



УДК 552.16:553.98:551.762

## РЕГИОНАЛЬНЫЙ КАТАГЕНЕЗ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ АРКТИКИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

О. В. Шиганова<sup>1</sup>, В. В. Сапьяник<sup>1</sup>, Т. Н. Торопова<sup>1</sup>, Е. А. Зыза<sup>2</sup>, И. С. Игонин<sup>2</sup>,  
Ю. В. Колосова<sup>2</sup>, В. С. Корытов<sup>2</sup>, Р. Р. Шакиров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия; <sup>2</sup>НОВАТЭК НТЦ, Тюмень, Россия

На основе материалов пиролитических и петрографических исследований органического вещества в совокупности со структурными и палеогеографическими построениями рассмотрена вертикальная и латеральная катагенетическая преобразованность ОБ китербютской, лайдинской, вымской, малышевской, гольчихинской и яновстанской свит на фоне предложенного варианта тектонического районирования мезозойско-кайнозойского платформенного чехла Гыданской НГО и западной части Енисей-Хатангской. Показана перспективность юрских отложений на формирование залежей жидких углеводородов. По результатам проведенных реконструкций сделан вывод о том, что процессы нефтеобразования на рассматриваемой территории активны в интервале абсолютных глубин от –2100 до –4500 м.

**Ключевые слова:** катагенез, органическое вещество, нефть, юра, север Сибири.

## REGIONAL CATAGENESIS OF ORGANIC MATTER IN THE JURASSIC DEPOSITS OF THE CONTINENTAL ARCTIC OF THE WEST SIBERIAN OIL AND GAS PROVINCE

O. V. Shiganova<sup>1</sup>, V. V. Sapyanik<sup>1</sup>, T. N. Toropova<sup>1</sup>, I. S. Igonin<sup>2</sup>, Yu. V. Kolosova<sup>2</sup>,  
V. S. Korytov<sup>2</sup>, R. R. Shakirov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia; <sup>2</sup>NOVATEK NTTS, Tyumen, Russia

Based on the materials of pyrolytic and petrographic studies of organic matter in combination with structural and paleogeographic constructions, the paper's authors consider the vertical and lateral OM catagenetic alteration of the Kiterbyut, Layda, Vym, Malyshevka, Golchikha and Yanov Stan Formations against the background of the author's version of the tectonic zoning of the Mesozoic-Cenozoic platform cover of the Gydan and the western part of the Yenisei – Khatanga PA and show the prospects of Jurassic deposits on the formation of fluid hydrocarbon deposits. The reconstruction results show that the processes of oil formation within the territory under consideration are active in the depth range (absolute depth mark) from –2100 m to –4500 m.

**Keywords:** catagenesis, organic matter, oil, Jurassic, Siberian North.

DOI 10.20403/2078-0575-2022-12s-18-31

Группой ведущих исследователей в области прогнозирования стратегических направлений по наращиванию ресурсно-сырьевой базы и добычи нефти предложена новая парадигма развития нефтяного комплекса ресурсных регионов Западной Сибири [10]. По мнению А. Э. Конторовича с коллегами, в новой парадигме после 2020 г. одними из главных направлений станут поиск, разведка и разработка месторождений нефти севера Западной Сибири на территориях Гыданской, Ямальской и Енисей-Хатангской НГО [10]. Перспективы поисков нефти и газа северных территорий континентальной Арктики связаны с доизучением глубокопогруженных комплексов юры и нижнего мела [2].

Значительные ресурсы углеводородов (УВ) в северных районах Западной Сибири не вызывают сомнений, что отражено в многочисленных публикациях начиная с 1970-х гг. Дискуссионной до сих пор остается проблема ресурсного потенциала жидких УВ в глубоко залегающих отложениях нижнего мела и юры.

К прогнозам доли нефтяных ресурсов в юрско-меловых отложениях изучаемого региона большин-

ство исследователей подходят с осторожностью. По разным оценкам она не превышает 30 % от общих ресурсов УВ в Гыданской НГО и 40 % в западных районах Енисей-Хатангской [8, 12].

Большие глубины залегания рассматриваемых отложений в Гыданской НГО, прогнозируемые высокие температуры и степень катагенеза органического вещества (ОВ) на уровне апокатагенеза [13], преобладающий террагенный тип ОВ [12] даже при существенной мористости отложений юры и мела в отдельных зонах – все это сдерживает оптимизм прогноза наращивания ресурсов нефти в континентальной арктической зоне Западной Сибири. Следует также отметить невысокий уровень детальности и полноты геологической изученности юрских отложений при том, что территория относительно хорошо исследована сейсморазведкой. Опорный каркас глубоких скважин весьма разрежен. В Гыданской НГО девять скважин, вскрывших юрские отложения, размещены в основном на месторождениях углеводородов по периферии полуострова. Полный разрез юрско-меловых отложений вскрыт только в параметрической Гыданской скв. 130. В западной



части Енисей-Хатангской НГО отложения юры вскрыты в 53 скважинах.

Полученные за последнее десятилетие данные позволили предположить, что значительные перспективы могут быть связаны и с открытием новых нефтяных залежей в арктическом регионе Сибири. Так, результаты ГРП показали перспективы нефтеносности неокома, который ранее считался перспективным лишь на газ и газоконденсат: были открыты нефтяные залежи в нижнехетской свите неокома на Пайяхском, Северо-Пайяхском и Новосоленинском месторождениях, нефтегазоконденсатная залежь – на Байкаловском. Кроме того, установлены обширные нефтепроявления в отложениях неокомского комплекса на Пеляткинской, Мессояхской, Горчинской, Казанцевской и Джангодской площадях, в отложениях неокомского и юрского комплексов на Северо- и Южно-Соленинских. В нижней подсвите таноупчинской свиты Гыданской НГО на Геофизическом месторождении открыты одна нефтяная и две нефтегазоконденсатные залежи, на Салмановском (Утреннем) – одна нефтяная и три нефтегазоконденсатные. Прямые признаки нефтеносности юры в виде небольших притоков и пленок получены на Пауктской (3621–3627 м), Пеляткинской (3720–3730 м), Северо-Соленинской (2773–2767 м), Турковской (3310–3330 м) площадях.

Если говорить об органическом происхождении нефти, генерационный потенциал нефтематеринских толщ целиком зависит от палеогеографических особенностей их формирования, в частности от присутствия в осадочном бассейне мелкокластических пород морской седиментации, обогащенных рассеянным органическим веществом. В результате палеогеографических реконструкций юрского времени, выполненных в СНИИГГиМС, установлены предпосылки для формирования нефтепродуцирующих отложений на северных территориях Обь-Енисейского междуречья [1]. В осадочном чехле юрского возраста Енисей-Хатангской и Гыданской НГО к преимущественно глинистым по литологическому составу горизонтам относятся левинский, китербютский, лайдинский, леонтьевский, нижневасюганский и баженовский. Материалы геохимических исследований также позволяют рассматривать их в качестве потенциальных нефтегазоматеринских толщ [1].

Согласно закономерности распределения типов органического вещества по площади в прибрежной зоне накапливались преимущественно осадки с террагенным ОВ, а в районах, более удаленных от источников сноса, – главным образом с аквагенным. Эти районы отождествляются с наиболее глубокими областями палеобассейна – псевдобатиальной и нижней сублитеральной частями, в которых накапливались глубоководные тонкослоистые глинистые осадки. Наиболее глубоководная область (псевдобатияль) баженовского времени занимала

центральную часть территории, где формировались черные и буровато-черные тонкоотмученные глины. Непосредственно к ней примыкала область распространения нижней сублитерали, которая непрерывной полосой огибала относительное глубоководье. По направлению к периферии седиментационного бассейна битуминозность отложений постепенно уменьшалась. Большое количество ОВ в тонкослоистых глинах, свидетельствует о постоянном обогащении волжских отложений рассеянным (РОВ) и концентрированным (угли) (КОВ) органическим веществом.

Тектоника мезо-кайнозойского осадочного чехла Западно-Сибирской геосинеклизы отображается, как правило, на структурной поверхности отражающего горизонта Б, который для таких построений является базисным. Однако для северных районов Западной Сибири, в восточных районах которой данный стратиграфический уровень находится внутри мегакослоистой толщи позднеюрских – ранневаланжинских отложений, для подобных построений в качестве базисной поверхности, по мнению авторов, наиболее обосновано использование структурной карты по отражающему горизонту  $T_4$  (подшва китербютской свиты) на фоне характеристик мощности осадочного чехла.

В юрско-меловое время увеличилась динамика тектонического режима Енисей-Хатангского регионального прогиба, что обусловило формирование конседиментационных структур I и II порядка, которые конгруэнтны современной морфологии рельефа основания осадочного чехла и формировались на фоне общего погружения земной коры. Так, в южной части регионального прогиба в субширотном направлении формируются поднятия Мессовской гряды, Усть-Портовского выступа, Рассохинского мегавала, а также Балахнинского (за восточными границами схемы). К северу и югу от пояса указанных положительных структур формируются Сеяхинский, Центрально-Таймырский, Дудыптинско-Жданихинский мегапрогибы и Большехетская мегавпадина соответственно, создавая таким образом сигмоидную форму строения Енисей-Хатангского регионального прогиба. На его северной окраине в юрско-меловой тектонический цикл было завершено образование двух крупных выступов – Таймырского и Янгодо-Горбитского (рис. 1).

