

УДК 552.578.3:551.733.3(470.26)

**Суханов А.А., Отмас А.А. (ст.), Макарова И.Р.**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, [ins@vnigri.ru](mailto:ins@vnigri.ru)

## **СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОМАНИКОИДНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ В СВЯЗИ С ДИАГНОСТИКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СИЛУРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Проведён сопоставительный анализ результатов исследования органического вещества доманикоидных отложений силура Калининградской области различными методами, используемыми для оценки нефтегазогенерационного потенциала пород, осуществляемой в ходе региональных геохимических работ.*

*Показано, что при изучении доманикоидных отложений силура Калининградской области адекватная оценка их нефтегазоносности может быть обеспечена при обязательном использовании прямых физико-химических методов исследования органического вещества пород.*

**Ключевые слова:** *доманикоидные отложения, нерастворимое органическое вещество, региональные геохимические работы, нефтегазогенерационный потенциал, оптические методы исследования органического вещества.*

В ходе работ по апробации различных экспериментальных методов изучения органического вещества (ОВ) пород при оценке нефтегенерационного потенциала доманикоидных отложений силура Калининградской области (среднее содержание Сорг в доманикоидах – 1,19%, в доманикитах – 13,7%) был проведен комплекс исследований ОВ с целью получения необходимых для осуществления этой оценки количественных и качественных характеристик ОВ [Макарова и др., 2012]. Из них в число наиболее значимых входят:

- микрокомпонентный состав ОВ (тип керогена);
- степень катагенетической преобразованности (зрелости) ОВ.

Получение этих характеристик было основано на использовании следующих экспериментальных методов изучения ОВ пород:

- пиролитической хроматографии образцов пород (метод Rock-Eval);
- оптической микроскопии нерастворимого органического вещества (НОВ) пород;
- ИК-спектроскопии НОВ пород.

Следует отметить, что в основе стандартных оптических исследований (определение отражательной способности и коэффициента преломления), традиционно применяемых для изучения типов и степени зрелости *сапропелевого* ОВ, лежат углепетрографические и

палинологические методы, изначально разработанные для исследования преимущественно *гумусового* *ОВ*, состоящего из витринитовых и спорополлениновых микрокомпонентов высших растений. Эти методы хорошо «работают» при изучении *ОВ*, которое захоранивалось, в основном, в континентальных и прибрежно-морских обстановках. Применительно же к доманикоидным отложениям, формировавшимся в сравнительно глубоководных условиях, а также к отложениям, формировавшимся в периоды, когда высшие растения еще не появились в ходе эволюции, их использование имеет существенное ограничение, особенно при оценке катагенеза *ОВ*.

Что касается широко применяемого ныне для этих целей метода пиролитической хроматографии (Rock-Eval), то значения показателей, характеризующих тип керогена и степень его преобразованности, получаемые на его основе, зависят от целого ряда не вполне контролируемых факторов, в том числе и от состава минерального компонента исследуемой породы [Гончаров, Самойленко, Носова, Обласов, 2004]. Это связано с тем, что метод Rock-Eval не является прямым, т.е., измеряемые показатели связаны со свойствами исследуемого органического вещества не «напрямую», а лишь косвенно – через процесс пиролиза. Его косвенный характер хорошо иллюстрируется, например, тем фактом, что значения одного из показателей, ключевых для определения зрелости керогена этим методом -  $T_{max}$  - температуры, соответствующей максимальному выходу продуктов пиролиза, существенно зависит от скорости нагрева образца [Глебовская, 1984]. Поэтому данные пиролитической хроматографии могут быть использованы лишь для предварительных оценок свойств *ОВ* изучаемых пород, осуществляемых на первом этапе региональных работ. Использование же результатов испытания *ОВ* пород методом Rock-Eval для получения окончательных оценок нефтегенерационного потенциала на втором этапе региональных работ может приводить к значительным ошибкам.

В связи с этим для характеристики состава и зрелости *ОВ* доманикоидных безвитринитовых толщ силура Калининградской области был дополнительно использован комплекс исследований керогена оптическими методами, предложенный ранее для характеристики *ОВ* додевонских отложений, представляющий собой модифицированный метод оптической микроскопии в сочетании с ИК-спектроскопией [Макарова, Суханов, 2011].

