



УДК 550.4(470.55)

ГЕОХИМИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ОЦЕНКА МАСШТАБОВ ЭМИГРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ СРЕДНЕЮРСКИХ МАТЕРИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ КАРАБАШСКОЙ ЗОНЫ

И.К.Комков, С.В.Можегова, М.В.Дахнова, И.В.Долматова (ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт»)

В статье приведены результаты исследований нефтегазогенерационного потенциала тюменской свиты Карабашского района Западной Сибири. Рассмотрены вопросы содержания ОВ в породах, уровня его зрелости, нефтегазогенерационного потенциала; выделены материнские толщи в разрезе средней юры; околонтурены очаги генерации УВ; дана оценка масштабов их генерации.

Ключевые слова: тюменская свита; материнские толщи; ОВ; очаги генерации; нефтегазогенерационный потенциал.

Карабашская зона – один из наименее изученных районов Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. На ее территории открыты лишь единичные месторождения нефти и газа. Следует отметить, что прилегающие территории – это богатейшие нефтегазоносные районы, такие как Красноленинский, Шаимский, Приобский, где выявлено большое число месторождений УВ.

Главными задачами статьи являлись выделение и характеристика источников генерации УВ, способных обеспечивать формирование промышленных скоплений УВ.

Баженовская свита относится к наиболее богатым и хорошо изученным материнским толщам на территории исследования.

Предметом изучения данной статьи является тюменская свита средней юры, нефтегазогенерационные параметры которой в данном районе мало изучены. Нефтематеринские характеристики среднеюрских отложений определялись авторами статьи в разрезах 29 скважин, расположенных главным образом в северо-восточной части Карабашской зоны. Наиболее полно охарактеризованы керном отложения верхнетюменской подсвиты.

Отложения средней юры широко распространены в пределах изучаемого региона. Они отсутствуют только в приподнятых зонах: на Тобольском мегавале – на юго-востоке и Половинкинском выступе и Тавдинском мегавалу – на севере Карабашской зоны. Породы тюменской свиты на территории исследований несогласно залегают на породах доюрского основания и со-

гласно – на отложениях шеркалинской свиты нижней юры. Мощность отложений увеличивается от 0 м в зонах выклинивания до 240 м в наиболее погруженных частях бассейна [1].

В разрезе тюменской свиты выделяются три подсвиты: нижняя, средняя и верхняя.

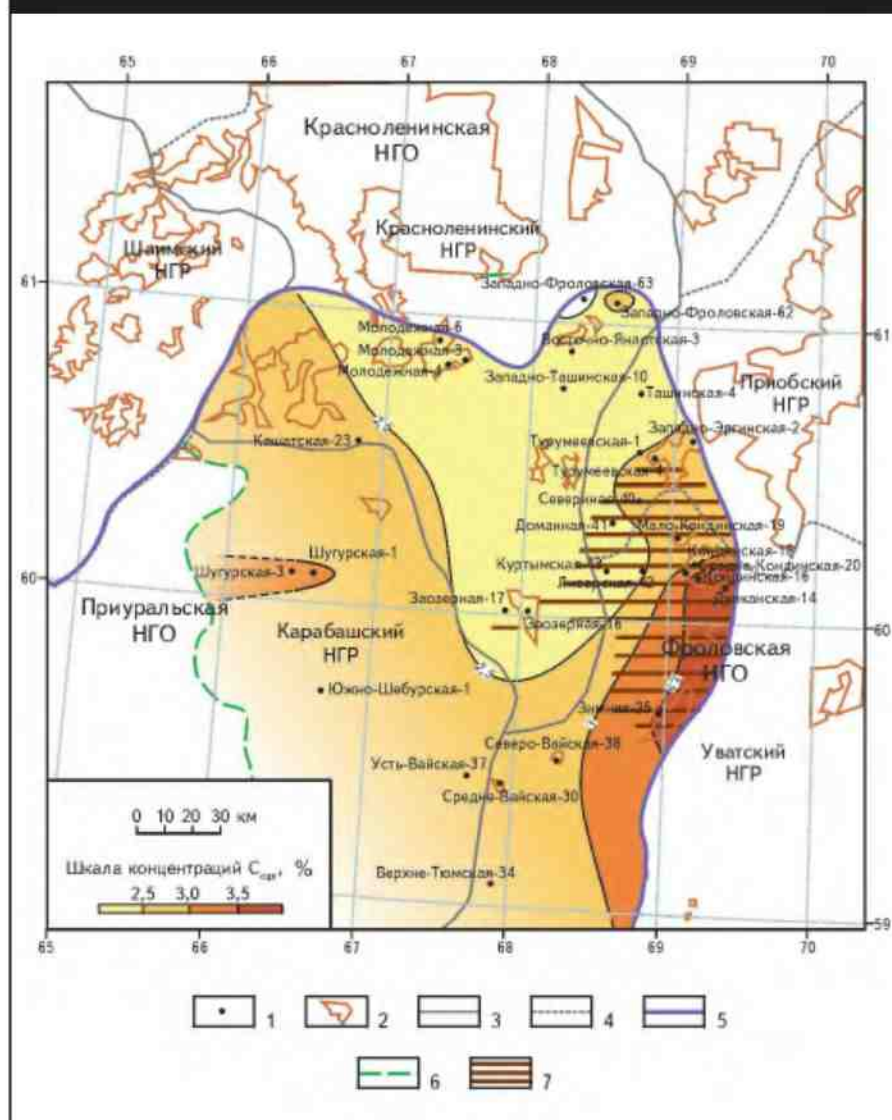
Нижняя подсвита представлена неравномерным чередованием песчаников, алевролитов, глин, углей. Породы часто слабосортированные, для них характерно присутствие обугленного детрита. У выступов фундамента в их составе появляются примесь грубообломочного материала и прослои гравелитов [1].

