

УДК 552.578.061.4:551.762(571.56)

Жукова Е.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (МГУ им. М.В. Ломоносова), Москва, Россия, zh_e00@bk.ru

ЦИКЛЫ ЮРСКОЙ СЕДИМЕНТАЦИИ И ФОРМИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ВИЛЮЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

По данным литофациального анализа рассмотрены циклы юрского осадконакопления, а также формирование природных резервуаров и прогноз их распространения в пределах Вилюйской синеклизы.

Ключевые слова: циклы седиментации, юрские природные резервуары, обстановки осадконакопления, литофации, Вилюйская синеклиза.

Газоносные терригенные юрские отложения Вилюйской синеклизы, суммарной толщиной до 1500 м, содержат залежи газа, которые были открыты в антиклинальных ловушках в 60-е гг. XX века. Месторождения приурочены преимущественно к Хапчагайскому и Логлорскому валам.

На современном этапе для расширения сырьевой базы этого региона необходимо выявление неантиклинальных ловушек, в связи с чем был проведен литофациальный анализ юрской толщи. Изучался керн скважин, был выполнен анализ цикличности отложений и выявлены их генетические признаки, с целью определения их формирования и распространения по площади. Кроме того, были обобщены фондовые и опубликованные данные [Гриненко, Князев, Девятов, 2007; Сластенов, 1994; Князев, Девятов, Шурыгин, 1991; Шурыгин, Никитенко, Девятов, 2000, 2011].

В юрской толще снизу вверх выделены сунтарский ($J_{1gt-t} - J_{2a1}$), марыкчанский ($J_{2a2} - J_{3ox}$) и бергеинский природные резервуары (табл. 1).

Рассмотрены четыре комплекса отложений: I - геттанг-плинсбаха, II - тоар-нижнего аалена, III - верхнего аалена - среднего бата и IV – верхнего бата - титона. В них выявлены аллювиальные, дельтовые и морские отложения.

Согласно современным представлениям осадочный материал в мезозойские прогибы Вилюйской синеклизы поставляла с южной окраины Сибири речная система палео-Лены [Гриненко, Князев, Девятов, 2007]. Преимущественно терригенный материал, переносимый реками, разгружаясь постепенно по пути следования в их долинах и дельтах, в конечном итоге поступал в море, находившееся на востоке территории исследования.

Таблица 1

Юрские природные резервуары Вилюйской синеклизы

Отделы юрской системы	Циклы седиментации	Свита	Продуктивные пласты	Резервуары	Месторождения								
					Нижне-тюяньское	Средне-Вилюйское	Толонское	Мастахское	Соболох-Нежелтинское	Бадаранское	Нижневилюйское	Усть-Вилюйское	
Верхний	Второй	Бергеинская	J ₃ -A ₁	Бергеинский (J3km-t)							700		1130
		Марыкчанская	J ₃ -I				950						
Нижневилюйская		J ₃ -II	Марыкчанский (J2-a2-J3ox)										
Якутская		J ₂ -I											
Средний	Первый	Сунтарская		Сунтарский (J1gt-J2a1)									
		Кызылсырская	J ₁ -I		1275	1430-1500*		1740-1850*	1500-1680*		2400	700-1800	
			J ₁ -II					1590			1850-1900		
	J ₁ -III								2011-2250				

	газовые залежи;
	газоконденсатные залежи и проявления;
*	нефтяная оторочка.

Первый цикл – трансгрессивный начался в геттангское время, а завершился в раннем аалене. На ранней стадии цикла в геттанге-плинсбах на юго-западе территории накапливались маломощные аллювиальные отложения глинисто-песчано-гравийного состава, охарактеризованные в разрезах бассейна р. Вилюй (рис. 1А). В нижней части разреза (39 м) залегают конгломераты, перекрытые сероцветными песчаниками различных гранулометрических типов, расслоенные алевролитами и аргиллитами. Отложения содержат включения углефицированного растительного детрита и конкреции пирита. Верхняя часть (19 м) представлена внизу песчаниками гравелистыми (1,6 м). Выше залегают глины темно-серые и серые с включениями карбонатных конкреций [Шурыгин, Никитенко, Девятов, 2000].

