состава по средствам каротажных диаграмм ПС и ГК (рис. 4).

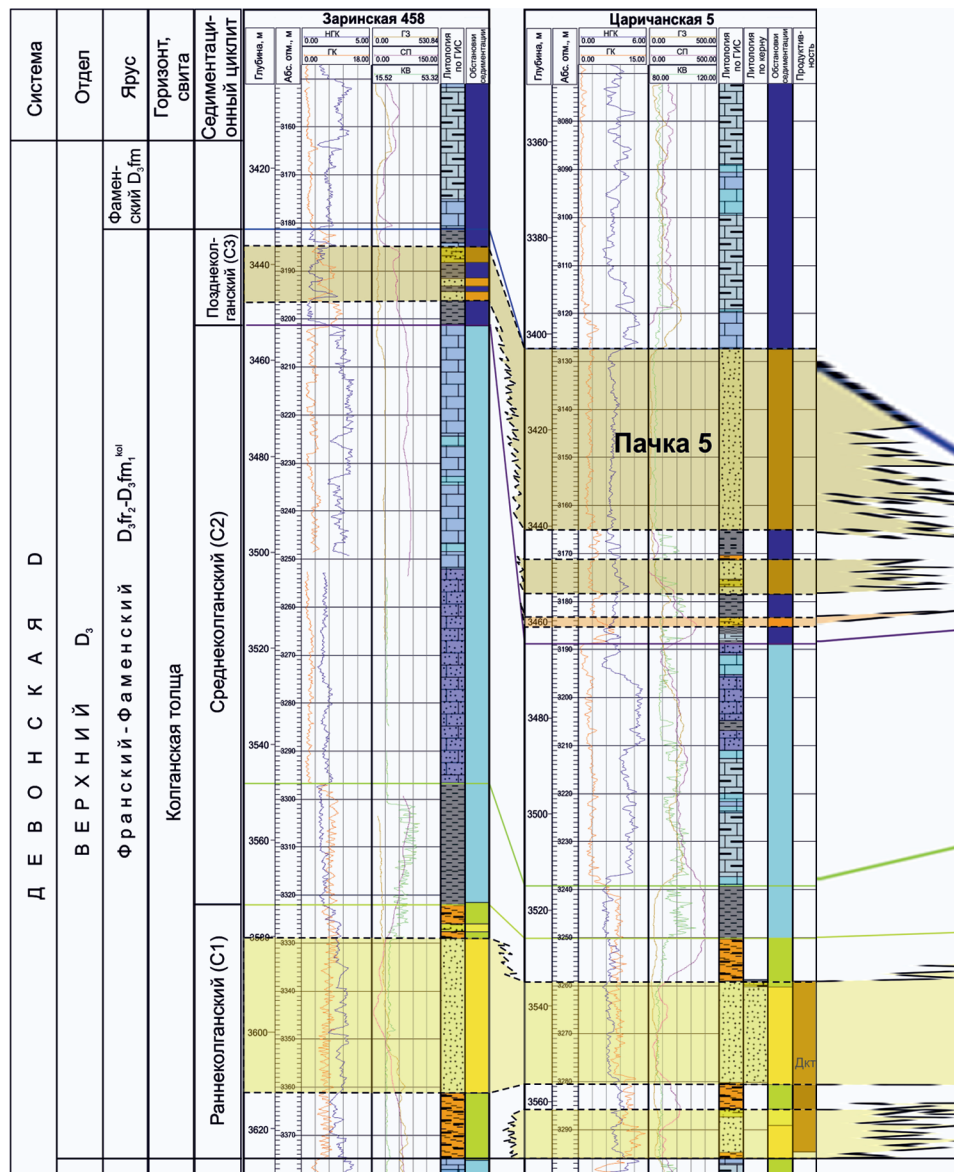
Анализ литофациальных соотношений в пространстве и времени производился путем сопоставления карт общих толщин седиментационных циклитов с результатами сейсмофациальных построений и петрографических исследований по скважинам (рис. 5). Условия седиментации определили общие черты конфигурации по площади и распределения мощностей песчаных тел колганской толщи.

