

УДК 552.143

СЕДИМЕНТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СРЕДНЕ-ПОЗДНЕОКСФОРДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ КАЗАНСКОЙ ГРУППЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Кравченко Григорий Геннадьевич¹,

KravchenkoGG@tomsknipi.ru

Габова Ксения Валерьевна^{1,2},

GabovaKV@tomsknipi.ru

¹ ОАО «ТомскНИПИнефть»,
Россия, 634027, г. Томск, пр. Мира, 72.

² Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

Актуальность работы определяется высокой фациальной неоднородностью горизонта Ю₁ на территории Казанской группы месторождений.

Целью исследования является детальное выяснение условий формирования надугольной толщи для построения седиментационной модели месторождений.

Литолого-фациальный анализ выполнен по стандартным методикам: в первую очередь формулировались общие предпосылки накопления осадка (стратиграфия, тектоника, история геологического развития), на следующем этапе проводился собственно литолого-фациальный анализ, который включал в себя детальное изучение пород и выявление основных литотипов, выделение «реперных» и диагностику «нереперных» фаций.

Приводятся результаты седиментологических исследований надугольной толщи по керну скважин Казанского нефтегазоконденсатного, Болтного и Западно-Сомовского нефтяных месторождений Томской области. Детально изучено и уточнено строение надугольной толщи васюганского горизонта, включающей продуктивные пласты Ю₁¹ и Ю₁². Установлено, что отложения формировались в прибрежно-морских условиях, где основными движущими силами переноса и накопления терригенного материала являлись приливно-отливные течения и волнение моря. С позиций цикличности выделены 4 пачки, слагающие толщу, и построены карты толщин с учётом их фациальной неоднородности. Установлена общая трансгрессивная направленность в процессе образования пачек, связанная с начавшейся в среднем оксфорде обширной трансгрессией на территории всей Западной Сибири. Отличия в фациальном облике пачек № 1–4 обусловлены колебаниями относительного уровня моря более мелкого порядка. Впервые проведено комплексное изучение кривой слоистости на пространственно ориентированном керне для выявления направления палеотечений и характера их изменений по разрезу. Внесено предложение по переиндексации пластов на Болтном месторождении, так как на данный момент индексация пластов, представляющих на Болтном и Казанском месторождении единые в генетическом плане тела, не совпадает – пласт, индексируемый в настоящее время как Ю₁¹, следует индексировать как Ю₁².

Ключевые слова:

Прибрежно-морские фации, васюганский горизонт, надугольная толща, литолого-фациальный анализ, ориентированный керн, седиментационная модель.

В настоящее время васюганский горизонт на территории Томской области является одним из основных объектов разработки для добычи нефти и газа, а также продолжает оставаться перспективным объектом для поисково-разведочных работ. В этих условиях для снижения неопределённостей при оценке резервуаров необходимо проводить детализацию и уточнение известных представлений о геологическом строении месторождений. На изучаемых месторождениях данный горизонт характеризуется высокой фациальной неоднородностью [1, 2], что является причиной резкой, часто непредсказуемой изменчивости толщин продуктивных пластов, затрудняет их межскважинную корреляцию и в конечном итоге определяет **актуальность** настоящей работы.

В качестве **объекта исследований** были выбраны терригенные отложения верхней части васюганского горизонта Казанского нефтегазоконденсатного, Болтного и Западно-Сомовского нефтяных месторождений, расположенных в юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции на территории Парабельского района

Томской области в пределах Пудинского нефтегазоносного района Васюганской нефтегазоносной области. В структурном отношении месторождения Казанской группы расположены в юго-восточной части Нюрольской впадины в пределах положительной структуры второго порядка – Калгачского мезовыступа. В геологическом строении района принимают участие палеозойские образования доплатформенного комплекса и мезозойско-кайнозойские отложения осадочного чехла [3].

Согласно стратиграфической схеме района [4] территория исследований относится к границе Пурпейско-Васюганского и Сильгинского структурно-фациальных районов, где в составе васюганского горизонта происходит взаимный переход васюганской и наунакской свит. Это определяет сложность объекта исследований в фациальном отношении, однако, в практике геологических работ он обычно рассматривается как относящийся к васюганской свите. По традиционным представлениям верхневасюганская подсвита (объект исследований расположен в верхней части васюганской свиты) разделяется реперными пластами углей на

три толщи – подугольную, межугольную и надугольную [4–5]. В данном случае наибольший интерес представляет собой последняя, самая верхняя, надугольная толща, к которой приурочены продуктивные на нефть и газ пласты Ю₁¹ и Ю₁², обладающие хорошими коллекторскими свойствами. Лучше всего представлена керном надугольная толща; под- и межугольные толщи в большинстве скважин не вскрыты либо вскрыты не полностью, только в самой верхней части.

По данным спорово-пыльцевого и микропалеонтологического анализов, выполненных в лаборатории микропалеонтологии ТГУ, возраст изучаемых отложений определяется как средний и поздний оксфорд. Причем отложения позднего оксфорда (J₃ox₃) соответствуют пласту Ю₁¹, а среднего оксфорда (J₃ox₂) – пласту Ю₁² [6].

Основной *целью* данного исследования являлось выяснение особенностей формирования сложной по строению надугольной толщи Казанской группы месторождений и построение для неё актуальной седиментационной модели, а также получение новых данных о палеогеографии района работ. В *задачи* исследования входило детальное изучение всего имеющегося в кернохранилище ОАО «ТомскНИПИнефть» кернового материала и определение его фациальной принадлежности с целью последующих палеогеографических реконструкций. В ходе исследования впервые для данного района по анализу пространственно ориентированного керна были выявлены направления палеотечений. Ориентирование керна в рамках данной работы было выполнено палеомагнитным методом по заказу Лаборатории физики пласта ОАО «ТомскНИПИнефть» в Томском политехническом университете под руководством В.П. Меркулова

Достоверность нижеизложенной информации обеспечивается большим объемом *фактического материала*. В ходе исследования авторами было выполнено детальное макроскопическое описание более 1500 м керна 29 скважин, значительная часть которого характеризуется высоким процентом выноса (>90 %), большим диаметром (80–100 мм), а также продольно распилена, после чего был проведен литолого-седиментологический анализ. Привлекались результаты петрографического изучения шлифов, гранулометрического и рентгенофазового анализов, по данным которых установлено, что отложения пласта Ю₁¹ представлены мелкозернистыми и среднезернистыми мезомиктовыми кварцевыми, реже полевошпатово-кварцевыми песчаниками с поровым каолининовым цементом, реже порово-плёночным гидрослюдистым и хлоритовым цементом. Коллекторы пласта Ю₁² представлены в подавляющем большинстве мелкозернистыми полевошпатово-кварцевыми граувакковыми песчаниками с поровым каолининовым и плёночно-поровым гидрослюдистым цементом, реже встречаются средне-мелкозернистые разности, по составу относящиеся к мезомиктовым кварцевым и граувакковым аркозовым песчаникам.