В юрско-меловом тектоническом цикле на севере Сибири режим прогибания сохранился лишь в пределах мезозойских депрессий. В современной структуре их осадочного чехла принято выделять несколько гетерогенных тектонических элементов разного порядка: в восточной части – совокупность отрицательных структур (Вилуйская гемисинеклиза, Предверхоанский краевой прогиб и Лено-Анабарский мегапрогиб, которые образуют систему прогибаний), в западной – Енисей-Хатангский региональный прогиб, раскрытый в сторону Западно-Сибирской мегасинеклизы. Обе части разобщены

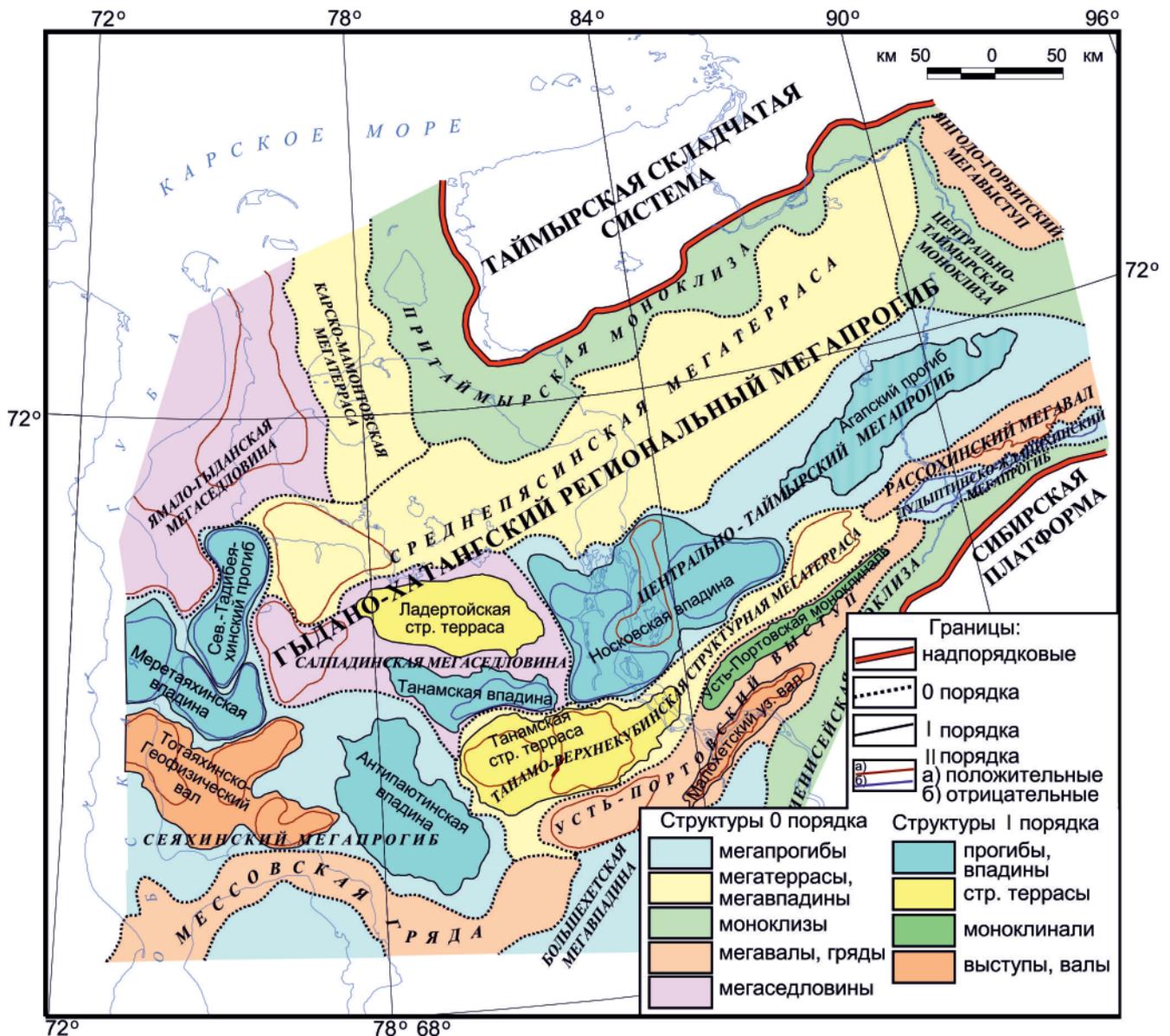


Рис. 1. Тектоническая схема мезозойско-кайнозойского платформенного чехла севера Западной Сибири

Анабаро-Хатангской седловиной, при этом Мессовская тектоническая ступень, протягивающаяся от Обской губы до р. Енисей, ограничивает южные пределы отрицательных структур Гыданского полуострова и, соответственно, объединяет Сеяхинский и Центрально-Таймырский мегапрогибы в надпорядковую депрессию – Гыдано-Хатангский региональный прогиб.

Анализ палеогеографических особенностей формирования осадочного чехла в общей истории тектонического развития территории дает определенные основания для прогноза при восстановлении истории миграции и формировании скоплений углеводородов

Прогноз нефтеперспективности, как принято в органической геохимии, опирается на следующие базовые параметры: обогащенность пород органическим веществом (с преобладанием сапропелевого типа) и степень его катагенетической преобразованности.

В настоящей статье рассмотрен один из этих параметров, определяющий перспективы глубоко залегающих отложений на поиски нефтяных скоплений, – катагенез ОБ.

Изучением катагенетической зональности ОБ пород нефтегазоносного разреза северных территорий Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна (ЗСНГБ) занималась целая плеяда исследователей с начала нефтегазопромышленных работ второй половины XX в. К наиболее значимым можно отнести работы А. П. Афанасенкова, В. М. Бекетова, Л. А. Болдушевской, А. Г. Войцеховской, А. И. Данюшевской, И. Н. Дроздовой, А. Э. Конторовича, Г. Н. Карцевой, Ю. А. Филипцова, А. С. Фомичева, А. Н. Фомина.

В настоящее время в области органической геохимии в России чаще применяются две шкалы градаций катагенеза осадочных образований: 1) Н. Б. Вассоевича, В. А. Лопатина, С. Г. Неручева [5]; 2) А. Э. Конторовича [4].



Таблица 1

Рекомендуемая шкала градаций катагенеза осадочных образований [3]

Марки углей (ГОСТ 12113–94)	Градация катагенеза по [5]	R <sup>a</sup> , усл. ед.	R <sup>o</sup> vt, %	C, %	V <sub>в</sub> , %	Градации катагенеза по [4]
Б1	ПК1	5,5–6,0	0,25–0,30	60–67	63–56	ПК1
Б2	ПК2	6,0–6,5	0,30–0,40	67–71	56–50	ПК2
Б3	ПК3	6,5–7,0	0,40–0,50	71–75	50–44	ПК3
Д	МК1	7,0–7,5	0,50–0,65	75–77	44–40	МК <sub>1</sub> <sup>1</sup>
Г	МК2	7,5–8,2	0,65–0,85	77–81	40–37	МК <sub>1</sub> <sup>2</sup>
Ж	МК3	8,2–9,0	0,85–1,15	81–86	37–31	МК <sup>2</sup>
К	МК4	9,0–9,8	1,15–1,55	86–89	31–21	МК <sub>1</sub> <sup>3</sup>
КО	МК5	9,8–10,7	1,55–2,00	89–90	21–14	МК <sub>2</sub> <sup>3</sup>
Т	АК1	10,7–11,5	2,00–2,50	90–91	14–8	АК1
ПА	АК2	11,5–13,0	2,50–3,50	91,0–93,5	8–4,0	АК2
А	АК3	13,0–14,5	3,5–4,7	93,5–96,5	4–1,5	АК3
АС	АК4	>14,5	4,70–11	96,5–100	1,5–0	АК4

Примечание. Показатель отражения витринита: R<sup>a</sup> – в воздухе, усл. ед., R<sup>o</sup>vt – в иммерсионном масле, %; C – общее содержание углерода в ОВ, %; V<sub>в</sub> – выход летучих веществ ОВ, %.

Нами использована первая шкала (табл. 1).

Исследования катагенетических изменений ОВ пород в разрезе отложений Енисей-Хатангской и Гыданской НГО проводились в разное время и сопровождалась изменением методических подходов и инструментальной базы. На начальной стадии исследований проводились определения показателя преломления витринита (Nvt) и других мацералов, затем коэффициента их отражения в воздухе (R<sup>a</sup>, 10R<sup>a</sup>) и в кедровом масле (R<sup>o</sup>, %).

История развития методов и инструментальной базы изучения этих параметров показана в публикации А. Н. Фомина [13]. В более ранних работах авторы рассчитывали статистические зависимости используемых параметров, не всегда приводя способы их расчета, сами зависимости и фактические данные, на которых они рассчитывались. В результате при обработке фактурного материала сложно было определить, какие данные расчетные, а какие непосредственно измеренные. Для того чтобы разобраться, мы обратились к отчетам 1970–1980-х гг. (определения Nvt, R<sup>a</sup>, 10R<sup>a</sup>) и конца 1990-х – начала 2000 гг. (определения R<sup>a</sup>, 10R<sup>a</sup>, R<sup>o</sup>) разных организаций (НИИГА, ПГО «Севморгеология», ВНИГРИ, ИГиРГИ, ИНГГ СО РАН, СНИИГГиМС). Результатом стал массив первичных данных, полученных в лабораториях. Используя эти данные для регионального прогноза катагенеза ОВ юрских отложений, авторы сочли важным показать фактографические данные (табл. 2–5) без корректировки и оценки качества углепетрографических исследований.