В восточном направлении охарактеризованные отложения замещались алевролитово-глинисто-песчаными накоплениями палеодельтовой системы, в пределах которой выделены субаэральная и субаквальная части. Субаэральная часть дельты охарактеризована в разрезе скважины Быраканская-3. Это песчаники серые и светло-серые, преимущественно среднезернистые, средней крепости. В верхней части разреза среди песчаников появляются алевролиты и аргиллиты тонкослоистые.

Субаквальная дельта, охарактеризованная алевро-глинисто-песчаной и глинисто-алевро-песчаной литофациями толщиной 200-440 м, располагалась в пределах верхней части подводного берегового палеосклона. Здесь формировались подводные конусы выноса алевро-глинисто-песчаной литофации (скв. Средне-Вилюйская-19, Уорангская-120, Усть-Вилюйская площадь).

На площади Средневилюйского газоконденсатного месторождения алевро-глинисто-песчаная литофация представлена песчаниками мелко-среднезернистыми, светло-серыми с прослоями серых алевролитов глинистых и аргиллитов. В породах отмечены многочисленные включения пирита, углефицированного растительного детрита (рис. 2). Для песчаников и алевролитов характерны знаки ряби течения, косослоистая параллельная и косоволнистая текстура, иногда осложненная следами ходов илоедов.

Породы-коллекторы Средневилюйского и Мастахского месторождений содержат пластово-сводовые газоконденсатные залежи. Открытая пористость (P_{om}) коллекторов - 17–26,5%, коэффициент проницаемости (K_{np}) – 46–406 мД, дебит углеводородов составляет 60–283 тыс. м³/сут. На Соболах-Неджелинском месторождении открыты три газовые залежи с дебитом 155–476 тыс. м³/сут.