Средняя подсвита в верхней части сложена слабосортированными песчаниками с прослоями буровато-серых алевролитовых глин, углей. В нижней части – глины горизонтально-слоистые с обугленным детритом, корневидными растительными остатками [1].

Для верхней подсвиты типичны переслаивание глинисто-алевритовых отложений с пластами песчано-алевритовых пород, присутствие обугленного растительного детрита, прослои углей [1].

Среднеюрская эпоха в Западно-Сибирском регионе характеризовалась постепенной сменой обстановок осадконакопления. Типичные континентальные обстановки ааленского века в байос-бат-раннекеловейское время сменяются переходными, затем морскими. Площади, занятые возвышенной эрозионно-денудационной равниной и холмогорьями, резко сокращаются, соответственно увеличиваются площади аккумуляции. Границы бассейна седиментации на изучаемой территории

Рис. 1. СХЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФОНОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ $C_{орг}$ В ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕРХНЕТЮМЕНСКОЙ ПОДСВИТЫ



1 – скважины; 2 – месторождения; границы: 3 – НГО, 4 – НГР, 5 – участка «Карабашская зона», 6 – распространения тюменской свиты; 7 – область распространения разрезов верхнетюменской подсвиты с большим количеством прослоев, обогащенных ОВ ($C_{орг} > 10\%$)

расширились к западу и югу. Он представлял собой низменную аккумулятивную и прибрежную равнину, временами заливаемую морем. В пределах крупных впадин и прилегающих к ним мегапрогибах осадки формировались в солоновато-водном бассейне, также периодически связанном с морем. Для всей тюменской свиты характерны резкая фациальная изменчивость и литологическая неоднородность как по разрезу, так и площади [1].

Как показали проведенные геохимические исследования, фоновые концентрации органического углерода ($C_{орг}$) в преимущественно глинистых породах тюменской

свиты составляют 1-3 %. В целом в пределах изучаемого региона наблюдается снижение концентрации $C_{орг}$ с юга на север, что частично может объясняться увеличением катагенеза в этом направлении.

На этом фоне в разрезе выделяются участки с маломощными пропластками повышенной концентрации $C_{орг}$ ($> 10\%$). Области распространения таких отложений локализируются в основном в восточных районах региона на Лисорской, Куртымской, Кондинской, Зимней и других площадях (рис. 1). В этих же областях отмечаются тонкие прослои углей с содержанием $C_{орг}$ 20-40 %, в отдельных образцах – 60 %.

Зрелость ОВ тюменской свиты (по T_{max} «Rock-Eval») возрастает с юга на север от МК₁ до МК₂ в районе Западно-Фроловской площади (рис. 2), что подтверждается единичными результатами проведенных углепетрографических исследований (табл. 1). Эти оценки согласуются с результатами, полученными А.Н.Фоминим для верхней части тюменской свиты [2].

Значения водородного индекса (HI) изменяются в широких пределах, но эти вариации связаны не только с вариациями зрелости ОВ, сколько обусловлены изменением типа керогена.

Так, при градации катагенеза ПК₃-МК₁ в образцах пород с концентрацией $C_{орг} < 10\%$ в среднем HI составляет 100-250 мг УВ/г при большом разбросе значений кислородного индекса (OI), что соответствует керогену преимущественно гумусового (III) типа.

При таком же уровне катагенеза породы с концентрацией $C_{орг} > 10\%$ характеризуются повышенным HI (> 250 мг УВ/г $C_{орг}$), а OI в них обычно не превышает 10 мг CO₂/г $C_{орг}$. Это может свидетельствовать об увеличении доли сапропелевой составляющей в ОВ пород из таких прослоев. На диаграммах Ван Кревелена (рис. 3) видно, что породы с разным содержанием $C_{орг}$ различаются по типу ОВ.

Как показали исследования, проведенные авторами статьи, породы тюменской свиты с различной кон-