Для систематизации и анализа использованного материала, необходимо было увязать данные, полученные разными методами, через статистические зависимости. Остановимся на этом вопросе, используя результаты определения Nvt, R<sup>a</sup>, 10R<sup>a</sup>, R<sup>o</sup>, % и приведя их единому параметру (R<sup>o</sup>, %) – фактически измеренному (R<sup>o</sup><sub>изм</sub>, %) или расчетному (R<sup>o</sup><sub>расч</sub>, %).

Практически в каждой опубликованной работе, а также в ГОСТ по углям (от ГОСТ 12113-66 до действующего ГОСТ 12113-94), рассматривается вопрос увязки между собой данных по определению стадии метаморфизма углей или углистого вещества разными методами [9, 11, 13]. Следует подчеркнуть, что все представленные зависимости относятся к витриниту, тогда как в практической деятельности при изучении ОВ в керне пород геохимии чаще оперируют смешанными разностями мацералов. В качестве примера приведем графики зависимостей Nvt, R<sup>a</sup>, R<sup>o</sup> (рис. 2) [11].

В нашем распоряжении имелись результаты более 500 анализов по катагенезу ОВ, материалы геолого-разведочных и научно-исследовательских работ; мало информации было о типе образца (брикет, аншлиф) и его мацеральном составе. В работе А. Н. Фомина [13] показано, что разница в значениях параметра катагенеза, определенного в брикетах и аншлифах, несущественна и не выходит за пределы интервала стадии катагенеза, что позволяет обрабатывать всю совокупность независимо от типа изученного образца углистого вещества.

В предлагаемой статье катагенетическая зональность пород как в плане, так и в разрезе рассматривается по дискретным данным отдельных скважин Енисей-Хатангской и Гыданской НГО. На этом фоне значительный интерес представляют материалы, полученные при изучении разреза параметрической Гыданской скв. 130 (НПЦ «Недра», КамНИИКИГС), вскрывшей весь разрез мезозойского чехла в интервале глубин 1428,5–4996,8 м. Полученная зависимость R<sup>o</sup> = f(R<sup>a</sup>) показывает высокое качество результатов лабораторных измерений геохимических параметров (рис. 3, а).

Как видно из графиков на рис. 3, б, с глубиной значения параметров R<sup>a</sup> и R<sup>o</sup> сближаются и на глубине более 4,5 км значимого отличия не наблюдается, что связано с высокой степенью преобразованности

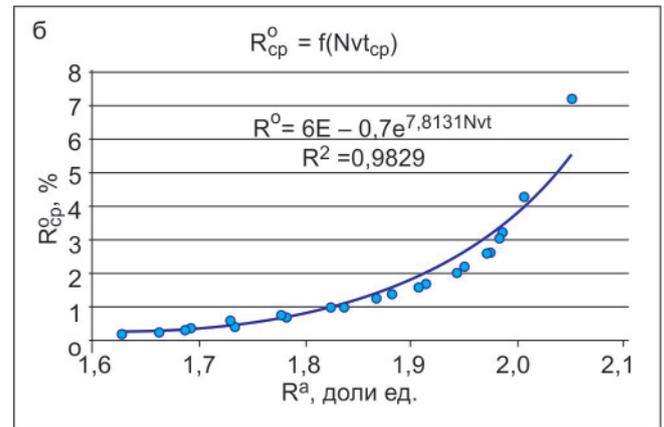
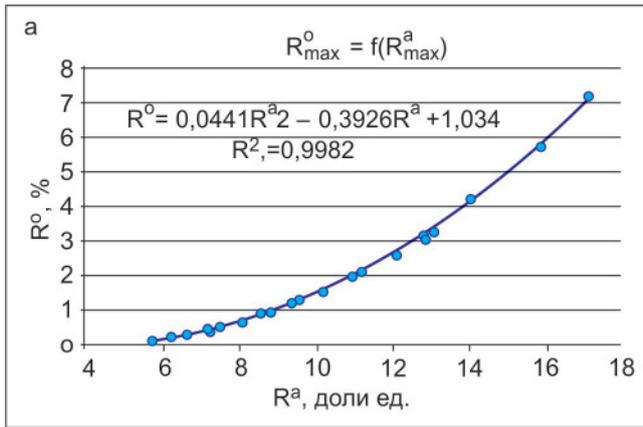
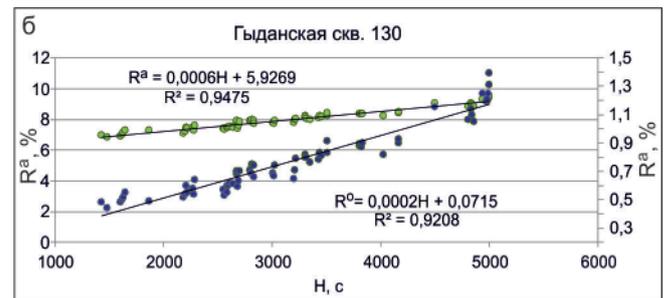
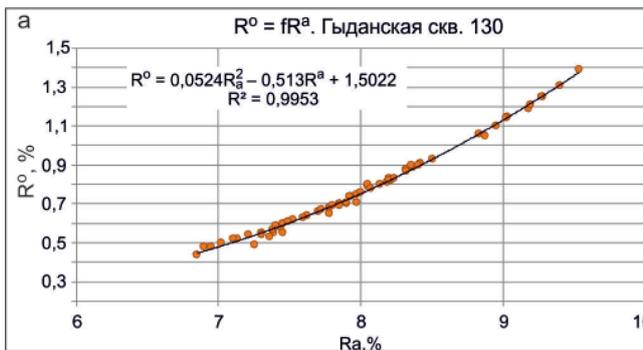

 Рис. 2. Графики: а –  $R_{\max}^0 = f(R_{\max}^a)$ ; б –  $R_{\text{cp}}^0 = f(Nvt_{\text{cp}})$  [11]

 Рис. 3. Зависимости: а –  $R^0 = f(R^a)$ ; б –  $R^a = f(H)$  и  $R^0 = f(H)$ 

Таблица 2

## Катагенез ОВ нижнеюрских отложений

Скважина	Глубина замера, м	$R^0$ , % расч	$R^0$ , % изм	$10R^a$ , % изм	$10R^a$ , % расч	NVt (порода) изм	Градация катагенеза по [5]
<i>Левинская свита (<math>J_1lv</math>)</i>							
Зимняя 1	2805	0,6	–	77	77	1,762	МК2
	2802	–	–	–	77	1,754–1,762	МК2
Нижнехетская 1	1862,5*	0,58	–	–	75	1,75	МК2
	1863	–	–	75	76	1,754	МК2
Тундровая 1	1625	0,49	–	–	73	1,723–1,736	МК1
<i>Китербютская свита (<math>J_1kt</math>)</i>							
Гыданская 130	4928,26	–	–	152	–	–	АК4
	4935,14	–	1,25	92,8	–	–	МК4
Рассохинская 1	3020	0,7	–	–	80	1,78	МК2
Суходудинская 3	1645	0,49	–	–	72	1,73	МК1
	1646,6	–	–	78	78	1,77	МК2
<i>Надоаяская свита (<math>J_1nd</math>)</i>							
Гыданская 130	4499,73	–	1,15	90,3	–	–	МК4
	4805,94	–	1,06	88,3	–	–	МК3
	4825,83	–	1,14	90,2	–	–	МК3
	4839,91	–	1,1	89,5	–	–	МК3
	4851,24	–	1,05	88,7	–	–	МК3
Джангодская 2	3005	–	–	–	78	1,77	МК2
	3007,7	0,67	–	79,5	80	1,78	МК2
Зимняя 1	2513	–	–	–	77	1,76	МК2
Семеновская 2	2250	0,62	–	–	77	1,762	МК2
Восточно-Мессояжская 2	3195	0,69	0,64	–	79	–	МК1
Тундровая 1	1086	0,38	–	–	69	1,703–1,710	ПК3
	1196	0,42	–	–	71	1,710–1,723	МК1

\*Середина интервала отбора образца.

мацералов, приводящей к аморфности угольного вещества.

С появлением экспрессных пиролитических методов исследований ОВ пород, менее зависящих от оператора углепетрографических исследований и менее трудоемких, исследователи все чаще обращаются к зависимости  $R^o = f(T_{max})$ . Такая зависимость показана для разреза пород, вскрытого указанной скважиной. Впервые были получены уникальные материалы, позволившие в таком широком диапазоне глубин сопоставить результаты пиролитических и петрографических исследований катагенетической преобразованности ОВ (рис. 4).

Следует отметить разброс значений  $R^o$ , % при одинаковой  $T_{max}$ , °С: видно, что при  $T_{max} = +443$  °С значение  $R^o$  составляет 0,5–0,82 %. Возможная причина – влияние большого числа литопетрографических, битуминологических и других факторов, в том числе и содержания  $C_{орг}$ , %, так как это экспрес-метод.

Выявленные зависимости позволили увязать границы градаций катагенеза по данным пиролитических и петрографических исследований (рис. 5), что и было использовано при отсутствии углепетрографических данных.

При построении региональных карт-схем катагенеза ОВ юрских отложений севера Сибири авторы опирались на данные углепетрографических исследований пород, при этом использовалась выявленная статистическая зависимость между глубиной  $H$ , м (абс. отм.) и  $R^o$ , % (рис. 6). В качестве базы для региональных построений приняты структурные карты по рассматриваемым стратиграфическим уровням, подготовленные совместно СНИИГГиМС и НОВАТЭК НТЦ.

