

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Дейк Л.П. Практический инжиниринг резервуаров. – М.: Институт компьютерных исследований, 2008. – 668 с.
2. Уолкотт Д.С. Разработка и управление месторождениями при заводнении. – М.: Юкос, 2001. – 144 с.
3. Ehlig-Economides C.A. Applications for Multiphase Compartmentalized Material Balance // University of Tulsa: Centennial Petroleum Engineering Symposium. – Tulsa, 1994. – V. 1. – P. 429–441.
4. Baker R.O. Reservoir management for waterfloods. P. II // Journal of Canadian Petroleum Technology. – 1998. – V. 37. – № 1. – P. 12–17.
5. Chapman L.R., Thomson R.R. Waterflood Surveillance in the Kuparuk River Unit with Computerized Pattern Analysis // Journal of Petroleum Technology. – 1989. – V. 41. – № 3. – P. 277–282.
6. Chugh S.H., Baker R.O. Revisiting reservoir flood-surveillance methods using streamlines // SPE Reservoir Evaluation & Engineering. – 2008. – V. 11. – № 2. – P. 387–394.

Поступила 17.04.2012 г.

УДК 551.762(571.1)

**СХЕМА ИНДЕКСАЦИИ ПРОДУКТИВНЫХ ПЕСЧАНЫХ ПЛАСТОВ ЮРЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ  
НА ОСНОВЕ ИНВЕРСИОННОЙ МОДЕЛИ ЦИКЛОГЕНЕЗА**

А.Л. Бейзель

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск  
E-mail: beiselal@ipgg.nsc.ru

*Разработана новая схема индексации песчаных продуктивных пластов, основанная на раздельном подходе к континентальным и морским разрезам. В аллювиальных циклах песчаные пласты базальные, а в морских – кровельные, регрессивные. Они не могут быть синхронными друг другу. В предлагаемой схеме вместо единой серии индексов вида Ю<sub>n</sub> представлены две колонки индексов: морские пласты обозначены буквой «м», а континентальные – «к», например: Ю<sub>м1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>к1</sub><sup>1</sup>. Для пластов неопределенной фациальной принадлежности и для циклов в целом остается индекс вида Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>. Пласты типа Ю<sub>2</sub><sup>2</sup> рассматриваются как непосредственное продолжение континентальных базальных пластов главной фазы активизации речного стока. Самый нижний пласт васюганского горизонта в морских фациях будет иметь индекс Ю<sub>м2</sub><sup>2</sup>, а синхронный ему континентальный – Ю<sub>к2</sub><sup>2</sup>.*

**Ключевые слова:**

Юра, Западная Сибирь, индексация пластов.

**Key words:**

Jurassic, Western Siberia, productivity layers indexing.

В нефтепромысловой геологии сложилась традиция индексировать продуктивные пласты, присваивая им цифровые и буквенные индексы. Это совершенно необходимая мера для работы с месторождениями на всех стадиях: от поисков и разведки до оценки запасов и промышленной эксплуатации. В настоящее время индексация приобрела роль инструмента стратификации разрезов практически в региональном масштабе. В некоторых случаях индексированные пласты превосходят по своей корреляционной значимости как литостратоны (свиты, пачки и т. д.), так и биостратиграфические подразделения.

Индексация представлена в региональных стратиграфических схемах, где пласты или их группы отмечены в характеристиках свит. Этим как бы подчеркивается их неопределенное стратиграфическое положение внутри литостратонов. Для юры Западной Сибири схемы индексации в наиболее общем виде представлены в работах [1, 2]. Сразу следует отметить, что они сделаны независимо от фациальной принадлежности отложений. Морские песчаные пласты оказались увязанными с континентальными и получили одинаковые ин-

дексы. Между тем, в разнофациальных отложениях не принято выделять даже единые свиты.