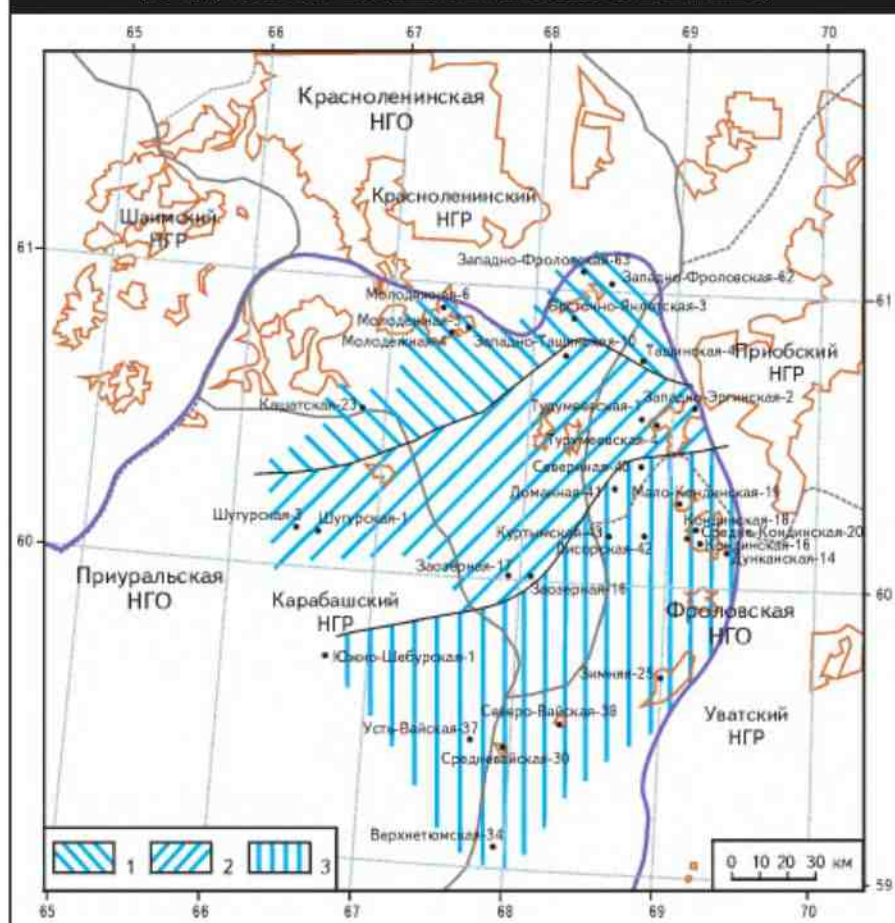
Отражательная способность витринита (R_o) по верхним горизонтам тюменской свиты

Номер образца	Скважина	Глубина, м	Возраст	Петрографическое описание	R_o , %	Градации катагенеза	
						по А.Э.Конторовичу	по Н.Б.Вассоевичу
13414	Кашатская-23	2513,95	J ₂ tm	Линзы гелинита разного размера в общей минеральной массе	0,64	МК ₁ ²	МК ₂
13159	Молодёжная-4	2574,60	J ₂ tm	Много привнесенных частиц с более высоким показателем отражения	0,67	МК ₁ ²	МК ₂
13021	Западно-Фроловская-62	2812,90	J ₂ tm	Линзы гелинита, коллотелинита, инертинита, в том числе привнесенных с общей минеральной массой	0,61	МК ₁ ¹ -МК ₁ ²	МК ₁ -МК ₂
13040	Западно-Фроловская-63	2731,78	J ₂ tm	Кварцевый алевролит, редко витринит (гелинит), нет свечения в УФ, липтинит не виден	0,67	МК ₁ ²	МК ₂
13258	Западно-Ташинская-10	2886,20	J ₂ tm	Небольшие линзы угля в кварцевой массе, структурный и бесструктурный витринит, фюзенит, есть привнесенный витринит	0,57	МК ₁ ¹	МК ₁
13373	Шугурская-1	2190,60	J ₂ tm	Пирит, кварц, линзы коллотелинита (?), гелинита, редко встречается инертинит, единичные включения липтинита – кутинит (5 %)	0,55	МК ₁ ¹	МК ₁
13817	Зимняя-25	2913,90	J ₂ tm	Редкие линзы гелинита в общей минеральной массе	0,56	МК ₁ ¹	МК ₁

центрацией $C_{орг}$ и значениями HI и OI различаются по кинетическим характеристикам керогена (рис. 4). Так, образец породы (14110 из скв. Лисорская-42) с содержанием $C_{орг} = 13,3$ % и относительно повышенным HI = 366 мг УВ/г $C_{орг}$ имеет значительно большее

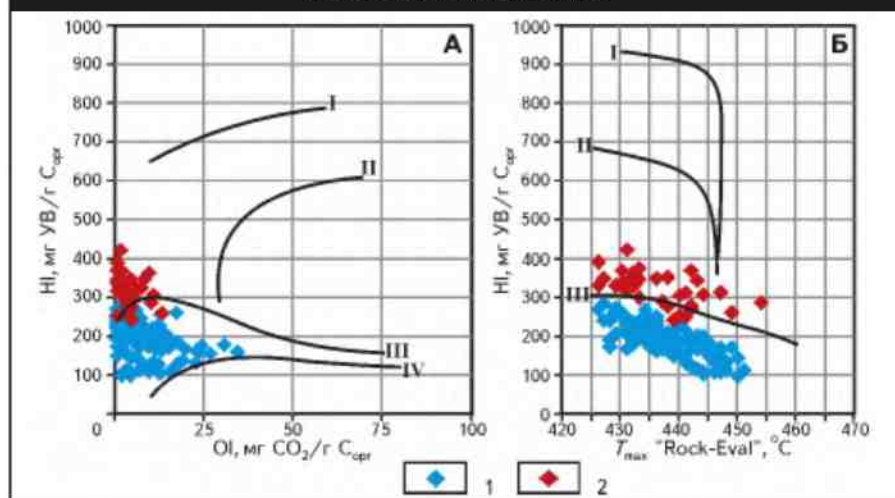
значение выхода продуктов пиролиза при относительно малых значениях энергий активации реакций по сравнению с образцом из той же зоны катагенеза, но менее обогащенным $C_{орг}$ (13679 из скв. Куртымская-43, $C_{орг} = 2,3$ %, HI = 144 мг УВ/г $C_{орг}$). Это является