Тенденция осадконакопления сопровождается периодами падения, стабилизации и подъема уровня моря, что указывает на явно циклический регрессивно-трансгрессивный характер строения разреза. Этапы осадконакопления выражаются в разрезе в виде циклитов относительно крупных рангов [5].

Осадконакопление отложений циклита С1 происходило в прибрежно-морских условиях. Черные глауконитосодержащие аргиллиты базальной части циклита формировались в спокойных морских обстановках (рис. 5).

Прибрежно-морской генезис песчаных пород верхней части циклита подтверждается присутствием в нем признаков обоих палеогеографических зон – суши и моря: обугленные растительные остатки, высокая песчанность, мелкозернистость осадка, хорошая сортировка зерен, глауконит. Песчаники продуктивного пласта Дкт накапливались с начала понижения уровня моря и привноса в морской бассейн седиментационного материала.

Район скважин 7 и 216 находился ближе к источнику сноса. На этот факт указывают повышенные общие толщины циклита на юге территории, обилие обугленных растительных остатков в песча-



никах, относительное увеличение средне- и крупнопсаммитового материала в породах.

Редкие керновые данные и характеристика изменения геофизических свойств указывают на мелководно-морской (нормальной солёности) шельфовый генезис отложений циклита С2 (рис. 5). Вариации толщин циклита объясняются различной мощностью базальных аргиллитов, накопленных после седиментации крупного песчаного тела циклита С1. Предпосылками для седиментации карбонатно-глинистых отложений циклита С2 послужили ограниченное поступление терригенного материала и повышение уровня моря. Береговая линия, видимо, располагалась значительно южнее.

Трансгрессия моря продолжалась, по-видимому, и в позднекологанское время. Симметричное строение циклита С3 в это время и карбонатно-глинистый литологический состав (иногда встречаются мергели) основной массы осадков могут указывать на морской генезис отложений (рис. 5).

В карбонатно-глинистой толще встречаются пачки алевро-песчаных пород мощностью до 61 м (скв. 5). Генезис терригенных образований может быть обусловлен активностью подводных гравитационных потоков и конусов выноса (фэнов) в

условиях наступления уровня моря (рис. 3). Форма, размеры и внутреннее строение песчаных тел конусов выноса и турбидитных каналов определяются объемом, динамикой поступления седиментационного материала и рельефом дна бассейна.

Обстановки фэнов косвенно подтверждаются выявлением аналогичных условий седиментации на Кичкасской площади [6], где с позднекологанскими глубоководными песчаниками связаны продуктивные пласты Дкт_{1,2} (рис. 5). Дебиты из песчаников (Кп 4–18%, Кпр 0,01–2000 мД) глубоководных конусов выноса на Кичкасской площади достигают 600 т/сут. [2]. Район скв. 458 Заринская, судя по терригенному алевро-глинистому составу пород, также формировался в пределах подводного фэна (дистальной его части).

На сегодня не существует единой точки зрения по вопросу генезиса отложений кологанской толщи. Представления о составе, строении и распространении пород носят локальный характер и основываются на районах открытых месторождений, где в достаточном объеме изучены стратиграфия, тектоника, литология, коллекторские свойства и продуктивность пород.

