ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПУРСКОГО РАЙОНА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

LITHOFACIES PECULIARITIES OF OIL AND GAS-CONTAINING COMPLEXES OF THE PURSK REGION OF WESTERN SIBERIA

М. В. Рыкус

Mikhail V. Rykus

Уфимский государственный
нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация
ООО «РН-УфаНИПИнефть»,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation
RN-UfaNIPIneft LLC,
Ufa, Russian Federation

В статье рассмотрены региональные и локальные обстановки осадконакопления Пурского района Западной Сибири. Показано, что в течение юрско-мелового времени происходила неоднократная смена фациальных условий седиментации, вызванная разномасштабными трансгрессивно-регрессивными циклами развития бассейна. Юрский трансгрессивный макроцикл осадконакопления привел к формированию на большей части территории платформенного чехла и постепенной смене континентального режима седиментации (тюменская свита) мелководно-морским и морским (васюганская/абалакская свиты) и далее глубоководно-морским (баженовская свита) режимами.

В начале неокома происходит регрессия и перестройка бассейна, формирование проградационного клиноформного комплекса отложений с телами бокового наращивания и синхронными им гравитационно-оползневыми конусами выноса. В ходе регрессии морского бассейна образовался типовой фациальный профиль, представленный на востоке вблизи источников сноса континентальными, далее к западу прибрежно-морскими, мелководно-морскими и относительно глубоководными образованиями.

Нефтегазоносные песчаные отложения характеризуются полифациальным строением и относятся к природным резервуарам неструктурного типа, образовавшимся в аллювиальной, дельтовой, прибрежно-морской и относительно глубоководной обстановках. Для выявления подобных резервуаров и оценки их качества рекомендуется использование литолого-фациальных исследований, направленных на восстановление обстановок осадконакопления. Это необходимо, в первую очередь, для эффективного поиска углеводородов, прогнозирования нефтегазоносных комплексов, оценки пространственных изменений их качества, что в немалой степени определяет направление и стратегию геологоразведочных и промысловых работ. Фациальные исследования важны не только для поиска неструктурных залежей, но и для создания реалистичных трехмерных геологических моделей. Подобные модели с фациальной нагрузкой позволяют более аргументированно оценить литологическую сложность месторождения, надежнее прогнозировать распределение петрофизических свойств, обеспечивают выбор технологических средств воздействия на пласт.

Ключевые слова

фация, Западная Сибирь,
природный резервуар,
текстура, геофизический каротаж,
Пурский район, песчаник

In the article, regional and local conditions of sediment accumulation in the Pursky region of Western Siberia are considered. It is shown that during the Jurassic-Cretaceous time, the sedimentation facies conditions were repeatedly changed due to the multiscale transgressive-regressive cycles of the basin development. The Jurassic transgressive macrocycle of sedimentation led to the platform cover formation on most of the territory and a gradual change of the continental sedimentation regime (tyumen suite), shallow-marine and marine (vasyugan / abalak suites) and further deep-sea (bazhenov suite) regimes.

At the beginning of the neocom there is regression and reorganization of the basin, the formation of a prograde wedge-shaped complex of sediments with lateral build-up bodies and synchronous gravitational-land-slide cones of removal. During the sea basin regression, a typical facial profile was formed, which was represented in the east near the drift sources by continental, further to the west by coastal-marine, shallow-marine and relatively deep-water facies.

Oil and gas bearing sand deposits are characterized by a polyfacial structure and refer to natural reservoirs of non-structural type, formed in alluvial, deltaic, coastal-marine and relatively deep-water environments. To identify such reservoirs and assess their quality, the use of lithofacies studies aimed at restoring sedimentary environments is recommended.

This is necessary primarily for the effective search of hydrocarbons, forecasting of oil and gas complexes, assessment of spatial changes in their quality, which largely determines the direction and strategy of exploration and production operations.

Facial studies are important not only for the search of non-structural deposits, but also for the creation of realistic three-dimensional geological models.

Such models with facies properties allow more reasonably assess the lithological complexity of the field, more reliably predict the petrophysical properties distribution, provide a selection of influence technological tools on the reservoir.

Введение

В последние десятилетия в пределах Западной Сибири отмечается существенное сокращение количества так называемых антиклинальных нефтегазоносных структур, что обусловило повышенный интерес нефтяников к неструктурным и комбинированным ловушкам. Эти ловушки, выявляемые чаще всего случайно в ходе проведения буровых работ, давно известны геологам как потенциально перспективные нефтегазоносные объекты. Однако целенаправленные поиски таких ловушек представляют трудную задачу, до сих пор связаны с большими затратами сил, времени и средств и требуют иных методических подходов, чем при поисках залежей в антиклиналях.