Рис. 2. СХЕМА КАТАГЕНЕЗА ОВ ВЕРХНИХ ГОРИЗОНТОВ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ В ПРЕДЕЛАХ КАРАБАШСКОЙ ЗОНЫ И ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ (по T_{max} «Rock-Eval» и отражательной способности витринита)



Градации катагенеза, T_{max} , °C: 1 – MK_2 (440-445), 2 – MK_1 (435-440), 3 – MK_1 (430-435)

Рис. 3. ТИП КЕРОГЕНА ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕТЮМЕНСКОЙ ПОДСВИТЫ ПО ИНДЕКСАМ H_I И O_I (А) И ИЗМЕНЕНИЕ ИНДЕКСА H_I КЕРОГЕНА НЕФТЕГАЗМАТЕРИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ С РОСТОМ КАТАГЕНЕЗА (Б)



Образцы пород с содержанием $C_{орг}$, %: 1 – < 10; 2 – > 10; I-IV – тип керогена

надежным показателем наличия значительно большей примеси сапропелевого ОВ в составе керогена обогащенных $C_{орг}$ пород по сравнению с менее обогащенными.

Таким образом, материнские породы тюменской свиты содержат смесь как гумусового, так и гумусо-сапропелевого ОВ.

Следует отметить, что число обогащенных ОВ прослоев в разрезе верхнетюменской подсвиты увеличивается с запада на восток-северо-восток изучаемой территории. Так, в скв. Кашатская-23, расположенной западнее остальных изученных, доля пород с повышенным содержанием $C_{орг}$ и «более сапропелевым» типом ОВ составляет первые проценты мощности нефтематеринских отложений. В скв. Заозерная-17 на долю таких пород приходится уже 10-15 %, а в скв. Лисорская-42 – около 25 % мощности. Наблюдаемое площадное изменение доли пород с ОВ «более сапропелевого» типа в разрезе объясняется сменой к северо-востоку фаций озерно-аллювиальных равнин, близких к зонам сноса остатков наземной растительности, фациями морской седиментации [2], что обеспечивало как повышение доли сапропелевого вещества в осадках, так и лучшую его сохранность вследствие более восстановительных обстановок осадконакопления, о чем свидетельствует невысокий O_I (1-10 $CO_2/g C_{орг}$) для образцов из этой зоны.

Отложения среднетюменской подсвиты значительно менее исследованы из-за плохой охарактеризованности керном. Но по немногочисленным данным связь между содержанием $C_{орг}$ в породах и типом ОВ в среднетюменской подсвите, установленная для верхнетюменской подсвиты, также прослеживается. То же относится и к нижнетюменской подсвите.

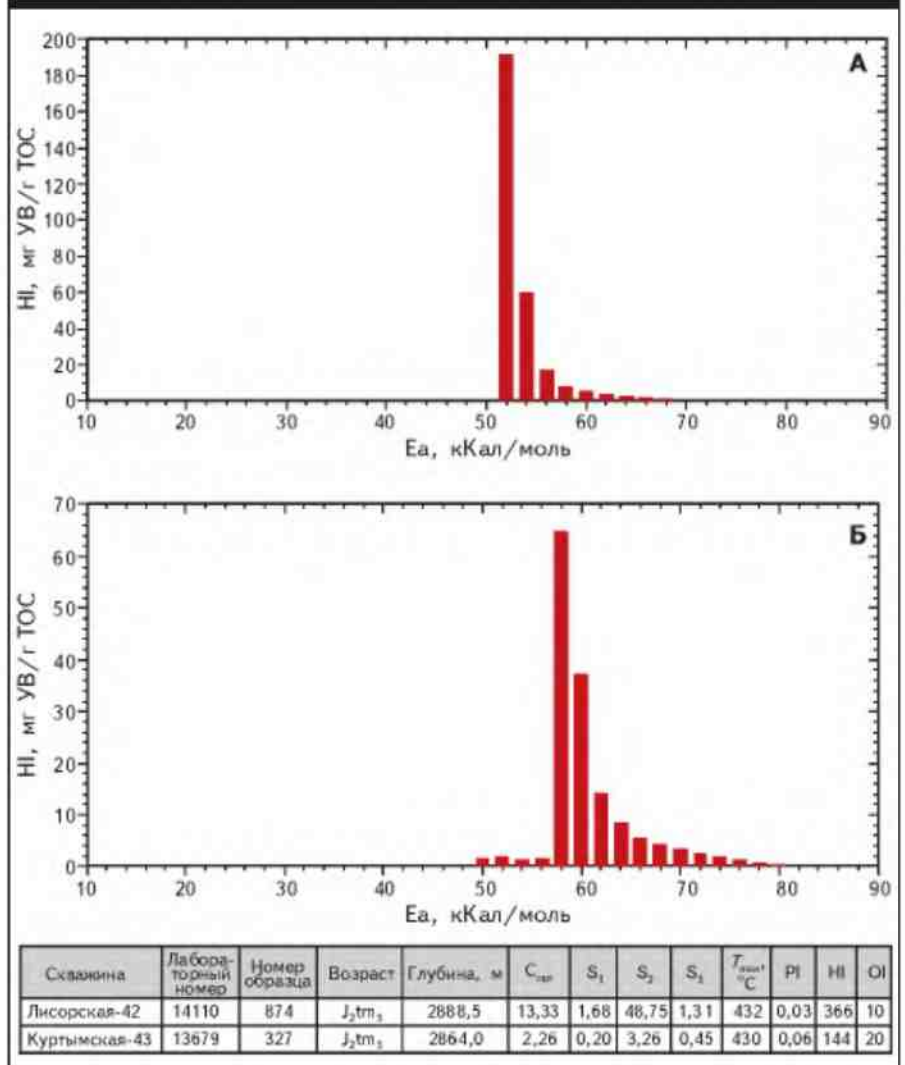
В целом суммарная мощность глинистых и алевритоглинистых пород в отложениях тюменской свиты,