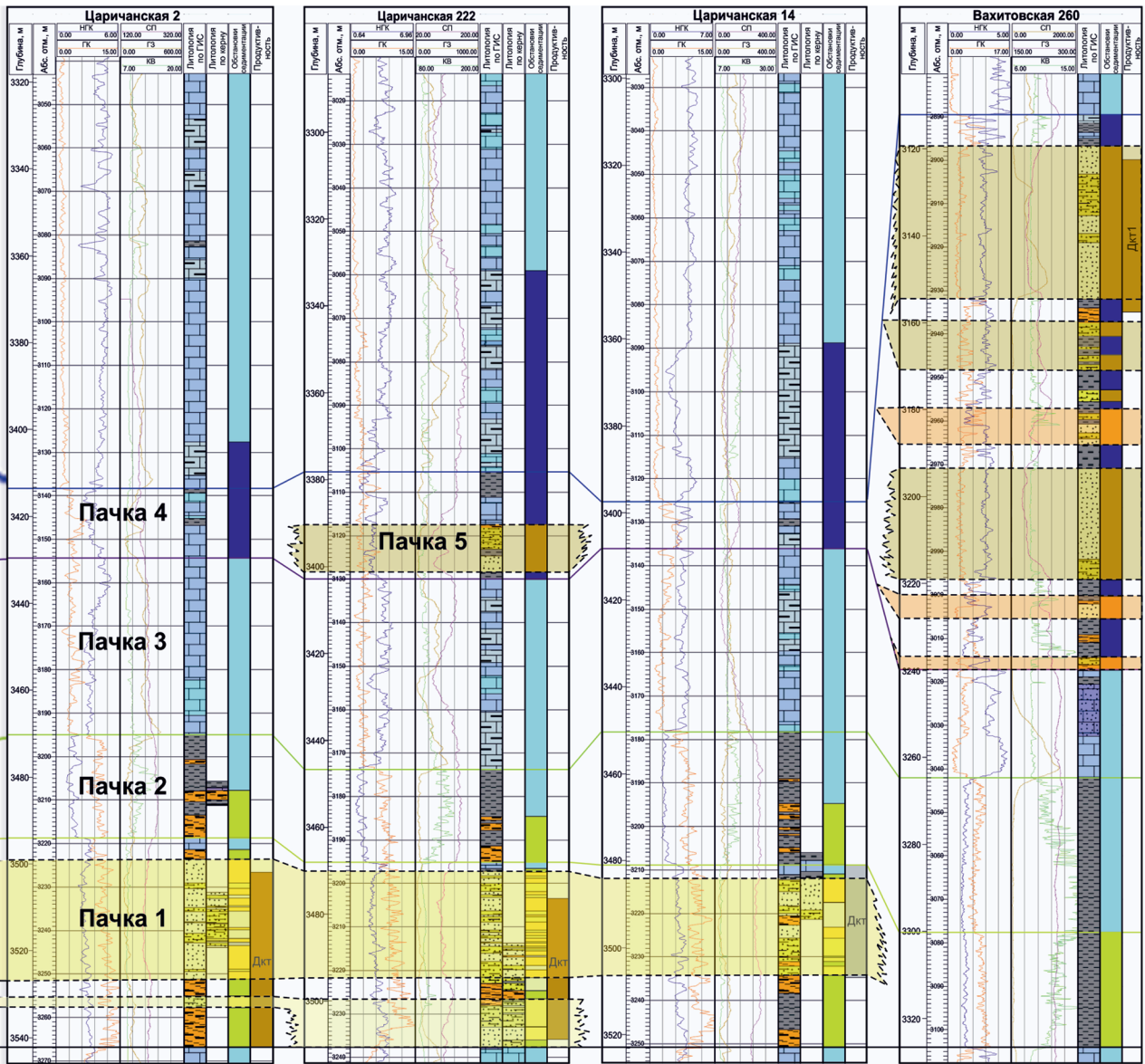


Рис. 4. Корреляционная схема колганской толщи по линии скважин 458 Заринская, 5, 2, 222, 14, Царичанские, 260 Вахитовская