Модифицированный метод оптической микроскопии благодаря использованию новых технических возможностей, предоставляемых современными конфокальными микроскопами в сочетании с применением новых методических приёмов исследования *НОВ*, объединяет

возможности углепетрографического и палинологического методов (изучается микрокомпонентный состав, биоценотический и таксономический состав, палеоэкологические и биофациальные условия осадконакопления). ИК-спектроскопия обеспечивает достоверную оценку катагенетической преобразованности ОВ на основе анализа спектральных характеристик входящих в его состав молекул [Глебовская, 1971].

В данной работе проводится сравнительный анализ результатов исследования состава керогена и его зрелости, полученных на основе перечисленных выше методов. Его целью является выяснение относительной эффективности применения различных экспериментальных методов исследования ОВ для изучения нефтегенерационного потенциала доманиковых отложений силура Калининградской области.

Образцы пород с исследуемым ОВ были отобраны из 5 скважин, вскрывших лландоверийские, венлокские и лудловские отложения силура, а также одной скважины, вскрывшей силурийские и кембрийские отложения. Исследования ОВ этих образцов оптическими методами были проведены специалистами ФГУП «ВНИГРИ». Эти же образцы пород были переданы на анализ методом Rock-Eval, который проводился в геохимической лаборатории ФГУП «ВНИГНИ» под руководством М.В. Дахновой.

Результаты изучения указанных образцов методом пиролитической хроматографии, включая оценку этим методом типа керогена и его зрелости, приведены в табл. 1.

Нетрудно видеть, что для ряда представленных в табл. 1 образцов однозначная интерпретация результатов, полученных на основе применения существующей в методе Rock-Eval схемы оценки типа исследуемого ОВ и его зрелости, представляется затруднительной из-за наличия «внутренних противоречий». Приведём несколько примеров такого рода противоречий.

**Пример 1.** Рассмотрим результаты пиролитического исследования трёх образцов, отобранных из различных интервалов скв. Южно-Калининградская-1, относящихся к разновозрастным отложениям силура (табл. 1). Значение  $T_{max}$  - показателя, по которому в методе Rock-Eval определяют зрелость керогена, - для первого образца из интервалов 2115,5-2132,1 м несколько выше ( $T_{max}$  - 437°C), чем для второго образца, отобранного из интервалов 2142,0-2154,4 м, расположенного на 20 м ниже по разрезу ( $T_{max}$  - 434°C), т.е. ОВ вышележащего образца преобразовано более значительно, чем ОВ образца залегающего ниже. Однако, значение  $T_{max}$  для третьего образца, отобранного из интервалов 2245,7-2256,0 м, расположенного более чем на 100 м ниже интервала, из которого был отобран первый образец имеет такое же значение  $T_{max}$  - 437°C, как и в первом образце. Следует отметить,

что изученные образцы характеризуют разновозрастные отложения от нижнего силура до верхнего силура включительно, и по данным оптических методов существенно отличаются между собой по уровню зрелости. При этом ОВ наиболее глубоководящего образца пород характеризуется и наибольшей преобразованностью на уровне градации МК<sub>3</sub>-МК<sub>4</sub>.

Таблица 1

**Результаты исследований образцов керна из нижнепалеозойских отложений  
Калининградской области методом пиролитической хроматографии (Rock-Eval)**

№ обр.	Площадь, скважина	Возраст *	Интервал глубин, м	T <sub>max</sub>	HI	OI
				Температура максимального выхода УВ при пиролизе керогена, °С	Водородный индекс, мг УВ/г Сорг	Кислородный индекс, мгСО <sub>2</sub> /г Сорг
1	Южно-Приморская, скв. 2	S <sub>2</sub> ld	1201,3-1208,0	429	90	124
2	Южно-Приморская, скв. 2	S <sub>1</sub> w	2459,0-2464,0	443	164	31
3	Южно-Приморская, скв. 2	Є <sub>2</sub>	2610,0-2624,0	426	114	35
4	Южно-Калининградская, скв.1	S <sub>2</sub> ld	2115,5-2132,1	437	235	20
5	Южно-Калининградская, скв.1	S <sub>1</sub> w	2142,0-2154,4	434	296	43
6	Южно-Калининградская, скв.1	S <sub>1</sub> l	2245,7-2256,0	437	432	8
7	Восточная, скв. 1	S <sub>1</sub> w	1285,0-1294,0	431	295	35
8	Северо-Мамоновская, скв.3	S <sub>1</sub> w	2477,3-2486,0	445	245	2
9	Малиновская, скв. 2	S <sub>1</sub> l	2063,0-2070,7	432	495	8

\*Возраст уточнен авторами на основе оптического изучения микрофоссилий и анализа опубликованных материалов [Южно-Калининградская..., 1962].