относящихся к нефтематеринским, значительно меняется по площади из-за пестрой фациальной картины. В среднем доля материнских пород в разрезе тюменской свиты составляет 40-50 % ее мощности. Причем, в области, тяготеющей к зоне распространения отложений морских фаций, около 25 % мощности нефтематеринских пород приходится на гумусово-сапропелевое ОВ и 75 % – преимущественно гумусовое, а в области распространения озерно-аллювиальных отложений нефтегазоматеринские породы включают преимущественно гумусовое ОВ, способное генерировать в основном газы.

Очаги генерации УВ в отложениях тюменской свиты на западе оконтуриваются границами распространения отложений озерно-аллювиальных равнин, на юге – границей между зонами катагенеза этих отложений, соответствующей стадиям ПК₃/МК₁ (R_o = 0,5 %) [3] или началу генерации УВ ОВ преимущественно гумусового состава. Площади очагов постепенно увеличиваются от нижней подсвиты к верхней в связи с трансгрессией моря в юго-западном направлении.

Ориентировочная оценка удельных плотностей генерации УВ нефтематеринскими толщами была проведена объемным методом по разнице между исходным индексом во-

Рис. 4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИЙ АКТИВАЦИИ (E_a) РЕАКЦИЙ РАЗЛОЖЕНИЯ РАЗНЫХ ТИПОВ КЕРОГЕНА НЕФТЕГАЗОМАТЕРИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ