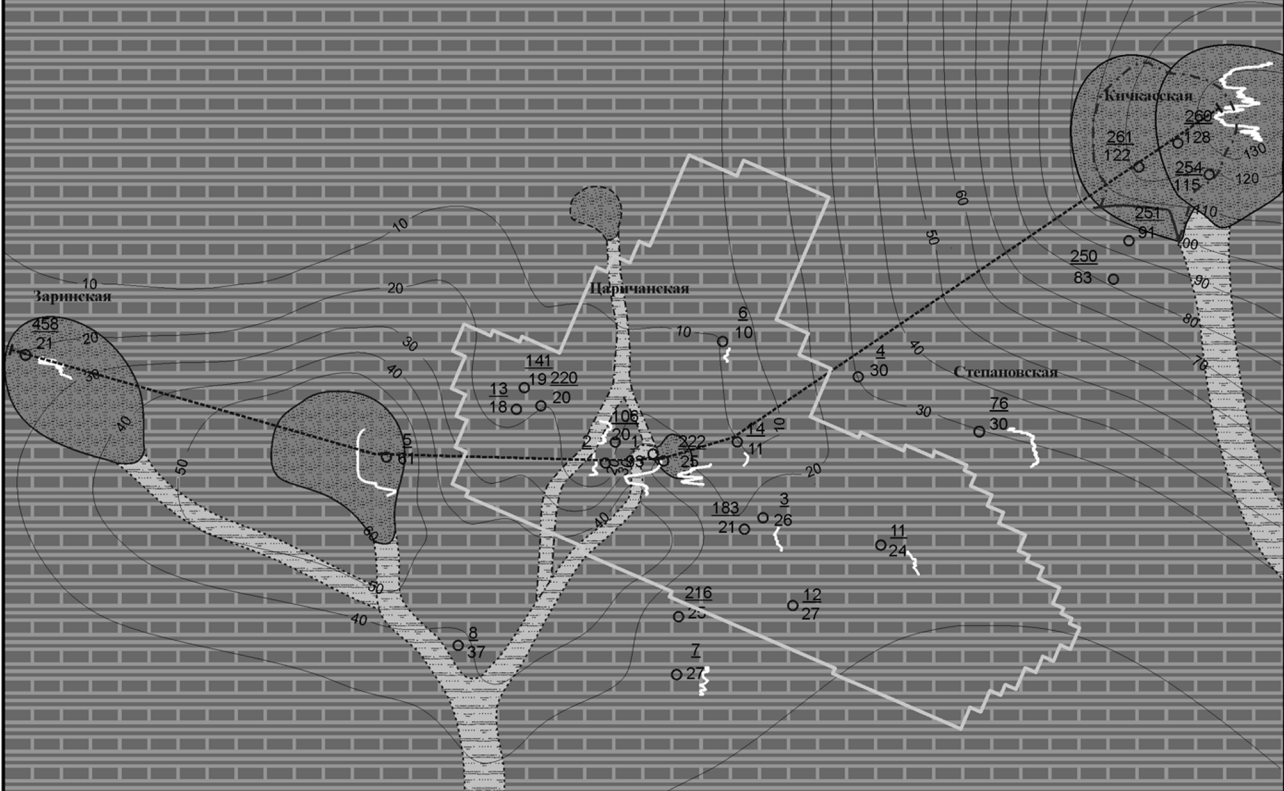
Формированию колганской толщи, распространенной на юге Оренбургской области, по нашим представлениям, способствовал усилившийся снос терригенного материала с суши, существовавшей в районе современных Соль-Илецкого свода и Предуральского прогиба. Установленный источник сноса косвенно подтверждается преимущественно кварцево-аркозовым тонкозернистым составом осадка, средней и хорошей окатанностью зерен, высокой радиоактивностью пород (кварцевые радиоактивные песчаники ордовикской системы Соль-Илецкого свода).

По всей видимости, общую обстановку осадконакопления отложений колганской толщи рассматриваемого района можно классифицировать как **терригенное побережье с преобладающей волновой деятельностью**. В условиях невысокой энергии речной системы, поставляющей осадочный материал в область разгрузки, и волновой активности приемного бассейна полноценная дельтовая система здесь не образуется, а материал формирует пляжево-баровое побережье.