Образование неструктурных ловушек происходит в определенных обстановках и связано с функционированием природных седиментационных систем [1, 2]. Поэтому выявление неструктурных залежей углеводородов может быть успешным, прежде всего, при хорошем знании особенностей терригенного осадконакопления и применении методики литолого-фациального анализа, опирающейся

Key words

facies, Western Siberia, natural reservoir, texture, geophysical logging, Pursky region, sandstone

на понимание моделей современных обстановок осадконакопления.

Классические методы литолого-фациального анализа позволяют реконструировать обстановку осадконакопления, наметить зоны распространения породколлекторов и выявить участки развития наилучших из них. Вместе с тем, при существующей тенденции ограниченного отбора керна роль традиционных методов исследования каменного материала снижается, появляется все большая необходимость комплексирования различных подходов с привлечением косвенных приемов и методик, позволяющих извлечь максимум литолого-фациальной информации. К таким методам относятся, прежде всего, литолого-фациальная интерпретация данных стандартного каротажа и различные методы специальной обработки сейсмических материалов.

Продуктивный разрез терригенных отложений Пурского района, суммарной мощностью более 2000 м, охватывает временной интервал почти в 65 млн лет от средней юры до позднего мела. В течение этого продолжительного времени в Западно-Сибирском регионе происходили неоднократные эвстатиче-

ские изменения уровня моря, обусловившие чередование в разрезе толщ глинистого и песчано-алевритового состава различной фациальной принадлежности [3–6]. Как показала практика, успешное проведение геолого-разведочных работ в таком изменчивом слоисто-неоднородном разрезе возможно только на основе литолого-фациального анализа, результаты которого позволяют надежно оценить форму и размеры песчаного тела-коллектора, его внутреннюю неоднородность и связанность, положение зон выклинивания и направления изменений коллекторских свойств [7]. Все это в итоге способствует более аргументированной оценке литологической сложности месторождения и обеспечивает понимание петрофизических и гидродинамических свойств коллектора.

В данной статье приведены результаты седиментологического анализа разновозрастных продуктивных отложений Пурского района, рассмотрена региональная модель юрско-мелового осадконакопления, показаны фациальные особенности разнотипных природных резервуаров отдельных месторождений.

Методы исследования

Характеристика обстановки осадконакопления выполнена на основе комплексных исследований, включающих седиментологический анализ кернового материала, дополненный данными промысловой геофизики и фациальной интерпретации каротажных диаграмм, а также материалами региональных палеогеографических реконструкций.

Методологической основой седиментологического анализа явилось выделение элементарных единиц разреза — литогенетических типов и их парагенетических ассоциаций, несущих информацию об условиях накопления исходного осадка [8]. Расшифровка генезиса пород производилась на основе критичного отбора наблюдаемых фактов и системного ранжирования множества разномасштабных признаков, таких как структура, текстура, вещественный состав, включения органических остатков, характер переслаивания.

При седиментологических исследованиях широко использовался геофизический каротаж, компенсирующий отсутствие кернового материала в большинстве скважин и базирующийся на общепринятых представлениях — для каждой фации характерна особая, только ей свойственная форма аномалий стандартного каротажа [9].

Использовались также региональные геологические материалы, включающие доступные скважинные данные по опорным площадям, палеогеографические схемы и атласы, освещающие смену седиментационных обстановок во времени и расположение основных источников сноса, областей транзита и аккумуляции осадков в юрско-меловом бассейне.

Результаты и их обсуждение

В развитии юрско-меловых отложений района, по данным глубокого бурения, сейсмическим и каротажным материалам, а также палеогеографическим реконструкциям, уверенно выделяются два крупных трансгрессивных (юрский и верхнемеловой) и один регрессивный (нижнемеловой) макроциклы осадконакопления, каждый из которых, в свою очередь, осложнен трансгрессивно-регрессивными циклами меньших порядков.

Юрский прогрессивный макроцикл осадконакопления охватывает средне-верхнеюрскую часть разреза (рисунок 1) и связан с трансгрессивной стадией развития платформенного чехла, в ходе которой происходила смена континентального режима седиментации (тюменская свита), мелководно-морским и морским (васюганская/абалакская свиты) и далее глубоководно-морским (баженовская свита) режимами.

В *среднеюрскую эпоху (батский век)* в период формирования отложений тюменской свиты литолого-фациальный состав осадков характеризовался пестротой и сильной изменчивостью. На обширной территории Пурского района одновременно существовали прибрежно-морские, дельтовые, лагунные и аллювиальные седиментационные обстановки, в которых накапливались мелко-среднезернистые песчаники, прослоями биотурбированные, переслаивающиеся с алевrolитами и аргиллитами, содержащими прослой углестых пород и тонкие пласты угля.