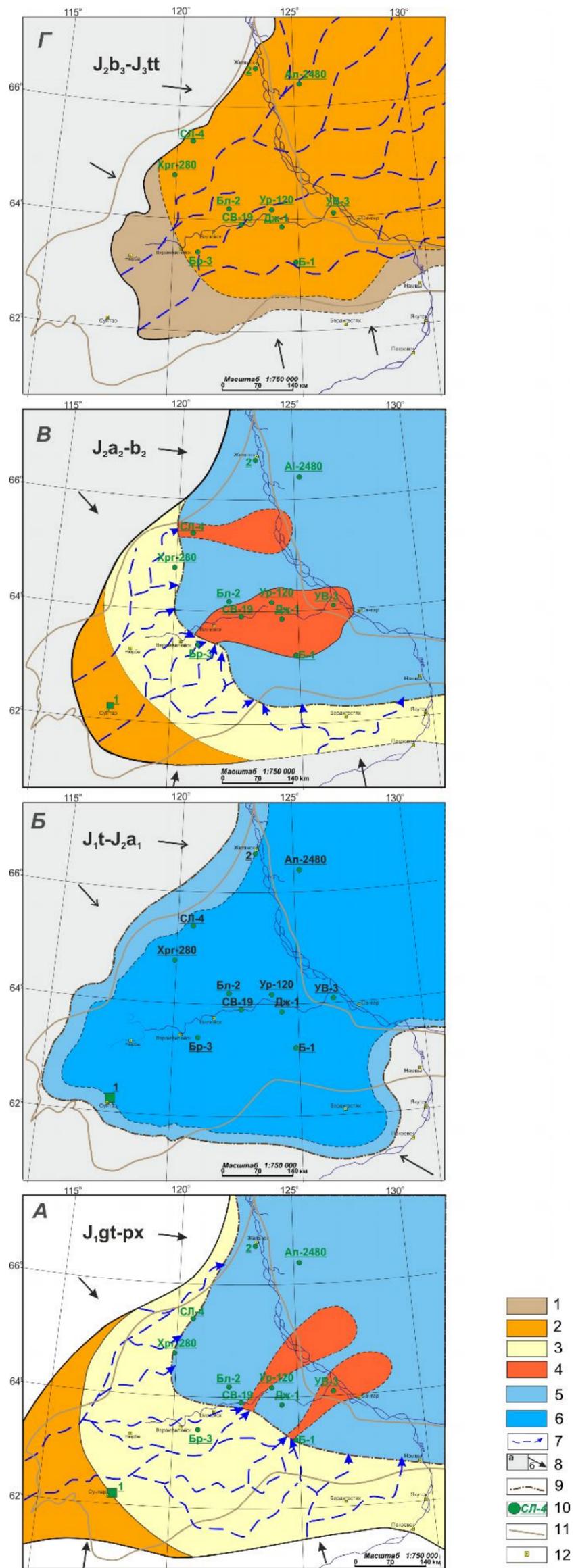


Рис. 1. Схемы обстановок седиментации юрского времени

(А – геттанг-плинсбах, Б – тоар-раннего аалена, В – позднего аалена – бата, Г – позднего бата - титона.

1-6 – обстановки седиментации (1 - нерасчлененная континентальная, 2 - аллювиальная, 3 – дельтовая, 4 – подводных дельтовых конусов, 5 – подводных береговых склонов, 6 - sublittoral); 7 – реки предполагаемые; 8 – область размыва (а) и направление сноса материала (б); 9 – береговая линия; 10 - опорные разрезы (скважины: СЛ – Северо-Линденская, АЛ- Алысардахская, Хрг- Хоргоучумская, УВ – Усть-Вилуйская, Бл – Балагачинская, УР – Уорангская, Дж – Джикимдинская, Бр-Быраканская, СД – Средне-Вилуйская, Б- Байская; обнажения: 1 – обнажение реки Вилуй, 2 – сводный разрез по Жиганскому району); 11 – граница Вилуйской синеклизы; 12 - населенные пункты.

Глинисто-алеврито-песчаная литофация субаквальной дельты выделена южнее и севернее зоны алеврито-глинисто-песчаных накоплений в скв. Байская-1, Северо-Линденская-4 и Хоргочумская-248. В скв. Северо-Линденская-4 эта литофация (192 м) представлена песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Песчаники светло-серые, иногда с голубоватым оттенком мелкозернистые, средне- и крупнозернистые, нередко карбонатизированные. Их текстура в нижней части разреза косослоистая, выше – горизонтально-волнистая. Алевролиты темно-серые мелкозернистые, с включениями пирита и углефицированного растительного детрита. Аргиллиты алевритистые темно-серые образуют редкие прослои, содержат мелкие линзы и пропластки углисто-слюдяного материала.

В скв. Хоргочумская-280 глинисто-алеврито-песчаная литофация (144 м) представлена переслаиванием двух разностей песчаников – серыми мелко- и среднезернистыми слабощементированными, издающими слабый запах УВ, и светло-серыми средне- и крупнозернистыми с косоволнистой текстурой, подчеркнутой редкими слойками аргиллитов и алевролитов. К плоскостям напластования приурочены трещины, ориентированные под углом 7–8°, и многочисленные пиритовые конкреции.

На мелководье вне зоны действия дельты состав отложений варьирует от алеврито-глинисто-песчаного до песчано-алеврито-глинистого (скважина Алысардахская-2480, сводная по Жиганскому району).

Наибольший интерес вызывают алеврито-песчаные и алеврито-глинисто-песчаные отложения толщиной 190-550 м, формировавшиеся в подводных конусах выноса дельт [Карнюшина, Жукова, 2012]. Продуктивные пласты этих отложений разрабатываются на Средне-Вилуйском, Соболах-Неджелинском, Нижне-Вилуйском и Усть-Вилуйском месторождениях, где притоки газа достигают 936 тыс. м³/сут.

Поздняя стадия цикла наступила в тоар-раннем аалене, когда произошла трансгрессия моря с северо-востока (рис. 1Б). Накопления этого возраста имеют выдержанную толщину (40-100 м), представлены мелководными отложениями в прибортовых частях Вилуйской синеклизы и относительно глубоководными алевро-глинистыми и глинистыми разностями на остальной части этой территории [Карнюшина, Жукова, 2012]. Эти отложения выделены в сунтарскую свиту, которая является региональным флюидоупором для залежей углеводородов.