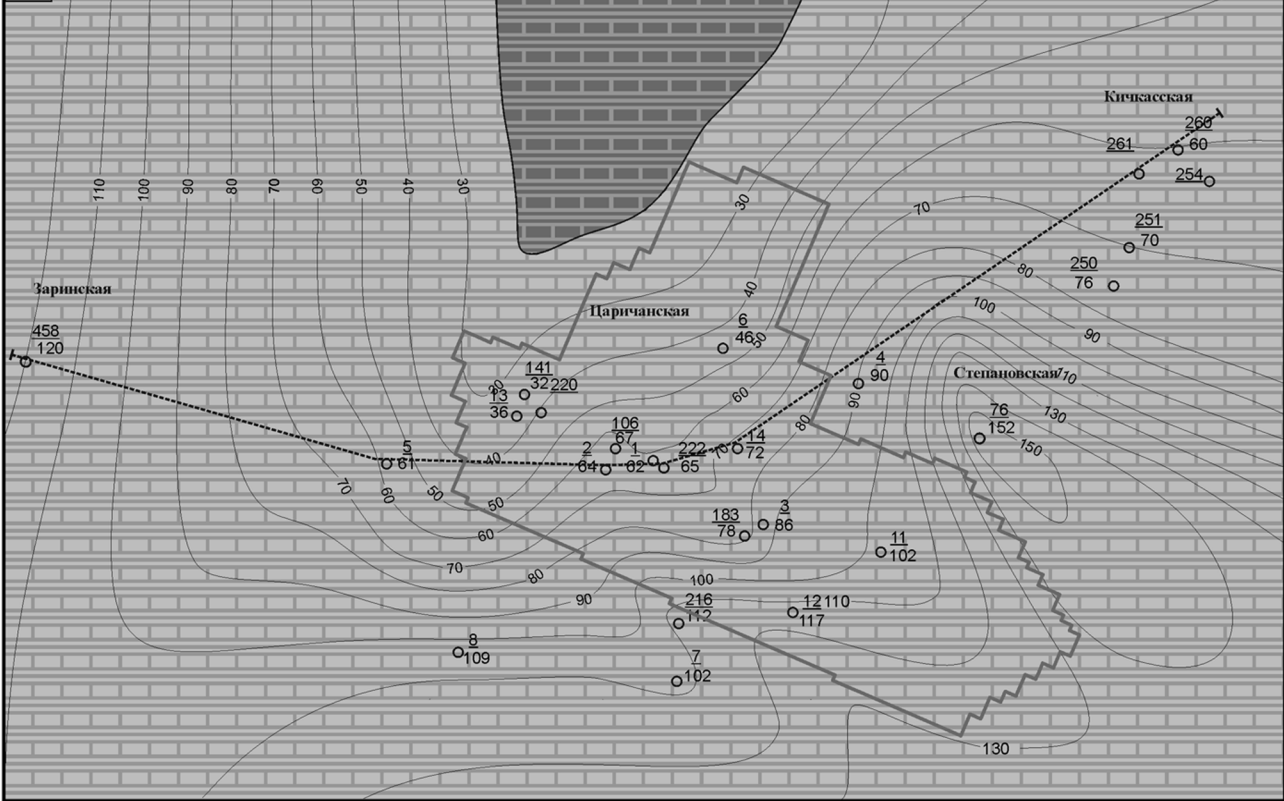
В представленных обстановках осадконакопления наилучшими коллекторскими свойствами обладают отложения мелководного шельфа и береговой линии (циклит С1) – баров, пляжей, барьерных островов. Отложения прибрежно-морского и мелководно-морского генезиса характеризуются протяженным распространением и выдержанностью по площади (вдоль береговой линии от 1 до 50 км и более) и разрезу (10–30, редко до 60 м). Относительная неоднородность внутреннего строения пластов-коллекторов предопределена эвстатическими колебаниями уровня моря, локальным развитием флювиальных, приливно-отливных и волновых процессов. Песчаные отложения глубоководной части шельфа моря (турбидитного канала, конуса выноса) являются потенциальными тонкослоистыми коллекторами (циклит С3). Такие отложения характеризуются крайне неоднородным строением и локальным распространением (диаметром до нескольких километров).