В *келловейском* веке началась масштабная трансгрессия морских вод из Арктического бассейна [4]. Трансгрессия способствовала выравниванию рельефа и установлению более глубокого бассейна седиментации на всей рассматриваемой территории. Келловейский морской бассейн имел асимметричное строение со смещением оси прогибания на запад, обладал нормальной соленостью, что подтверждается составом аутигенных минералов, разнообразием двустворок, моллюсков и фораминифер [3, 5, 10]. В обстановке транс-

а)

Система	Отдел	Эквивалент	Объекты			
			Барсуковское, Комсомольское, Губинское	Тарасовское	Харампурское	
Мелозан	Верхний	Туринское	Трансгрессия (кузнецовская свита)			
		Алтайское	ПК			
	Нижний	Губинское	АП-ПК			
		Барсуковское	БП			
Юрская	Верхний	Верхне-каменское	БП-АЧ			
		Оксфордское	Ю1			
	Средний	Колыванское				
		Битумное	Ю2			

- Прибрежно-морская зона (литифации баров, подводных валов, распределительных каналов)
 Мелководно-морская зона (литифации баров, подводных валов)
 Прибрежно-морская и мелководно-морская зона (литифации подводных валов, баров)
 Мелководно-морская зона и склон аккумулятивного шельфа (литифации барьерных островов, баров, подводных валов, конусов выноса)
 Аллювиальная аккумулятивная равнина (литифации русел и песков пойменных разливов)
 Равнина прибрежная, заливаемая водой (литифации устьевых баров, дельтовых проток, песков пойменных разливов)
 Относительно глубоководное море (литифации трансгрессивных песчаных покровов)
 Прогнутая часть относительно глубоководного моря (литифации трансгрессивных глинистых отложений)
 Песчаники
 Промысловые объекты

б)

Рисунок 1. Фациальная изменчивость осадконакопления в верхнеюрско-верхнемеловом разрезе (а) и хроностратиграфическая схема Пурского региона (б)

грессирующего моря происходило накопление монотонной алевроито-глинистой толщи нижнеабалакской/нижневасюганской подсвит с явным преобладанием в их составе глинистых отложений, заполняющих наиболее глубокие впадины в рельефе морского дна.

В *оксфордском* веке площадь относительно глубоководного моря начинает сокращаться. Наиболее глубокая его часть располагалась на территории Надымской впадины, а с востока к нему примыкала обширная область морского мелководья с незначительными

уклонами дна, благоприятствовавшими аккумуляции привносимого материала. На рассматриваемой территории продолжают накапливаться алевроито-глинистые отложения с волнистыми, линзовидными, горизонтально- и косослоистыми текстурами и редкими следами жизнедеятельности, характерными для сублитеральной зоны морского бассейна.

Участки с повышенным содержанием алевроитового материала приурочены к восточным наиболее мелководным зонам бассейна. По комплексу признаков эти отложения относятся к баровым аккумулятивным образованиям. Вершины баров временами выводились из-под уровня моря и покрывались наземной растительностью, о чем свидетельствуют маломощные прослойки бурых углей и корневидные остатки растений, обнаруженные в алевроитистых отложениях. Степень мористости несколько возрастала в западном и северном направлениях, что косвенно подтверждается уменьшением содержания каолинита и углефицированного растительного детрита в породах [10].

В течение *кимериджского* века происходит значительная перестройка палеогеографических областей. Там, где в оксфорде на востоке располагалось мелководное море, устанавливается режим относительно глубокого моря, накапливаются преимущественно глинистые осадки. Области локальных поднятий, контролировавшие мелководно-морские фации оксфордского бассейна, были значительно выровнены к кимериджскому веку. Состав осадков и разнообразие морской фауны аммонитов, белемнитов, двустворок, брахиопод и фораминифер указывают на нормальную соленость и нормальный газовый режим придонных вод бассейна [3, 10].

В *волжском* веке наступает кульминационная фаза юрско-мелового цикла трансгрессии, в результате которой бассейн становится на большей части глубоководно-морским, а на огромных пространствах накапливаются преимущественно глинистые тонкоотмученные осадки, часто обогащенные органическим веществом. На рассматриваемой территории формируются отложения баженовской свиты, для которой характерны многокомпонентный состав, включающий кремнистые, глинистые и карбонатные литотипы, а также переходные между ними разновидности, необычно высокое содержание биогенного кремнезема и органического углерода.

К востоку и западу глубоководная область бассейна обрамлялась неширокой полосой нижней сублитерали с более пестрым и разнообразным составом морских осадков. Наряду с преимущественным развитием глинистых илов здесь встречаются осадки смешанного глинисто-кремнисто-карбонатного состава с пониженным количеством органического углерода.

Таким образом, на протяжении бата-волжского времени в условиях начавшейся трансгрессии с севера происходило неравномерное заполнение формирующегося осадочного бассейна разнофациальными типами отложений. Главной областью питания, судя по материалам терригенно-минералогического анализа [3], служили приподнятые участки древней Сибирской платформы, а также складчатые структуры, обрамляющие мезозойский бассейн на западе, юге, юго-востоке (палеозойские структуры Урала, Казахстана, Алтая-Саян), которые по мере окончательного оформления бассейна седиментации испытывали значительную нивелировку.