**Пример 2.** Рассмотрим результаты пиролитического исследования трёх образцов, отобранных из двух скважин Южно-Приморской площади. Образцы, отобранные из инт. 1201,3-1208,0 м (возраст – S<sub>2</sub>ld ) и 2459,0-2464,0 м (возраст – S<sub>1</sub>w ) скв. Южно-Приморская-2, характеризуются значениями T<sub>max</sub>, равными 429°С и 443°С (катагенез, сопоставляемый этим температурам, соответствует грациям МК<sub>1</sub> и МК<sub>2</sub>). Для образца из отложений кембрийского возраста (Є<sub>2</sub>) в инт. 2610,0-2624,0 м, получено значение T<sub>max</sub>, равное 426°С, что соответствует градации катагенеза МК<sub>1</sub>. Если катагенез ОВ образцов из инт. 1201,3-1208,0 и 2459,0-2464,0 м изменяется в соответствии с моделью глубинной зональности, то более низкий катагенез ОВ образца из более древних кембрийских отложений (инт. 2610,0-2624 м), определяемый в рамках метода Rock-Eval соответствующим значением T<sub>max</sub>, находится в явном противоречии с указанной моделью.

Таким образом, если исходить из предположения, что глубинная зональность катагенеза всё же должна соблюдаться, то следует сделать вывод, что показатель  $T_{max}$ , как таковой, не является сколько-нибудь надёжным инструментом оценки зрелости ОБ осадочных пород.

Сравним приведённые выше результаты оценки катагенеза методом Rock-Eval с результатами оценки катагенеза ОБ этих образцов, осуществлённой на основе данных ИК-спектроскопии. Результаты оценки уровня катагенеза ОБ методом ИК-спектроскопии четырёх образцов из разных скважин приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Характеристика катагенеза органического вещества 4-х образцов осадочных пород, полученная методом ИК-спектроскопии**

Глубина, м	Скважины				Градации катагенеза (по данным ИК-спектроскопии)	Примечание (возрастная характеристика отложений/особенности биоценоотического состав ОБ)
	Северо-Мамоновская-3	Южно-Калининградская-1	Малиновская-2	Восточная-1		
1200						
1400				$S_{1w}$	$MK_2^2$	венлокские/фитопланктон
1600						
1800						
2000						
2200			$S_{1l}$		$MK_2 - MK_3$	лландоверийские/зоопланктон
2400	*	$S_{1l}$			$MK_3 - MK_4$	лландоверийские/зоопланктон
2600	$S_{1w}$ **				$MK_2 - MK_3$	венлокские/зоопланктон