Второй цикл – регрессивный начался в позднем аалене, а завершился в оксфорд-титонское время. На ранней стадии этого цикла (поздний аален-средний бат) в результате

регрессии моря глинистые отложения (сунтарская свита) сменились на юго-западе территории континентальными алевро-песчаными и глинисто-алевро-песчаными аллювиальными и дельтовыми образованиями (рис. 1В). Эти отложения продуктивны на Средне-Вилуйском месторождении.

Зона аллювиальной седиментации выделена на юго-западном борту Вилуйской синеклизы, охарактеризована глинисто-алевролитово-песчаной литофацией, которая и описана в разрезе р. Вилуей видимой толщиной 14 м. Это песчаники светло-серые и серые с подчиненными прослоями аргиллитов и алевролитов серых и зеленовато-серых [Шурыгин, Никитенко, Девятков, 2000].

Дельтовые обстановки седиментации сменяли аллювиальные по направлению с юго-запада на северо-восток. Они охарактеризованы в скв. Быраканская-3 и Хоргочумская-280. Здесь описаны алеврито-глинисто-песчаная и углисто-глинисто-песчано-алевритовая литофации соответственно.

Так, в скв. Быраканская-3 в разрезе мощностью 327 м выделена алеврито-глинисто-песчаная литофация с включением углистого материала. Она представлена песчаниками серыми, в основном мелкозернистыми, в верхней и нижней частях разреза горизонтальнослоистыми, с прослоями серых алевролитов и аргиллитов, с включениями обособлений пирита.

На севере, в разрезе скв. Хоргочумская-280 по данным ГИС выделена углисто-глинисто-песчано-алевритовая литофация, мощностью 188 м.

Подводный дельтовый конус выноса охарактеризован алеврито-песчаными, алеврито-глинисто-песчаными и глинисто-алевролитово-песчаными литофациями.

В разрезе скв. Средне-Вилуйская-19 описана алевролитово-песчаная литофация мощностью 151 м. Это алеврито-песчаные ритмиты и алевролиты, содержащие примесь углефицированного растительного детрита и растительных остатков. Алевролиты крупнозернистые, горизонтально-волнистослоистые (рис. 2).

Глинисто-алевролитово-песчаные литофации выделены на юге и севере территории в разрезах скв. Байская-1 и Северо-Линденская-4. Это песчаники серые и светло-серые, средне-зернистые, косослоистые, с многочисленными включениями пирита, слабо известковистые, с прослоями алевролитов серых, плотных и темно-серых аргиллитов.