Нижнемеловой регрессивный макроцикл. После длительной волжской трансгрессии, приведшей к накоплению позднеюрских глубоководных образований, в начале неокома происходят перестройка бассейна и формирование проградационного клиноформного комплекса отложений. Баженовское море характеризовалось некомпенсированным режимом осадконакопления. С началом регрессивного седиментационного цикла некомпенсированный режим сменился режимом лавинного осадконакопления с компенсацией к началу апта.

Регрессия, проявившаяся в *берриасе-валанжине* на востоке, способствовала активизации эрозионных процессов и поступлению в осадочный бассейн значительного объема терригенного материала. Это предопределило быстрое заполнение прибрежно-морской зоны терригенными осадками и продвижение береговой линии к западу. Возникла контрастная по глубине морская впадина, в которой с востока на запад выделяются шельфовая, склоновая и собственно бассейновая зоны, сохранявшиеся в течение всего нижнемелового периода осадконакопления.

В условиях контрастной батиметрии на восточном склоне регрессирующего неокома бассейна формировались клиноформы, представляющие собой циклично выдвигающиеся на запад аккумулятивные дельтовые

конусы выноса рек, впадавших в морской бассейн. Хорошо выраженные на сейсмических материалах наклонные отражающие горизонты фиксируют положение склонов дельт в различные интервалы времени. В нижних частях подводных склонов дельт сформировались песчаники ачимовской толщи, представляющие собой турбидитные образования глубоководных конусов выноса. На востоке в условиях морского мелководья отлагались изохронные им выдержанные песчаные пласты пляжево-баровых отложений.

Формирование клиноформного комплекса хорошо объясняется с позиций эвстатических колебаний уровня Западно-Сибирского моря. Для неокомского разреза построены качественные трансгрессивно-регрессивные кривые, отражающие полувековые (полуярусные) и моментные (зональные) временные срезы [11]. Следы трансгрессивно-регрессивных событий на этих кривых фиксируются последовательным чередованием глинистых пачек с песчаными пластами (рисунок 2). Интерпретация трансгрессивно-регрессивных кривых, выполненная с позиций циклического анализа, позволила выявить в нижнемеловых отложениях системные тракты низкого стояния (LST), трансгрессивные тракты (TST) и тракты высокого стояния (HST) и обосновать механизм осадконакопления в неокомском бассейне.

Рисунок 2. Кривая относительного изменения уровня неокомского моря в пределах Западно-Сибирского бассейна [11]

Согласно существующим представлениям, трансгрессивный подъем уровня моря приводил к углублению области шельфа и значительному ее расширению за счет сокращения площади прилегающей аллювиально-аккумулятивной равнины и прибрежной зоны. Затопление континента, связанное с подъемом уровня моря, приводило к значительному сокращению площади области размыва и к пропорциональному уменьшению объема обломочного материала, поступающего в осадочный бассейн. В результате происходила резкая смена условий седиментации, которая сопровождалась перемещением депоцентов осадконакопления и фациальных зон. Так, область лавинной седиментации перемещалась в результате подъема уровня моря с бровки шельфового уступа в сторону континента, формируя новую шельфовую террасу и аккумулятивный шельфовый уступ, а ранее образованные шельфовые песчаные отложения перекрывались глинистыми осадками. При регрессивном падении уровня моря, наоборот, происходило смещение депоцентов осадконакопления в сторону моря и активное формирование песчаных тел бокового наращивания и синхронных им гравитационно-оползневых отложений. В ходе регрессии морского бассейна сформировался типовой фациальный профиль, представленный вблизи источников сноса (на востоке) континентальными, далее прибрежно-морскими, мелководно-морскими и относительно глубоководными образованиями.

Колебания уровня неокомского моря отражены в разрезе чередованием пластов песчаников и глин. Образовавшиеся во время регрессивных циклов песчаные пласты при последующих трансгрессиях перекрывались латерально выдержанными низкоомными глинистыми пачками. В процессе формирования клиноформ происходило возрастное скольжение глинистых и песчаных отложений с востока на запад.

Берриас-валанжинский бассейн на востоке рассматриваемой территории был представлен регрессирующим мелеющим водоемом, в котором на выровненной поверхности морского дна начинают накапливаться терригенные продуктивные отложения пластов группы БП/БС. Пластовые тела образуют генетически единый, циклично построенный комплекс мелеющих парасиквенсов предфронтальной зоны пляжа, маркирующий начало крупного регрессивного цикла развития раннемелового бассейна (рисунок 3).

1 — фация глинисто-алеврито-песчаных отложений предфронтальной зоны пляжа

Рисунок 3. Фациальный профиль по линии скважин 8г — 17г нижних пластов группы БС

На профиле (рисунок 3) хорошо видны регрессивные циклиты, разделенные глинистыми прослоями, маркирующими эпизоды максимального поднятия уровня моря.