Выполнение фациального анализа керна проходило по стандартным *методикам*, которые предполагают детальное изучение структурных особенностей осадка, его текстур, окраски, включений флоры и фауны, ихнофоссилий, типов слоевых границ и т. д., а также наблюдение за характером изменчивости перечисленных признаков по разрезу [7–19]. Первичные структуры и текстуры осадочных пород являются главными характерными чертами, дающими информацию об условиях и способах переноса и осаждения терригенного материала. Фациальная принадлежность отложений определяется с учётом всех вышеперечисленных признаков, среди которых основополагающим является размер обломочных зерен, поскольку именно он определяется гидродинамическими условиями, преобладавшими в момент его отложения. Также особое внимание уделяется изучению слойчатых текстур, являющихся своеобразными индикаторами энергетических условий среды во время отложения обломочного материала. При диагностике обстановок осадконакопления в первую очередь формулируются общие предпосылки накопления осадка – стратиграфия, тектоника, история геологического развития, изучаемые по литературным источникам и производственным отчётам. На следующем этапе проводится собственно литолого-фациальный анализ, который включает в себя детальное изучение пород, выделение сначала основных литотипов, затем относительно простых («реперных») фаций, таких как угли, прослой с характерным набором ихнофоссилий и т. п., и диагностика всех остальных, более сложных («нереперных») фаций.

В результате литолого-фациального анализа установлено, что продуктивные отложения формировались в прибрежно-морских условиях в области повышенной активности гидродинамического режима, а основными движущими силами переноса и накопления терригенного материала продуктивных пластов были приливно-отливные течения и волнение моря. Их индикаторами являются довольно специфические слойчатые текстуры в песчаных породах, образующиеся при поступательном (течение) или колебательном (волнение) движении воды, например однонаправленная слойчатость или разнонаправленная косая слойчатость соответственно. Одним из характерных признаков приливно-отливных течений является чередование направлений наклона косых слоек в смежных косослойчатых сериях, обусловленное ритмичной сменой приливного и отливного течений. Выявлены закономерности в строении разреза, выражающиеся в его цикличности. Следует заметить, что границы продуктивных пластов, выделенные по данным ГИС, не всегда совпадают с границами осадочных циклов.

Обобщая результаты литолого-фациального анализа всех изученных отложений, вплоть до подошвы маломощной барабинской пачки, фиксируемой во всех исследуемых разрезах и являющейся

Таблица 1. Краткая характеристика пачек, выделенных в результате литолого-фациального анализа керна

Table 1. Brief characteristic of members studied in lithofacies analysis of core

№ пачки Member	Породы Rocks	Фации (в порядке убывания частоты встречаемости) Facies (in decreasing order of frequency)	Обстановка седиментации Environment of deposition	Пласт Layer
1	Песчаники средне- и мелкозернистые, аргиллиты Medium- and fine-grained sandstones, shales	Приливный канал, приливная дельта, пляж, лагуна, лагунный пляж Tidal channel, tidal delta, beach, lagoon, lagoonal beach	Субаквальная часть приливо-отливного барьерного побережья Subaquatic part of the tide-ebb barrier sea shore	Ю ₁ ¹ J ₁ ¹
2	Аргиллиты, ракушнякаи, алевролиты, песчаники Shales, shell rocks, silts, sandstones	Лагуна, лагунный пляж, приливная дельта, приливный канал Lagoon, lagoonal beach, tidal channel, tidal delta	Лагунная часть приливо-отливного барьерного побережья Lagoonal part of tide-ebb barrier sea shore	–
3	Угли, аргиллиты, алевролиты, песчаники тонкозернистые Coals, shales, silts, fine-grained sandstones	Марш, приморское болото, ватт, лагуна Marsh, coast swamp, watten, lagoon	Субаэральная часть приливо-отливной равнины, участками осушаемая Subaerial part of the tide-ebb coast plain, partially dried	–
4	Песчаники средне-мелкозернистые, тонкозернистые, алевролиты, аргиллиты Medium- and fine-grained sandstones, silts, shales	Приливный канал, приливная дельта, пляж, ватт, марш Tidal channel, tidal delta, beach, watten, marsh	Субаквальная часть приливо-отливного барьерного побережья Subaquatic part of the tide-ebb barrier sea shore	Ю ₁ ² J ₁ ²
5	Угли, аргиллиты, песчаники тонкозернистые Coals, shales, fine-grained sandstones	Болото, пойма, русло дельтового рукава, прирусловой вал, конус прорыва, озеро Swamp, floodplain, delta distributary, channel bar, crevasse splay, lake	Аллювиальная озёрно-болотная равнина Alluvial lake-swamp floodplain	–

ся региональным репером (традиционно индексируется как пласт Ю₁⁰), снизу вверх выделяется 5 пачек (табл. 1, рис. 1).

Нижняя пачка – № 5 сложена континентальными осадками. Они полностью вскрыты только в двух скважинах (15P и 18P) Казанского месторождения и представлены выдержанными пластами

углей и аргиллитов, иногда с прослоями алевролитов и тонкозернистых песчаников, образованными в условиях озёрно-болотной равнины. В целом пачка № 5 представляет собой завершение крупного регрессивного этапа развития территории и отделяется от вышележащих пачек № 1–4 чётко фиксируемой в керне эрозионной границей (рис. 2).

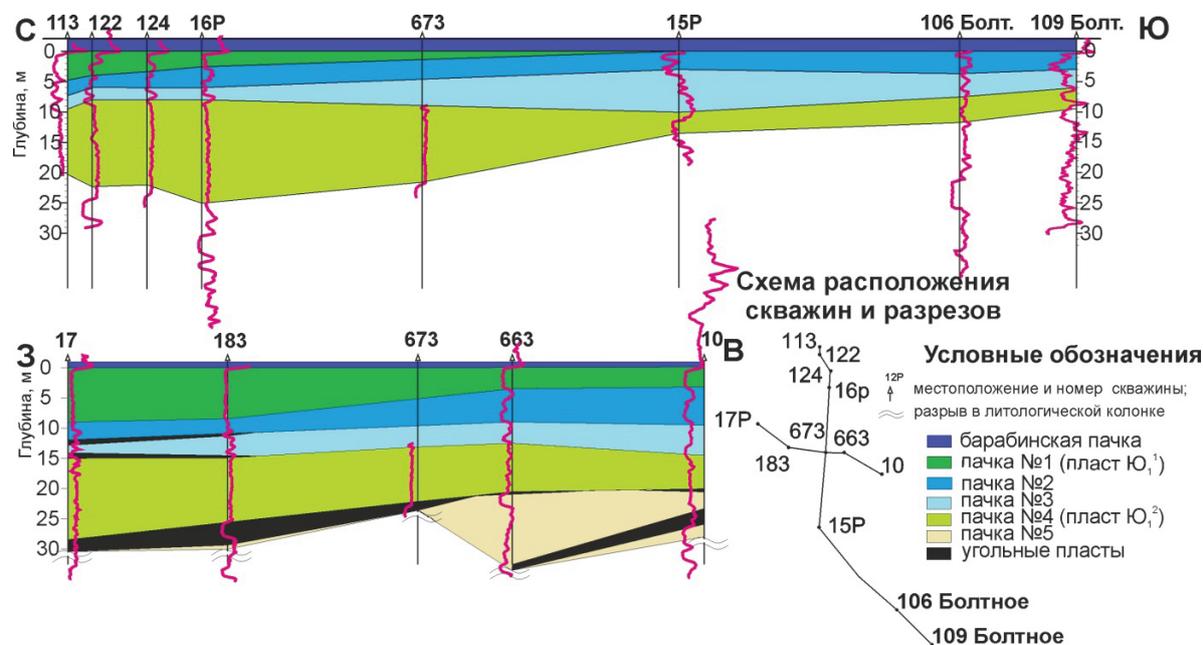


Рис. 1. Разрез верхней части васюганского горизонта Казанского и Болтного месторождений, выровненный на его кровлю (по дошву барабинской пачки)

Fig. 1. Cross-section of upper Vasuygan horizon of Kazanskoe and Boltnoe oilfields leveled on its bed top (bottom of Barabinskaya member)

Пачки № 1–4, таким образом, представляют собой базальную часть регионального трансгрессивного циклита, формирование которого началось в среднем оксфорде и затронуло всю Западную Сибирь.