Скважины: А – Лисовская-42, Б – Куртымская-43

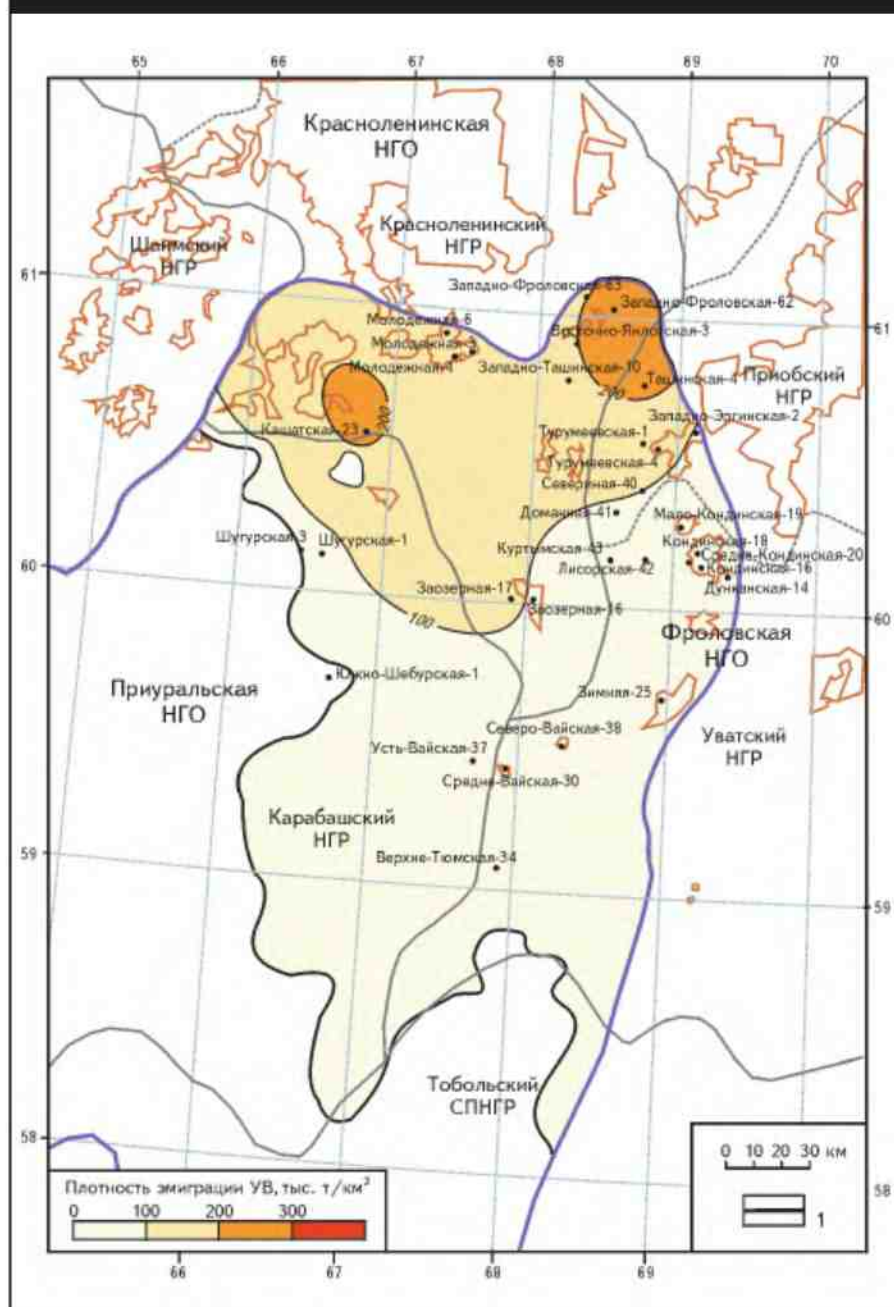
Таблица 2

Параметры, используемые для подсчета масштабов эмиграции УВ из среднеюрских нефтегазоматеринских отложений

Градация катагенеза (T _{max} "Rock-Eval"), °C	Для пород с фоновым содержанием C _{орг}		Для обогащенных ОВ пропластков (C _{орг} > 10 %)	
	HI _с , мг УВ/г C _{орг}	коэффициент эмиграции	HI _с , мг УВ/г C _{орг}	коэффициент эмиграции
MK ₁ ¹ (430-435)	230	0,3	340	0,50
MK ₁ ² (435-440)	180	0,4	290	0,55
MK ₂ ¹ (440-445)	150	0,5	240	0,60

Примечание. Принятые параметры для расчета: для фоновых содержаний C_{орг} (< 10 %) – HI₀ – 270 мг УВ/г C_{орг}, ρ_{пород} – 2,6 г/см³; для пропластков с содержанием C_{орг} > 10 % – HI₀ – 400 мг УВ/г C_{орг}, ρ_{пород} – 2,6 г/см³.

Рис. 5. СХЕМА МАСШТАБОВ ЭМИГРАЦИИ УВ ИЗ НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕТЮМЕНСКОЙ ПОДСВИТЫ



1 – граница очага нефтегазообразования отложений верхнетюменской подсвиты; остальные усл. обозначения см. на рис. 1

дорода (H_{I0}) до начала интенсивной генерации УВ и современным (H_{Ic}) по упрощенной методике Schmoker [4]. Эта разница рассматривается как количество генерированных УВ на единицу массы $C_{орг}$.

Современное содержание $C_{орг}$ определялось как средневзвешенное по мощности материнской толщи в каждой скважине. Современные значения водородного индекса (H_{Ic}) рассчитывались как средние, полученные

северо-восточном направлении параллельно росту катагенеза ОВ.

Заключение

Материнские породы тюменской свиты значительно обогащены ОВ, но в связи с невысоким катагенезом в пределах изучаемой территории, соответствующим

методом «Rock-Eval» для конкретной материнской толщи данного уровня катагенеза.

Начальный водородный индекс (H_{I0}) для нефтематеринских пород верхнетюменской подсвиты был получен непосредственно при анализе методом «Rock-Eval» образцов керн из зон, в которых градации катагенеза ОВ не превышают стадий PK_3/MK_1 , т.е. из тех зон, где активные процессы генерации УВ в отложениях тюменской свиты еще не начались.

Для расчета масштабов генерации УВ принимались изменения H_I с ростом катагенеза для разных типов ОВ материнских отложений тюменской свиты (табл. 2, см. рис. 3).

Плотности эмиграции УВ ($q_{эм}$) оценивались путем умножения количества генерированных УВ на коэффициент эмиграции, который принимался в зависимости от типа ОВ и градации катагенеза по рассчитанным Т.К.Баженовой моделям эмиграции УВ для разных типов ОВ [5] (см. табл. 2).

Схематические карты масштабов эмиграции УВ из нефтегазоматеринских отложений средней юры приведены на рис. 5-7, суммарное количество эмигрировавших УВ – в табл. 3.

При оценке масштабов эмиграции УВ из отложений тюменской свиты не учитывались прослой углей, в которых содержание ТОС составляет 25-60 %, а H_I – 350-450 мг УВ/г ТОС, ввиду малой мощности таких прослоев в изученных разрезах.

В целом во всех закартированных очагах генерации среднеюрских отложений наблюдается увеличение плотностей эмиграции УВ в

