

# Геология нефти и газа

УДК 552.5:550.8(571.16)

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РАСЧЛЕНЕНИЯ И КОРРЕЛЯЦИИ ЮРСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ РАЗРЕЗОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЕВОДОРОДОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Ежова

Томский политехнический университет  
E-mail: ezsovaav@ngf.tomsk.ru

*Рассмотрены результаты интерпретации комплекса каротажных диаграмм для литологической характеристики терригенного разреза и выделения маркирующих горизонтов (реперов). Выделены хроностратиграфические подразделения в объеме средневерхнеюрской толщи по скважинам Александровского, Среднеvasюганского, Пудинского и Казанского нефтегазоносных районов юго-востока Западно-Сибирской провинции. Сделан вывод, что метод системного анализа породных ассоциаций позволяет выполнять корреляцию полифациальных осадочных толщ, прослеживая целостные во времени системы различного ранга (геохронолиты).*

Для литологического расчленения, характеристики и корреляции мезозойского разреза Западной Сибири используется большой комплекс промыслово-геофизических исследований: стандартный каротаж (КС и ПС); индукционный каротаж (ИК), кавернометрия (КВ); акустический каротаж (АК). Выделения слоев различной литологии базируются на выявлении связи физических свойств пород с их составом и отражением на различного рода каротажных диаграммах [1–3]. В большинстве случаев породные разности имеют надежные каротажные эталоны (рис. 1).

Следует отметить, что на каротажных диаграммах с трудом распознаются типы пород, относящиеся к переходным разностям (например, алевролиты, глины песчаные, углистые аргиллиты и т. п.). Кроме того, наличие глинистых и глинисто-алевритовых галек в песчаниках (даже крупно- и среднезернистых) фиксируется на каротажных диаграммах как увеличение глинистой составляющей. Эти конгломератовидные породы (внутриформационные конгломерато-брекчии) указывают на размыв ранее сформировавшихся отложений. Они залегают либо в основании циклитов, либо характеризуют наложения друг на друга нескольких неполных последовательностей (рис. 2).

Анализ комплекса каротажных диаграмм по скважинам, вскрывающим терригенные юрские нефтегазоносные отложения, позволяет определить особенности строения толщи и выявить опорные интервалы, которые могут быть использованы в процессе корреляции в качестве маркирующих. Такую роль при увязке разрезов играют выдержан-

ные угольные пласты. Они имеют четкую геофизическую характеристику, занимают определенное положение в разрезе и поэтому служат наиболее надежными реперами. Значительная протяженность углей повышает надежность корреляции разрезов. Формирование углей происходило в эпохи максимального тектонического покоя, минимальной динамики водной среды, они приурочены к наиболее выровненным участкам рельефа. В связи с этим можно считать, что угольные пласты обладают признаками изохронности этих частей разреза, а это, в свою очередь, является определяющим фактором при корреляции континентальных толщ и их относительной стратификации.

Кроме углей, в качестве маркирующих реперов могут быть выделены и другие породы, которые занимают определенное положение в разрезах и обладают индивидуальной промыслово-геофизической характеристикой.

К реперам первой категории юрского разреза в пределах юго-востока Западно-Сибирской плиты относятся [4]: аргиллиты тогурской свиты, глины нижнеvasюганской подсвиты, угольные пласты  $U_{10}$  и  $U_1$ , аргиллиты баженовской свиты. Эти маркирующие горизонты регионально выдержаны, имеют значительную мощность и хорошо выделяются по всем видам каротажа.

Во вторую группу реперов объединяются угольные пласты  $Y_8$ ,  $Y_6$ ,  $Y_4$ , которые, хорошо прослеживаясь на обширной территории, имеют относительно небольшую мощность. К третьей группе реперов относятся угольные и глинистые пласты, которые прослеживаются только в пределах отдельных площадей.

Выделив по комплексу промыслово-геофизических исследований литологические разности в качестве породных слоев, определив характер границ между ними и установив положение каждого из реперов, изучаемая часть разреза разделяется на циклиты различного ранга [5]. В пределах этих циклитов учитываются их литологические особенности, выделенные по керну и каротажу в процессе расчленения разреза.

Примером расчленения осадочной толщи на хроностратиграфические интервалы на основании системного анализа слоевых ассоциаций с учетом био-стратиграфического, петрографо-минералогического, геохимического и фашиально-циклического методов могут служить средневерхнеюрские продуктивные отложения юго-востока Западно-Сибирской плиты. В статье рассмотрены разрезы скважин Казанского, Пудинского, Средневазюганского и Александровского нефтегазоносных районов, а в качестве примера приведена литолого-геофизическая характеристика средневерхнеюрских отложений по скважине 18 Калинового месторождения (рис. 3).