Отложения пачек № 1–4 характеризуются набором латерально близких обстановок осадконакопления и, как правило, разделены поверхностями размыва.



Рис. 2. Фото керна – эрозионная граница между пачками №№ 4 и 5 Казанского месторождения. В нижней части фото – уголь; фация приморского болота. В верхней части – песчаник с тонкой субгоризонтальной слоистостью, подчеркнутой углефицированным растительным детритом и являющейся результатом быстрого течения; фация приливного канала. Скв. 122 к. 11 Казанского месторождения Глубина по ГИС 2525,57 м

Fig. 2. Photo of the core – the eroded bound between members 4 and 5 of Kazanskoe oilfield. Coal (facies of coastal swamp) is in the bottom part of photo. Sandstone with fine subhorizontal bedding, marked with carbonaceous vegetable detritus as a result of rapid stream – (facies of tidal channel) is in the upper part. Well 122, k. 11 of Kazanskoe oilfield. Depth is 2525,57 m according logging

Отложения пачки № 4 представляют собой преимущественно мелкопесчаные осадки, которые, как показал литолого-фациальный анализ, формировались под преобладающим действием морских приливов и относятся к фациям приливных каналов и связанных с ними приливных дельт (рис. 3). В кровельной части пласта усиливается действие волнений, приводящее к возникновению пляжевых осадков (рис. 4, 5, а). К отложениям этой пачки приурочен продуктивный пласт Ю₁².

При условии положительного прироста осадков, стабильного уровня моря (или при невысокой скорости его опускания) пляж наступает в сторону моря, тогда как уменьшение поступления осадков, поднятие уровня моря или высокая скорость его опускания приводят к миграции береговой линии

в сторону суши. Исходя из этого на Казанской площади на момент формирования пачки № 4 предполагается уклон поверхности осадконакопления с юга на север. Распознавание другой фации пачки № 4 – приливных каналов – позволяет выявить взаимодействие палеотечений и фаций: отложения каналов распространены исключительно в западной части территории, образуя вытянутое с юга на север песчаное тело (рис. 5, б). Отложения приливной дельты имеют более широкое распространение по площади и более или менее выдержанную толщину, которая увеличивается к северу и востоку территории; они как бы окаймляют отложения приливных каналов, образуя тело веерообразной формы (рис. 5, в). Такая морфология тел, образуемых отложениями приливного канала и дельты, указывает на принос материала в север-северо-восточном направлении, что также подтверждает наличие уклона поверхности с юга на север.

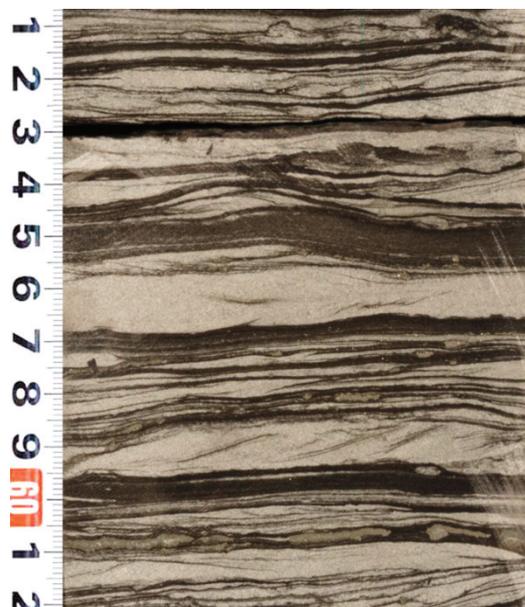


Рис. 3. Фото керна – тонкое переслаивание аргиллита и песчаника мелко-тонкозернистого. Встречаются следы биотурбации. В песчанике наблюдаются плохо выдержанные по форме и наклону косослойчатые серии, нередко с разнонаправленным падением косых слойков в смежных сериях (в центре фото), что весьма характерно для приливо-отливных обстановок. Фация приливной дельты. Скв. 122 к. 11 Казанского месторождения. Глубина по ГИС 2521,20 м. Пласт Ю₁²

Fig. 3. Photo of the core – fine layering of shales and fine-grained sandstones with traces of bioturbation. Series of subtle cross-bedding patterns with multidirectional dipping of cross layers in adjacent series are observed in sandstone (in center of photo) featured for tide-ebb environments. Tidal delta facies. Well 122, k. 11 of Kazanskoe oilfield. Depth is 2521,20 m according logging. Layer J₁²

В пачке № 4 перспективным для обнаружения коллекторов с хорошими ФЕС (фильтрационно-емкостные свойства) зонам относятся песчаные отложения пляжа, распространенные в северной

