

## Изучение свойств нефти на образцах керна

## Study of oil properties on core samples

Е.Н. Трофимова<sup>1</sup>  
Р.Р. Губайдуллин<sup>1</sup>  
А.В. Дякина<sup>1</sup>  
К.Р. Мухтарова<sup>1</sup>  
И.Л. Цесарж<sup>1</sup>

E.N. Trofimova<sup>1</sup>  
R.R. Gubaydullin<sup>1</sup>  
A.V. Dyakina<sup>1</sup>  
K.R. Mukhtarova<sup>1</sup>  
I.L. Tsesarzh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>«СургутНИПиневть»,  
ПАО «Сургутнефтегаз»

<sup>1</sup>«SurgutNIPIneft», PJSC «Surgutneftegas»,  
RF, Surgut

Адрес для связи: 4trofi@surgut.ru,  
elenatrofimova2021@vk.com

E-mail: 4trofi@surgut.ru, elenatrofimova2021@vk.com

**Ключевые слова:** Западная Сибирь, нефть, керн, нефтенасыщение, углеводороды, метод, люминесценция, хроматография, пиролиз, цифровизация, трудноизвлекаемые запасы

**Keywords:** Western Siberia, oil, core, oil-saturation, hydrocarbons, method, luminescence, chromatography, pyrolysis, digitalization, hard-to-recover reserves

В работе освещены результаты изучения нефти в пористой среде керна. Цель изучения - корреляция свойств нефти из поверхностных и глубинных проб со свойствами нефтенасыщения горных пород в колонке керна, а также аналитическое подтверждение зависимости цветности люминесценции нефтенасыщения горных пород от компонентного состава нефти. Для изучения свойств нефти применен метод, разработанный и опробованный в ПАО «Сургутнефтегаз» в период 2023-2024 гг. Техническая часть метода заключается в насыщении нефтью образцов керна с чистым и свободным пористым пространством, т.е. в подготовке пробообразцов нефти. Аналитическая часть метода включает изучение физических свойств (окраска, люминесценция) пробообразцов нефти на фотоизображениях (в дневном и ультрафиолетовом освещении) и физико-химических особенностей углеводородной составляющей из результатов пиролитического анализа пробообразцов нефти. В результате проделанной работы получен главный производственно-научный вывод: «В пористой среде керна разный компонентный состав нефти имеет разную цветность люминесценции». То есть, изменение цветности люминесценции нефтенасыщения горных пород (в колонке керна) связано с изменением компонентного состава нефти. Производственное применение метода позволит: расширить область изучения нефтей поверхностных и глубинных проб; сформировать банк данных по люминесценции нефтей для цифровизации нефтенасыщения в колонке керна. Корреляция свойств нефти из пробы и из керна позволит выделять участки эффективных коллекторов и участки трудноизвлекаемых запасов.

The paper covers the results of the study of oil in a porous core environment. The purpose of the study is to correlate the properties of oil from surface and deep L-samples (liquid-samples) with the properties of oil-saturation of rocks in the core column. As well as analytical confirmation of the dependence of the color of luminescence of oil-saturation of rocks on the component composition of oil. The method developed and tested at PJSC «Surgutneftegas» in the period 2023-2024 was used to study the properties of oil. The technical part of the method consists of oil saturation S-samples (solid-samples) of core with clean and free pore space, i.e. of the preparation of oil L-S-samples (liquid-solid-samples). The analytical part of the method includes the study of physical properties (coloring, luminescence) of oil L-S-samples in the photos (in daylight and ultraviolet light) and physical and chemical features of the hydrocarbon component from the results of pyrolytic analysis of oil L-S-samples. As a result of the work done, the main production and scientific conclusion was obtained: «In the porous core environment, the different component composition of oil has a different color of luminescence». That is, the change in the color of luminescence of oil-saturation of rocks (in the core column) is associated with a change in the component composition of oil. The production application of the method will allow: to expand the field of oil study; to form a data bank on oil luminescence to digitize oil-saturation within the core column. The correlation of the properties of oil from the samples (S-samples. S-L-samples) and from the core will allow to identify areas of efficient collectors and sections of hard-to-recover reserves.

