

А. А. Суханов<sup>1</sup>, В. О. Сергеев<sup>2</sup>, Ф. Ф. Валиев<sup>2</sup>, И. Р. Макарова<sup>1</sup>, А. М. Яфясов<sup>2</sup>

## ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДИКТИОНЕМОВЫХ СЛАНЦЕВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

<sup>1</sup> ФГУП «ВНИГРИ», 191014, Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Приведены результаты оценки зрелости органического компонента образцов диктионемовых сланцев Ленинградской области методами ИК-спектроскопии и оптической микроскопии. Для выяснения факторов, определяющих созревание органического вещества сланцев, определено содержание <sup>238</sup>U и <sup>232</sup>Th в образцах сланцевой породы и выделенного из неё органического вещества методом гамма-спектрометрии. Показано, что преобладающая доля радиоактивных элементов в диктионемовых сланцах связана с их органическим компонентом. Присутствие в составе органического компонента сланцев кварца в сочетании с обратной зависимостью между зрелостью органического вещества и содержанием в нём урана указывает на гидротермальные флюиды как на наиболее вероятный фактор созревания органического вещества сланцев Ленинградской области. Библиогр. 6 назв. Ил. 4. Табл. 2.

*Ключевые слова:* диктионемовые сланцы, гамма-спектрометрия, содержание урана, зрелость органического вещества, оптическая микроскопия, ИК-спектроскопия, гидротермальные флюиды.

*A. A. Soukhanov<sup>1</sup>, V. O. Sergeev<sup>2</sup>, F. F. Valiev<sup>2</sup>, I. R. Makarova<sup>1</sup>, A. M. Yafyasov<sup>2</sup>*

## THE APPLICATION OF PHYSICAL METHODS TO INVESTIGATE DICTIONEMA SHALE ORGANIC MATTER IN LENINGRAD REGION

<sup>1</sup> All Russia Petroleum Research Institute, 191014, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> St. Petersburg State University, 199034, St. Petersburg, Russian Federation

This work represents the results of evaluation of Leningrad region Dictionema shale organic matter maturation via IR-spectroscopy and light microscopy methods. The determination of the <sup>238</sup>U and <sup>232</sup>Th in the samples of shale rock was performed in order to identify the main factors controlling the shale organic matter maturation. It was shown that the dominating part of the radioactive elements in examined shale is connected to their organic component. The quartz presence in the organic component of the shale points at hydrothermal fluids as the most probable factor controlling Leningrad region Dictionema shale organic matter maturation. Refs 6. Figs 4. Tables 2.

*Keywords:* Dictionema shales, gamma-spectrometry, uranium content, organic matter maturation, IR-spectroscopy, light microscopy, hydrothermal fluids.

Широко распространено мнение о том, что нефтегазоматеринский потенциал диктионемовых сланцев нижнего ордовика Эстонии, Ленинградской области и прилегающих территорий так и остался нереализованным вследствие недостаточной зрелости органических веществ (ОВ) [1, с. 165]. Однако публикаций, в которых оценка зрелости ОВ диктионемовых сланцев была бы приведена на основе использования прямых экспериментальных методов исследования, нам найти не удалось. В настоящей работе была проведена оценка зрелости ОВ образцов диктионемовых сланцев с использованием ИК-спектроскопии. Три образца диктионемовых сланцев, отобранные в районе Саблино, были любезно предоставлены Ю. С. Полеховским. В составе сланцевой породы органическое вещество в среднем составляет 10–15 % [3]. В составе ОВ преобладают