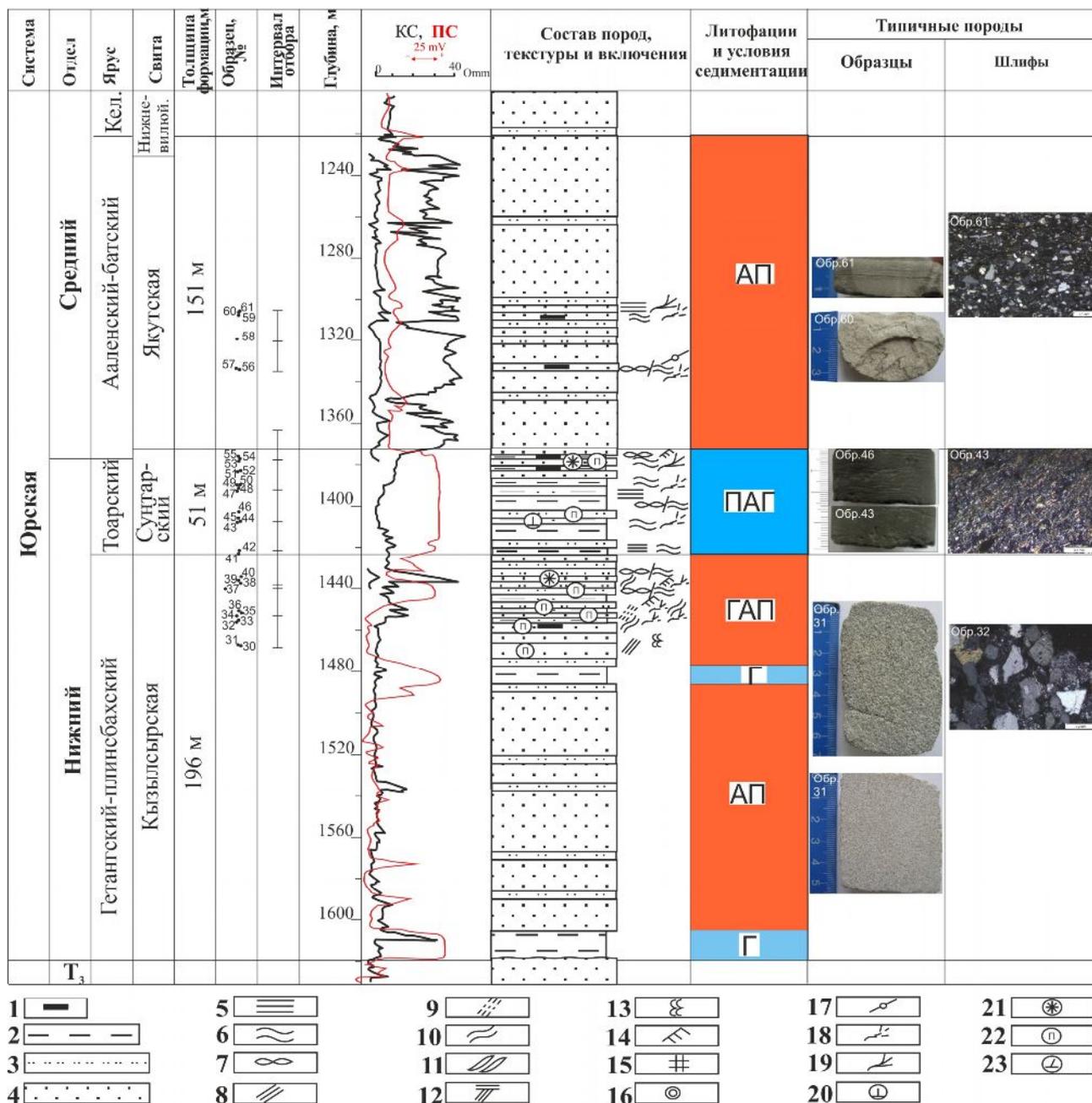


Рис. 2. Литологическая характеристика келловей-волжского ярусов, скв. Средневиллюйская-19
 1-4 – типы пород: (1 - угли, 2 – аргиллиты, 3 – алевролиты, 4 – песчаники); 5-12 – текстуры (горизонтальные: 5 – параллельная, 6 – волнистая, 7 - линзовидная; косослоистые: 8 - параллельная, 9 - неяснокосослоистая, 10 - волнистая, 11 - линзовидная, 12 – срезание косых серий, 13 - знаки ряби); 14-15 – деструкции (14 - биотурбирование, 15 - трещиноватость); 16-19 – включения (16 – интракласты глинистых пород, 17 - галька, 18 - углефицированные растительные остатки, 19 - углефицированный растительный детрит); 20-23 – минерализация (20 – карбонатизация, 21 – ожелезнение, 22 – пиритизация, 23 – сидеритизация).

Литофации: АП – алевролитово-песчаная, ПАГ – песчано-алевролитово-глинистая, ГАП – глинисто-алевролитово-песчаная, УГАП - углисто-глинисто-песчаная, Г – глинистая. Остальные условные обозначения см. на рис. 1.