\*Направленность увеличения градаций катагенеза с глубиной: →

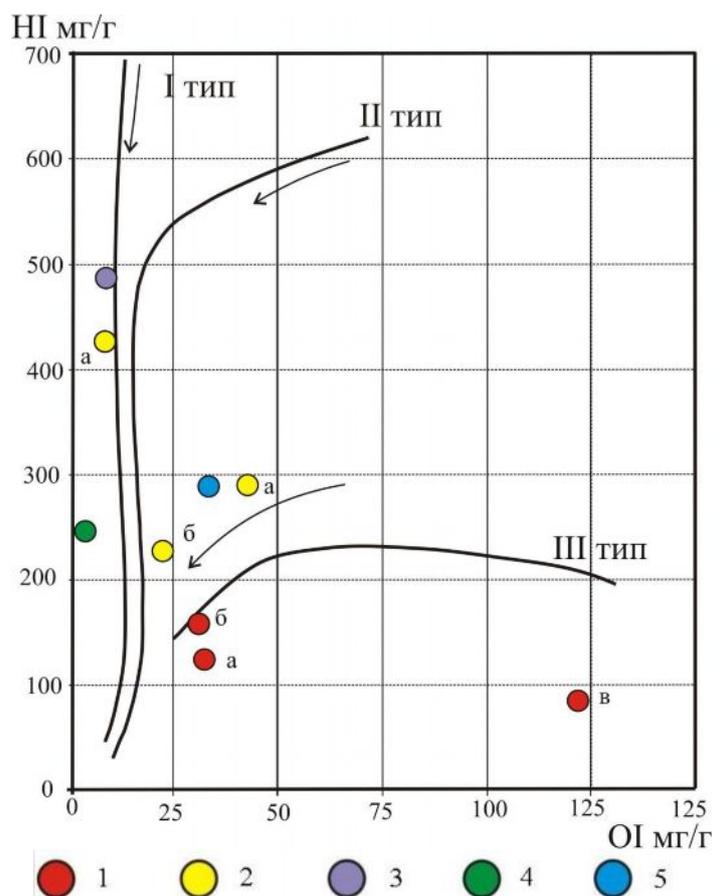
\*\*Градации катагенеза: ● -  $MK_2^2$  ● -  $MK_2-MK_3$  ● -  $MK_3-MK_4$

Из данных, приведённых в табл. 2 видно, что, градация ОБ образца из скв. Южно-Калининградская-1, оценённая по данным метода ИК-спектроскопии, выше уровня катагенеза ОБ образцов, отобранных из менее глубоких интервалов в разрезах скважин Малиновская-2 и Восточная-1. Тот факт, что данный образец имеет более высокую градацию по сравнению с образцом из скв. Северо-Мамоновская-1, не является противоречием, так как скв. Северо-Мамоновская-3 вскрыла силурийские отложения в наиболее погруженном участке осадочного бассейна, и возраст отложений на большей глубине более молодой –

венлокский. Таким образом, установленные по данным ИК-спектроскопии градации катагенеза ОВ образцов из рассмотренных в табл. 2 скважин, не противоречат существующим представлениям о глубинной катагенетической зональности.

**Пример 3.** Согласно данным пиролитической хроматографии, ОВ образцов, отобранных в скв. Южно-Приморская-2, в силурийских отложениях в инт. 1200-2460 м, характеризуется очень низкими значениями водородного индекса (менее 300 мгУВ/г Сорг ) и сравнительно высоким значением кислородного индекса ( $125 > \text{OI} > 30$  мг  $\text{CO}_2$ /г Сорг). В соответствии с этими данными, а также, согласно классификации Б. Тиссо и Д. Вельте [Тиссо, Вельте, 1981], на основе которой осуществляется их интерпретация в методе Rock-Eval, ОВ исследуемых образцов должно быть отнесено к третьему типу керогена (гумусовому).

Представленные на диаграмме Ван-Кревелена значения водородного и кислородного индексов 9 изученных образцов, характеризующие типично сапропелевое ОВ (II тип керогена), распределяются по трем группам (рис. 1).



**Рис. 1. Распределение образцов керогена, представленных в табл. 1, на диаграмме Ван Кревелена**

1 - скв. Южно-Приморская-2 (а - кембрий, б-нижний силур, в - верхний силур); 2 - скв. Южно-Калининградская-1 (а - нижний силур, б - верхний силур); 3 - скв. Малиновская-2, нижний силур; 4 - скв. Северо-Мамоновская-3, нижний силур; 5 - скв. Восточная-1, нижний силур.

Первая группа образцов (скважины Малиновская-2, Северо-Мамоновская-3, Южно-Калининградская-1-а) по своим характеристикам совпадает на диаграмме Ван-Кревелена с областью значений, характерной для I типа керогена.

Другая группа образцов (скв. Восточная-1, два образца из скв. Южно-Калининградская-1) совпадает с областью значений, соответствующей II типу керогена.

И, наконец, еще одна группа образцов (скв. Южно-Приморская-1) совпадает с областью значений керогена III-го типа, сопоставляемого с гумусовым веществом.

Однако следует учитывать, что гумусовое вещество в силурийских отложениях этого типа не может быть представлено в сколько-нибудь значимых количествах, поскольку:

1. В силурийский период высшие растения еще не были широко распространены, их находки в отложениях силура крайне редки.