Нефтегазоносность изучаемой толщи связана с отложениями вазюганской свиты, соответствующей региональному циклиту Ю<sub>1</sub>, в составе которого выделяется зональные и локальные циклиты. Вазюганская свита подразделяется на нижнюю и верхнюю подсвиты.

Нижневазюганская подсвита, глинистая в большинстве районов, на поднятиях в нижней своей части сложена пластами песчаников. Эта часть разреза отнесена к песчаным пластам Ю<sub>1</sub><sup>6</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>5</sup> [6]. Согласно правилам выделения циклитов, песчаные пласты Ю<sub>1</sub><sup>6</sup> с глинистым пропластком в кровле и Ю<sub>1</sub><sup>5</sup> с глинами собственно нижневазюганской подсвиты обособляются в локальные циклиты Ю<sub>1</sub><sup>6</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>5</sup>, которые в свою очередь объединяются в зональный циклит Ю<sub>1</sub>Н (нижний), соответствующий первому трансгрессивному седиментационному циклу при формировании регионального циклита Ю<sub>1</sub>. По находкам пелелипод и спорово-пыльцевого комплексу возраст пород определен как позднекелловей-раннеоксфордский.

В составе верхневазюганской подсвиты выделяются подугольная, междуугольная и надугольная толщи [4]. Отложения, объединяемые в эти толщи, формировались в течение определенного промежутка времени, характеризуются хроностратиграфическими границами, генетически взаимосвязаны и отражают цикличность седиментации. Объемы подугольной и междуугольной толщ в разрезах Казанского, Пудинского, Средневазюганского и Александровского НГР несколько отличаются.

Нижняя часть подугольной толщи (циклит Ю<sub>1</sub><sup>4</sup>) охватывает комплекс преимущественно песчаных пород, которые перекрываются глинистым пропластком (Александровский и Средневазюганский НГР) или угольным пластом У<sub>1</sub>Г (Пудинский и Казанский НГР).

Циклит Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>Н (нижний) так же, как и нижележащий циклит Ю<sub>1</sub><sup>4</sup>, сложен преимущественно песчаниками, которые перекрываются угольным пластом У<sub>1</sub>В или глинистым прослоем (Александровский НГР).

Циклиты Ю<sub>1</sub><sup>4</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>Н на территории Пудинского, Казанского и большей части Средневазюганского НГР имеют хорошо выраженное регрессивное строение и соответствуют подугольной толще. Формирование этого комплекса пород происходило в условиях преобладающего наступления береговой линии в сторону моря при очень кратких его трансгрессиях.

Циклит Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>С (средний) представляет собой комплекс песчано-алевритовых пород, разделенных пропластками глин мощностью 1...2 м. В кровле залегает угольный пласт У<sub>1</sub>Б (в разрезах Нюрольского осадочного бассейна) или У<sub>1</sub><sup>2</sup> (Александровский НГР). На территории последнего циклит Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>С является верхней частью подугольной толщи.

Циклит Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>В (верхний) представлен чередованием песчано-алевритовых, глинистых и углисто-глинистых пород. В кровле этой толщи выделяется угольный пласт У<sub>1</sub> (У<sub>1</sub><sup>1</sup> в разрезах Александровского НГР). Он имеет хорошо выраженную геофизическую характеристику (удельное электрическое сопротивление от 20 до 375 Ом·м, минимальные значения НГК и ГК, максимальные – на кривых АК, увеличение диаметра скважины до 32 см на каверномере).

Циклиты Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>С и Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>В соответствуют периоду накопления осадков в условиях преимущественно континентального режима и соответствуют междуугольной толще. Объем последней в Александровском НГР соответствует локальному циклиту Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>В.

По данным флористического и спорово-пыльцевого анализов возраст отложений подугольной и междуугольной толщ определен как нижнесреднеоксфордский [6]. Локальные циклиты Ю<sub>1</sub><sup>4</sup>, Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>Н, Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>С и Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>В объединяются в зональный циклит Ю<sub>1</sub>В (верхний). По фашиальному признаку локальные циклиты Ю<sub>1</sub><sup>6</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>5</sup>, характеризующие трансгрессивный, Ю<sub>1</sub><sup>4</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>Н – регрессивный, Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>С и Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>В – континентальный этапы осадконакопления, образуют породные ассоциации (комплексы), индексированные как Ю<sub>1</sub>Т<sub>1</sub>, Ю<sub>1</sub>Р, Ю<sub>1</sub>К, соответственно [6].

