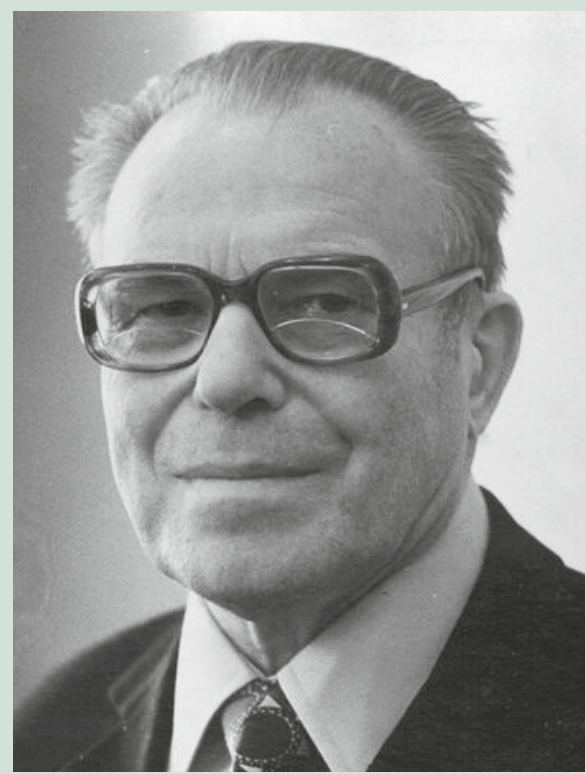




к 115-летию
академика АН СССР и РАН
А.А. Трофимука



и 105-летию
заслуженного деятеля науки РСФСР
В.С. Вышемирского

Всероссийская научная конференция АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И ГЕОФИЗИКИ НЕФТИ И ГАЗА

СОСТАВ И СТРУКТУРА КЕРОГЕНА ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. С. Борисова, И. Д. Тимошина

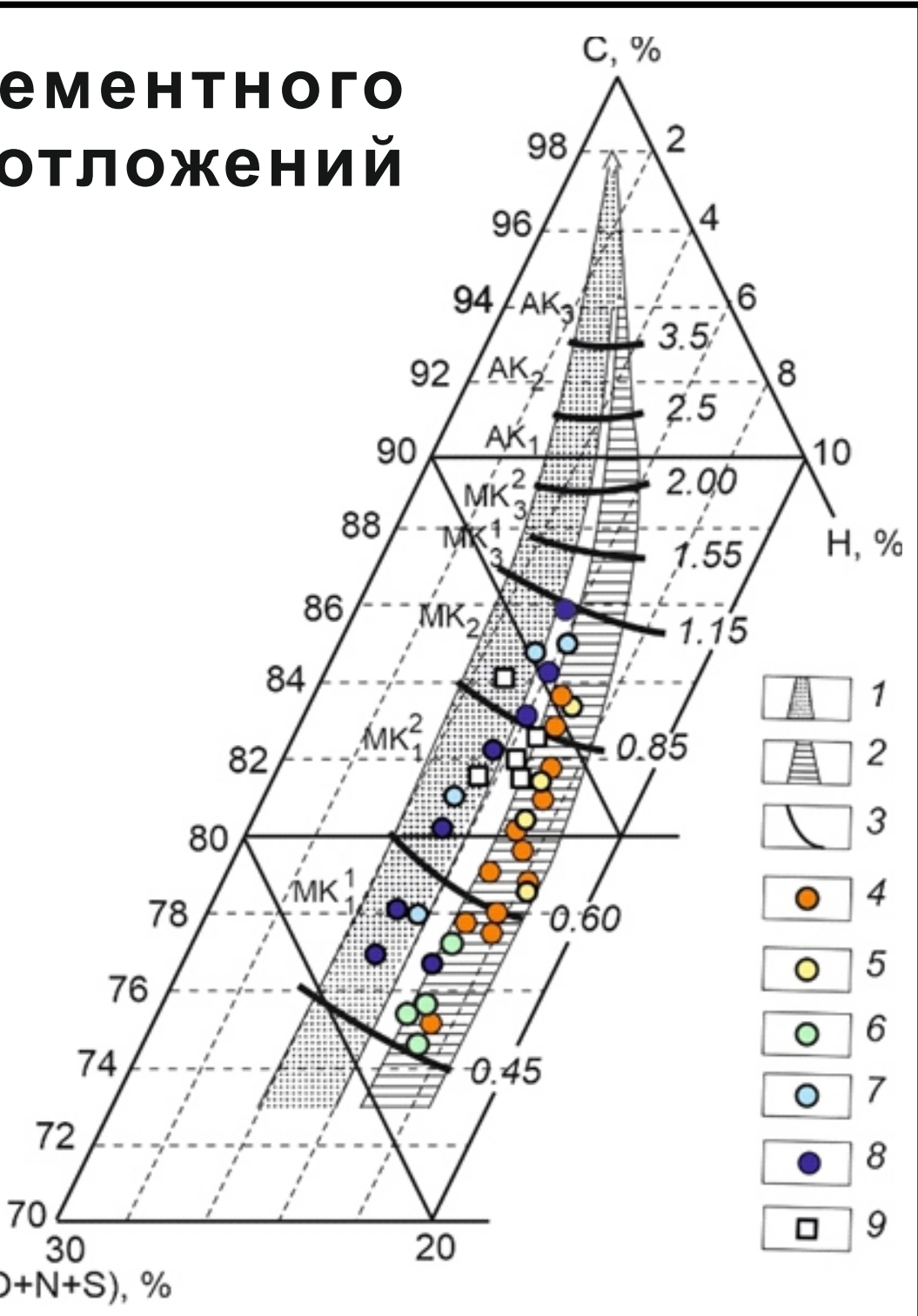
Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, г.Новосибирск