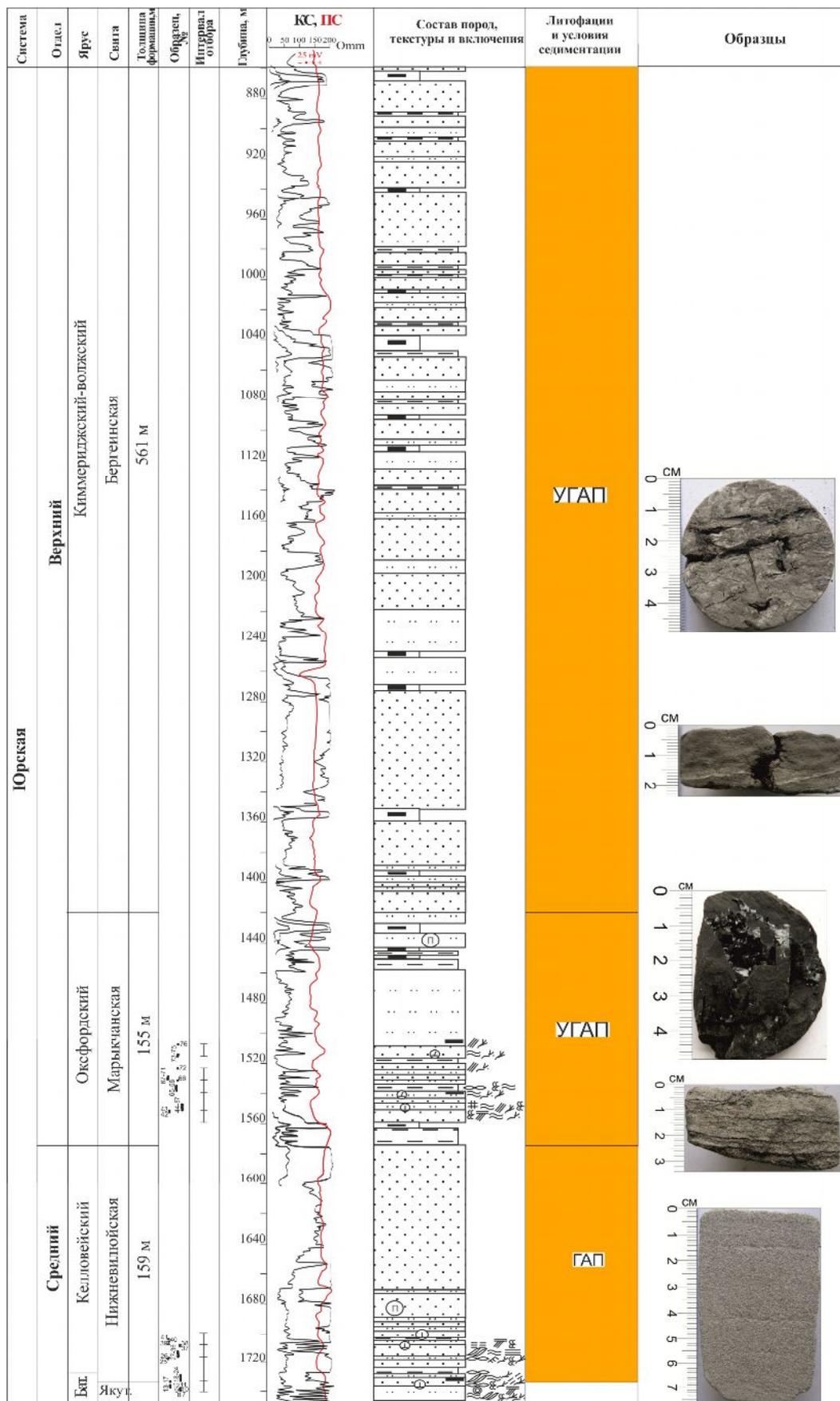


Рис. 3. Литологическая характеристика геттанг-батского ярусов, скв. Байская-1
Условные обозначение см. на рис. 1 и 2.

Мелководье охарактеризовано на северо-востоке в разрезе скв. Алысардахская-2480, где выделена глинисто-алеврито-песчаная литофация, мощностью 206 м. Это породы преимущественно песчано-алевритового состава, темно-серые, с зеркалами скольжения, с белым налетом и нитевидными прожилками кальцита.

Поздняя стадия цикла наступила в позднем бате-титоне. В это время продолжали накапливаться континентальные отложения. На юго-западном борту эти отложения не расчленены, на северо-востоке установлены аллювиальные накопления, представленные глинисто-алеврито-песчаной литофацией и распространенные в виде дугообразной полосы (скв. Алысардахская-2480, Северо-Линденская-4, Быраканская-3, Байская-1). Для литофации характерно наличие маломощных углистых пропластков. В центральной части территории выделены группы литофаций с преобладанием песчаников, с разной степенью угленасыщения, которая возрастает вверх по разрезу. Это свидетельствует о распространении обстановок седиментации благоприятных для торфообразования.