2. С учетом палеогеографического и бассейнового аспектов в силурийский период осадконакопление доманикоидных отложений в данном районе происходило, в основном, на этапе трансгрессирующего моря в обстановках, значительно удаленных от берега.

Данный вывод подтверждает и отсутствие гумусовых компонентов, выявленное при исследовании керогена из образцов изучаемых пород в световом микроскопе.

В то же время при рассмотрении представленных в табл. 1 данных нетрудно отметить еще одно противоречие. Так, по данным пиролиза ОВ образцов, отобранных из разреза скважин Южно-Приморская-2 и Южно-Калининградская-1, наблюдается увеличение значений водородного индекса с глубиной примерно в 1,8 раза (инт. 1200-2464 м скв. Южно-Приморская-2 и инт. 2115-2256 м скв. Южно-Калининградская-1), тогда как по мере увеличения глубины залегания ОВ и, соответственно, роста его катагенеза, значения водородного индекса, наоборот, должны убывать. Все эти противоречия не могли бы возникнуть в случае, если оценка типа керогена осуществлялась не на основе результатов пиролитического исследования ОВ (Rock-Eval), а на основе результатов оптического исследования микрокомпонентного состава ОВ.

В табл. 3 представлены результаты исследования этими методами микрокомпонентного состава ОВ образцов, отобранных из разреза скважины Южно-Приморская и Южно-Калининградская-1. Приведены краткие качественная характеристика микрокомпонентного состава образцов и полуколичественная (балльная) оценка доли остатков зоопланктона (граптолитов) в составе исследуемого керогена.

Таблица 3

## Характеристика изученных образцов из силурийских отложений по таксонам и микрокомпонентному составу

Возраст	Скважины	Интервал, м	Особенности состава органического вещества	Частота встречаемости остатков граптолитов в баллах*	Водородный индекс, HI, мгУВ/г Сорг
S <sub>2</sub> ld	Южно-Приморская-2	1201,3-1208,0	Преобладают акритархи и планктонные водоросли. Фрагменты граптолитов отсутствуют/и или встречены единично	1	90
	Южно-Калининградская-1	2115,5-2132,1		2	235
S <sub>1</sub> w	Южно-Калининградская-1	2142,0-2154,4	Преобладают водоросли. Разнообразны акритархи, фрагменты граптолитов малочисленны	2	296
	Южно-Приморская-2	2459,0-2464,0	Преобладают фрагменты граптолитов и планктонные водоросли; акритархи малочисленны	3	164
S <sub>1</sub> l	Южно-Калининградская-1	2245,7-2256,0	Преобладают фрагменты граптолитов	4-5	432
(Є <sub>2</sub> )	Южно-Приморская 2	2610,0-2624,0	Остатки фауны малочисленны	2	114

\*Частота встречаемости зоостатков по шестибальной шкале: 1 – единично, 2 – редко, 3 – нередко, 4 – часто, 5 – очень часто, 6 – массово [Корде, 1956].

Нетрудно видеть что отмеченное выше увеличение значений водородного индекса с глубиной обуславливается не процессами катагенеза, а качеством керогена. В частности, сравнение характеристик ОВ из двух разрезов скважин Южно-Приморская-2 и Южно-Калининградская-1, ясно указывает, что в образцах с относительно большей долей зоопланктонной составляющей в виде остатков граптолитов (полуколичественная оценка в баллах от 1 до 6) водородный индекс также выше (см. табл. 1 и табл. 3). Так, наибольшими значениями водородного индекса HI, равными 432 мгУВ/г Сорг, характеризуется образец из инт. 2245,7- 2256,0 м (скв. Южно-Калининградская-1), полуколичественная оценка содержания граптолитов в котором составляет 4-5 баллов.