### **Введение**

В работе освещены результаты изучения нефти в пористой среде керна. Для изучения применен метод, разработанный и опробованный в ПАО «Сургутнефтегаз» в период 2023-2024 годов. Цель изучения - корреляция свойств нефти из поверхностных и глубинных проб со свойствами нефтенасыщения горных пород в колонке керна, а так же аналитическое подтверждение зависимости цветности люминесценции нефтенасыщения горных пород от компонентного состава нефти.

### **Термины**

Для смысловой однозначности, перед основной частью работы приведен ряд ключевых терминов.

Образец - образец горной породы, полученный из колонки керна. В работе - образец песчаника.

Проба – часть флюида, полученного на скважине. В работе - проба нефти.

Пробо-образец – образец горной породы, насыщенной флюидом из поверхностной или глубинной пробы. В работе - пробо-образец нефти. Термин введен для использования в данной работе.

Нефтенасыщение - наличие в породе углеводородов (УВ) нефтяного ряда, которое определяется по комплексу признаков – окраска, запах, гидрофобность, люминесценция в ультрафиолетовом освещении (УФО). Термин применяется при литологическом изучении керна. В английском тексте термин образец обозначен как oil-saturation.

### **Метод изучения**

Метод разработан для научного и практического применения на производстве. При разработке и опробовании метода использовались: а) нефти 44 проб из 40 скважин 27 месторождений Западной Сибири; б) образцы, изготовленные из пористой среды керна.

Техническая часть метода заключается в насыщении нефтью образцов керна с чистым и свободным пористым пространством, т.е. в подготовке пробо-образцов нефти.

Аналитическая часть метода включает изучение физических свойств (окраска, люминесценция) пробо-образцов нефти на фотоизображениях в дневном (ДО) и ультрафиолетовом освещении (УФО) и физико-химических особенностей углеводородной составляющей из результатов пиролитического анализа пробо-образцов нефти.

Процесс опробования метода условно разделен на 5 позиций: 1) изготовление образца, 2) регистрация и маркировка образца; 3) насыщение образца нефтью; 4) фотографирование пробо-образца; 5) консервация пробо-образца и пиролиз.