остатки граптолитов, кроме них присутствуют немногочисленные остатки микрофитофоссилий — сине-зелёных водорослей *p. Gloeocapsomorpha* и единичные акритархи сферoidalной формы. Минеральная фаза представлена глинистыми минералами, кварцем, ортоклазом, пиритом и небольшими примесями хлорита [4]. На рис. 1 показан ИК-спектр одного из образцов породы диктионемовых сланцев. Полученные на основе этих спектров значения оценок зрелости органического вещества для трёх исследуемых образцов диктионемовых сланцев заметно отличались друг от друга и находились в пределах МК2–МК3 [5]. Значения оценки зрелости ОВ по данным ИК-спектроскопических измерений соответствуют полученным на основе анализа изменения цвета оболочек акритарх в составе фитопланктонного ОВ, присутствующего в образце (рис. 2). Рациональное объяснение значительных различий значений зрелости ОВ (МК2–МК3) разновозрастных отложений копорской свиты с учётом их неглубокого залегания в рамках модели глубинной зональности катагенеза [5] представляется весьма затруднительным. Это дало основание для поисков альтернативных механизмов созревания ОВ в этих породах. Одним из возможных факторов, определяющих зрелость исследуемого ОВ, могло быть повышенное содержание в них урана и тория.

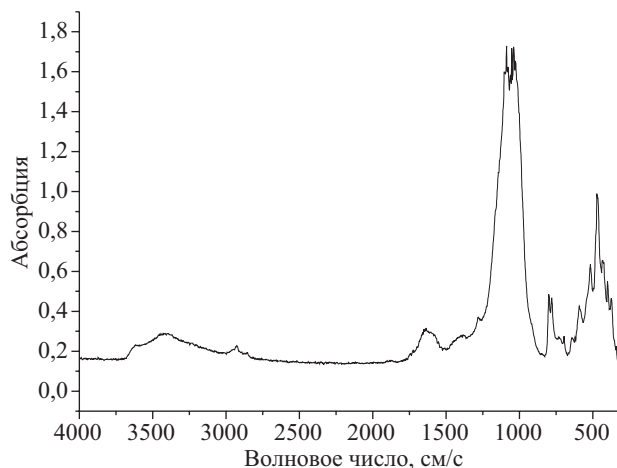


Рис. 1. ИК-спектр одного из образцов диктионемовых сланцев

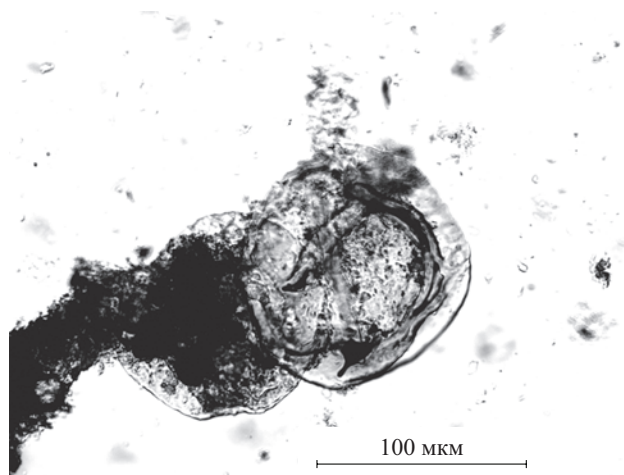


Рис. 2. Микрофотография образца сланцевых пород, содержащего остатки фитопланктона (МК1–МК2), увеличение — 400

Для проверки этого предположения в трёх образцах диктионемовых сланцев и выделенных из них концентратов нерастворимого органического вещества с различными значениями зрелости были измерены гамма-спектры, позволившие оценить содержание урана-238 и тория-232. Измерения проводились на низкофоновой гамма-спектрометрической установке с Ge(Li)-детектором с объёмом чувствительной области 80 см<sup>3</sup>. Время измерения каждого образца составляло 4 ч. При анализе экспериментальных результатов использовались данные справочного издания [6]. Результаты, полученные на основе измерения интенсивности основных гамма-линий в исследуемых образцах, приведены в табл. 1 и 2 и позволили сделать следующие заключения:

- уран-238 содержится преимущественно в органическом компоненте диктионемовых сланцев;
- между содержанием урана-238 и зрелостью органического вещества в исследуемых образцах имеет место обратная корреляция, т. е. чем более зрелое ОВ, тем меньше в нём содержится урана-238 и продуктов его распада;
- содержание тория-232 составляет менее 10 % от содержания урана-238, который является основным источником радиоактивности диктионемовых сланцев;
- между содержанием урана-238 и зрелостью органического вещества имеет место обратная корреляция, радиоактивность не могла быть основным фактором созревания ОВ.