В строении элементарного регрессивного циклита, по данным послойного описания керн скважин, отчетливо проявилась характерная смена литотипов в вертикальном разрезе. Нижние части циклитов сложены аргиллитами с тонкой горизонтальной слоистостью и следами биотурбации. Выше по разрезу аргиллиты чередуются с алевритами сильно глинистыми, содержащими многочисленные включения углефицированного растительного детрита. Слоистость неясно-горизонтальная, неясно-волнистая или линзовидно-волнистая, часто нарушенная процессами биотурбации и взмучивания осадка. Иногда отмечаются тонкие прослойки ракушечного детрита. Завершается разрез элементарного циклита песчаниками мелкозернистыми, алевритистыми, слабоизвестковистыми, неясно-волнистослоистыми, разнонаправлено-косослоистыми с интракластами глинистого материала. Отмечаются редкие следы жизнедеятельности организмов, текстуры взмучивания и оползания нелитифицированного осадка. По вертикали песчаные циклиты разделены глинистыми отложениями, маркирующими эпизоды максимального поднятия уровня моря.

В пределах циклитов с востока на запад отмечается уменьшение мощности песчаных и возрастание толщины глинистых отложений. Это связано с постепенным углублением бассейна в западном направлении, удалением источников питания и недокомпенсированностью песчаными осадками дистальной области предфронтальной зоны пляжа. В этом же направлении снижается песчаность и ухудшаются коллекторские свойства, происходит

замещение песчаных отложений алевритистыми глинами и чистыми глинистыми отложениями — продуктами фоновой седиментации открытого морского бассейна.

В *готериве-барреме* продолжается отступление моря на запад. Регрессия обусловила значительное обмеление морского бассейна и выполаживание его мегарельефа. На востоке рассматриваемой территории возникла прибрежная равнина, обрамляющая расположенный на западе мелководно-морской бассейн. Прибрежная равнина протягивалась меридиональной полосой, несколько расширяясь в северном направлении. Она дренировалась хорошо развитой сетью речных водотоков, разгружающихся в прибрежной зоне с образованием дельтовых конусов выноса. На значительной площади прибрежной равнины формируются песчаные пласты и разделяющие их глинистые пачки.

Песчаные пласты сочетают в себе продукты двух субфаций фронта дельты: 1) отложения устьевых баров, 2) отложения распределительных дельтовых каналов (рисунок 4).

Отложения субфации устьевых баров фронта дельты обладают отчетливым регрессивным строением с постепенным укрупнением обломочного материала вверх по разрезу устьевых баров. Для них характерна повторяющаяся седиментационная цикличность регрессивного типа, свойственная отложениям фронта выдвигавшейся дельты. Судя по мощности песчаных циклитов, глубина морского побережья в области разгрузки рек на период формирования пластов не превышала 10–15 м.

Морфология кривых ПС, ГК имеет типовую воронковидную форму с максимальными величинами отрицательных значений в кровле пласта, что указывает на постепенное огрубление обломочного материала, обмеление

1–2 — субфации: 1 — распределительных дельтовых каналов, 2 — устьевых баров

Рисунок 4. Фациальный профиль по линии скважин 112г — 425г верхних пластов группы БС

области осадконакопления и возрастание гидродинамической активности бассейновых вод к концу регрессивного седиментационного цикла. В кровле песчаные отложения резко граничат с перекрывающими их глинистыми отложениями, в подошве они постепенно переходят через алевролиты в подстилающие глинистые породы.

Отложения субфации распределительных дельтовых каналов характеризуются колоколовидными и цилиндрическими формами кривых ПС, ГК, высокой минералогической зрелостью и увеличенной мощностью. Подошвенная линия аномалий ПС и ГК имеет субгоризонтальное положение и указывает на резкий, возможно эрозионный контакт с подстилающими отложениями. Песчаники с цилиндрическими формами ПС и ГК развиты в основном в нижней части разреза. Они обладают повышенной мощностью и гранулометрической однородностью. Их отложение происходило в спрямленных участках дельтовых каналов и связано с формированием стрежневой отмели стационарными волокущими течениями высокого гидродинамического уровня.

Колоколовидные формы кривых ПС и ГК демонстрирующие гранулометрический профиль с утонением материала снизу вверх, обычно свойственны меандрирующим каналам, для которых характерно постепенное снижение энергетического уровня потоков в

процессе осадконакопления. Такие условия возникают у внутренних изгибов меандров, где в режиме переменчивой гидродинамики последовательно накапливаются различные гранулометрические типы осадков — от грубозернистых внизу, до тонкозернистых вверху.

Морфологические элементы дельтового комплекса хорошо выделяются на картах песчаности, из которых следует, что береговая линия бассейна имела субмеридиональную ориентировку, а обломочный материал поступал с расположенной на востоке суши по распределительным дельтовым каналам субширотной ориентировки (рисунок 5).