Возвращаясь к рассмотрению распределения образцов из отложений силура Калининградской области на диаграмме Ван-Кревелена, следует отметить, что сходные данные были получены и по другому району региональных работ – Тимано-Печорской НПП при исследовании сапропелевого ОВ из силурийских – девонских отложений. По значениям, полученным методом Rock-Eval при изучении сапропелевого ОВ, в соответствии с диаграммой Ван-Кревелена также часть ОВ соотносилась с III типом керогена. Это ОВ было выделено в отдельный подтип, получивший название «псевдогумусового» [Макарова, Гудельман, Огданец, Суханов, 2011]. Особенность формирования вещества, относимого к этому подтипу связана с тем, что в ходе литогенеза на разных его стадиях (седиментогенез, диагенез, катагенез) микрокомпоненты сапропелевого ОВ в зависимости от интенсивности происходящих процессов так или иначе «теряют» изначальные липидно-липоидные структуры. В результате в керогене сохраняется наиболее устойчивая его часть, которую по структурно-вещественным особенностям следует охарактеризовать как «безлипидную». К безлипидному керогену относятся и водорослевая целлюлоза, и хитин, и окисленное ОВ. Именно эти микрокомпоненты и воспринимаются при анализе данных пиролиза как третий тип керогена.

Таким образом, рассмотрение приведённых выше примеров анализа применения различных методов исследования ОВ пород для оценки его состава и зрелости указывает на высокую вероятность получения ошибочных результатов в том случае, если эта оценка основывается исключительно на данных пиролитических исследований ОВ пород. Ошибочность выводов о свойствах ОВ, получаемых на основании данных пиролиза обусловлена следующими причинами:

- классификация типов керогена, предложенная Тиссо и Вельте, является очень упрощенной, неполной и не отвечает современным требованиям изучения ОВ

доманикоидных отложений;

- пиролитический метод Rock-Eval, широко используемый ныне для оценки типа керогена и уровня зрелости органического ОВ, является косвенным и зависит от большого числа практически неконтролируемых факторов.

Приведённые примеры также убедительно показывают, что ошибочные оценки типа керогена и его зрелости, полученные методом Rock-Eval, могут быть исправлены в результате исследования ОВ комплексом прямых оптических методов. Более того, показано, что непротиворечивая (в рамках общепринятых геохимических моделей) интерпретация пиролитических данных (в тех случаях, когда они не содержат «методических» искажений) возможна на основе использования указанного выше комплекса прямых методов.

Всё это позволяет сделать вывод, что применение комплекса прямых, взаимодополняющих и корректирующих оптических методов при изучении ОВ доманикоидных отложений силура Калининградской области может обеспечить адекватную оценку их нефтегазоносности и правильный выбор наиболее перспективных локальных объектов.

### Литература

*Глебовская Е.А.* Применение инфракрасной спектроскопии в нефтяной геохимии. – Л.: Недра, 1971. – 140 с.

*Глебовская Е.А.* Моделирование процессов катагенеза органического вещества и нефтегазообразование. – Л.: Недра, 1984. – 139 с.

*Гончаров И.В., Самойленко В.В., Носова С.В., Обласов Н.В.* Зрелость органического вещества баженовской свиты Томской области по хроматомасс-спектрометрическим данным // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. – М.: Геос, 2004. – С. 133-135.

*Кордэ Н.В.* Методика биологического изучения донных отложений озер (полевая работа и биологический анализ) // Жизнь пресных вод СССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. – Т. 4, ч. 1. – С. 383-413.

*Макарова И.Р., Суханов А.А.* Методические аспекты изучения катагенеза сапропелевого органического вещества в связи с оценкой нефтегазоносности // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2011. - Т.6. - №1. - [http://www.ngtp.ru/rub/12/5\\_2011.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/12/5_2011.pdf)

*Макарова И.Р., Гудельман А.А., Огданец Л.В., Суханов А. А.* Особенности определения состава и уровня катагенеза рассеянного органического вещества нижнепалеозойских и докембрийских отложений // Проблемы современной палинологии -XIII Российская палинологическая конференция. - Сыктывкар: ИГ КНЦ УрО РАН, 2011. – Т.1. – С. 158-162.

*Макарова И.Р., Отмас А.А., Суханов А. А., Волченкова Т.Б.* Характеристика РОВ нефтематеринских отложений силура Калининградской области // Комплексное изучение и освоение сырьевой базы нефти и газа севера европейской части России: сб. материалов научно-практической конференции 4-7 июня 2012 г. - СПб: ФГУП «ВНИГРИ», 2012. – С. 167-173.

*Тиссо Б., Вельте Д.* Образование и распространение нефти и газа. – М.: Мир, 1981. – 501 с.

Южно-Калининградская опорная скважина // Опорные скважины СССР. - Гостоптехиздат, 1962. – 128 с.