Толща пород между угольными пластами У<sub>2</sub> и У<sub>1</sub> составляет единую, целостную во времени систему – региональный циклит Ю<sub>0</sub>, а вышележащие отложения должны быть индексированы как Ю<sub>0</sub>. Однако, следуя многолетней традиции, вышележащие породы имеют индексы Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>.

Циклит Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> представлен преимущественно песчаной толщей и отделяется от вышележащих отложений глинистым пропластком.

Циклит Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> имеет очень изменчивый состав и резкие колебания толщины. Такое изменение мощности отложений объясняется не только обстановкой осадконакопления, но и размывом кровли циклита в начале кимериджского века.

Уголь	Аргиллит		Глина		Алеврит		Песчаник					Породы	
	углистый	битуминозный	песчаная	однородная	глинистый	однородный	известко- вистый с пиритом	известко- вистый	глинистый	мелко- зернистый	средне- зернистый		крупно- зернистый
													Фото образцов
													Условные обозначения
Слабая отрицательная аномалия, часто отсутствует.	Отрицательная аномалия отсутствует, иногда слабая.	Отрицательная аномалия отсутствует кроме трещиноватых разломов.	Отрицательная аномалия отсутствует.	Отрицательная аномалия отсутствует.	Отрицательная аномалия отсутствует.	Слабая отрицательная аномалия.	Слабая отрицательная аномалия. Или отсутствует.	Слабая отрицательная аномалия.	Средняя и слабая отрицательная аномалия.	Глубокая и средняя отрицательная аномалия.	Глубокая отрицательная аномалия.	Глубокая отрицательная аномалия.	ЛС 0,8 0,6 0,4 0,2 0 0,5 ЛС + - 25м
Очень высокие	Высокие	Очень высокие	Низкие и средние	Очень низкие	Низкие	Низкие и средние	Низкие	Очень высокие	Низкие	Средние	Высокие при нефтенасыщ., низкие при водонасыщ.	Очень высокие при нефтенасыщ., очень низкие при водонасыщ.	КС, Ом <sup>2</sup> /м Зонд АМ, N 0 5 10 15 20 Ом 0 25 50 75 100 Ом 0 125 250 375 500 Ом
Очень низкие	Очень низкие	Низкие	Средние	Высокие	Высокие и средние	Средние	Очень высокие	Низкие	Средние	Средние	Низкие при нефтенасыщ., высокие при водонасыщ.	Низкие при нефтенасыщ., высокие при водонасыщ.	ИК 20 150 100 50 0 Ом 4,4 6,0 9,3 18,5 Ом
Приращения отсутствуют, кривые не совпадают	Приращения отсутствуют, кривые не совпадают	Приращения отсутствуют, высокие сопротивления, совпадение кривых	Приращения отсутствуют, кривые не совпадают	Приращения отсутствуют, кривые совпадают	Приращения отсутствуют	Приращения отсутствуют	Приращения отсутствуют	Высокие без приращения	Приращения отсутствуют	Небольшие приращения	Значительные приращения	Большие приращения	МЗ, Ом <sup>2</sup> /м А0,025/0,025 N 5 10 15 20 5 10 15 20
Очень низкие	Низкие и средние	Очень высокие	Высокие	Высокие	Средние	Средние	Низкие	Низкие	Средние	Низкие и средние	Низкие	Низкие	ГК, В 2 4 6 8 10 10 20 30 40 40
Очень низкие	Низкие	Высокие	Низкие	Очень низкие	Средние	Средние	Очень высокие	Очень высокие	Средние	Средние	Высокие	Высокие	НГК, мВ/м 1,0 1,2 1,4 1,6 1,5 2,2 2,8 3,4
Очень высокие	Высокие	Высокие	Средние	Высокие	Средние	Средние	Высокие и средние	Очень низкие	Средние	Средние	Низкие и средние	Низкие и средние	АК по скорости 100 200 300 400 500 600 мс 100 200 300 400 500 600 мс 100 140 180 220 260 300 мс/м
Очень большая каверна	Увеличивается до большой каверны	Неизменно	Иногда увеличивается	Увеличивается	Иногда увеличивается	Неизменно	Неизменно	Неизменно	Неизменно	Иногда уменьшение	Уменьшение	Уменьшение	Качество скважины (D скв) 15 19 23 27 31 см

Рис. 1. Промыслово-геофизическая характеристика терригенного разреза



Комплекс пород, выделенных как циклиты Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, имеет морской генезис, соответствует надугольной толще, возраст которой по комплексу фораминифер и остаткам моллюсков определен как верхнеоксфордский.