Таблица 1. Средние данные анализа керогена юрских отложений НСО

Свита	C _{орг} , %	Сера пирит - ная, %	%на ОВ				(Н/С) _{ат}	(О/С) _{ат}	$\delta^{13}\text{C}$, ‰	Н _с , мг УВ/г C _{орг}
			С	Н	S	S+O+N				
Баженовская	6.4	15.8	79.2	7.3	2.8	13.5	1.11	0.12	-30.2	396
Марьяновская	5.6	14.6	80.7	7.7	1.9	11.6	1.14	0.09	-	-
Васюганская	1.0	13.2	81.0	5.5	0.6	13.5	0.81	0.08	-27.4	-
Георгиевская	1.9	24.3	76.6	7.3	2.0	16.2	1.14	0.13	-27.7	318
Тюменская	3.3	2.5	79.4	5.7	0.5	14.9	0.86	0.12	-26.5	302
Тогурская	2.0	6.0	82.9	7.1	0.2	10.0	1.03	0.09	-29.2	310

Рисунок 1. Тригонограмма элементного
состава керогена ОВ юрских отложений
Новосибирской области.

Условные обозначения: 1 – поле эволюции элементного состава углей и керогена террагенного типа; 2 – поле эволюции элементного состава керогена аквагенного типа [4]; 3 – границы зон катагенеза, цифрами обозначены значения R^0_{vt} ; верхнеюрские керогены: 4 – баженовская свита, 5 – марьяновская свита, 6 – георгиевская свита, 7 – васюганская свита; 8 – среднеюрские керогены; 9 – нижнеюрские керогены.



Введение. Во второй половине XX века в Институте геологии и геофизики СО АН СССР в лаборатории органической геохимии под руководством В.С. Вышемирского было начато изучение самого сложного и наиболее информативного в геохимическом плане компонента ОВ – керогена: подобно углю с ростом степени катагенетической превращенности он обогащается углеродом и теряет гетероэлементы. А как известно, оценка вклада какой-либо материнской породы в региональную нефтегазоносность требует учета закономерностей кроме изменения толщин породы и содержания органического вещества его качества (типа керогена) и катагенетической преобразованности. А.Э. Конторовичем совместно с Л.И. Богородской и Е.А. Рогозиной (1967, 1972, 1975) был выполнен ряд крупных работ по геохимии керогена. В 1973 г. А. А. Трофимуком, А. Э. Конторовичем и В. С. Вышемирским был опубликован фундаментальный труд, касающийся успехов органической теории происхождения нефти.