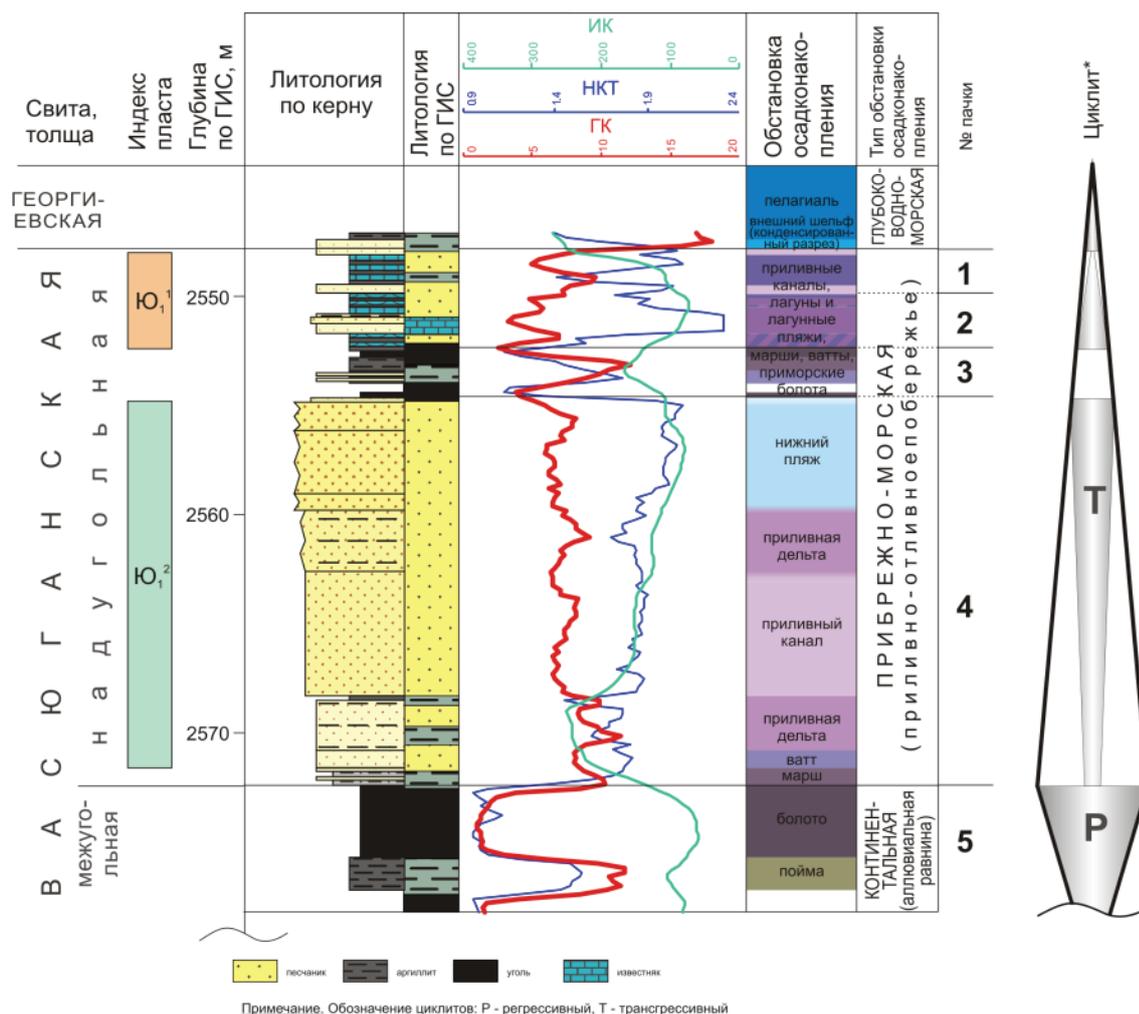


Рис. 4. Фрагмент литологической колонки скв. № 147 Казанского месторождения

Fig. 4. Fragment of lithological column for the well № 147 of Kazanskoe field

части исследуемой территории, чуть менее перспективными являются отложения приливных каналов и дельт. Эффективная толщина выделяемого в этой пачке пласта Ю₁² колеблется от 1,9 м в скв. 4Р Болтного месторождения до 17,3 м в скв. 11П Западно-Сомовского месторождения.

Пачка № 3, в сравнении с нижележащей, имеет регрессивную направленность процесса седиментации и отражает постепенное отступление моря с территории исследования или его стабилизацию на фоне прежних скоростей поступления осадка. Пачка сложена субаэральными осадками ваттов и желобов стока, маршей и приморских болот. Как правило, во всех скважинах в кровле и подошве этой пачки прослеживаются угольные пласты толщиной до 1 м. Толщина отложений пачки № 3 достигает 8,3 м в центральной части и постепенно снижается к периферии до 0,7 м.

Отложения **пачки № 2** отражают этап повторного наступления моря и представлены преимущественно глинистыми осадками лагун. Весьма характерным признаком этой пачки является значи-

тельное количество прослоев ракушняка, образованного за счет раковинного детрита, привнесённого в периоды штормов с окраин лагуны – лагунных пляжей. Отложения пачек № 3 и 2 соответствуют перемычке между пластами Ю₁¹ и Ю₁².

Пачка № 1 накапливалась при продолжающейся трансгрессии и сложена в основном песчаными осадками приливных каналов и дельт, в северной части Казанского месторождения (скв. 16Р) также встречаются осадки пляжей и лагун. Они залегают на отложениях пачки № 2 с размывом. Гидродинамические условия их формирования сходны с таковыми пачки № 4. Песчаные отложения пачки № 1 в полном объёме соотносятся с пластом Ю₁¹. В пласте Ю₁¹ для поисков песчаных тел с благоприятными в фациальном отношении литологическими характеристиками отнесены зоны, формировавшиеся в условиях прибрежно-морской равнины с высокой и средней гидродинамической активностью среды осадконакопления – пляжи и приливные каналы. Как показывает карта толщин, такие зоны локализованы в се-

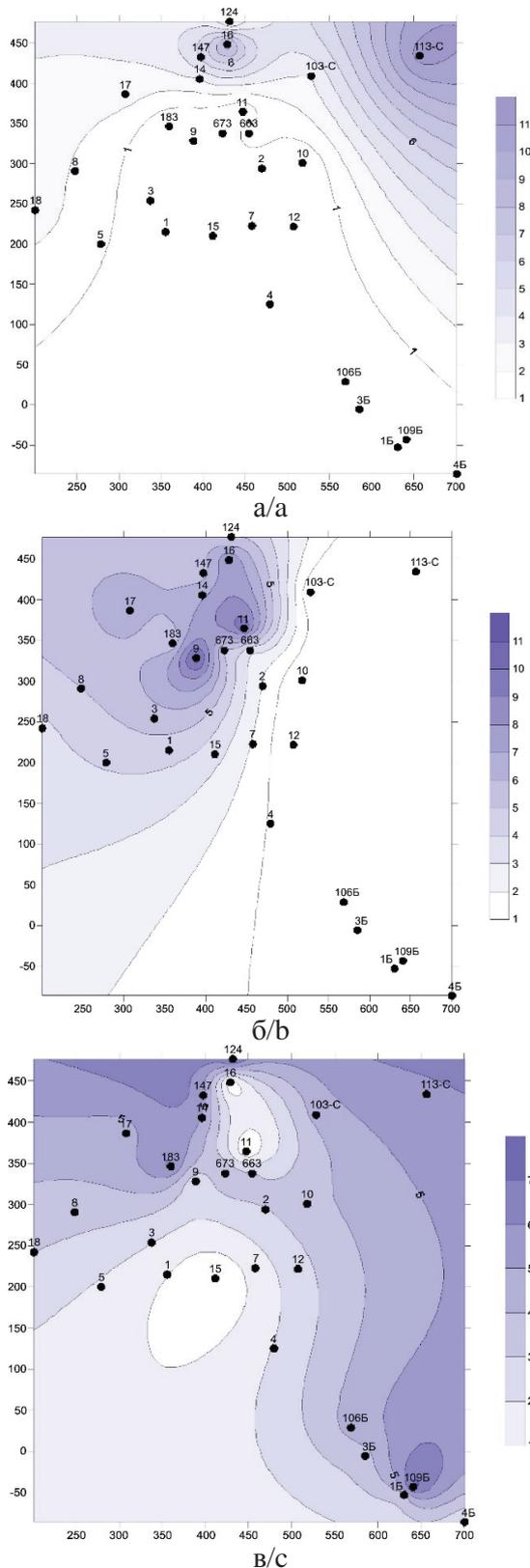


Рис. 5. Карты толщин отложений пачки № 4 (пласт J_4^2) по данным изучения керн: а – пляж, б – приливный канал, в – приливная дельта

Fig. 5. Isopachous map of the member 4 (layer J_4^2) on the core data: a is the shore front; b is the tidal channel; c is the tidal delta

верной части Казанского и на Западно-Сомовском месторождениях (рис. 6). Максимальная общая толщина пласта J_1^1 составляет 9 м в скв. 17Р Казанского месторождения и с севера на юг постепенно уменьшается до полного её исчезновения в скв. 15Р Казанского и на Болтном месторождении.