Таблица 1

**Относительная активность урана-238 по интенсивности гамма-линий**

№ образца	Относительные интенсивности гамма-линий, энергия гамма-линий, кэВ			
	186,597	295,22	351,99	609,32
1	1,8	3,1	2,6	3,4
2	0,6	1,8	1,5	2,0
3	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблица 2

**Удельная активность урана-238 в образцах породы и выделенном органическом веществе, А/М, Бк/г**

№ образца	Образец породы	ОВ
1	4,8	27,8
2	4,1	14,3
3	2,3	7,93

Для выявления других факторов, определяющих зрелость органического вещества диктионемовых сланцев, был выделен органический компонент из породы оригинальным способом, который исключал попадание минерального компонента породы в извлекаемое органическое вещество. Выделенный органический компонент представлял собой вещество чёрного цвета с маслянистым блеском, крупные фрагменты которого представляют собой агрегаты из более мелких фрагментов. Его микрофотография представлена на рис. 3. По микрофотографии можно судить об однородности выделенного компонента.

ИК-спектр полученного таким способом образца ОВ представлен на рис. 4. В ИК-спектре наблюдалась интенсивная полоса с двумя максимумами — при 800 и 780 см<sup>-1</sup>. Хорошо известно, что присутствие этой весьма характерной полосы в ИК-спектрах вызвано колебаниями Si—O-связей в кремнезёме. При этом, постоянство отношения её

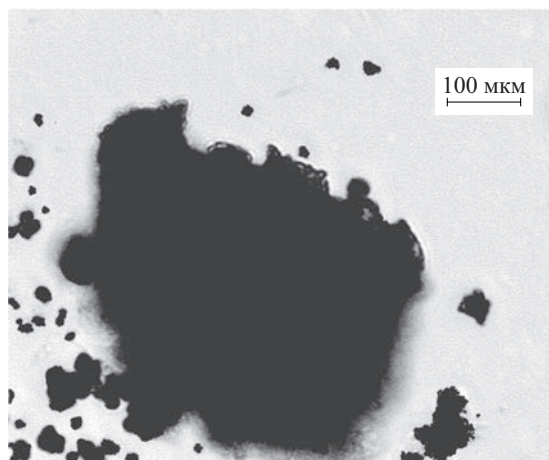


Рис. 3. Остатки зоопланктона (граптолитов), выделенного из диктионемового сланца, увеличение — 100