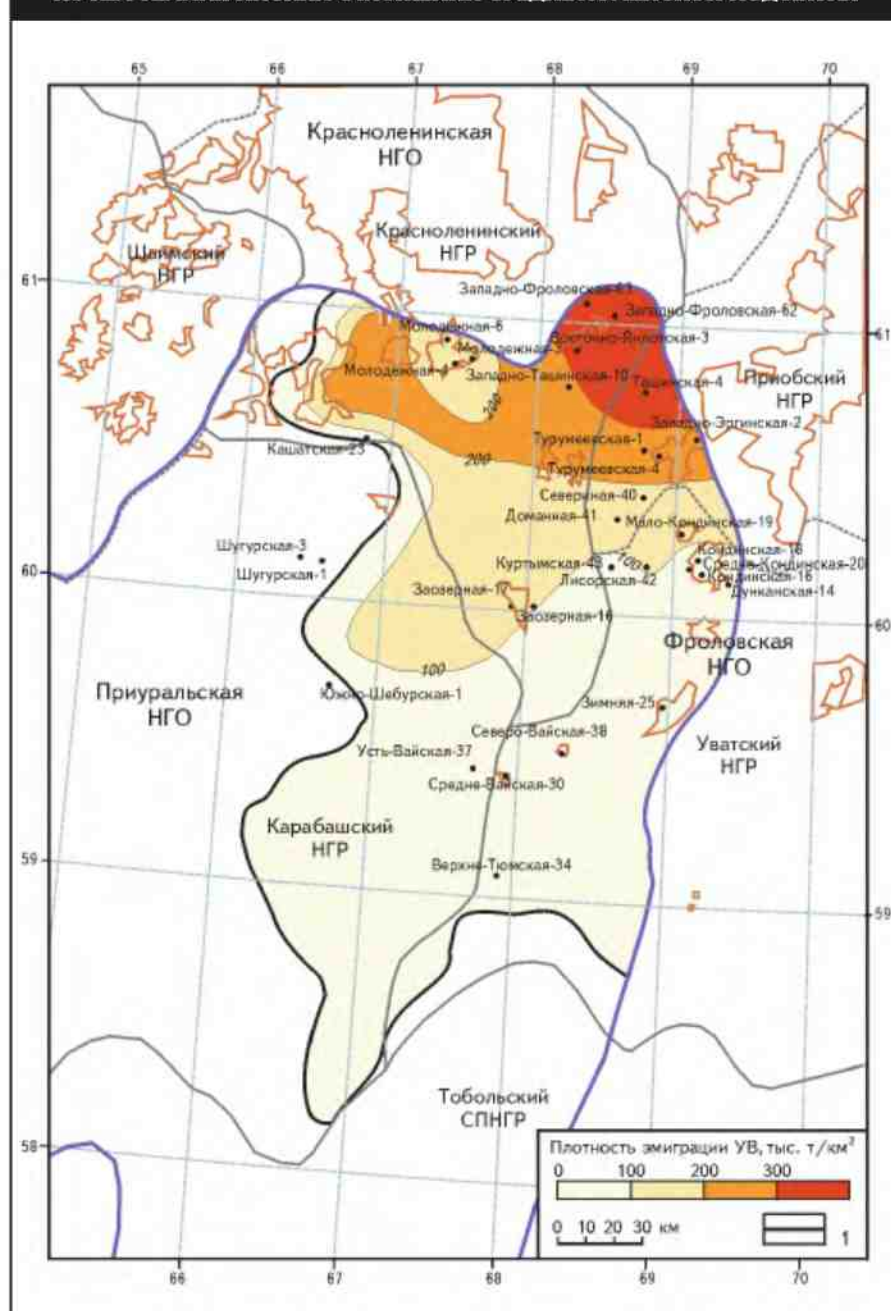
началу процессов нефтегазообразования, масштабы генерации УВ невелики. Ввиду того, что ОВ тюменской свиты представлено как гумусовым, так и сапропелевым типом, доля которого в породах увеличивается с юго-запада к северо-востоку Карабашской зоны, в отложениях тюменской свиты присутствуют как преимущественно газоматеринские, так и нефтематеринские породы, способные генерировать жидкие УВ. Наиболее продуктивная область выделяется на северо-востоке Карабашской зоны, характеризующаяся повышенным катагенезом и значительной долей сапропелевой составляющей в ОВ тюменской свиты.

В результате проведенных исследований были выделены материнские толщи в разрезе средней юры Карабашской зоны, околонури очаги генерации УВ и дана оценка масштабов генерации УВ. Проведенные исследования являются необходимым элементом общего комплекса работ по прогнозу нефтегазоносности и количественной оценки ресурсов УВ в Карабашской зоне и прилегающих к ней малоизученных территориях.

Литература

1. Атлас Геология и нефтегазоносность Ханты-Мансийского автономного округа / Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И.Шпилымана. — Ханты-Мансийск, 2004.

Рис. 6. СХЕМА МАСШТАБОВ ЭМИГРАЦИИ УВ ИЗ НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕТЮМЕНСКОЙ ПОДСВИТЫ



1 – граница очага нефтегазообразования отложений среднетюменской подсвиты; остальные усл. обозначения см. на рис. 1