В ходе проведенных исследований определены обстановки седиментации отложений колганской

C3



C2



<p>○ 1/43 Скважины: в числителе - Не скважины; в знаменателе - общая толщина седиментационной толщи бурения</p> <p>Царичанская</p> <p>○ 60 Изохоры седиментационного цикла</p> <p>○ 60 Контуры сейсморазведочных работ 3Д МОП</p>	<p>--- Линия корреляции, представленной на рис. 2</p> <p>--- Контуры нефтеносности продуктивных пластов группы Дкт</p> <p>--- Контуры замещения коллекторов залежей пластов группы Дкт</p> <p>--- Предполагаемая граница распространения песчаных отложений, установленная по результатам интерпретации сейсморазведки</p> <p>--- Вид каротажных диаграмм СП в скважинах (Масштаб 1:5000)</p>	<p>Породы:</p> <p>Песчаники с включениями алевролитов, реже - аргиллитов</p> <p>Чередование песчанников, алевролитов и аргиллитов</p> <p>Аргиллиты</p> <p>Чередование аргиллитов и карбонатов</p> <p>Чередование алевролитов и аргиллитов</p>	<p>Обстановки седиментации:</p> <p>Относительно глубоководно-морские обстановки</p> <p>Открытого мелководного шельфа</p> <p>Прибрежно-морской равнины</p> <p>Барьерные острова</p>	<p>Берегового склона, верхнего и нижнего пляжа</p> <p>Глубоководных турбидитных каналов:</p> <p>а) установленных по данным сейсморазведки, б) предполагаемых</p> <p>Глубоководных конусов выноса: а) установленных, б) предполагаемых</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