К настоящему времени в ИНГГ СО РАН собран представительный банк данных основных геохимических параметров керогенов фанерозоя Сибири. В XXI веке под руководством академика А.Э. Конторовича [1] было выполнено первое обобщение результатов изучения керогенов баженовской свиты западносибирского бассейна. Состав и структура керогенов нижнесреднеюрских отложений северных территорий бассейна были рассмотрены позднее в работе [2]. Результаты изучения керогенов юрских отложений центральных и юго-восточный районов Западной Сибири проанализированы и направлены для опубликования в журнал «Геология и геофизика» [3].

Объектом настоящего исследования является изучение керогенов юрских отложений Новосибирской области (НСО) Западной Сибири (32 пробы). Целью работы было выявление геохимических характеристик керогенов юрских отложений НСО, их нефтегазогенерационного потенциала в сравнении с керогенами Томской области и более северных территорий Западной Сибири. Керогены получены в лаборатории геохимии нефти и газа в ИНГГ СО РАН и изучены комплексом методов [4]: элементный состав на анализаторе EA 1110 (CE Instruments); изотопный состав углерода на масс-спектрометре Finnigan Thermo MAT 253; пиролиз Rock-Eval – на приборе SR-Analyzer. В качестве графического классификатора типов ОВ в работе использована предложенная А.Э. Конторовичем [4] тригонограмма элементного состава.

Верхнеюрские отложения представлены небольшой коллекцией: образцами баженовского (12 проб) и васюганского (7 проб) горизонтов (табл. 1). Исследования показали, что баженовская свита характеризуется высоким содержанием $C_{\text{орг}}$ – 6.4 % в среднем, пиритной серы в керогене – до 24.1 % (в среднем 15.8 %), зольности – до 30.9 %. Практически по всем этим параметрам близкие значения имеют керогены марьяновской свиты, и в целом они превосходят аналогичные параметры керогенов средней и нижней юры НСО. На рисунке 1 приведена тригонограмма элементного состава (С-Н-SNO) нерастворимого органического вещества юрских отложений Западной Сибири. Керогены баженовской и марьяновской свит имеют в среднем невысокое содержание углерода (79.2 % и 80.7 %) при повышенных концентрациях водорода: до 8.2 %. Однако керогены баженовской больше обогащены серой – до 3.6 % (в среднем 2.8 %) (см. табл. 1), в образцах марьяновской свиты – только до 2.0 %.

Керогены баженовской и марьяновской свит характеризуются наиболее высокими значениями $\text{H/C}_{\text{ат}}$ во всем изученном разрезе (в среднем 1.11 и 1.14, соответственно) и очень легким изотопным составом углерода (в среднем –30.2 ‰). На тригонограмме С-Н-SON (см. рис. 1) они попадают в область аквагенного ОВ и характеризуются степенью преобразованности ОВ, соответствующей началу главной зоны нефтеобразования ($\text{MK}_1^1, R^0_{\text{vt}} = 0.59$ %). Полученные данные согласуются с результатами изучения керогена баженовской свиты Юга Западной Сибири, проведенного А.Э. Конторовичем с сотрудниками [1]. Остаточный нефтегенерационный потенциал ОВ баженовской свиты в среднем составляет 396 мг УВ/г $C_{\text{орг}}$; при этом значения T_{max} в интервале 430-432 °С.

В васюганском горизонте состав и структура керогена изучены в 7 образцах васюганской и георгиевской свит. Кероген характеризуется более низким $C_{\text{орг}}$ по сравнению с баженовским горизонтом (1.5 % в среднем по горизонту), но относительно высоким содержанием пиритной серы в керогене: до 27.4 % (в среднем 24.3 %) в георгиевской свите и до 17.0 % (в среднем 13.2 %) в васюганской свите (см. табл. 1).