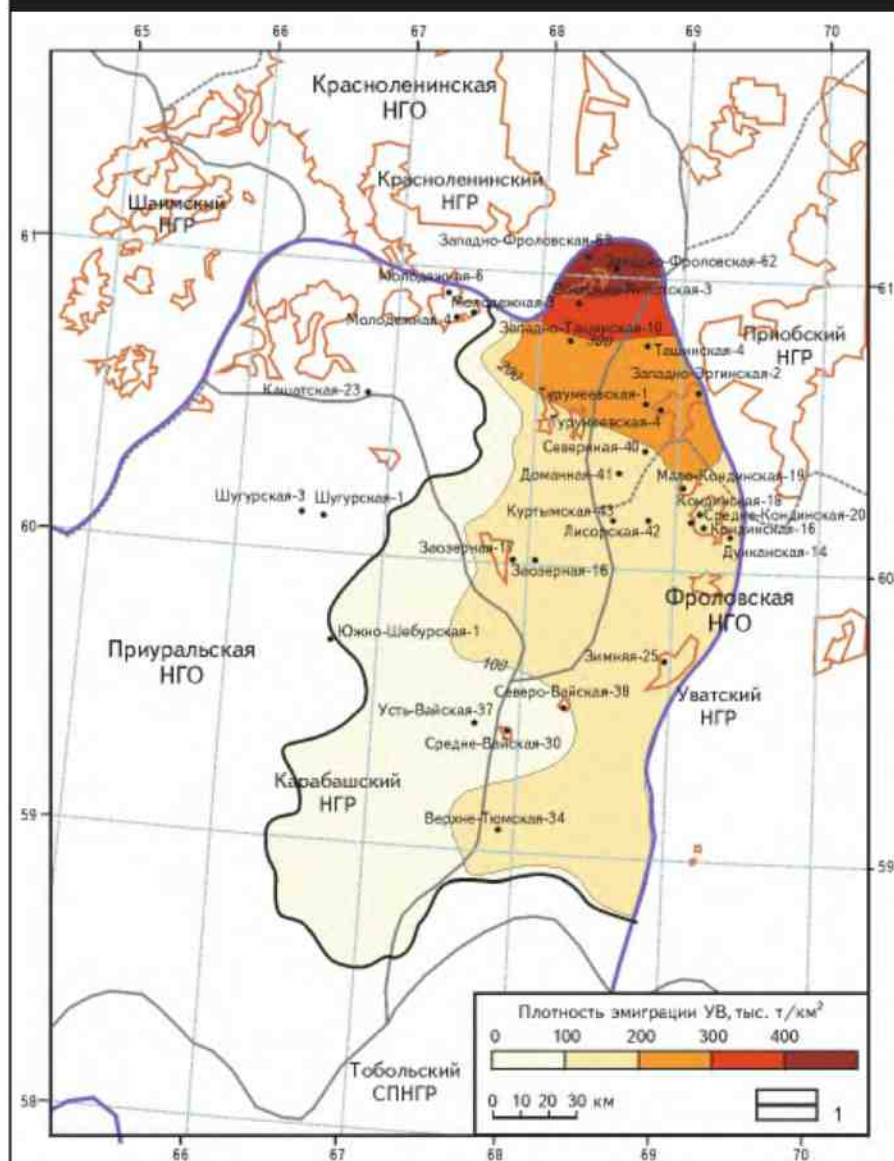
ORGANIC MATTER GEOCHEMISTRY AND THE ASSESSMENT OF HYDROCARBON MIGRATION FROM THE MID-JURASSIC SOURCE ROCKS WITHIN KARABASHSKAYA AREA

Komkov I.K., Mozhegova S.V., Dakhnova M.V., Dolmatova I.V. (FSBI «All-Russian Research Geological Oil Institute»)

The paper provides the results of oil-gas-potential study for Tyumen formation in the Karabashsky region of Western Siberia. Organic content of rocks, its maturity and oil-gas potential are considered, source series in the mid-Jurassic section are allocated, hydrocarbon generation kitchens are delineated and the generation scale is assessed.

Key words: Tyumen formation; source rocks; organic matter; generation kitchens; oil-gas-potential.

Рис. 7. СХЕМА МАСШТАБОВ ЭМИГРАЦИИ УВ ИЗ НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НИЖНЕТЮМЕНСКОЙ ПОДСВИТЫ



1 – граница очага нефтегазообразования отложений нижнетюменской подсвиты; остальные усл. обозначения см. на рис. 1

2. **Конторович А.Э.** Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском периоде / А.Э.Конторович, В.А.Конторович, С.В.Рыжкова и др. // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 8.

3. **Фомин А.Н.** Катагенез и перспективы нефтегазоносности юрских и доюрских отложений Красноленинского свода / А.Н.Фомин // Геология и геофизика. – 1992 – № 6.

4. **Schmoker J.W.** Volumetric calculation of hydrocarbons generated / J.W.Schmoker / Eds.: L.B.Magoon, W.G.Dow // The petroleum system – from source to trap: AAPG Memoir 60. – 1994.

5. **Неручев С.Г.** Оценка потенциальных ресурсов углеводородов на основе моделирования процессов их генерации, миграции и аккумуляции / С.Г.Неручев, Т.К.Баженова. – СПб.: Недра, 2006.

© Коллектив авторов, 2016

Иван Константинович Комков,
геолог I категории,
kudas14@yandex.ru;

Светлана Васильевна Можегова,
старший научный сотрудник,
mozhegova@vnigni.ru;

Марина Виссарионовна Дахнова,
заведующая отделом,
доктор геолого-минералогических наук,
dakhnova@vnigni.ru;

Ирина Владимировна Долматова,
ученый секретарь,
dolmatova@vnigni.ru.

Таблица 3

Суммарные масштабы эмиграции УВ из очага нефтегазообразования средней юры

Возраст очага нефтегазообразования		Площадь, тыс. км ²	Суммарная эмиграция УВ, млрд т	Отношение нефть/газ*
Средняя юра	Верхнетюменская подсвита	37,8	3,34	0,80
	Среднетюменская подсвита	31,0	3,32	0,60
	Нижнетюменская подсвита	25,7	3,41	0,60
	Итого		10,07	

* Отношение нефть/газ в составе эмигрировавших УВ дано на основании расчетных моделей генерации и эмиграции УВ гумусово-сапропелевым и сапропелево-гумусовым ОВ на ранних – средних градациях катагенеза [4].