Перспективными нефтегазопродуцирующими отложениями, как показывают палеогеографические реконструкции, можно считать глубоководные осадки китербютской, лайдинской свит и баженковского горизонта, сформировавшиеся на этапах максимальных трансгрессий [1]. Дополнительным источником углеводородов служили мелкокластические породы вымской и малышевской свит, которые образовались в мористых условиях осадко-накопления [3].

Но главным остается вопрос, на каких территориях и в каком диапазоне глубин могут идти и идут процессы нефтеобразования по термодинамическим условиям. В российской литературе отмечается, что эти процессы активнее в интервале градаций

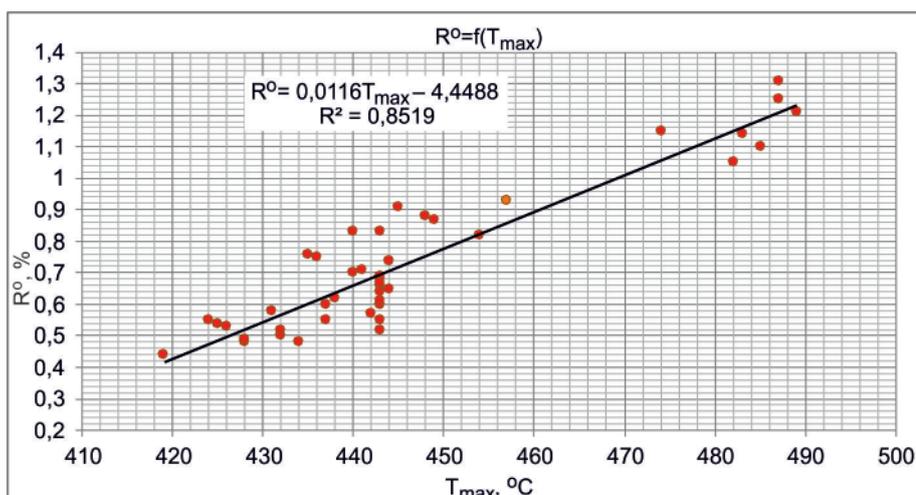


Рис. 4. График  $R^o = f(T_{max})$ . Параметрическая Гыданская скв. 130

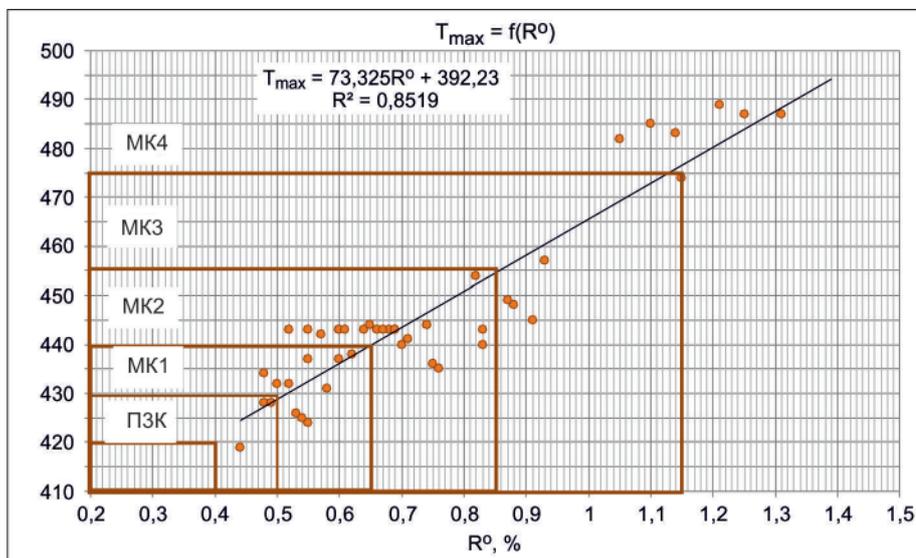


Рис. 5. График зависимости  $T_{max} = f(R^o)$  по результатам пиролитических и петрографических исследований ОВ пород из разреза параметрической Гыданской скв. 130 (шкала градаций катагенеза ОВ осадочных образований [5])

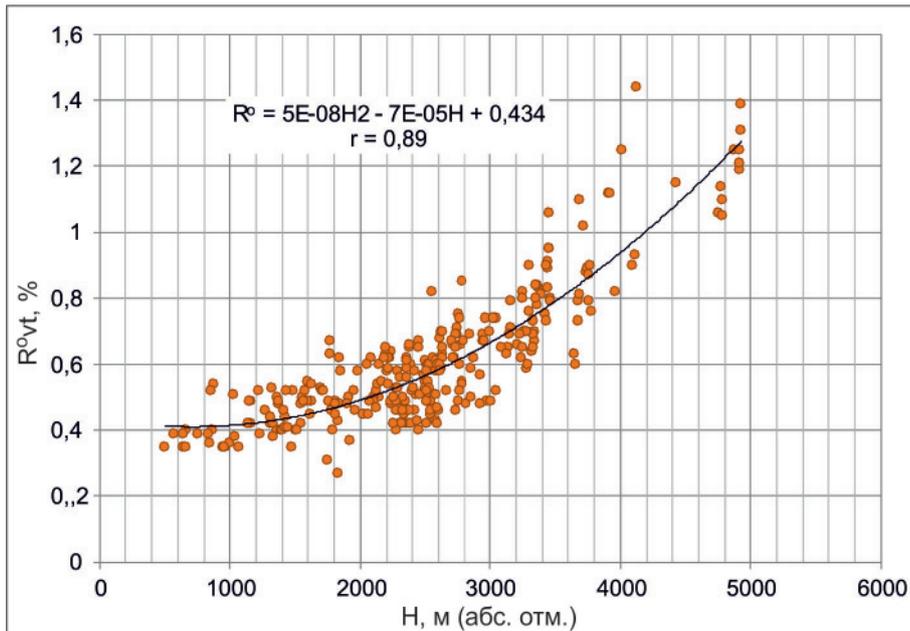


Рис. 6. График зависимости  $R^o$ , % от  $H$ , м (абс. отм.) для горизонтов юры севера Сибири

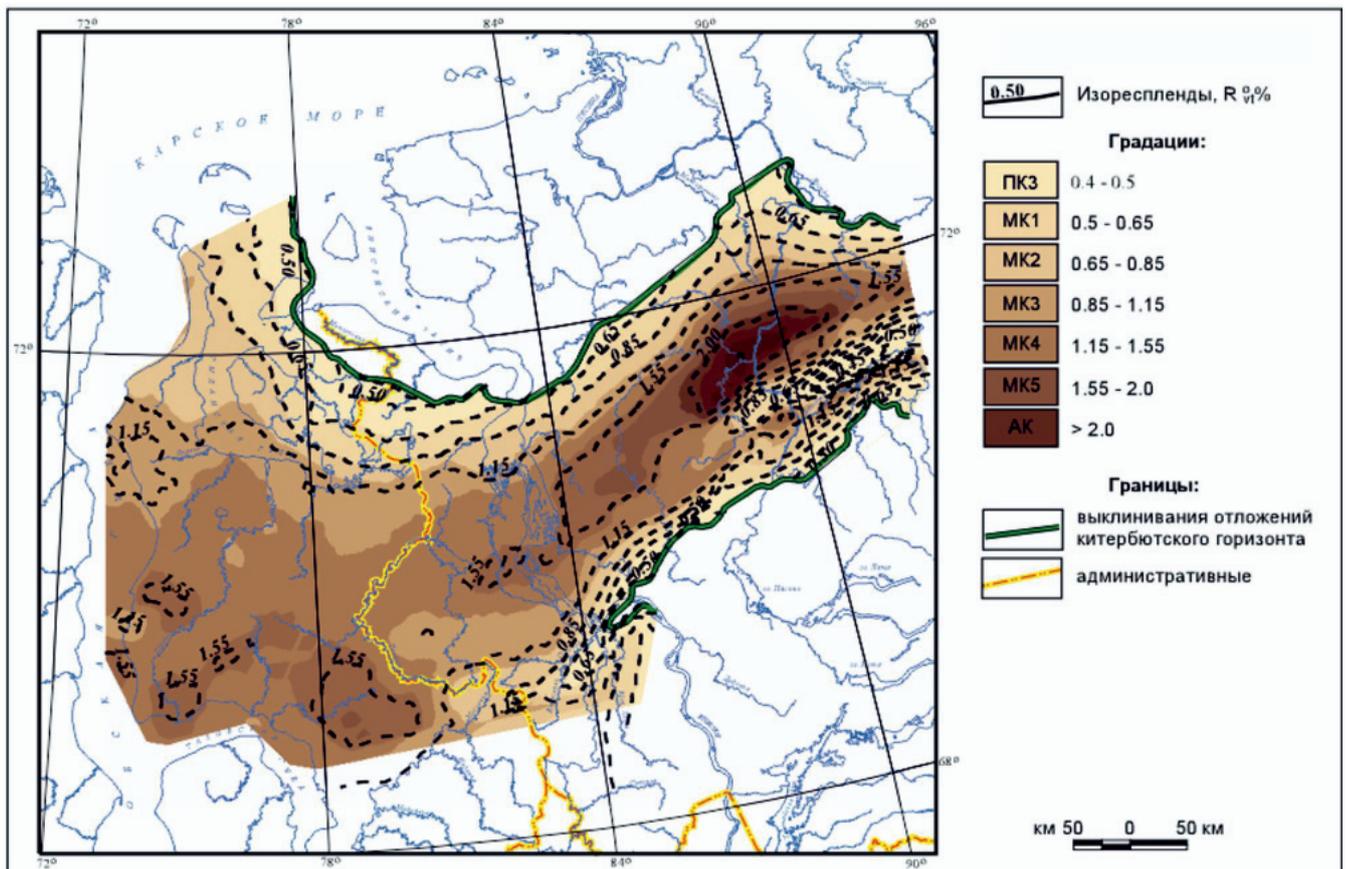


Рис. 7. Схема зональности градаций катагенеза ОВ пород в кровле китерб'ютской свиты

катагенеза МК1–МК3, т. е. в интервале значений  $R^o = 0,5–1,15$ .