Многими исследователями было отмечено, что в терригенных отложениях в зависимости от обстановок осадконакопления (континентальной или морской) имеет место смена гранулометрического состава пород разной направленности. Для континентальных обстановок характерно уменьшение размерности обломочных зерен вверх по разрезу, в то время как для отложений морского генезиса преобладающей является обратная последовательность распределения обломочных зерен [3–8]. В Западной Сибири хорошо известна приуроченность проциклитов к континентальным отложениям нижней и средней юры, а рециклитов и асимметричных проречициклитов – к морским осадкам келловей и верхней юры [9–11]. Морские песчаные пласты являются регрессивными и формируются в конце цикла, а континентальные базальные пласты – в начале циклов. Они не могут быть синхронными друг другу. Если предположить, что циклогенез в разных фациальных областях идет независимо, то еще менее вероятно, что песчаные пласты в них будут совпадать между собой.

Необходимо отметить, что обзор существующих представлений о принципах построения и конкретных схемах индексации здесь не приводится. Предлагаемая схема не претендует на выработку какого-то универсального варианта индексации в части общего количества пластов и привязки их к конкретным горизонтам. Основная цель настоящей работы – внедрение дифференцированного подхода к континентальным и морским пластам.

Решение проблемы соответствия прогрессивных и регрессивных циклитов было предложено автором на примере стратиграфических горизонтов юры Западной Сибири [12]. Согласно инверсионной модели циклогенеза, циклы едины для всех фациальных областей. В качестве ведущего механизма циклогенеза принимаются эпизодические тектонические движения, омолаживающие рельеф одновременно на суше и в морских акваториях. В горных областях это, как правило, восходящие движения, а в смежных осадочных бассейнах – нисходящие. Они взаимно компенсируют друг друга. Далее в течение всего цикла происходит выравнивание искаженного рельефа экзогенными процессами. Положительные формы рельефа снижаются, а отрицательные повышаются, заполняясь осадками – и так до новой тектонической фазы. В континентальных фациальных областях разрезы представлены сериями от грубых осадков к тонким, представляющими собой «прямую» запись циклов преобразования рельефа. В морских условиях вследствие инверсии циклов в береговой барьерной зоне молодому рельефу отвечают тонкодисперсные осадки, а пенеппенизированному – песчаные разности. В переходной зоне суша–море песчаные горизонты совершают диагональный переход из нижнего базального положения в верхнее регрессивное. Глинистые горизонты при этом оказываются «разорванными» – континентальные глинистые толщи с морскими никак не связаны.

Аналогичный подход предлагается в настоящей работе для индексированных пластов (рисунок). При этом возникает ряд особенностей, связанных с сочетанием циклов разного порядка по вертикали и в латеральном направлении. Прежде всего, процессы выравнивания рельефа происходят не равномерно, а нарушаются тектоническими колебаниями низшего порядка, порождающими соответствующие подчиненные циклы. Природа низших циклов отличается от «главного» цикла тем, что тектонические колебания могут представлять собой так называемые рибанды. Под последними в иностранной литературе понимаются изостатические поднятия (опускания) при снятии (возрастании) нагрузки. Понятно, что поднятия происходят в области эрозии и сноса, а синхронные им опускания – в осадочных бассейнах. Если взять в качестве примера васюганский горизонт, то главная тектоническая фаза произошла в его подошве и явилась «горизнтообразующим» событием, а все пласты, индекслируемые от Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> до Ю<sub>1</sub><sup>6</sup> можно рас-

сматривать как проявления рибандов. Можно предполагать, что изостатические поднятия и опускания в разных тектонических структурах происходили неодновременно, поэтому общее количество их может быть разным, точная корреляция этих пластов затруднена и т. д. – все это мы видим на практике.