В разрезах этой зоны описаны типичные аллювиальные циклиты.

В скв. Байская-1 охарактеризованы снизу вверх глинисто-алеврито-песчаная и углисто-глинисто-алеврито-песчаная литофации (рис. 3). Первая имеет мощность 159 м. Это песчаники серые и светло-серые, средне-зернистые, участками тонкослоистые, пиритизированные, слабоизвестковистые с прослоями алевролитов серых, плотных и аргиллитов темно-серых с примесью углефицированного растительных остатков и детрита на плоскостях напластования. Текстуры пород косоволнистые, линзовидные.

Углисто-глинисто-алеврито-песчаная литофация (716 м) представлена переслаиванием песков серых, светло-серых, разномерных, среднесцементированных, алевролитов серых горизонтальнослоистых, участками пиритизированных, аргиллитов серых, иногда трещиноватых, каменных углей. В образцах отмечены многочисленные корневые системы, углефицированные растительные остатки и детрит (рис. 3).

Таким образом, на основании проведенных исследований, выделены алевролитово-песчаные аккумулятивные тела связанные как с дельтовой седиментацией, так и с локальными аллювиальными седиментационными телами в пределах погруженных участков бассейна осадконакопления (табл. 2).

Формирование природных резервуаров Виллюйской синеклизы связано с двумя циклами седиментации - трансгрессивным и регрессивным.

1 – в течение первого трансгрессивного цикла сформировался сунтарский природный резервуар, сложенный алевро-песчаными породами-коллекторами подводных конусов

выноса дельт, повсеместно перекрытыми региональным флюидоупором, который представлен морскими алевро-глинистыми и глинистыми отложениями сунтарской свиты;

Таблица 2

Характеристика юрских природных резервуаров Вилюйской синеклизы

Седиментационные тела и обстановки их образования	Природный резервуар	Распространение по площади	Площадь, км	Мощность общая/эф.	Пористость, %	Проницаемость, мД	Дебиты		Класс коллекторов по А.А. Ханину
							Газ, тыс. м ³ /сут	Конденсат	
Аллювиальные русла, прирусловые валы и отложения поймы с конусами прорыва в обстановке аллювиальной долины	Марыкчанский (нижневиллюйская, марыкчанская свиты-Ж3)	Средне-Вилюйская площадь (центральная часть)	0,7	100-320/до 20	17-28	100-1000	Н.д.	-	III
	Сунтарский (кызылсырская-Ж1)	Нижнетюкянская площадь (западная часть)	0,8	13,6	27	100-1000	256	-	I-III
Подводные рукава дельты в обстановке субаквальной дельты	Марыкчанский (якутская-Ж2)	Средне-Вилюйская площадь (центральная часть)	0,7	190-250	25-28	100-1000 и более	Н.д.	-	III
	Сунтарский (Ж1)	Средне-Вилюйская площадь (центральная часть)	0,7	26-39/14	17-26	608-1147	97-198	6,3	I-II
	Сунтарский (Ж1)	Соболох-Неджелинское (центральная часть)	3-7,6	32-198/13,5-23,5	13-20	25-500	45-476	11,9	I-III
	Сунтарский (Ж1)	Усть-Вилюйская площадь (восточная часть)	33	32-65/19-37	2-18	2-180	421,6-5900	16,2	I-III

2 – марыкчанский природный резервуар сформировался в результате второго (регрессивного) цикла седиментации. Он представлен локальными песчаными и алевропесчаными телами и неравномерно распространенными, невыдержанными покровками континентального генезиса.

Литература

Гриненко В.С., Князев В.Г., Девятков В.П., Шурыгин Б.Н., Меледина С.В., Никитенко Б.Л. и Дзюба О.С. Особенности юрского этапа формирования Восточно-Сибирского осадочного бассейна // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. – Ярославль. - 2007. - С. 46-48.