В конце *неокома*, судя по материалам палеогеографических реконструкций, бассейн испытывал устойчивое регрессивное развитие, в результате которого в восточной его части возникла обширная аллювиальная равнина. Реликтовый морской водоем сохранялся только на западе, где накапливались однородные, слабо битуминозные глинистые отложения.

В конце *апта* отмечается значительное сокращение площади морского бассейна, испытывавшего регрессию в северо-восточном направлении. На востоке продолжает существовать прибрежная равнина, площадь которой несколько сократилась по сравнению с ранним аптом. На юге и в центре располагалась дальняя зона побережья, в которой осадконакопление протекало в условиях частой смены

режима морского мелководья, опресненных лагун, озер, болот и речных дельт. Накапливались глинистые и песчаные отложения пластов группы ПК покурской свиты.

Ранне-альбская регрессия в западной тектонически-активной зоне привела к обмелению существовавшего ранее морского бассейна, в восточной части которого продолжали накапливаться песчаные и глинистые отложения покурской свиты, соответствующие фациям аккумулятивно-низменной равнины. Существенное развитие получили речные системы, формирующие линейные тела сероцветных песчаников с примесью гравийного материала. Породы насыщены растительным детритом, содержат пропластки бурых углей, обломки ископаемой древесины, стяжения сидерита. Длительное существование на востоке субконтинентальной обстановки способствовало выравниванию рельефа на значительной площади и формированию аккумулятивно-низменной равнины с вырабо-

танным базисом эрозии и весьма слабым градиентом речного стока.

Пласты группы ПК содержат характерные признаки аллювиальных условий седиментации: обильный наземный растительный детрит, прослой углей, косую и пологоволнистую потоковую слоистость, тонкую горизонтальную слоистость пойменного типа, базальные отложения в основании песчаных серий (окатыши глинистых пород). Кроме того, отмечается типичная для флювиальных обстановок седиментационная цикличность с характерными формами кривых на графиках гамма-каротажа и самопроизвольной поляризации. Все эти признаки свидетельствуют о доминирующей роли континентальной седиментации и фациальной обстановке аллювиальной равнины, образовавшейся в период апт-альбской регрессии неокомского седиментационного бассейна. Интенсивное падение уровня регрессирующего моря сопровождалось смещением береговой линии далеко к за-

Стрелками показано предполагаемое направление транспортировки терригенного материала распределительными дельтовыми каналами

Рисунок 5. Карта песчанистости пласта дельтового комплекса

паду и образованием в восточном обрамлении мелеющего бассейна обширной области аккумулятивной равнины, дренируемой многочисленными речными системами. Понижение базиса эрозии в связи с регрессией моря способствовало активизации речного стока, выдвиганию русловых водотоков в сторону открытого бассейна и интенсивному поступлению обломочного материала с прилегающей суши в область прибрежной равнины.

Начавшаяся в апте регрессия достигла своего максимума в раннеальбское время, что привело к дальнейшему сокращению площади морского бассейна, его деградации и превращению в изолированное и опресненное мелководное море-озеро. По сравнению с барремским веком, в раннем альбе площадь низмен-

ной аккумулятивной равнины значительно расширилась, образовалась разветвленная сеть полноводных речных каналов, обладающих повышенным потенциалом осадконакопления. Как следствие, песчаные отложения покурской свиты приобрели повышенную мощность.

Отложения покурской свиты представлены двумя фациальными типами разрезов: 1) русловым и 2) пойменным (рисунок 6).

Песчаники *русловой фации* являются доминирующим типом отложений, охватывающим большую часть продуктивных пластов группы ПК. Песчаный материал гранулометрически однороден, что подчеркивает стабильную гидродинамику среды осадконакопления в течение всего времени накопления канальных отложений. Соответственно,

1–2 — фации аллювиальной равнины: 1 — речных каналов, 2 — песков пойменных разливов

Рисунок 6. Фациальный профиль по линии скважин 103r–438r пластов группы ПК

электрометрическая модель характеризуется высокоамплитудной цилиндрической формой аномалии ПС с резкими границами в основании и кровле песчаных тел. Песчаники обычно мелко-среднезернистые с характерными косослоистыми и полого-волнистыми текстурами, подчеркнутыми намывами крупного растительного детрита. В основании некоторых песчаных тел встречаются глинистые окатыши, указывающие на внутриформационный размыв подстилающих пойменных отложений, вызванный периодическим активным врезанием речных каналов. Этот тип отложений соответствует спрямленным участкам русловых каналов с устойчивым и относительно высоким динамическим режимом осадконакопления.

В вертикальном сечении каналные песчаные тела неоднородны. При мощности в несколько десятков метров, они состоят из многочисленных (4–7) вертикально аккрецированных песчаных серий мощностью от 3 до 8–10 м. Каждая песчаная серия с изменчивым гранулометрическим составом отвечает отдельному циклу формирования речного канала в ходе его миграции по аллювиальной равнине. Именно механизмом латеральной миграции речных каналов можно объяснить покровообразный характер песчаных отложений рассматриваемых пластов, объединенных в каналный пояс повышенной мощности.