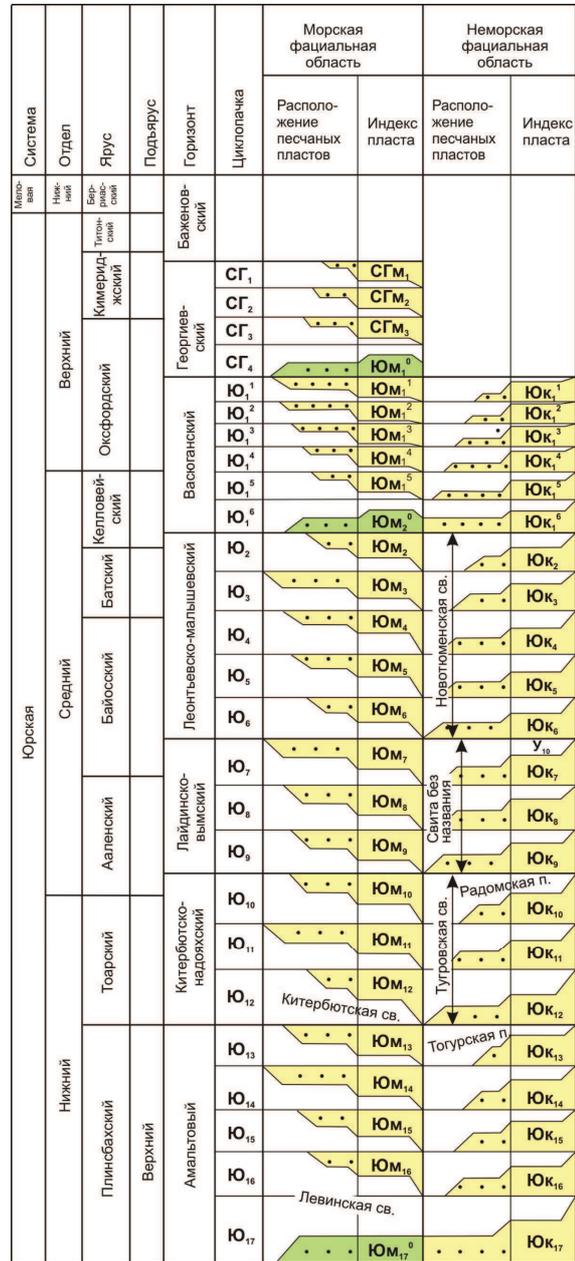


Рисунок. Индексация песчаных пластов юры Западной Сибири, основанная на инверсионной модели циклогенеза

В рамках принятой модели первичными следует считать континентальные проциклиты, показанные в правой части схемы. Они представляют собой «прямую» запись цикла преобразования рельефа. Самым крупным песчаным пластом является базальный, а последующие образуют «угасающий» ряд. Нечто противоположное происходит в мор-

ских рециклитах, образующихся в результате проградации береговых фаций. Здесь роль базального пласта играет глинистая толща, а затем возникают песчаные тела. В типовом случае самым крупным и развитым является верхний пласт, а нижележащие образуют «угасающий» ряд в направлении сверху вниз. Получается своего рода зеркальное отражение континентальной последовательности.

Авторская индексация отражает принятые допущения. Континентальным (аллювиальным) пластам присваивается индекс  $Ю_{к,n}$ , а морским —  $Ю_{м,n}$ , с соответствующим номером. Пласты неопределенной фациальной принадлежности предлагается индексировать как обычно —  $Ю_n$ . Так же индексируются и циклиты в целом. Рисовка пластов в приведенной схеме в стилизованном виде отражает поведение пластов. Аллювиальные базальные пласты омолаживаются в направлении источника сноса, а морские регрессивные — в сторону бассейна.

В некоторых случаях дифференцированный подход создает трудности в индексации, поскольку пласты всегда нумеруются сверху вниз. Такая нумерация благоприятна для морских рециклитов, поскольку в них наиболее выраженный пласт залегает, как правило, в кровле. В индексации пластов горизонта  $Ю_1$  существует закономерность: наиболее отчетливо и более-менее стабильно выделяются первые четыре пласта (от  $Ю_1^1$  до  $Ю_1^4$ ), пятый и шестой встречаются довольно часто, но общее их количество определить трудно. Иногда встречаются варианты выделения пластов до  $Ю_1^8$ .

Для индексации континентальных пластов в прогрессивном циклите нужно точно знать, сколько частных пластов мы выделяем в горизонте  $Ю_1$ . Самым крупным и выдержанным пластом здесь будет последний по своему номеру. В предлагаемой схеме выделено 6 пластов, однако это может быть предметом обсуждения. Для нижележащих горизонтов юры эта проблема не столь актуальна, поскольку там пластам присвоены однозначные индексы.