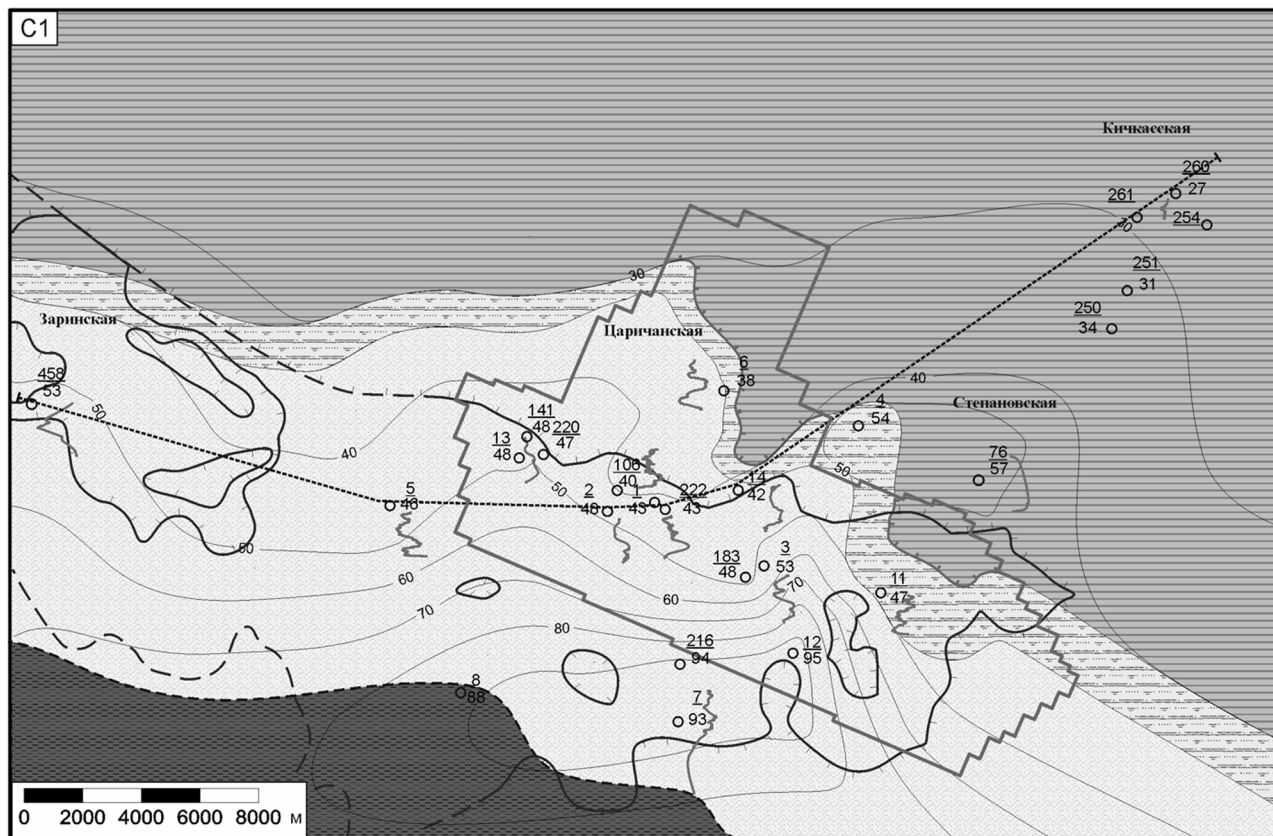


Рис. 5. Литофациальные схемы отложений циклитов С1, С2, С3 колганской толщи

толщи, выделены и оконтурены перспективные песчаные тела, которые могли служить ловушками нефти и газа.

По нашему мнению, комплекс поисково-разведочных работ в отложениях колганской толщи должен быть направлен на выявление ловушек литологического типа:

- в отложениях циклита С1 (пласт Дкт). Главной задачей ГРП представляется локализация развития коллекторов в песчаных отложениях баровых тел;
- в терригенных отложениях позднеколганского времени (циклит С3), формирующихся в дистальной части морского шельфа – турбидитных каналах, конусах выноса.

Результаты исследований позволяют оптимизировать дальнейшие нефтегазопромысловые работы в регионе и уточнить геологическое строение важнейшего нефтегазоперспективного объекта Оренбургской области – колганской толщи.

1. Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области / Под ред. А.С. Пантелеева, Н.Ф. Козлова. – Оренбург: Оренбургское кн. изд-во, 1997. – 272 с.

2. Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений Оренбургской области: Сб. науч. трудов. Вып. 1 / Ред. А.С. Пантелеев, Н.Ф. Козлов. – Оренбург: Оренбургское кн. изд-во, 1998. – 129 с.

3. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа. – Л.: Недра, 1984. – 260 с.

4. Рединг Х. Обстановки осадконакопления и фации: в 2-х т. Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – Т. 1. 352 с.; Т. 2. 384 с.

5. Селли Р.Ч. Древние обстановки осадконакопления: Пер. с англ. – М.: Недра, 1989. – 294 с.

6. Шибина Т.Д., Гмид Л.П., Танинская Н.В., Никитин Ю.И. Литология и прогноз коллекторов в колганской толще Вахитовского месторождения Кичкасской площади юга Оренбургской области // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2007. <http://www.ngtp.ru/rub/8/021.pdf>

Космынин Владислав Александрович – канд. геол.-минер. наук, гл. специалист, ООО «Газпромнефть НТЦ». <kosmynin.VA@gazpromneft-ntc.ru>.

Кузьмин Дмитрий Александрович – гл. специалист, ООО «Газпромнефть НТЦ». <Kusmin.DA@gazpromneft-ntc.ru>.