*Китерб'ютская свита* ( $J_1kt$ ) (ранний тоар) широко распространена и представлена аргиллитами тонкоотмученными, иногда битуминозными. В аргиллитах присутствуют редкие маломощные прослой полимиктовых алевролитов и песчаников. Мощность отложений свиты 40–60 м. Изученность ОВ весьма ограничена: исследованы всего две

площади Гыданской НГО и пять площадей Енисей-Хатангской. Перепад глубин (абс. отм.) залегания кровли свиты составляет от –1700 м в зоне сочленения с Таймыром до –7100 м в Агапском прогибе. Значительные глубины погружения пород свиты отражены в высокой катагенетической преобразованности ОВ на больших территориях центральной части ее развития (рис. 7), и лишь в краевых зонах ОВ свиты находится в условиях продуцирования



Таблица 3

Катагенез ОБ пород лайдинской и вымской свит

Скважина	Глубина замера, м	R°, % расч	R°, % изм	10Ra, % изм	10Ra, % расч	NVt (порода) изм	NVt (порода) расч	Градация катагенеза по [5]
<i>Лайдинская свита (J<sub>2</sub>ld)</i>								
Майская 1	2900	0,62	–	–	–	1,76	–	МК2
<i>Вымская свита (J<sub>2</sub>vm)</i>								
Горчинская 1	3480,30	–	0,95	–	77	–	–	МК3
	3492,5*	–	–	76,5	–	–	–	МК1
	3495,20	–	0,95	–	–	–	–	МК3
Гыданская 130	4159,00	–	0,9	84	–	–	–	МК3
	4165,17	–	0,93	85	–	–	–	МК3
Джангодская 2	2500,0	0,67	–	–	78	1,77	–	МК2
	2583,0	–	–	–	77	1,76	–	МК2
Долганская 1	2336,4	–	–	78	–	–	–	МК2
Зимняя 2	2230,00*	0,63	–	–	80	1,762–1,781	–	МК2
Нижнехетская 1	1445,00	0,52	–	–	73	1,74	–	МК1
	1445,6	–	–	72	72	1,73	–	МК1
Пеляткинская 15	3730,5*	–	–	–	<85	<1,811	–	МК3
	3730,5*	–	–	–	81–82	≈1,795	–	МК3
	3791,2	–	–	82,4	–	–	–	МК3
	3794,6	–	–	78,4	–	–	–	МК2
	3793,50	–	0,95	–	–	–	–	МК3
	3793,0*	–	–	–	–	≤85	≤1,811	–
Рассохинская 1	2258,4	–	–	70	70	<1,720	–	МК1
	2256,00	0,49	–	–	72	1,73	–	МК1
Западно Мессояхская 4	3069	–	0,52	–	–	–	–	МК1
Сузунская 4	3859,80	–	0,79	–	–	–	–	МК2
Тундровая 1	700,00*	0,28–0,39	–	–	68	1,686–1,702	–	ПК3
	890,00*	0,39	–	–	69	1,702–1,711	–	ПК3
Ушаковская 1	3715,0	–	–	–	78,0	1,773	–	МК2
	3729,5	–	–	78–82	≤79	≤1,78	1,77–1,795	МК2
	3737,30	–	0,73	–	–	–	–	МК2
	3726,47	–	0,79	–	–	–	–	МК2
	3729,4	–	–	79,1	–	–	–	МК2
	3744,93	–	0,81	–	–	–	–	МК2
	3758,0*	–	–	≈81	<85	<1,811	1,795	МК3
	3761,5*	–	–	–	<85	<1,811	–	МК3
	3766,60	–	1,02	–	–	–	–	МК3
	3782,0*	–	–	78–79	<85	<1,811	1,775–1,780	МК3

\*Середина интервала отбора образца.

нефтяной фазы – на Усть-Портовской моноклинали, Притаймырской моноклине и Среднепясинской террасе (см. табл. 2).

*Лайдинская свита (J<sub>2</sub>ld)* (ранний – поздний аален) сложена преимущественно аргиллитами с маломощными прослоями алевролитов и редких песчаников. Аргиллиты и их разности темно-серые с буроватым оттенком, в различной степени обогащенные более светлым алевролитистым материалом. По всему разрезу присутствуют углефицированные растительные остатки. Мощность свиты 45–100 м. Органическое вещество пород практически не из-

учено (см. табл. 3). Перепад глубин (абс. отм.) залегания кровли свиты от –1400 м в зоне сочленения с Таймыром до –6500 м и более в Агапском прогибе. Большинство площадей развития свиты занимают зоны, где катагенез ОБ не выходит за пределы «нефтяного окна» (рис. 8), лишь на приуроченных к Центрально-Таймырскому прогибу и Антипаютинской впадине ее отложения вышли из зоны активного нефтеобразования.

*Вымская свита (J<sub>2</sub>vm)* (верхи аалена – низы байоса) представлена чередованием пачек песчаников, алевролитов и аргиллитов. Верхняя часть свиты бо-