На размыв и переотложение верхней части циклита Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> указывает наличие конгломератовидных пород своеобразной барабинской пачки, распространенной в объеме георгиевской свиты в разрезах большинства скважин изучаемого региона. В основании барабинской пачки в некоторых разрезах скважин Пудинского и Александровского нефтегазоносных районов выделяется песчаный пласт Ю<sub>0</sub>, а над ним залегает толща преимущественно алеврито-глинистых пород, мощность которых резко меняется в пределах отдельных площадей.

Барабинская пачка уверенно выделяется на диаграммах ИК пиками повышенной электропроводности до 350 мСим, низкими значениями удельного электрического сопротивления, не превышающими 5 Ом·м на кривых КС и повышенными значениями до 3,0...3,6 имп/мин на кривых НГК.

Для пород в целом характерно наличие карбонатного материала в виде цемента и фаунистических остатков, обилие пирита и глауконита. Последний придает породам зеленый цвет. Присутствие карбонатного материала отражается высокими значениями на кривых НГК и, как известно [1, 2], должно сопровождаться высокими сопротивлениями на кривых электрокаротажа. Наблюдаемая обратная картина на диаграммах КС и ИК обусловлена присутствием в породах значительного количества электропроводящих минералов – глауконита и, особенно, пирита.

Глинистая часть георгиевской свиты, представленная темно-серыми тонкодисперсными глинами, отмечается только в разрезах Казанского НГР.

Баженовская свита, представленная битуминозными аргиллитами, имеет хорошо выраженную геофизическую характеристику: очень высокие значения удельного электрического сопротивления (до 380 Ом·м) и высокие значения естественной радиоактивности (до 60γ). Подошва баженовской свиты является реперной поверхностью на юго-востоке Западно-Сибирской плиты.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дахнов В.Н. Интерпретация результатов геофизических исследований скважин. – М.: Недра, 1982. – 448 с.
2. Латышева М.Г., Вендельштейн Б.Ю., Тузов В.П. Обработка и интерпретация материалов геофизических исследований скважин. – Недра, 1990. – 312 с.
3. Карогодин Ю.Н., Гайдебурова Е.А. Системные исследования слоевых ассоциаций нефтегазоносных бассейнов (по комплексу промыслово-геофизических данных). – Новосибирск: Наука, 1989. – 108 с.
4. Белозёров В.Б., Даненберг Е.Е., Огарков А.М. Особенности строения васюганской свиты в связи с поиском залежей нефти

#### Выводы

1. В результате системных исследований слоевых ассоциаций средневерхнеюрской толщи сделана разбивка васюганского горизонта по нефтегазоносным районам юго-востока Западно-Сибирской плиты. Выделенные циклиты представляют собой комплексы пород, формирование которых происходило в определенных условиях при последовательной закономерной смене фаций – от трансгрессии моря с её максимумом во время накопления глин нижневасюганской подсвиты через регрессию, проявившуюся при формировании алеврито-песчаных циклитов Ю<sub>1</sub><sup>4</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>3н</sup>, до континентальных условий озерно-аллювиальной равнины, когда накапливались осадки Ю<sub>1</sub><sup>3с</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>3в</sup> с регионально выделяемым пластом У<sub>1</sub> в кровле.
2. Формирование надугольной толщи (циклиты Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>) происходило в условиях новой трансгрессии. При этом цикличность осадконакопления нарушается размывом и переотложением верхней части циклита Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>. На ряде площадей формируется продуктивный пласт Ю<sub>0</sub>.
3. Максимум трансгрессии в поздней юре охарактеризован морскими относительно глубоководными отложениями георгиевской и баженовской свит.
4. Использование основных изложенных методов системного анализа породно-слоевых ассоциаций дает возможность выполнять корреляцию осадочных толщ, прослеживая не отдельные пласты или их группы, а целостные во времени системы различного ранга, т. е. геохронолиты. Это особенно важно для фациально изменчивых по латерали континентальных отложений, когда на практике сопоставляются между собой песчаные пласты, образовавшиеся в разное время.
5. В целом, применение системного анализа при изучении полифациальных толщ позволяет более уверенно проводить сопоставление нефтегазоносных отложений, проследить их изменение в пространстве и времени.

и газа неантиклинального типа (Томская область) // Перспективы нефтегазоносности юго-востока Западной Сибири / Под ред. Е.Е. Даненберга, О.Г. Жеро. – Новосибирск: Изд-во СНИИГГиМС, 1980. – С. 92–100.

5. Карогодин Ю.Н. Введение в нефтяную литологию. – Новосибирск: Наука, 1990. – 239 с.
6. Ежова А.В. Индексация и корреляция средневерхнеюрской продуктивной толщи Казанского и Пудинского нефтегазоносных районов // Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства: Матер. Междунар. научно-техн. конф. / Под ред. Б.Д. Васильева, И.В. Гончарова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2001. – С. 88–94.