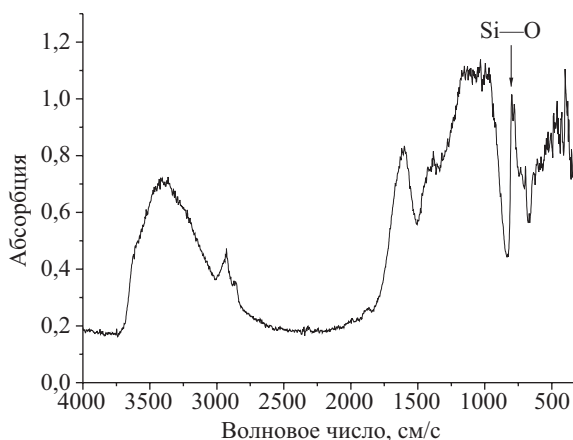


Рис. 4. ИК-спектр органического компонента, выделенного из диктионемового сланца

интенсивности к интенсивностям полос, связанных с колебаниями атомов в молекулах органического вещества, в ИК-спектрах образцов породы диктионемового сланца и его органического компонента свидетельствует о весьма тесной связи атомов кремнезёма, обусловивших наблюдаемую полосу, с органическим веществом граптолитов. Это указывает на встраивание атомов кремнезёма в структуру органического вещества граптолитов, возможное только в результате попадания кремнезёма в структуру граптолита в виде раствора. Таким образом, наиболее вероятной причиной наличия кремнезёма в составе граптолитов является воздействие на диктионемовые сланцы гидротермальных флюидов, содержащих растворённый кремнезём. А это подразумевает возможность наличия ещё одного фактора, определяющего зрелость органического вещества диктионемовых сланцев, — его разогрев гидротермальными флюидами. Следует отметить, что в рамках модели, предполагающей воздействие гидротермальных флюидов на сланцевую породу как основной фактор, определяющий созревание ОВ диктионемовых сланцев, обратная корреляция между зрелостью органического вещества и содержанием в нём урана-238 находит вполне рациональное объяснение. По нашему мнению, разогрев органического вещества под действием гидротермальных флюидов приводит к образованию подвижной фазы углеводородов, куда переходит и содержащаяся в ОВ активность; подвижная фаза углеводородов удаляется из места её образования под

действием тех же гидротермальных флюидов. С учётом этой модели можно предположить наличие пропластков твёрдых битумов с высоким содержанием урана и тория в районе распространения диктионемовых сланцев в местах разгрузки гидротермальных флюидов.

Приведённые выше результаты позволяют сделать заключение о том, что применение представленного здесь комплекса физических методов исследования может служить методической основой для выяснения возможных механизмов созревания ОБ и сопровождающей его генерации УВ в осадочных породах.

## Литература

1. *Баженова О. К., Бурлин Ю. К., Соколов Б. А.* и др. Геология и геохимия нефти и газа: учебник. М.: Изд-во МГУ, 2000. 384 с.
2. *Суханов А. А., Баженова Т. К., Котельникова Е. Н.* Углеродное вещество керогена сапропелитов: зависимость структурных характеристик от биогенотического типа органического вещества и степени его катагенеза // *Геохимия*. 2011. № 9. С. 957–970.
3. *Юдович Я. Э., Кертис М. П.* Геохимия чёрных сланцев. Л.: Наука, 1988. 273 с.
4. *Утсал К., Кивмяги Э., Утсал В.* О методике исследования и минералогии граптолитового аржилита Эстонии // *Учён. зап. Тартуск. ун-та*. 1981. Вып. 527. С. 116–138.
5. *Неручев С. Г., Вассоевич Н. Б., Лопатин Н. В.* О шкале катагенеза в связи с нефтегазообразованием // *Труды XV сессии Международного геологического конгресса. Доклады советских геологов. Горючие ископаемые*. М.: Наука, 1976. С. 47–62.
6. *Хольнов Ю. В., Чечев В. П., Камынов Ш. В.* и др. Оценённые значения ядерно-физических характеристик радиоактивных нуклидов, применяемых в народном хозяйстве. М.: Энергоиздат, 1982. 310 с.

Статья поступила в редакцию 18 ноября 2013 г.

## Контактная информация

- Суханов Алексей Алексеевич* — заведующий лабораторией; e-mail: [lexsu@yandex.ru](mailto:lexsu@yandex.ru)  
*Сергеев Виктор Олегович* — старший научный сотрудник.  
*Валиев Фархат Фагимович* — ведущий научный сотрудник; e-mail: [valiev07@list.ru](mailto:valiev07@list.ru)  
*Макарова Ирина Ральфовна* — старший научный сотрудник; e-mail: [makarova@mail.ru](mailto:makarova@mail.ru)  
*Яфьясов Адиль Маликович* — профессор; e-mail: [yafyasov@bk.ru](mailto:yafyasov@bk.ru)
- Soukhanov Alexey Alexeevich* — Head of laboratory; e-mail: [lexsu@yandex.ru](mailto:lexsu@yandex.ru)  
*Sergeev Victor Olegovich* — Senior Researcher.  
*Valiev Farkhat Faqimovich* — Leading Researcher; e-mail: [valiev07@list.ru](mailto:valiev07@list.ru)  
*Makarova Irina Ralfovna* — Senior Researcher; e-mail: [makarova@mail.ru](mailto:makarova@mail.ru)  
*Yafyasov Adil Malikovich* — Professor; e-mail: [yafyasov@bk.ru](mailto:yafyasov@bk.ru)