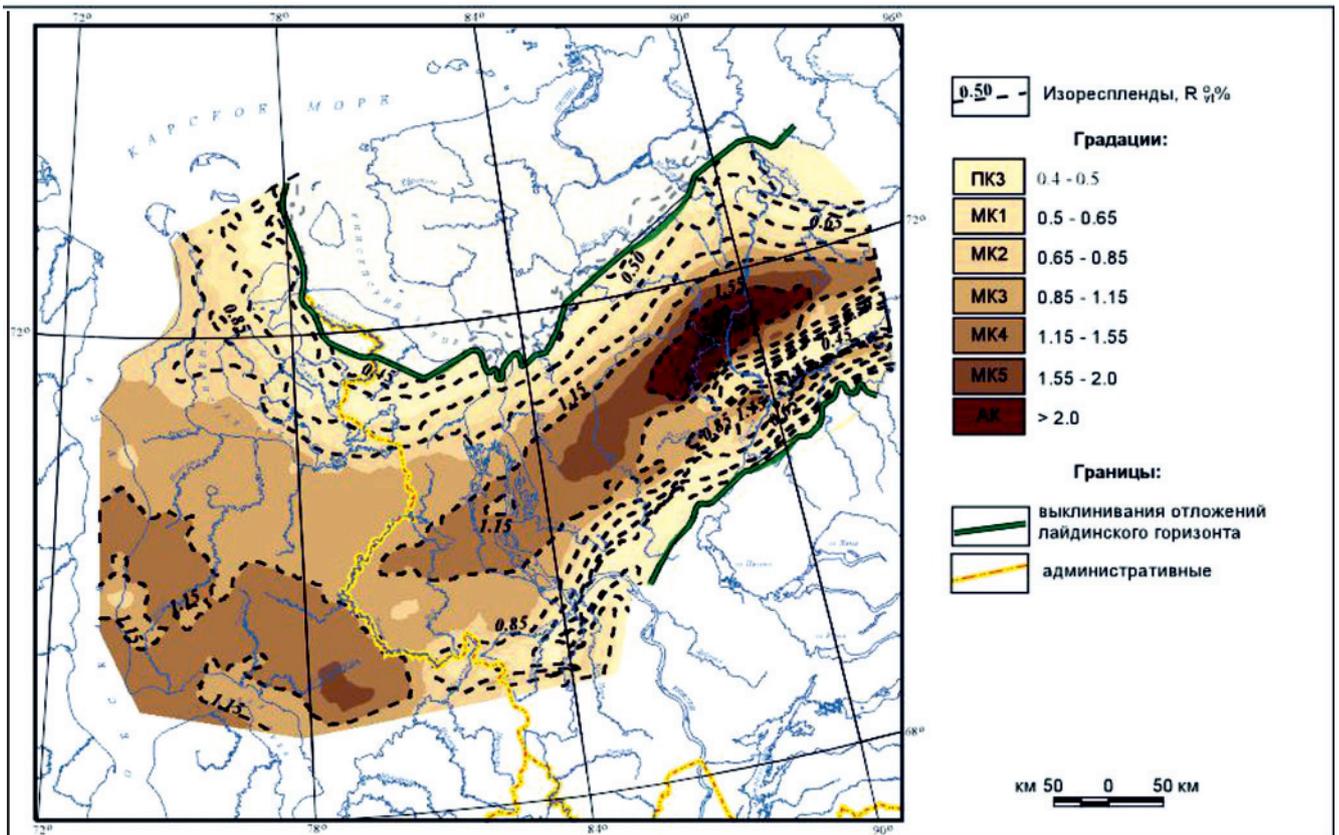


Рис. 8. Схема зональности градаций катагенеза ОВ пород в кровле лайдинской свиты

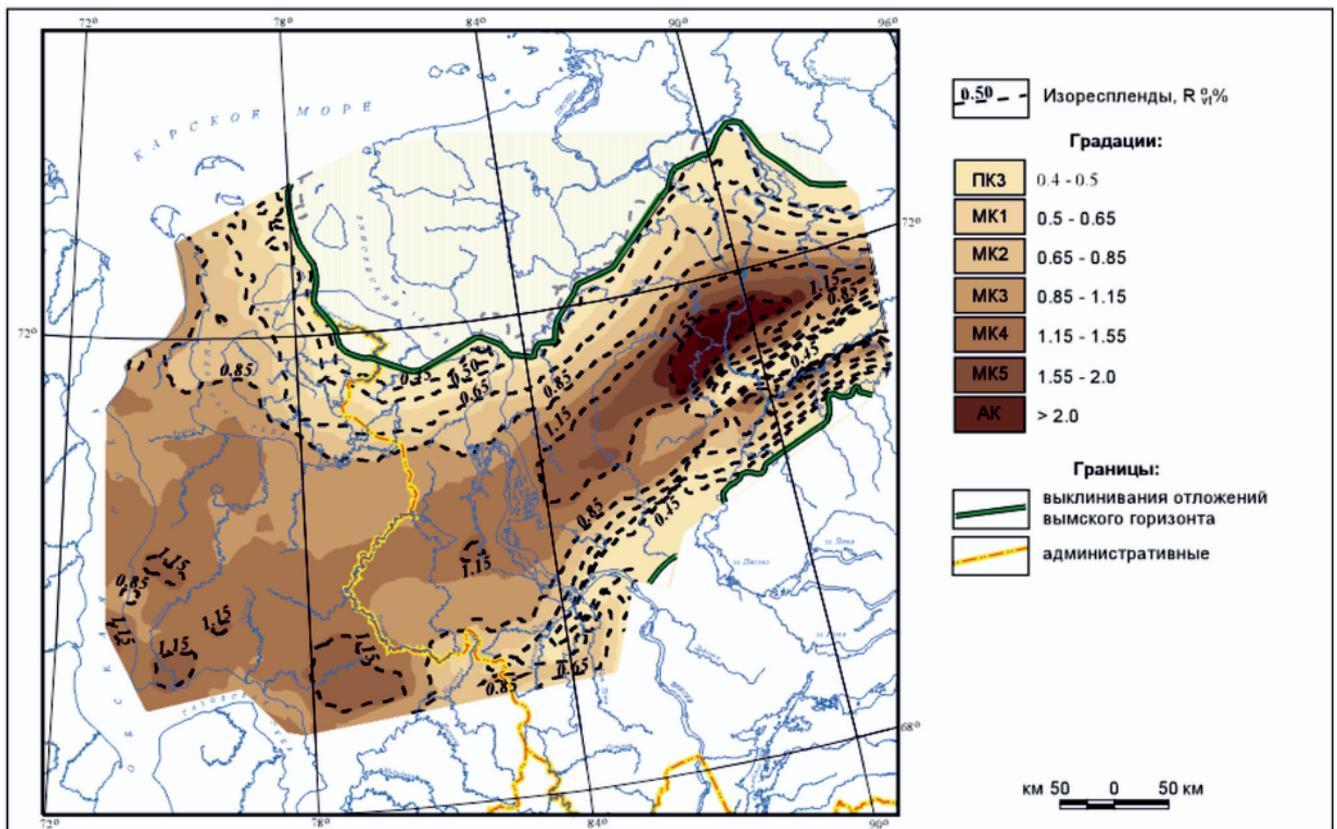


Рис. 9. Схема зональности градаций катагенеза ОВ пород в кровле вымской свиты

лее песчаная. Мощность однородных пластов песчаника не превышает 25–30 м, монотонных глинистых пачек – 10 м. Алевролиты плохо- и среднеот-

сортированные, волнисто-косослоистые с обильными включениями углефицированных органических остатков. Мощность отложений свиты 70–250 м.



Таблица 4

Катагенез ОВ пород малышевской свиты

Скважина	Глубина замера, м	R <sup>o</sup> , % расч	R <sup>o</sup> , % изм	10R <sup>a</sup> , % изм	10R <sup>a</sup> , % расч	NVt (порода) изм	NVt (порода) расч	Градация катагенеза по [5]
Аномальная 51	3771	–	–	115,2	–	–	–	АК2
	3782,7	–	–	88,5	–	–	–	МК3
	3786,7	–	–	78,9	–	–	–	МК2
	3798	0,76	–	–	–	–	–	МК2
	3800,2	–	–	79,8	–	–	–	МК2
	3801,7	–	–	106,2	–	–	–	МК5
	3802,2	–	–	86,8	–	–	–	МК3
Верхнекубинская 2	3671,0*	–	–	–	80–82	1,78–1,795	–	МК3
	3781,1	–	–	85,9	–	–	–	МК3
Гыданская 130	3801,38	–	0,88	83,2	–	–	–	МК3
	3805,71	–	0,89	83,7	–	–	–	МК3
	3817,69	–	0,87	83,2	–	–	–	МК3
	3833,83	–	0,9	83,5	–	–	–	МК3
Дерябинская 5	3407,80	–	–	–	77	1,762	–	МК2
Джангодская 2	1022,5	–	–	65	65	1,685	–	ПК3
	1983,5	–	–	>69	69	>1,710	–	ПК3
Долганская 2	2180,00	0,47	–	–	74	1,729–1,741	–	МК1
Зимняя 1	1990,00	–	–	–	73	1,736	–	МК1
	1990,00	0,52	–	72	72	1,73	–	МК1
	2000,00	0,46	–	–	72	1,73	–	МК1
Зимняя 3	1947,90	–	0,5	–	74,2	–	–	МК1
Майская 1	2659,40	–	–	73	73	1,736	–	МК1
	2655,00	0,65	–	–	78	1,754–1,767	–	МК2
Мессояхская 1	2402,40	0,6	–	–	76	1,754	–	МК2
	2445,20	0,65	–	–	78	1,767	–	МК2
	2448,40	0,66	–	–	78	1,77	–	МК2
Паютская 1	3582,3	–	–	76,3	–	–	–	МК2
	3588,5	–	–	78,6	–	–	–	МК2
	3500,5	–	–	81,1	–	–	–	МК2
	3512,5	–	–	77,4	–	–	–	МК2
	3512,50	–	1,06	–	–	–	–	МК3
	3516,4	–	–	79,7	–	–	–	МК2
	3517,86	–	0,8	–	–	–	–	МК2
	3521	–	–	80,1	–	–	–	МК2
	3523,09	–	0,79	–	–	–	–	МК2
	3525,2	–	–	79,8	–	–	–	МК2
Пеляткинская 15	3297,5*	–	–	–	–	–	–	МК2
	3296	–	–	75,5	–	–	–	МК2
	3311,7	–	–	76,7	–	–	–	МК2
	3382,1	–	–	75,9	–	–	–	МК2
	3386,8	–	–	75,8	–	–	–	МК2
	3388,00	–	0,67	–	–	–	–	МК2
	3388,00	–	0,7	–	–	–	–	МК2
	3387,0*	–	–	–	79–80	≈1,78	–	МК2
	3387,0*	–	–	≈80	–	–	1,79	МК2
	3396,6	–	–	77,8	–	–	–	МК2
	3401,5*	–	–	80–83	81–82	1,795	1,79–1,80	МК3
	3419,0*	–	–	–	81–82	1,795	–	МК3
	3579,2	–	–	82,7	–	–	–	МК3
	3582,5*	–	–	–	<85	<1,811	–	МК3



Окончание табл. 4

Скважина	Глубина замера, м	R°, % расч	R°, % изм	10Ra, % изм	10Ra, % расч	NVt (порода) изм	NVt (порода) расч	Градация катагенеза по [5]
Семеновская 1	1740	–		73	74	1,737–1,754	–	МК1
	1746,00	–	0,53	–	–	–	–	МК1
	1750,00	0,52	–	–	73	1,74	–	МК1
	1754	–	–	72	–	–	–	МК1
	1764	–	–	73	74	1,737–1,754	–	МК1
Западно-Мессояхская 4	2875,6	–	0,5	–	–	–	–	МК1
Среднеяровская 4	3382,80	–	0,8	–	–	–	–	МК2
Сузунская 4	3421,10	–	0,64	–	–	–	–	МК1
	3422,00	–	0,64	–	–	–	–	МК1
	3433,50	–	0,65	–	–	–	–	МК2
	3516,30	–	0,75	–	–	–	–	МК2
Суходудинская 1	1350,00	0,44	–	–	72	1,711–1,729	–	МК1
Турковская 1	3359,10		0,69	–	–	–	–	МК2
Турковская 2	3325,20	0,70	–	–	–	–	–	МК2
	3326,20	0,70	–	–	–	–	–	МК2
	3331,50	0,70	–	–	–	–	–	МК2
	3485,50	0,89	–	–	–	–	–	МК3
	3325,2	–	–	75,9	–	–	–	МК2
	3326,1	–	–	81	–	–	–	МК2
	3328,1	–	–	74,9	–	–	–	МК1
	3410,40	–	0,85	–	–	–	–	МК3
	3410,40	–	0,84	–	–	–	–	МК2
	3407,7	–	–	74,4	–	–	–	МК1
	3410,7	–	–	77,4	–	–	–	МК2
3497	–	–	83,5	–	–	–	МК3	
Утренняя 294	3651,1	–	0,63	–	–	–	–	МК1
	3652,81	–	0,60	–	–	–	–	МК1
Ушаковская 1	3287,70	–	0,69	–	–	–	–	МК2
	3388,70	–	0,73	–	–	–	–	МК2
	3380,9	–	–	77,2	–	–	–	МК2
	3380,9	–	–	79,1	–	–	–	МК2
	3380,9	–	–	73,0–84,0	–	–	–	МК2
Южно-Носковская 318	4032,5*	–	–	–	<85	<1,811	–	МК3
	4130,50	–	1,44	–	–	–	–	МК4
Южно-Соленинская 21	2951,2	–	–	71	71	1,724	–	МК1
	2955,3	–	–	71	71	1,723	–	МК1
Южно-Соленинская 24	2773,00	0,62	–	–	77	1,76	–	МК2
Южно-Соленинская 25	2764,5*	–	–	67,0	73	1,726	1,700	МК1
	2775,00	–	0,62	–	–	–	–	МК1
	2770,00	–	–	71	73,0	1,726	1,72	МК1
Яровская 2	3360,90	–	0,6	–	–	–	–	МК1
	3366,20	–	–	82,7	–	–	–	МК3
	3371,00	–	–	–	–	–	–	МК3
	3373,40	0,90	–	–	–	–	–	МК3
	3499,40	0,90	–	–	–	–	–	МК3
	3505,80	–	0,73	–	–	–	–	МК2

\*Середина интервала отбора образца.