Результаты изучения керогенов НСО близки полученным ранее для верхнеюрских отложений Томской области [3]. По данным элементного анализа керогены георгиевской свиты имеют в среднем невысокое содержание углерода (76.0 %), а васюганской – 81.0 %. При этом последние по сравнению с георгиевской свитой характеризуются более низкими значениями водорода – в среднем 5.5 % против 7.3 и невысокой концентрацией элементной серы (в среднем 0.6 против 2.0 %). На тригонограмме С-Н-SON (см. рис. 1) керогены васюганской свиты попадают в область террагенного и смешанного ОВ, георгиевской – аквагенного. Аналогично по изотопному составу углерода эти керогены имеют террагенный и смешанный генезис: (–30.0) – (–23.1) ‰ и (–29.8) ‰, соответственно.

На рисунке 2 представлена схематическая карта расположения изученных скважин верхнеюрских отложений НСО. На схему вынесены некоторые важные параметры керогенов. Так, на примере скв. Новотроицкая-1 наглядно показано, как значительно различаются керогены разного генетического типа: баженовской (II) и васюганской (III) свит как по элементному ($\text{H/C}_{\text{ат}} = 1.14$ против 0.72), так и по изотопному ((–31.3) против (–25.1) ‰) составам. Керогены баженовской свиты характеризуется также более высоким остаточным нефтегенерационным потенциалом (до 400 мг УВ/г $C_{\text{орг}}$) и содержанием $C_{\text{орг}}$ – до 11.0 %, тогда как васюганской – $C_{\text{орг}}$ не превышает 1.5 %.

Среднеюрские отложения. Содержание $C_{\text{орг}}$ в 8 образцах средней юры, представленных тюменской свитой, изменяется от 0.50 до 8.2 % на породу, в среднем составляет 3.3 %, а содержание пиритной серы в среднем в керогене ($S_{\text{пирит}}$) – 2.5 % (см. табл. 1). В изученной выборке $C_{\text{орг}}$ и $S_{\text{пирит}}$ близки аналогичным параметрам керогенов Томской области (ТО) [3] и выше по сравнению с параметрами $C_{\text{орг}}$ и $S_{\text{пирит}}$ нерастворимого ОВ ЯНАО [2], где средние значения 2.6 и 1.7 %, соответственно. По данным элементного анализа керогенов уровень зрелости ОВ среднеюрских отложений соответствует главной зоне нефтеобразования (градации MK_1^1 – MK_2). Они характеризуются долями углерода от 76.0 до 86.3 %, водорода – от 5.0 до 6.3 % (см. рис. 1), аналогично Томской области (75.6-86.2 %) и (4.0-6.9 %), соответственно; атомным отношением $\text{H/C}_{\text{ат}} =$ от 0.77 до 1.10 и 0.65-1.11 в ТО. По сравнению с элементным анализом керогенов среднеюрских отложений ЯНАО [2] полученные данные на тригонограмме занимают как левую ветвь террагенного ОВ, так и частично правую, соответствующую аквагенному. При этом изотопный состав углерода керогенов имеет значения от (–27.8) до (–25.5) ‰, что также свидетельствует о террагенном типе ОВ и у единичных образцов – смешанном генезисе, нефтегенерационный потенциал которых составляет 302 мг УВ/г $C_{\text{орг}}$ (см. табл. 1). В Томской области исключением со значением $\text{HI} = 442$ мг УВ/г $C_{\text{орг}}$ являлся образец, имеющий, по всей видимости, аквагенный генезис.