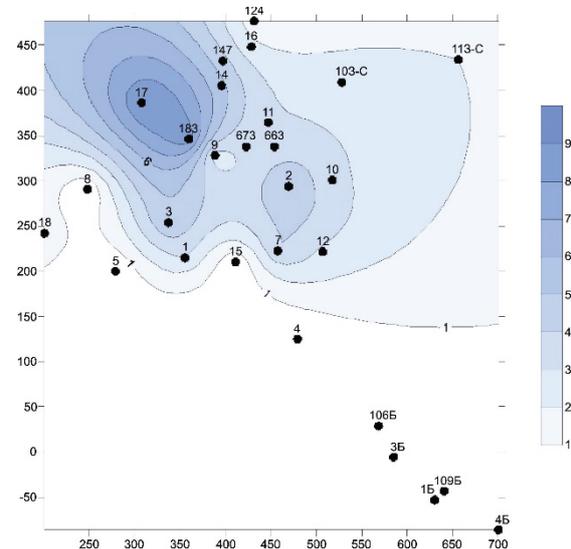


Рис. 6. Карта толщин отложений пачки № 1 (пласт J_1^1)

Fig. 6. Isopachous map of the member 1 (layer J_1^1)

Таким образом, выявленные прямым методом – с помощью фациального анализа продольно распиленного керн – существующие пачки являются частью трансгрессивного циклита более крупного порядка и в целом хорошо соотносятся с надугольной толщей. Некоторые исследователи считают, что на заключительном этапе формирования надугольной толщи отложения в области палеоподнятий были выведены на дневную поверхность и подвергнуты существенной денудации на юге Казанской площади и Болтном месторождении. Однако по керну отчётливо видно, что на Казанском и Западно-Сомовском месторождениях барабинская пачка (пласт J_1^0) залегает согласно на пачке № 1, размыва на данном участке не отмечается, следовательно, её размыв на Болтном месторождении исключается. Можно предположить, что отсутствие отложений этой пачки на юге Казанского и на Болтном месторождении произошло по причине восстановившегося наклона территории с юга на север.

Следует заметить, что в настоящее время на Болтном месторождении пласт J_1^2 , занимающий положение в составе пачки № 4, проиндексирован как J_1^1 . Пласт J_1^2 относится к отложениям морского генезиса, а по актуальным в настоящее время пластовым разбивкам на Болтном месторождении он представлен отложениями континентальной группы фаций (входящими в пачку № 5). Таким образом, индексация пластов, представляющих единые в генетическом плане тела, на Болтном и Казанском месторождениях не совпадает.

Такое несоответствие может привести к существенным ошибкам при геометризации тел и подсчете запасов, поскольку понимание архитектуры залежи является залогом уверенной разработки месторождения. В связи с этим предлагается провести переиндексацию пластов Болтного месторождения, как показано в табл. 2.

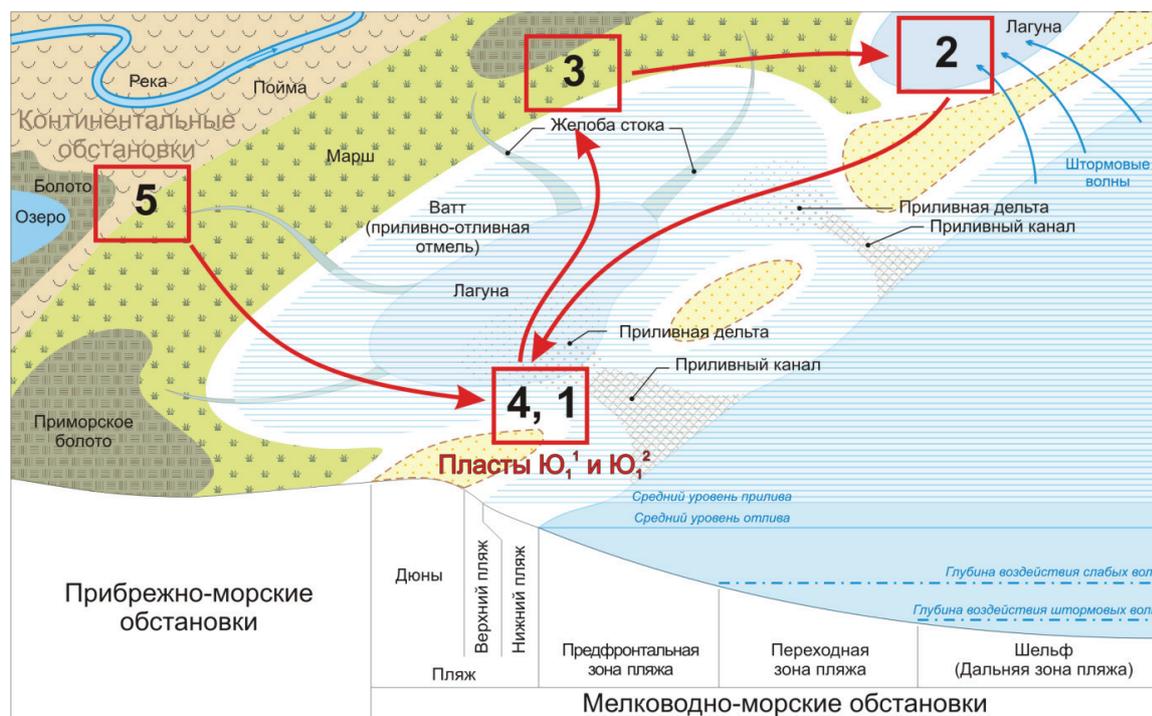
Таблица 2. Индексация пластов на Болтном месторождении
Table 2. Indexation of reservoirs for Boltnoe oilfield

Индекс пласта принятый Accepted layer index		Индекс пласта, предлагаемый на Болтном месторождении Proposed layer index for Boltnoe field	Пачка Member
На Казанском месторождении Kazanskoe oilfield	На Болтном месторождении Boltnoe oilfield		
$Ю_0^0/J_0^0$	$Ю_0^0/J_0^0$	$Ю_0^0/J_0^0$	Барабинская Barabinskaya
$Ю_1^1/J_1^1$	–	Пласт отсутствует No layer	1
–	–	–	2
–	–	–	3
$Ю_2^2/J_2^2$	$Ю_1^1/J_1^1$	$Ю_2^2/J_2^2$	4
–	$Ю_2^2/J_2^2$	–	5

История осадконакопления для верхней части васюганского горизонта на Казанской группе месторождений может быть проиллюстрирована авторской схемой, приведённой на рис. 7.

Осадконакопление изучаемого интервала разреза начинается с образования континентальной пачки № 5, соответствующей межугольной толще. Залегающие выше пачки № 1–4 накапливались в условиях начавшейся в среднем оксфорде обширной трансгрессии, охватившей территорию всей Западной Сибири. Отличия в фациальном облике пачек № 1–4 обусловлены колебаниями относительного уровня моря более мелкого порядка. В целом обстановки осадконакопления для них можно охарактеризовать как прибрежно-морскую и наиболее близкую к суше часть мелководно-морской.