Отложения достаточно хорошо охвачены углепетрографическими исследованиями в Енисей-Хатангской НГО, где они находятся на глубинах, доступных для бурения, и практически не изучены в Гыданской НГО (см. табл. 3).

Отложения вымской свиты на значительных территориях не выходят за пределы градации катагенеза МК3 ( $R^{\circ} < 1,15$ ). Лишь в срединной части Центрально-Таймырского прогиба ОВ прошло эту стадию (рис. 9), а также на локальных территории



Таблица 5

Катагенез ОБ пород баженовского горизонта

Скважина	Глубина замера, м	R <sup>o</sup> , % изм	R <sup>o</sup> , % расч	10R <sup>a</sup> , % изм	10R <sup>a</sup> , % расч	NVt (порода) изм	NVt (порода) расч	Градация катагенеза по [5]
<i>Яновстановская свита (J<sub>3</sub>-K<sub>1</sub>jan)</i>								
Горчинская 1	2878,0*	0,69	–	–	–	–	–	МК2
Джангодская 2	1369,55	–	0,5	–	73	1,65–1,738	–	МК1
Джангодская 5	1227,00	–	0,49	–	74	1,741	–	МК1
Долганская 2	1370,00	–	0,42	67	69	1,711–1,723	–	ПК3
	2045,00	–	0,58	–	77	1,741–1,762	–	МК2
Майская 1	2209,50	–	–	75–76	77	1,754–1,767	–	МК2
	2200,00	–	–	–	78	1,767	–	МК2
	2206,00	–	0,65	–	78	1,767	–	МК2
Нижнехетская 2	890,00	–	0,4	–	71	1,71–1,725	–	МК1
Озерная 8	3304,4	–	–	–	80	1,78	–	МК2
	3319,2	–	–	–	80	1,78	–	МК2
	3304,40	–	0,7	75–80	77	1,76	1,75–1,78	МК2
Рассохинская 1	1172,4	–	–	72	72	1,73	–	МК1
	1170	–	0,49	–	73	1,735	–	МК1
Суходудинская 1	1125,00	–	0,35	–	68	1,673–1,702	–	ПК3
Тайкинская 2	3092,5	–	–	–	77	1,760	–	МК2
Южно-Соленинская 25	2647,5	–	–	84,5	–	1,81	–	МК3
<i>Гольчихинская свита (J<sub>3</sub>-K<sub>1</sub>jan)</i>								
Дерябинская 5	3027,50	–	–	–	73	1,740	–	МК1
	3032,20	–	–	–	74	1,742	–	МК1
Нанадянская 310	3423,5*	0,84	–	–	–	–	–	МК2
	3437,5*	–	–	70–73	74	1,745	1,71–1,73	МК1
Ушаковская 1	3081,76	0,74	–	–	–	–	–	МК2
	3097,5*	–	–	–	74,0	1,747	–	МК2
Хабейская 2	2450,00	0,58	–	–	–	–	–	МК1
Южно-Носковская 318	3961,3	–	–	–	<85	<1,811	–	МК3
	4006,1	–	–	–	<85	<1,811	–	МК3
	4021,3	–	–	–	<85	<1,811	–	МК3
	4020,5	1,25	–	–	–	–	–	МК4

\*Середина интервала отбора образца.

яя отрицательных структур второго порядка на юге Антипаютинского мегапрогиба.

*Малышевская свита (J<sub>2</sub>ml)* (верхи байоса – бат) представлена ритмичным чередованием пачек алевролитов, песчаников и аргиллитов мощностью 5–40 м и их переходных разностей. Мощность свиты в среднем 200–300 м. Перепад глубин (абс. отм.) залегания кровли свиты от –600 м при выклинивании в зоне сочленения с Таймыром до –5500 м и более в Агапском прогибе; минимальные глубины вскрытия отложений малышевской свиты – на Рассохинском и Малохетском валах.

Так же как и для вымской свиты, углепетрографическими исследованиями охвачена значительная часть разреза на территории Енисей-Хатангской НГО, а в Гыданской – единственной скв. 130 (см. табл. 4).

Как видно из прогнозных построений, практически на всей рассматриваемой территории отло-

жения малышевской свиты находятся в благоприятных условиях для нефтеобразования (рис. 10), за исключением тех площадей, где отложения не вышли из стадии протокатагенеза (зоны выклинивания свиты по периферии Таймырской складчатой системы, Рассохинского и Малохетского валов) или уже находятся на стадии позднего мезокатагенеза (Агапский прогиб).

**Баженовский горизонт.** Породы *гольчихинской свиты (J<sub>2</sub>-K<sub>1</sub>gl)* (верхи бата – низы берриаса) согласно перекрывают нижележащие образования. Нижняя часть свиты сложена преимущественно алевролитами серыми, темно-серыми до черных, тонко- и мелкозернистыми с большой примесью глинистых алевролитов, верхняя – аргиллитами темно-серыми, почти черными, часто тонкоплитчатыми с прослоями темно-серых глинистых алевролитов, а также углистого и глинисто-слюдистого матери-

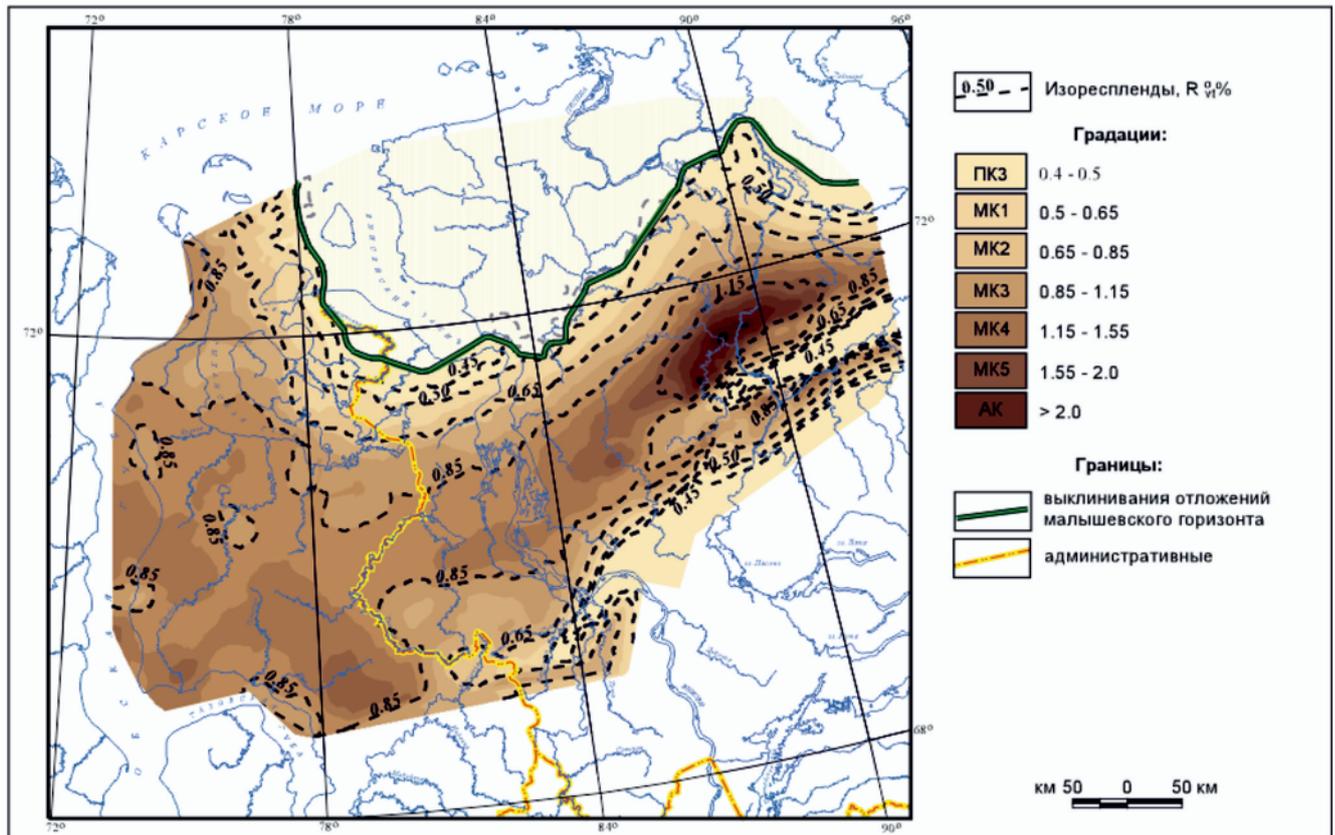


Рис. 10. Схема зональности градаций катагенеза ОВ пород в кровле малышевской свиты