Нижнеюрские отложения представлены главным образом тогурской свитой (5 проб) (см. табл. 1). Содержание органического углерода в нижней юре изменяется от 1.0 до 2.6, а пиритной серы, характеризующей, как правило, генетический тип ОВ – до 6.0 % [4]. В Томской области нижнеюрские отложения также представлены образцами тогурской свиты с более высоким содержанием органического углерода в них: от 0.90 до 20.1 % на породу (4.7 % в среднем) и высоким содержанием пиритной серы (4.1 % в среднем). Параметр $S_{\text{пирит}}$ керогена нижней юры этой области выше по сравнению с данными по ЯНАО [2], где среднее значение составляет 0.9 %. Согласно элементному анализу керогены нижнеюрских отложений в среднем имеют относительно невысокое содержание углерода (82.9 %) по сравнению с керогенами ЯНАО – 86.0 %. Существенно выше в них и содержание водорода (7.1 % против 4.7 %) и атомное отношение H/C (1.03 против 0.65). При этом они отличаются и несколько более легким изотопным составом углерода (в среднем –29.2 ‰) по сравнению с (–26.5 ‰) ЯНАО (см. табл. 1). На тригонограмме в область террагенного и смешанного ОВ попали все керогены нижней юры, как и некоторые пробы из Томской области. Образцы тогурской свиты сконцентрировались в области зрелого ОВ: HI в среднем составляет 310 мг УВ/г $C_{\text{орг}}$.

На рисунке 3 приведена схематическая карта расположения изученных скважин нижнесреднеюрских отложений НСО. На схему вынесены некоторые важные параметры керогенов. Так, на примере скв. Дедовская-2 наглядно показано, что, как в Томской области керогены тогурской свиты (нижняя юра) по сравнению со среднеюрскими характеризуются несколько более высокими значениями нефтегенерационного потенциала (512 против 412 мг УВ/г $C_{\text{орг}}$), $\text{H/C}_{\text{ат}}$ (0.94 против 0.80) и содержания изотопов углерода ((–31.3) против (–25.1) ‰).

Таким образом, умеренно преобразованные юрские толщ НСО находятся в главной зоне нефтеобразования, геохимические особенности керогена свидетельствуют о перспективности этих отложений с точки зрения нефтегазоносности; от верхнеюрских к нижнеюрским отложениям снижается нефтегенерационный потенциал ОВ.

Список литературы:

- Конторович А.Э., Богородская Л.И., Борисова Л.С., Буриштейн Л.М., Исагилов З.Р., Ефимова О.С., Костырева Е.А., Лемина Н.М., Рыжкова С.В., Созинов С.А., Фомин А.Н. Геохимия и катагенетические превращения керогена баженовского горизонта // Геохимия, 2019, т. 64, № 6, с. 585–593. <https://doi.org/10.31857/S0016-7525646585-593>
- Борисова Л.С., Фомин А.Н., Ким Н.С., Ярославцева Е.С. Геохимия керогенов юрских отложений севера Западной Сибири // Георесурсы, 2024, т. 26, № 4, с. 20–31. DOI: 10.18599/grs.2024.4.5
- Борисова Л.С., Тимошина И.Д., Фомин А.Н. Геохимические особенности керогенов юрских отложений центральных и юго-восточных районов Западной Сибири // Геология и геофизика, 2026, в печати.
- Богородская Л.И., Конторович А.Э., Ларичев А.И. Кероген: методы изучения, геохимическая интерпретация. Новосибирск, Гео, 2005, 255 с.

Рисунок 2. Схематическая карта катагенеза ОВ кровли юры юга Западной Сибири [Конторович и др., 2009] с нанесенными на нее параметрами верхнеюрских отложений – нефтегенерационного потенциала (НП) и $C_{\text{орг}}$, а также элементного ($\text{H/C}_{\text{ат}}$) и изотопного ($\delta^{13}\text{C}$) составов керогена НСО.