Судя по характеру контактов между циклитами, формирование повторяющихся последовательностей в песчаных пластах происходило при миграции русел по аллювиальной равнине со скоростью, превышающей скорость ее прогибания. При этом каждый последующий песчаный цикл непосредственно накладывался на предыдущий путем частичной эрозии, образуя аллювиальный покров с внутренними контактами типа «песчаник — песчаник». Мелкозернистые пойменные осадки, отложенные в каждом предыдущем цикле, в значительной мере эродировались и замещались песчаными отложениями мигрирующих русел последующих циклов, что объясняет весьма слабое развитие поймы в составе пластов группы ПК.

Пойменные отложения представлены неравномерным чередованием алевритистых аргиллитов, мелкозернистых алевролитов и мелкозернистых песчаников с линзовидными и пологоволнистыми текстурами, подчеркнутыми намывами растительного детрита и

слюды. Породы образуют латерально ограниченные и литологически невыдержанные пластовые и линзовидные песчано-алевритовые тела мощностью 1–3 м с повышенной примесью глинистого материала. Эти тела, образованные в паводковые эпизоды при прорыве береговых валов, переслаиваются с пойменными глинами и образуют стратифицированные пачки, разделяющие песчаные отложения русловой фации.

Таким образом, продуктивные пласты группы ПК по своей природе являются типично флювиальными, приуроченными к многочисленным руслам, дренирующим аллювиальную равнину. Судя по повышенным мощностям отложений, эти русла были переполнены кластическим материалом и обладали высоким расходом воды. В ходе своего развития русла испытывали расхождение, схождение и взаимное наложение в пространстве с образованием обширных песчаных покровов. Доля тонкозернистых пойменных алевролитов и глин в составе этих отложений невелика, для них характерно высокое отношение песок/глина.

Верхнемеловой трансгрессивный макроцикл. Туронский век ознаменовался крупнейшей в мелу трансгрессией и установлением нормально морского режима на большей части плиты. На значительной территории образовались тонкоплитчатые серые и зеленовато-серые морские глины кузнецовской свиты, содержащие в различных количествах глауконит и аутигенный пирит. Туронская трансгрессия перекрыла расположенную на востоке сеноманскую аккумулятивно-низменную равнину и способствовала широкомаштабному отложению морских глин, надежно запечатавших, продуктивные песчаные пласты подстилающих отложений.

Выводы

1. Состав и строение юрско-меловых отложений весьма неоднородны, что связано с разнообразием палеообстановок, в которых происходило их формирование.

2. В келловее-оксфорде на большей части рассматриваемой территории располагался мелководный морской бассейн. Осадконакопление происходило преимущественно в обстановках сублиторали, пляжа и дельты. Нефтегазоносные породы представляют собой комплекс проградационного наращивания и имеют циклическое строение с прогрессивно-регрессивной направленностью изме-

нения гранулометрического состава от глин (аргиллитов) в основании до песчаников в верхней части.

3. Нижнемеловой регрессивный цикл развития бассейна характеризовался последовательным сокращением площади морской акватории и сменой в восточном направлении некомпенсированных турбидитных отложений, мелководно-морскими, прибрежно-морскими, дельтовыми и аллювиальными фациальными обстановками с характерными природными резервуарами неструктурного типа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обстановки осадконакопления и фации. М.: Мир, 1990. 352 с.
2. Рейнек Г.-Э., Сингх И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления (с рассмотрением терригенных кластических осадков). М.: Недра, 1981. 439 с.
3. Гурари Ф.Г., Девятков В.П., Демин В.И. и др. Геологическое строение и нефтегазоносность нижней-средней юры Западно-Сибирской провинции. Новосибирск: Наука, 2005. 156 с.
4. Конторович А.Э., Конторович В.А., Рыжкова С.В. и др. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском периоде // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 8. С. 972–1012.
5. Нестеров И.И. Атлас литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1976. 85 с.
6. Захаров В.А., Шурыгин Б.Н., Левчук М.А. и др. Эвстатические сигналы в юрских и нижнемеловых (неокомских) отложениях Западно-Сибирского осадочного бассейна // Геология и геофизика. 1998. Т. 39, № 11. С. 1492–1504.
7. Чжан Ц., Рыкус М.В. О влиянии геологической неоднородности устьевых баров на гидродинамику коллектора месторождения Красный Лес (КНР) // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. № 1. С. 33–46.
8. Рыкус М.В., Рыкус Н.Г. Седиментология терригенных резервуаров углеводородов. Уфа: Мир печати, 2014. 324 с.
9. Кародин Ю.Н., Гайдебурова Е.А. Системные исследования слоевых ассоциаций нефтегазоносных бассейнов (по комплексу промыслово-геофизических данных). Новосибирск: Наука, 1985. 112 с.
10. Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Девятков В.П. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2000. 480 с.
11. Волож Ю.А., Леонов Ю.Г. Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция. М.: Научный мир, 2004. 526 с.