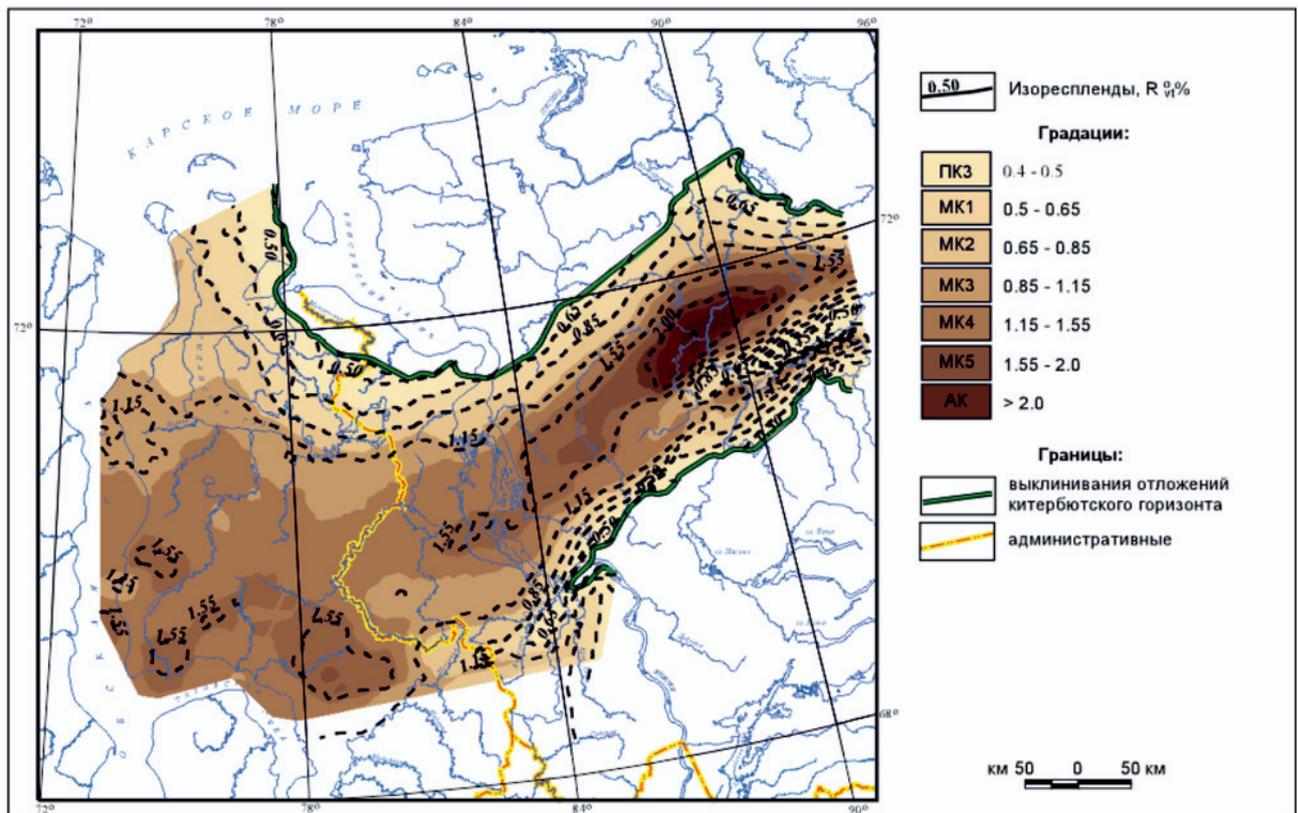


Рис. 11. Схема зональности градаций катагенеза ОВ пород в кровле баженковского горизонта (гольчихинская, яновстановская свиты)

ала с включениями сидерита, пирита и пиритизированных водорослей. Мощность свиты достигает

950 м. Яновстановская свита ( $J_3-K_1$ jan) (верхний кимеридж – низы берриаса) преимущественно



глинистая, глины аргилитоподобные и аргиллиты, иногда известковистые черные, с редкими пластами песчаников в верхней части, мелко-, иногда средне-мелкозернистыми, плохо отсортированными, лептохлорито-глауконитовыми. Мощность до 700 м.

Представленные материалы углепетрографических исследований ОВ пород баженовского горизонта охватывают только Енисей-Хатангскую НГО (см. табл. 5).

Региональный прогноз зональности градаций катагенеза ОВ отложений баженовского горизонта показывает высокие перспективы формирования нефтяной фазы углеводородов почти на всей рассматриваемой площади (рис. 11) за исключением территории сочленения с Таймырской складчатой системой и Сибирской платформой в полосе шириной 30–60 км от границы выклинивания отложений, а также Рассохинского мегавала, где ОВ не вышло из стадии протокатагенеза.

Процессы нефтеобразования на изученной территории активны, что подтверждается увязкой границ их развития ( $R^{\circ} = 0,5-1,15$ ) с глубинами (абс. отм.) от –2100 до –4500 м. Полученные результаты позволяют повысить перспективы юрских отложений на поиски залежей и месторождений нефти. Менее перспективны на нефть площади развития юрских отложений в Агапском прогибе, вплоть до мальшевской свиты; хотя здесь перспективы могут быть связаны с вторичными залежами. Результаты бурения в Западной Сибири подтверждают потенциал больших глубин на открытие нефтяных месторождений. Самая глубокая промышленная залежь нефти вскрыта на глубине 4100 м (Северо-Самбургское месторождение), а также пленка нефти получена с глубины 5400 м (скв. 700 Самбургского месторождения) [6, 7].

Интересная информация приведена в работе [13]: «За рубежом для характеристики материнских пород применяют термины незрелое и зрелое органическое вещество, чтобы показать, достигло ли оно состояния для генерации углеводородов (Xiaohua, 1983):  $R^{\circ}_{vt} < 0,65\%$  – незрелое ОВ (сухой газ);  $R^{\circ}_{vt} = 0,65-1,30\%$  – зрелое ОВ (нефть);  $R^{\circ}_{vt} = 1,31-2,20\%$  – перезрелое ОВ (жирный газ);  $R^{\circ}_{vt} = 2,21-5,50\%$  – сильно перезрелое ОВ (сухой газ)». При таком подходе территория перспективных площадей на поиски нефти в юрских отложениях значительно расширяется.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Геологическое** строение и нефтегазоносность нижней – средней юры Западно-Сибирской провинции / Ф. Г. Гурари, В. П. Девятов, В. И. Демин и др. – Новосибирск: Наука, 2005. – 156 с.

2. **Казаненков В. А., Филимонова И. В., Немов В. Ю.** Главные направления и задачи поисков нефти и газа в Западной Сибири на ближайшее десятилетие // Бурение и нефть. – 2019. – № 10. – С. 10–18.

3. **Ким Н. С., Родченко А. П.** Органическая геохимия и нефтегазогенерационный потенциал юрских и меловых отложений Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54, № 8. – С. 1236–1252.

4. **Конторович А. Э.** Геохимические методы количественного прогноза нефтегазоносности. – М.: Недра, 1976. – 250 с.

5. **Неручев С. Г., Вассоевич Н. Б., Лопатин В. А.** О шкале катагенеза в связи с нефтегазоносностью // Горючие ископаемые. Проблемы геологии и геохимии нафтидов и битуминозных пород: докл. сов. геологов. МГК. XXV сес. – М.: Наука, 1976. – С. 47–62.

6. **Оликуминское** нефтяное месторождение // Горные ведомости. – 2012. – № 7 (98). – С. 66–69.

7. **Особенности** геологического строения северной части Западно-Сибирской геосинеклизы и новые перспективные объекты для поисков углеводородного сырья / И. А. Плесовских, И. И. Нестеров (мл.), Л. А. Нечипорук, В. С. Бочкарев // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50, № 9. – С. 1025–1034.

8. **Оценка** перспектив нефтегазоносности Гыданской и западной части Енисей-Хатангской нефтегазоносных областей методом бассейнового моделирования углеводородных систем / А. П. Афанасенков, С. М. Френкель, О. И. Меркулов и др. // Недропользование XXI век. – 2018. – № 3. – С. 34–47.

9. **Палеогеотермические** критерии размещения нефтяных залежей / И. И. Аммосов, В. И. Горшков, Н. П. Гречишников, Г. С. Калмыков. – М.: Недра, 1977. – 158 с.

10. **Ресурсные** регионы Западной Сибири: сырьевая база в условиях необходимости смены парадигмы развития / А. Э. Конторович, Л. В. Эдер, И. В. Филимонова и др. // Проблемы экономики и управления нефтегазовых комплексов. – 2017 – № 9. – С. 4–11.

11. **Сарбеева Л. И., Дубарь Г. П., Евдокимова Н. К.** Состав и свойства углей и горючих сланцев. – СПб.: СПбГИ, 1993. – 135 с.

12. **Скоробогатов В. А., Строганов Л. В.** Гыдан: геологическое строение, ресурсы углеводородов, будущее. – М.: Недра-Бизнесцентр, 2006. – 261 с.

13. **Фомин А. Н.** Катагенез органического вещества и нефтегазоносность палеозойских и мезозойских отложений Западно-Сибирского мегабассейна. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 331 с.

© О. В. Шиганова, В. В. Сапьяник, Т. Н. Торопова, Е. А. Зыза, И. С. Игонин, Ю. В. Колосова, В. С. Корытов, Р. П. Шакиров, 2022