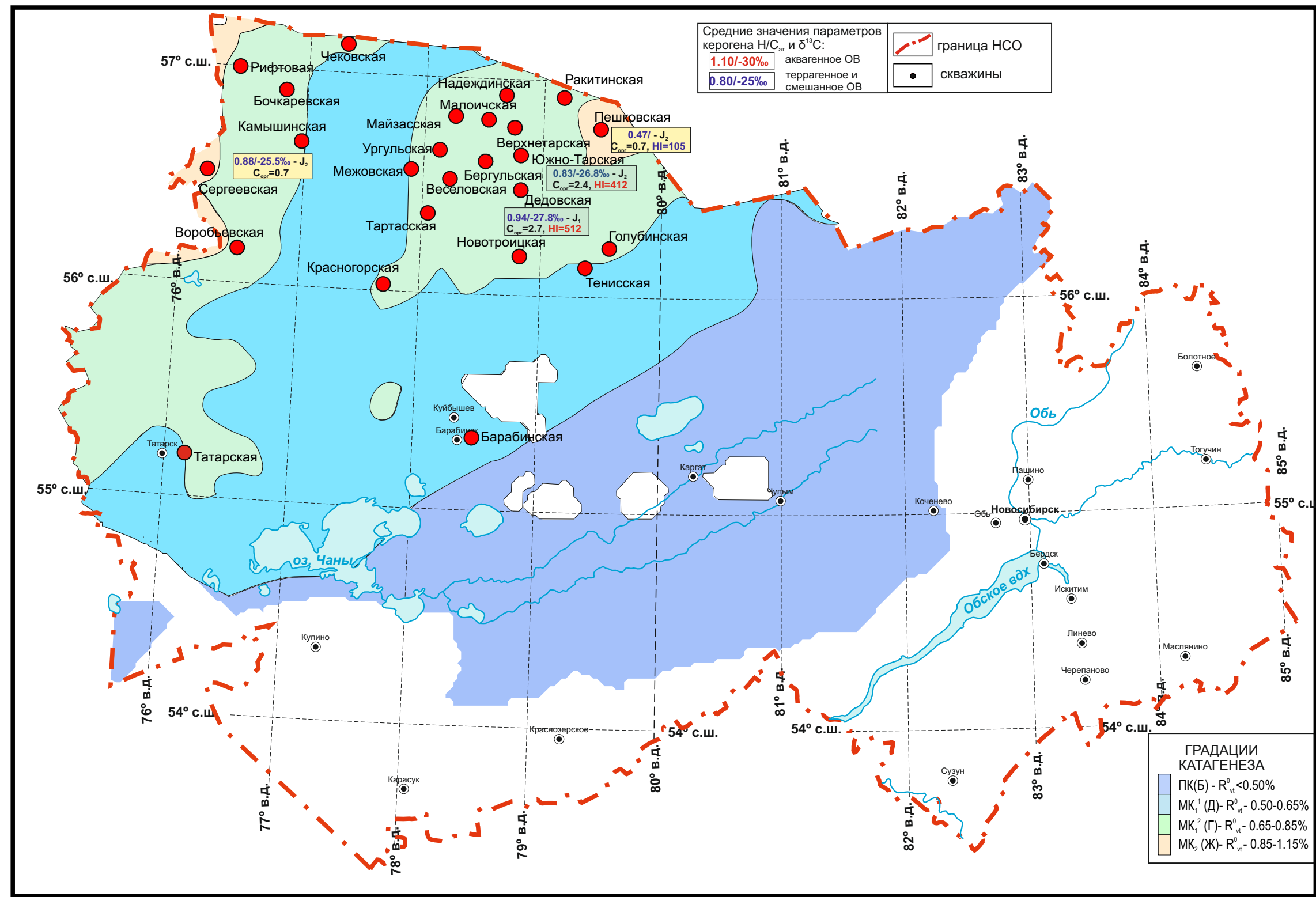


Рисунок 3. Схематическая карта катагенеза ОВ подошвы юры юга Западной Сибири [Конторович и др., 2009] с нанесенными на нее параметрами нижнесреднеюрских отложений – нефтегенерационного потенциала (НП) и $C_{\text{орг}}$, а также элементного ($\text{H/C}_{\text{ат}}$) и изотопного ($\delta^{13}\text{C}$) составов керогена НСО.