Для получения дополнительной информации о генезисе изучаемых отложений были сделаны множественные замеры косой слоистости песчаников пласта $Ю_1^1$ (пачка № 4) в ориентированном палеомагнитным методом керне скважины № 147 Казанского месторождения. В песчаниках пласта $Ю_2^2$, в отличие от пласта $Ю_1^1$, для которого характерна биотурбация осадка и почти полное отсутствие косой слоистости, широко распространены разнообразчатые косослойчатые текстуры. Их изучение по ориентированному керну позволяет определить точный азимут палеотечения для каждой конкретной точки наблюдения. Косые слои во всех случаях будут наклонены в направлении движения среды, из которой выпадает осадок. Таким образом, изучение характера и ориентировки слоистости, сопровождаемое массовыми замерами



4, 1 - положение района исследований и номера пачек

Рис. 7. Положение района исследований на моменты формирования соответствующих пачек. Стрелками показана последовательность смены обстановок на территории исследования

Fig. 7. Location of the studied area at the moment of formation of the appropriate members of Percarbonic Suite. Arrows point the sequence of changing the environments

ми, позволяет использовать получаемые результаты для палеогеографических реконструкций: судить о направлениях течений, местоположении области сноса, направлении наклона территории.

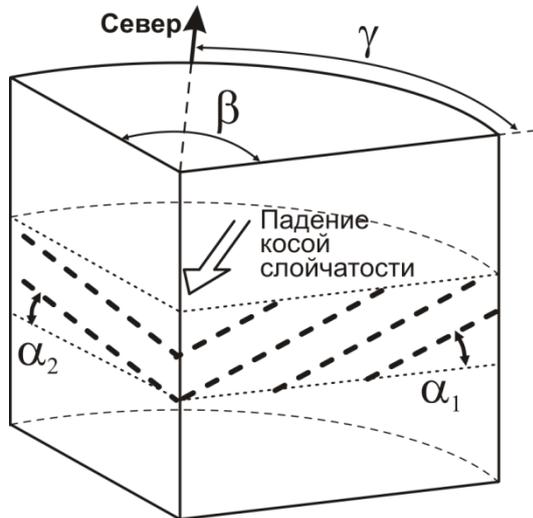


Рис. 8. Схема обозначения параметров кривой слоистости в образце керна с двумя продольными спилами: α_1 и α_2 – углы падения кривой слоистости; β – угол между спилами 1 и 2; γ – угол между одним из спилов и севером

Fig. 8. Sketch definition for cross-bedding in a core sample with two oblong cuts: α_1 and α_2 are the angles of inclination of cross bedding; β is the angle between cuts 1 and 2; γ is the angle between one cut and North meridian

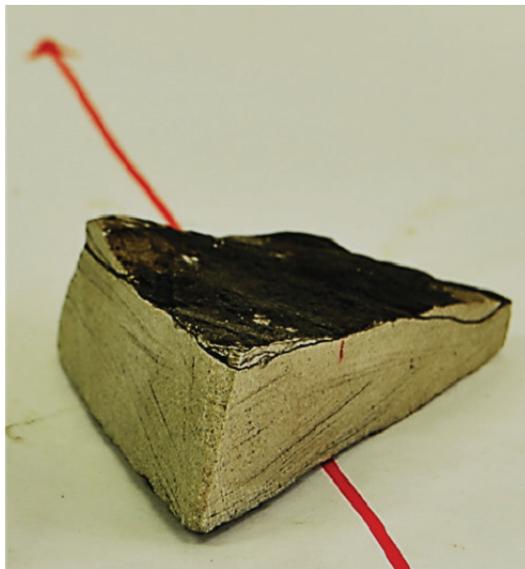
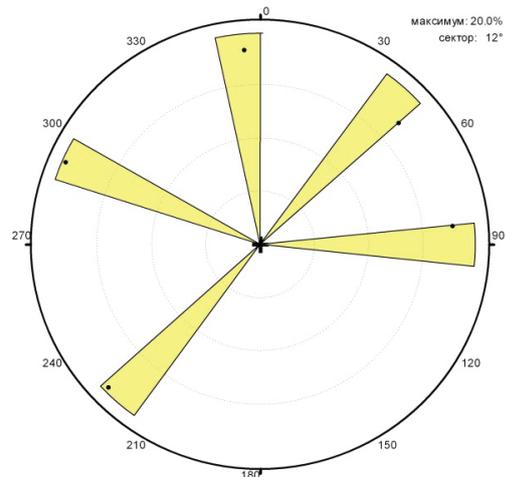


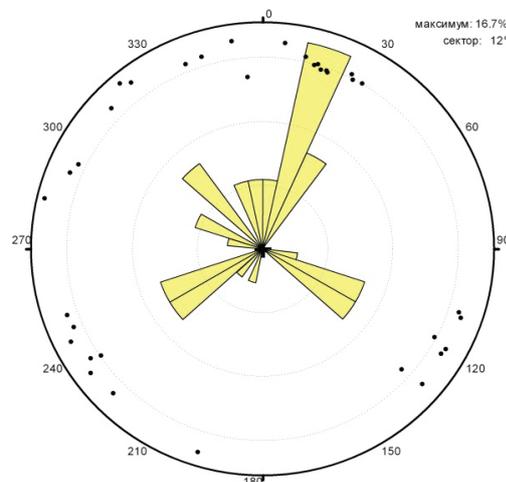
Рис. 9. Фото фрагмента керна с двумя продольными спилами, на плоскостях которых наблюдается кривая слоистость. Красной стрелкой продублировано направление на север (отмечено на керна), определённое палеомагнитным методом. Контрастность изображения повышена

Fig. 9. Fragment of photo of the core with two oblong cuts with cross bedding on the planes. North direction, determined by the palaeomagnetic method, is pointed (on the core) by the red arrow. Contrast of image is increased

а/а



б/б



в/с

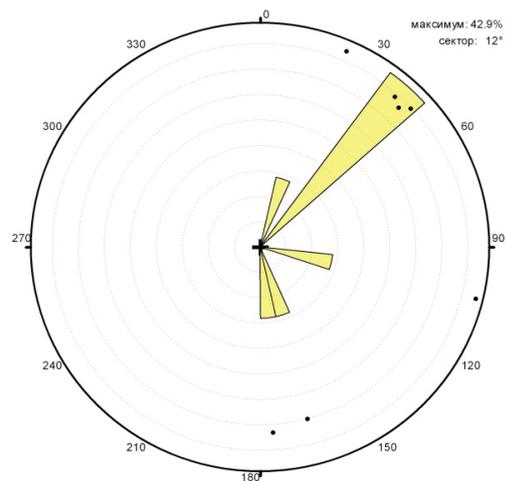


Рис. 10. Розы-диаграммы направлений падения плоскостей кривой слоистости для фациальных обстановок: а – нижний пляж; б – приливный канал; в – приливная дельта

Fig. 10. Rose-diagrams of the dipping direction of cross-bedded layering for facial environments: a is the foreshore; b is the tidal channel; c is the tidal delta

Для песчаников пласта Ю₁² были выполнены замеры элементов косой слойчатости, видимых по керну, распиленному в двух продольных плоскостях. Схема замеряемых на керне пространственных элементов приведена на рис. 8. Наличие двух (желательно перпендикулярных или близких к этому) продольных спилов керна (рис. 9) необходимо для снятия замеров углов наклона косой слойчатости с двух проекций её плоскости. Это требуется для дальнейшего расчёта с использованием данных по пространственной ориентировке керна истинного азимута падения плоскости косой слойчатости и угла падения косых слоёв.

По результатам замеров были составлены розы-диаграммы для каждой из выделенных обстановок: на диаграммах откладывался процент встречаемости косослойчатых серий данного направления (рис. 10).