Итак, континентальный базальный пласт горизонта  $Ю_1$  должен индексироваться как  $Ю_{к1}^6$ . Здесь, однако, мы сталкиваемся с другой проблемой, связанной с установившейся традицией выделения пластов типа  $Ю_2^0$ . В рамках инверсионной модели циклогенеза они получают новую интерпретацию как являющиеся непосредственным латеральным продолжением базальных континентальных пластов в морских бассейнах. Они являются базальными пластами новых циклов, но в то же время не являются трансгрессивными, поскольку во время формирования этих пластов не происходило наступление моря на сушу [13]. В начале цикла речной сток был наиболее интенсивен, и в бассейн выносились наиболее крупномерные обломки. Они преодолевали береговой барьер и попадали во внутренние области морской седиментации. Кроме того, в начальной стадии в море выносились продукты кор выветривания, сформировавшиеся в конце предшествующих циклов. С речным

стоком выносилось большое количество озерных и болотных вод, обогащенных железом и другими элементами. При смешивании с морскими водами происходила коагуляция растворов с формированием железистых оолитов, различных аутигенных минералов типа глауконита и пр. Все это и выразилось в формировании особых базальных пластов типа  $Ю_2^0$ . В схеме индексации они показаны зеленым цветом.

Всего таких пластов показано три: первый в основании юры ( $Ю_{м17}^0$ , зимняя свита — это наиболее крупный пласт такого типа, который заслуживает отдельного рассмотрения), второй — в основании васюганского горизонта ( $Ю_2^0$ , пахомовская пачка) и третий — в основании георгиевского горизонта ( $Ю_1^0$ , барабинская пачка). Для последнего не показаны континентальные аналоги, поскольку такие фации практически неизвестны для всего георгиевского горизонта. Примером континентального базального пласта  $Ю_{к2}^0$  в основании наунакской свиты, по мнению автора, может служить мощный пласт песчаника, отмеченный в стратотипе наунакской свиты по разрезу скв. 2 Усть-Сильгинской площади, инт. 2365...2368 м [14].

Можно предполагать существование пластов типа  $Ю_2^0$  в основании леонтьевского горизонта (с индексом  $Ю_{к7}^0$ ), а в двух других горизонтах — лайдинском и китербютском — они вряд ли будут найдены. Отсутствие такого пласта в основании баженовского горизонта можно считать установленным. Это отражает специфику палеогеографических условий соответствующих эпох. Лайдинский горизонт наиболее слабо выражен среди других юрских глинистых горизонтов, и тектоническое событие в его основании было недостаточно интенсивным для формирования выраженного базального слоя. В китербютском и баженовском горизонтах ситуация иная. Они отражают крупнейшие события, прослеживающиеся в межрегиональном и субглобальном масштабе. По мнению автора, Западно-сибирский бассейн в эти эпохи после структурной перестройки рельефа земной поверхности оказывался в зоне так называемой «дождевой тени». Поэтому интенсификация сноса осадков в начальной стадии циклов не происходила.

Общее количество пластов в юрском комплексе Западной Сибири невозможно определить каким-то «объективным» способом. Анализ существующих схем показывает, что определенная согласованность между различными исследователями соблюдается в интервале от баженовского горизонта до подошвы тоара (от  $Ю_0$  до  $Ю_{10-12}$ ), а в нижележащем интервале расхождения увеличиваются. В представленном варианте индексации нижнеюрских пластов автор использовал морские разрезы арктических районов, поэтому их количество оказалось меньше, чем в схемах, основанных на континентальных разрезах — например, по юго-востоку Западной Сибири.