Карнюшина Е.Е., Жукова Е.В. Обстановки осадконакопления нижнеюрско-ааленского природного резервуара Вилюйской синеклизы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. - 2013. - № 1. - С. 35-42.

Князев В.Г., Девятков В.П., Шурыгин Б.Н. Стратиграфия и палеогеография ранней юры востока Сибирской платформы. – Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1991. - С. 100.

Девятков В.П., Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н. Палеогеография Сибири в Юрском периоде на этапах основных перестроек // Новости палеонтологии и стратиграфии. - 2011. - Вып. 16-17. - С. 87-101.

Сластенов Ю.Л. Стратиграфия мезозойских отложений Вилюйской синеклизы и Предверхооянского прогиба в связи с их нефтегазоносностью. – Диссертация на соискание степени доктора геолого-минералогических наук. - Санкт-Петербург. - 1994. - С. 330.

Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Девятков В.П., Ильина В.И., Меледина С.В., Гайдебурова Е.А., Дзюба О.С., Казаков А.М., Могучева Н.К. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. - Новосибирск: изд-во СО РАН, филиал «ГЕО». - 2000. - С. 480.

Zhukova E.V.

Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow, Russia, zh_e00@bk.ru

VILYUI SINECLISE - JURASSIC SEDIMENTATION CYCLES AND RESERVOIRS FORMATION

Jurassic sedimentation cycles, reservoirs formation mechanism and forecast of reservoirs distribution within Vilyui syncline are described on the basis of lithofacial analysis data.

Key words: *sedimentation cycles, Jurassic reservoirs, depositional environment, lithofacies, Vilyui syncline.*

References

Devyatov V.P., Nikitenko B.L., Shurygin B.N. *Paleogeografiya Sibiri v Yurskom periode na etapakh osnovnykh perestroek* [Paleogeography of Siberia in the Jurassic period on the stages of main changes]. *Novosti paleontologii i stratigrafii*, 2011, vol. 16-17, p. 87-101.

Grinenko V.S., Knyazev V.G., Devyatov V.P., Shurygin B.N., Meledina S.V., Nikitenko B.L. i Dzyuba O.S. *Osobennosti yurskogo etapa formirovaniya Vostochno-Sibirskogo osadochnogo basseyna* [Features of Jurassic formation phase of the East Siberian sedimentary basin]. *Yurskaya sistema Rossii: problemy stratigrafii i paleogeografii*. Yaroslavl', 2007, p. 46-48.

Karnyushina E.E., Zhukova E.V. *Obstanovki osadkonakopleniya nizhneyursko-aalenskogo prirodnogo rezervuara Vilyuyskoy sineklizy* [Depositional environment of the Lower Jurassic-Aalenian reservoir of Vilyui syncline]. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 4. Geologiya*, 2013, no. 1, p. 35-42.

Knyazev V.G., Devyatov V.P., Shurygin B.N. *Stratigrafiya i paleogeografiya ranney yury vostoka Sibirskoy platformy* [Stratigraphy and paleogeography of the Early Jurassic of the east of Siberian platform]. Yakutsk: YaNTs CO AN SSSR, 1991, p. 100.

Shurygin B.N., Nikitenko B.L., Devyatov V.P., Il'ina V.I., Meledina S.V., Gaydeburovva E.A., Dzyuba O.S., Kazakov A.M., Mogucheva N.K. *Stratigrafiya neftegazonosnykh basseynov Sibiri. Yurskaya sistema* [Stratigraphy of oil and gas basins of Siberia. Jurassic system]. Novosibirsk: SO RAN Publishing House, «GEO» branch, 2000, p. 480.

Slastenov Yu.L. *Stratigrafiya mezozoyskikh otlozheniy Vilyuyskoy sineklizy i Predverkhoyanskogo progiba v svyazi s ikh neftegazonosnost'yu* [Stratigraphy of Mesozoic deposits of Vilyui syncline and Predverkhoyansk trough due to their petroleum potential]. Dissertation for the degree of PhD in Geological and Mineralogical Sciences. – St. Petersburg, 1994, p. 330.

© Жукова Е.В., 2014