**Sukhanov A.A., Otmas A.A. (senior), Makarova I.R.**

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), Saint Petersburg, Russia, ins@vnigri.ru

## **RESEARCH OF ORGANIC MATTER OF DOMANIC DEPOSITS – COMPARISON OF THE RESULTS IN VIEW OF PETROLEUM POTENTIAL EVALUATION OF THE SILURIAN DEPOSITS OF KALININGRAD REGION**

*A comparative analysis of the results of the study of organic matter of the Silurian domanic deposits (the Kaliningrad region) is carried out by different methods used for evaluation of petroleum generation potential of rocks during regional geochemical research.*

*The reasonable estimate of the Silurian domanic deposits of the Kaliningrad region can be achieved in case of using of direct physical-chemical methods of organic matter research.*

**Key words:** *domanic deposits, insoluble organic matter, regional geochemical research, petroleum generation potential, optical methods of organic matter research.*

### **References**

Glebovskaya E.A. *Modelirovanie protsessov katageneza organicheskogo veshchestva i neftegazobrazovanie* [Modeling of catagenesis processes of organic matter and petroleum generation]. Leningrad: Nedra, 1984, 139 p.

Glebovskaya E.A. *Primenenie infrakrasnoy spektroskopii v neftyanoy geokhimi* [The use of infrared spectroscopy in the petroleum geochemistry]. Leningrad: Nedra, 1971, 140 p.

Goncharov I.V., Samoylenko V.V., Nosova S.V., Oblasov N.V. *Zrelost' organicheskogo veshchestva bazhenovskoy svity Tomskoy oblasti po khromatomass-spektrometricheskim dannym* [The maturity of organic matter in the Bazhenov Formation in the Tomsk region using GC-spectrometric data]. *Novye idei v geologii i geokhimi* nefti i gaza. – Moscow: Geos, 2004, pp. 133-135.

Korde N.V. *Metodika biologicheskogo izucheniya donnykh otlozheniy ozer (polevaya rabota i iologicheskii analiz)* [The method of biological study of bottom sediments of lakes (field work and biological analysis)]. *Zhizn' presnykh vod SSSR*. Moscow, Leningrad: Academy of Science of SSSR, 1956, vol. 4, ch. 1, pp. 383-413.

Makarova I.R., Gudel'man A.A., Ogdanets L.V., Sukhanov A. A. *Osobennosti opredeleniya sostava i urovnya katageneza rasseyannogo organicheskogo veshchestva nizhnepaleozoyskikh i dokembriyskikh otlozheniy* [Features of determination of the composition and level of catagenesis of dispersed organic matter of the Lower Paleozoic and Precambrian]. *Problemy sovremennoy palinologii - XIII Russian Palynological Conference*. Syktyvkar: IG KNTs UrO RAN, 2011, vol. 1, pp. 158-162.

Makarova I.R., Otmas A.A., Sukhanov A. A., Volchenkova T.B. *Kharakteristika ROV neftematerinskikh otlozheniy silura Kaliningradskoy oblasti* [Characterization of dispersed organic matter of the Silurian oil source sediments of the Kaliningrad region]. *Kompleksnoe izuchenie i osvoenie syr'evoy bazy nefti i gaza severa evropeyskoy chasti Rossii: Proceedings of science and practical conference, June 4-7, 2012*. Saint Petersburg: VNIGRI, 2012, pp. 167-173.

Makarova I.R., Sukhanov A.A. *Metodicheskie aspekty izucheniya katageneza sapropelevogo organicheskogo veshchestva v svyazi s otsenkoy neftegazonosnosti* [Methodological aspects of catagenesis study of sapropelic organic matter in oil and gas potential evaluation]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2011, vol. 6, no. 1, available at: [http://www.ngtp.ru/rub/12/5\\_2011.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/12/5_2011.pdf)

Tisso B., Vel'te D. *Obrazovanie i rasprostranenie nefti i gaza* [Formation and distribution of oil and gas]. Moscow: Mir, 1981, 501 p.

*Yuzhno-Kaliningradskaya opornaya skvazhina* [South Kaliningrad keyhole]. *Opornye skvazhiny SSSR*. Gostoptekhzdat, 1962, 128 p.