Обстановка формирования осадков нижнего пляжа характеризуется смешением различных систем течений, их неустойчивостью по направлению и во времени и интенсивной волновой переработкой осаждаемого материала. Вследствие этого замеры косой слойчатости отложений пляжа, вынесенные на розу-диаграмму, представляют собой неупорядоченные (полимодальные) распределения (рис. 10, а). Для отложений приливных каналов и дельт характерна унимодальная роза-диаграмма наклона косых слоёв (рис. 10, б, в), что определяется относительной силой приливов и отливов, направленных как в сторону берега, так и от него. По мнению В.А. Гроссгейма [20], по форме розы можно судить о рельефе дна бассейна осадконакопления. При плоском дне, т. е. при меньших скоростях донных течений, розы оказываются очень расплывчатыми, а течения очень изменчивыми. Смена направлений течений связывается в

общем случае с азимутальным изменением наклона на дне, вызываемым тектоническими подвижками. Выявленное в результате исследований косой слойчатости направление течения (север-северо-восточное) хорошо согласуется с направлением, установленным в ходе анализа карт толщин.

Заключение

В ходе исследования авторами выполнен литолого-фациальный анализ керна месторождений Казанской группы. Проанализированы особенности разрезов скважин с точки зрения цикличности их строения. Так, было установлено, что во всех изученных скважинах наблюдается определённая схожесть в особенностях среды осадконакопления, а именно цикличность, которая позволяет уверенно сопоставлять между собой разрезы скважин вне зависимости от состава и толщин слагающих их осадков. Подход к изучению разрезов, основанный на выявлении цикличности, позволил типизировать разрез Казанской группы месторождений на пачки, соответствующие циклам осадконакопления. Для каждой пачки были построены карты толщин, позволившие сформировать фациальную модель средне-позднеоксфордских отложений района работ и сделать выводы об их палеогеографических условиях формирования.

В результате текстурного анализа ориентированного керна была получена новая информация о направлениях палеотечений. Эта информация хорошо согласовалась с выявленными авторами ранее закономерностями распространения песчаных тел и была учтена при построении седиментационной модели месторождений Казанской группы.

По результатам работы даны рекомендации по переиндексации пластов горизонта Ю₁ на Болтном месторождении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белозёров В.Б. Влияние фациальной неоднородности терригенных коллекторов на разработку залежей углеводородов // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 1. – С. 123–130.
2. Белозёров В.Б. Палеогеографические особенности формирования нефтеносных пластов васюганской свиты Западной Сибири // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – № 1. – С. 67–72.
3. Запивалов Н.П. Геологическое строение Казанского газоконденсатного месторождения // Нефть и газ Тюмени: труды Зап-СибНИГНИ. – 1970. – Вып. 6. – С. 39–43.
4. Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточнённых стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири. – Новосибирск: СНИИГиМС, 2004. – 114 с.
5. Даненберг Е.Е., Белозеров В.Б., Брылина Н.А. Геологическое строение и нефтегазоносность верхнеюрско-нижнемеловых отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты (Томская область). – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 291 с.
6. Биостратиграфия и условия осадконакопления келловей-верхнеюрских отложений Сильгинского структурно-фациального района Западной Сибири / Е.В. Полковникова, Г.Г. Кравченко, Г.М. Татьяна, О.Н. Костеша, К.П. Лялюк, В.А. Коновалова, В.А. Чеканцев // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. V Всероссийское совещание. – Тюмень, 2013. – С. 172–177.
7. Курчиков А.Р., Бородкин В.Н. Характеристика геологического строения и нефтегазоносности юрского нефтегазоносного комплекса Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2015. – 140 с.
8. Leeder M.R. Sedimentology: Process and product. – London: Allen & Unwin, 1982. – 344 p.
9. Reineck H.E., Singh I.B. Depositional Sedimentary Environments – with Reference to Terrigenous Clastics. – New York: Springer Verlag, 1973. – 439 p.
10. Reading H.G. Sedimentary environments and facies. – Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1978. – 557 p.
11. Selley R.C. Applied Sedimentology. – San Diego, California, USA: Academic Press, 2000. – 523 p.
12. Einsele G. Sedimentary basins: Evolution, facies, and sediment budget. – Berlin: Springer-Verlag, 2000. – 792 p.
13. Ekdale A.A., Bromley R.G., Pemberton S.G. Ichnology – the use of trace fossils in Sedimentology and stratigraphy. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. SEPM Short Course 15. – Tulsa, Oklahoma, United States, 1984. – 317 p.

14. Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments / Eds. D. Knaust, R.G. Bromley // *Developments in Sedimentology*. – Amsterdam: Elsevier, 2012. – V. 64. – 960 p.
15. Кравченко Г.Г. Реперные поверхности в разрезе васюганского горизонта по данным изучения керна (на примере юго-востока Западной Сибири) // *Эволюция осадочных процессов в истории Земли: материалы 8-го Всероссийского литологического совещания*. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2015. – Т. II. – С. 405–408.
16. Posamentier H.W., Allen G.P. Variability of the sequence stratigraphic model: effects of local basin factors. – *Sedimentary Geology*. – 1993. – V. 86. – P. 91–109.
17. Gardiner A.R. *Reservoir Sedimentology (Distance Learning Notes)*. – Edinburgh: Heriot-Watt University, 2003. – 64 p.
18. Чернова О.С. Седиментология резервуара. – Томск: Изд-во ЦППС НД, 2014. – 295 с.
19. Габова К.В. Применение пространственно ориентированного керна для палеогеографических реконструкций (Казанское месторождение) // *Трофимуковские чтения – 2015: материалы Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых*. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2015. – С. 24–27.
20. Методы палеогеографических реконструкций (при поисках залежей нефти и газа) / В.А. Гроссгейм, О.В. Бескровная, И.Л. Геращенко и др. – Л.: Недра, 1984. – 271 с.

Поступила 15.08.2016 г.

Информация об авторах

Кравченко Г.Г., кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией седиментологии ОАО «ТомскНИПИнефть».

Габова К.В., аспирант кафедры геологии и разработки нефтяных месторождений Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета; младший научный сотрудник сектора седиментологии ОАО «ТомскНИПИнефть».

UDC 552.143

SEDIMENTOLOGICAL MODEL OF MID- AND LATE-OXFORDIAN DEPOSITS IN THE KAZANSKOE GROUP OF OILFIELDS ON THE RESULTS OF CORE INVESTIGATION (WEST SIBERIA)

Grigory G. Kravchenko¹,
KravchenkoGG@tomsknipi.ru

Ksenia V. Gabova^{1,2},
GabovaKV@tomsknipi.ru

¹ JSC «TomskNIPIneft»,
72, Mira Avenue, Tomsk, 634027, Russia.

² National Research Tomsk Polytechnic University,
30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia.

Relevance of the research is determined by high rate of facies heterogeneity of J₁ horizon within the Kazanskoe group oil fields.

The aim of the study is the detailed clarification of the formation conditions of the Percarbonic sequences to construct a sedimentation model of the oilfield.

Lithofacial analysis was carried out according to the standard methods. The general conditions of sediment accumulation (stratigraphy, tectonic, geological history of basin) were formulated, then the actual lithofacial analysis was carried out, including the detailed study of the rocks and allocation of core lithotypes, highlighting and diagnostic of «benchmarked» and «not benchmarked» facies.