4. Песчаные породы-коллекторы формировались в периоды относительно кратковременных регрессий, прерывающих общую юрско-меловую трансгрессивную направленность развития Западно-Сибирского бассейна.

5. Продуктивные песчаные отложения имеют полифациальное строение, их промысловые свойства всецело определяются обстановками осадконакопления. Для эффективного поиска углеводородов в таких природных резервуарах, а также определения направления и стратегии поисково-разведочных работ, рекомендуется применение системного литолого-генетического анализа.

REFERENCES

1. *Obstanovki osadkonakopleniya i fatsii* [Sedimentary Environments and Facies]. Moscow, Mir Publ., 1990. 352 p. [in Russian].
2. Reineck G.-E., Singh I.B. *Obstanovki terrigenogo osadkonakopleniya (s rassmotreniem terrigennikh klasticheskikh osadkov)*. [Depositional Sedimentary Environments with Reference to Terrigenous Clastics]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 439 p. [in Russian].
3. Gurary F.G., Devyatov V.P., Demin V.I. and etc. *Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost, nizney-sredney yuri Zapadno-Sibirskoy provintsii* [Geological Structure and Oil and Gas Presence of The Lower-Medium Jura of the Western-Siberian Province]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2005. 156 p. [in Russian].
4. Kontorovich A.E., Kontorovich V.A., Ryzhkova S.V. e.a. *Paleogeografiya Zapadno-Sibirskogo osadochnogo basseina v yurskom periode* [Jurassic Paleogeography of the West Siberian Sedimentary Basin]. *Geologiya i geofizika — Geology and Geophysics*, 2013, Vol. 54, No. 8, pp. 972–1012. [in Russian].
5. Nesterov I.I. *Atlas litologo-paleogeograficheskikh kart yurskogo i melovogo periodov Zapadno-Sibirskoy ravnini* [Atlas of Lithological Paleogeographic Maps of the Jurassic and Cretaceous Periods of the West Siberian Plain]. Tyumen, ZapSibNIGNI Publ., 1976. 85 p. [in Russian].
6. Zakharov V.A., Shurygin B.N., Levchuk M.A. e.a. *Evstatische signal v yurskikh i nizhnemelovykh (neokomskikh) otlozheniyakh Zapadno-Sibirskogo osadochnogo basseina* [Eustatic Signals in the Jurassic and Lower Cretaceous (Neocomian) Deposits of the West Siberian Sedimentary Basin]. *Geologiya i geofizika — Russian Geology and Geophysics*, 1998, Vol. 39, No. 11, pp. 1492–1504. [in Russian].
7. Czhan C., Rykus M.V. *O vliyaniy geologicheskoy neodnorodnosti ustyevogo bara na gidrodinamiku collectora mestorozdeniya Krasniy Les (KNR)* [About the Influence of Geological Heterogeneity of Mouth Bar on the Hydrodynamics of Thereservoir Rock of Red Forest Field (China)]. *Elektronniy nauchniy zhurnal «Neftegazovoe delo» — Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2015, No. 1, pp. 33–46. [in Russian].

8. Rykus M.V., Rykus N.G. *Sedimentologiya terrigennykh rezervuarov uglevodorodov* [Sedimentology of Terrigenous Hydrocarbon Reservoirs]. Ufa, Mir pechati Publ., 2014. 324 p. [in Russian].

9. Karogodin Yu. N., Gaydeburova E.A. *Sistemnye issledovaniya sloevih associacij neftegazonosnih basseynov (po kompleksu promislovo-geofizicheskikh dannih)* [System Studies of Oil and Gas Reservoir Associations (by a Complex of Geophysical Data)]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1985. 112 p. [in Russian].

10. Shurigin B.N., Nikitenko B.L., Devyatov V.P. *e. a. Stratigrafiya neftegazonosnih basseynov Sibiry. Yurskaya Sistema* [Stratigraphy of Siberian Oil and Gas Basins. Jurassic System]. Novosibirsk, SO RAN filial «GEO» Publ., 2000. 480 p. [in Russian].

11. Voloz Yu. A., Leonov Yu.G. *Osadochnie basseyni: metodika izucheniya, stroenie i evolyuciya* [Sedimentary Basins: Methods of Study, Structure and Evolution]. Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2004. 526 p. [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

ABOUT THE AUTHOR

Рыкус Михаил Васильевич, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений», УГНТУ, эксперт Бюро старших экспертов, ООО «РН-УфаНИПИнефть», г. Уфа, Российская Федерация

Mikhail V. Rykus, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Assistant Professor of Geology and Oil and Gas Field Exploration Department, USPTU, Expert, Bureau of Senior Experts, RN-UfaNIPIneft LLC, Ufa, Russian Federation

e-mail: rykusmihail@mail.ru