В схеме на рисунке показано также распространение некоторых наиболее характерных свит, что-

бы подчеркнуть особенности их стратиграфического положения и соотношения со смежными стратонами. Отметим некоторые из таких особенностей. Зимняя, левинская и шараповская свиты объединяются в единый комплекс, относящийся к верхнему плинсбахскому подъярсу. Именно с этого уровня начинается интенсивное формирование юрско-мелового и кайнозойского чехла в Западной Сибири. Левинская свита — единственная глинистая толща с обеими «скользящими» границами. Кровля тогурской свиты соответствует подошве китербютской, аналогично соотносятся радомская пачка и лайдинская свита. Вместо тюменской сви-

ты предлагается выделять новотюменскую в объеме леонтьевского и малышевского горизонтов, т. е. средней и верхней подсвит тюменской свиты. Интервал нижней подсвиты рассматривается как самостоятельный цикл, отвечающий лайдинско-вымскому комплексу. В его кровле залегает угольный пласт  $U_{10}$ .

Предлагаемая схема имеет определенное значение для регионального прогнозирования расположения ловушек нефти и газа. Наиболее перспективными объектами поиска залежей углеводородов в терригенных отложениях являются морские песчаные пласты, показанные в левой части схемы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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. — 480 с.
2. Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, Новосибирск, 2003 г. / Ф.Г. Гурари (глав. ред.). — Новосибирск: СНИИГиМС, 2004. — 114 с. — Прил. 3.
3. Шанцер Е.В. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит // Труды ин-та геол. наук АН СССР. Геол. серия. — 1951. — Вып. 134. — 274 с.
4. Жемчужников Ю.А. Общая геология ископаемых углей, 2-е изд. — М.: Госгеолгиздат, 1948. — 200 с.
5. Shepard P.E. Criteria in modern sediments useful in recognizing ancient sedimentary environments / In: Deltaic and shallow marine sediments (Ed. L.M.J.U. Van Straaten). — Amsterdam: Elsevier, 1964. — P. 1–25.
6. Ботвинкина Л.Н. Слоистость осадочных пород. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 542 с.
7. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел — литологических ловушек нефти и газа. — Л.: Недра, 1984. — 260 с.
8. Visher G.S. Use of vertical profile in environmental reconstruction // Bull. AAPG. — 1965. — V. 49. — № 1. — P. 41–61.
9. Карогодин Ю.Н., Гайдебурова Е.А. Системные исследования слоевых ассоциаций нефтегазоносных бассейнов. — Новосибирск: Наука, 1985. — 112 с.
10. Ежова А.В. Историко-геологический анализ особенностей формирования продуктивной толщи юго-востока Западно-Сибирской плиты // Нефтегазовому образованию 50 лет: Труды Междунар. конф., посвящ. 50-летию кафедры геологии и разработки нефтяных месторождений (горючих ископаемых и нефти). — Томск: ТПУ, 2002. — С. 8–26.
11. Шемин Г.Г., Нехаев А.Ю. Характеристика фильтрационно-емкостных свойств и закономерности их изменения в зависимости от глубины залегания нефтегазоносных резервуаров юры севера Западно-Сибирской НПП // Горные ведомости. — 2005. — № 12 (5). — С. 12–23.
12. Бейзель А.Л. Предложения по уточнению и совершенствованию региональных стратиграфических схем юры Сибири // Материалы науч. сессии (18–22 апреля 2011): 2 т. / под ред. Б.Н. Шурыгина, Н.К. Лебедевой, А.А. Горячевой / Т. I. Мезозой; Рос. Акад. Наук, Сибирское отд-ние, Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука. — Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2011. — С. 31–34.
13. Бейзель А.Л. Модель формирования пластов типа Ю<sup>9</sup> в рамках концепции географического цикла // ГЕО-СИБИРЬ-2010. Т. 2. Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Ч. 1: Сб. матер. VI Междунар. науч. конгресса «ГЕО-Сибирь-2010». — Новосибирск, 9–19 апреля 2010. — Новосибирск: СГГА, 2010. — С. 131–134.
14. Чернова О.С. Системно-литологическое расчленение и корреляция васюганской свиты Усть-Тымской впадины / Актуальные проблемы нефтегазоносных бассейнов. — Новосибирск: Изд-во НГУ, 2003. — С. 90–98.

*Поступила 11.05.2012 г.*