The paper introduces the results of sedimentological studies for Percarbonic suit using the core studying of oil and gas deep wells from Kazanskoe, Boltnoe and Zapadno-Somovskoe oilfields of Tomsk region. The authors have studied in details the structure and recurrence of productive reservoirs J₁² and J₁¹. It was ascertained that the deposits were formed in coastal environments, where the tides and wavy motions played the main role in transfer and sedimentations of terrigenous material. Four members of Percarbonic suites of Vasyugan horizon were evaluated according to the cycle sequence and their isopachous maps based on facies heterogeneity were built. General transgression trend in member formation was determined with regard to the beginning of the vast transgression in the mid-Oxfordian time on the territory of West Siberia basin. The distinctions in facial aspects for the studied members 1–4 were determined by the fine order of sea level oscillations. The authors investigated the cross bedding on the spatially oriented core to determine the energy conditions of sediment environments and proposed to re-index the reservoirs of the Boltnoe field, as the current indexation of the members, representing a single body of genetically origin for Boltnoe and Kazanskoe oilfields, does not coincide – the reservoir which is currently indexed as J₁¹, should be indexed as J₁².

Key words:

Coastal-marine facies, Vasyugan horizon, Percarbonic suite, lithofacies analysis, oriented core, sedimentation model.

REFERENCES

1. Belozеров V.B. Effect of facial heterogeneity of clastic reservoirs on the development of hydrocarbon deposits. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2011, vol. 319, no. 1, pp. 123–130. In Rus.
2. Belozеров V.B. Paleogeographic peculiarities of formation of Vasyugan reservoirs in Western Siberia. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2007, vol. 311, no. 1, pp. 67–72. In Rus.
3. Zapivalov N.P. Geologicheskoye stroeniye Kazanskogo gazokondensatnogo mestorozhdeniya [Geological structure of the Kazan condensate field]. *Neft i gaz Tyumeni. Tr. ZapSibNIGNI*, 1970, no. 6, pp. 39–43.
4. *Resheniye 6-go Mezhvedomstvennogo stratigraficheskogo soveshchaniya po rassmotreniyu i prinyatiyu utochnennykh stratigraficheskikh skhem mezozoyskikh otlozheniy Zapadnoy Sibiri* [Decision of the 6th Interdepartmental Stratigraphic Meeting on consideration and adoption of the refined stratigraphic schemes of Mesozoic deposits of Western Siberia]. Novosibirsk, SNIIG-GiMS Publ., 2004. 114 p.
5. Danenberg E.E., Belozеров V.B., Brylina N.A. *Geologicheskoe stroeniye i neftegazonosnost verkhneyursko-nizhnemelovykh otlozheniy yugo-vostoka Zapadno-Sibirskoy plity (Tomskaya oblast)* [Geological structure and petroleum potential of Upper Jurassic-Lower Cretaceous deposits of the south-east of the West Siberian Plate (Tomsk region)]. Tomsk, TPU Publ., 2006. 291 p.
6. Polkovnikova E.V., Kravchenko G.G., Tatyani G.M., Kostesha O.N., Lyalyuk K.P., Konovalova V.A., Chekantsev V.A. Biostatigrafiya i usloviya osadkonakopleniya kellovey-verkhneyurskikh otlozheniy Silginskogo strukturno-fatsialnogo rayona Zapadnoy Sibiri [Biostratigraphy and depositional environments of Callovian-Upper Jurassic Silginskogo structural-facial region of Western Siberia]. *Yurskaya sistema Rossii: problemy stratigrafii i paleogeografii. V Vserossiyskoye soveshchaniye* [Jurassic System of Russia: problems of stratigraphy and paleogeography. V All-Russia meeting]. Tyumen, 2013. pp. 172–177.
7. Kurchikov A.R., Borodkin V.N. *Kharakteristika geologicheskogo stroeniya i neftegazonosnosti yurskogo neftegazonosnogo kompleksa Zapadnoy Sibiri* [Characteristics of geological structure and oil and gas potential of the Jurassic oil and gas complex of Western Siberia]. Novosibirsk, SO RAN Publ., 2015. 140 p.
8. Leeder M.R. *Sedimentology: Process and product*. London, Aller & Unwin Publ., 1982. 344 p.
9. Reineck H.E., Singh I.B. *Depositional Sedimentary Environments – with Reference to Terrigenous Clastics*. New York, Springer Verlag Publ., 1973. 439 p.
10. Reading H.G. *Sedimentary environments and facies*. Oxford, Blackwell Scientific Publ., 1978. 557 p.
11. Selley R.C. *Applied Sedimentology*. San Diego, California, USA, Academic Press Publ., 2000. 523 p.
12. Einsele G. *Sedimentary basins: Evolution, facies, and sediment budget*. Berlin, Springer-Verlag Publ., 2000. 792 p.
13. Ekdale A.A., Bromley R.G., Pemberton S.G. *Ichnology – the use of trace fossils in Sedimentology and stratigraphy*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Short Course 15. Tulsa, Oklahoma, SEPM Publ., 1984. 317 p.

14. *Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments*. Eds. D. Knaust, R.G. Bromley. Developments in Sedimentology. Amsterdam, Elsevier, 2012. Vol. 64, 960 p.
15. Kravchenko G.G. Repernye poverkhnosti v razreze vasyuganskogo gorizonta po dannym izucheniya kerna (na primere yugo-vostoka Zapadnoy Sibiri) [Fiducial surface in the section of Vasyuganskoye horizon by the data of studying core (by the example of Western Siberia south-east)]. *Evolyutsiya osadochnykh protsessov v istorii Zemli: materialy 8-go Vserossiyskogo litologicheskogo soveshchaniya* [Evolution of sedimentary processes in the Earth's history: Materials of the 8th All-Russian lithological meeting]. Moscow, 2015. pp. 405–408.
16. Posamentier H.W., Allen G.P. Variability of the sequence stratigraphic model: effects of local basin factors. *Sedimentary Geology*, 1993, vol. 86, pp. 91–109.
17. Gardiner A.R. *Reservoir Sedimentology (Distance Learning Notes)*. Edinburgh, Heriot-Watt University Publ., 2003. 64 p.
18. Chernova O.S. *Sedimentologiya rezervuara* [Reservoir sedimentology]. Tomsk, TsPPS ND Publ., 2014. 295 p.
19. Gabova K.V. Primeneniye prostranstvenno orientirovannogo kerna dlya paleogeograficheskikh rekonstruktsiy (Kazanskoye mestorozhdeniye) [Use of space-based core for paleogeographic reconstructions (Kazan deposit)]. *Trofimukovskiye chteniya-2015: Materialy Vserossiyskoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii s uchastiyem inostrannykh uchenykh* [Trofimuk readings-2015: Proc. of the All-Russian youth scientific conference with participation of foreign scientists]. Novosibirsk, 2015. pp. 24–27.
20. Grossgeym V.A., Beskrovnaya O.V., Gerashchenko I.L. *Metody paleogeograficheskikh rekonstruktsiy (pri poiskakh zalezhey nefi i gaza)* [Methods of paleogeographic reconstructions (when searching for oil and gas fields)]. St. Petersburg, Nedra Publ., 1984. 271 p.

Received: 15 August 2016.

Information about the authors

Grigory G. Kravchenko, Cand. Sc., head of the laboratory, JSC «TomskNIPIneft».

Ksenia V. Gabova, postgraduate student, National Research Tomsk Polytechnic University; junior researcher, JSC «TomskNIPIneft».