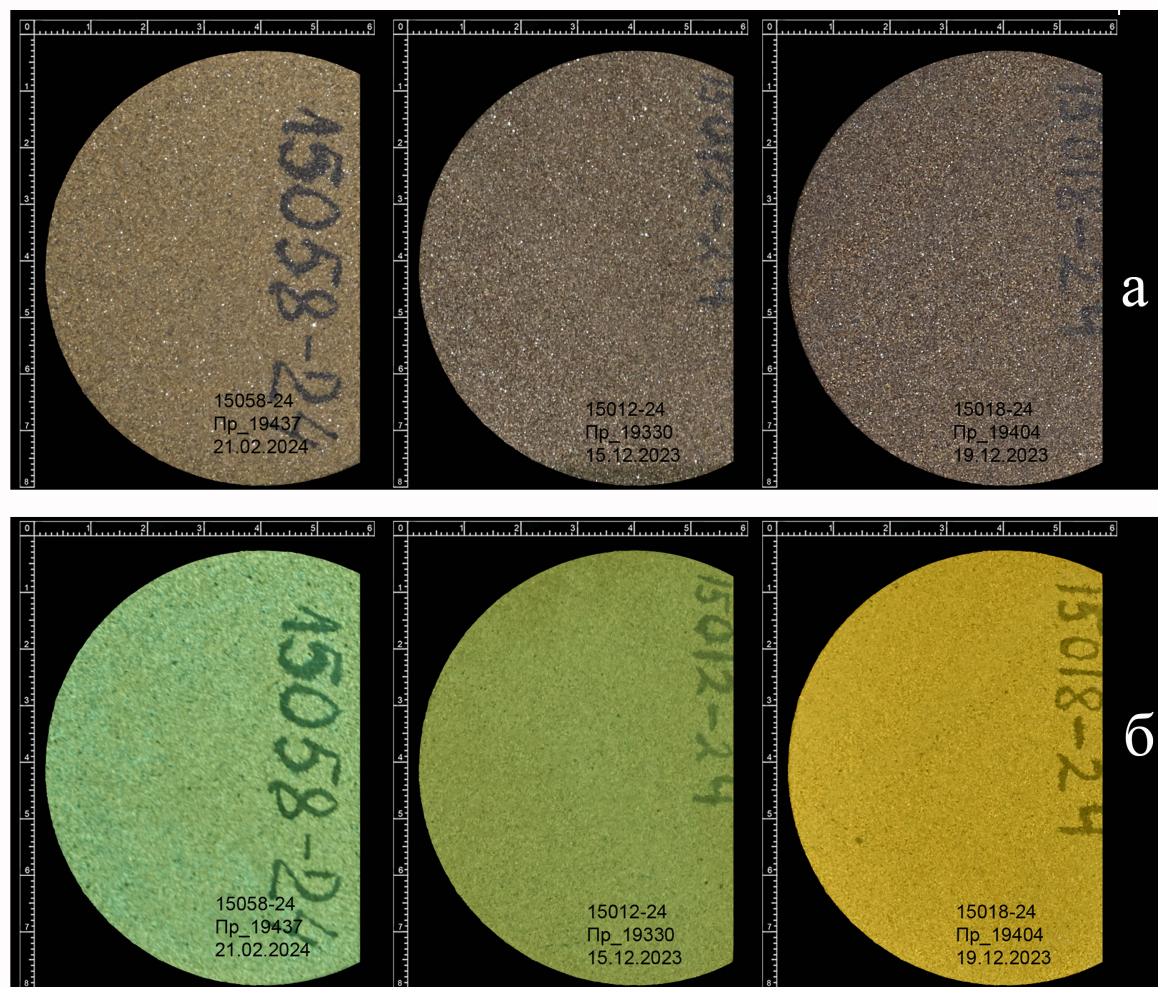
Для изучения пробо-образцов нефти авторами было опробовано два методических способа. Способы отличаются порядком позиций и порядком действий между позициями. В первом способе [1, 2] требуется обязательная консервация пробо-образцов нефти для пиролиза. Второй способ упрощен, и как следствие, более экономичен и более продуктивен для пиролитических исследований, в нем консервация не обязательна.

Если для каждой пробы нефти изготавливается по два образца – один для изучения физических (окраска, люминесценция) свойств нефти, второй для определения физико-химических (пиролиз) свойств нефти, то каждый образец насыщается отдельно.

Форма образца в обоих подходах дает: а) оптимальную площадь, ограниченную ровными срезами, для качественного отображения характера люминесценции на фотоизображениях; б) оптимально-минимальный объем для равномерного насыщения в таре с плотно закручивающейся крышкой.

### **Результаты проведенной работы**

В результате проделанной работы получены: 1) индивидуальные фотоизображения (рис. 1) в ДО и УФО пробо-образцов нефти, законсервированных для пиролиза после насыщения; 2) комплексные фотоизображения в ДО и УФО пробо-образцов нефти, законсервированных для пиролиза, после нахождения в атмосферных условиях.



**Рис. 1. Физические свойства (окраска, люминесценция) пробо-образцов нефти на индивидуальных фотоизображениях (а - ДО, б - УФО)**

Индивидуальные изображения пробо-образцов нефти по цвету люминесценции были разделены на 3 ряда. Средние значения данных (таблица) по каждому ряду не противоречат международному делению нефтей на 3 основных категории – легкие (<850), средние (850-870) и тяжелые (>870).

Таблица. Средние значения свойств нефти из поверхностных и глубинных проб

Ряд	Плотность нефти при температуре 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с		Массовое содержание, %				Начало кипения, °С
		при температуре 20 °С	при температуре 50 °С	серы	асфальтенов	смола силикагелевых	парафинов	
1	837	6	3	0,4	0,4	4	3	49
	823,9-844,4	4,2-8,0	2,5-3,7	0,3-0,6	0,2-0,5	2,6-5,0	1,8-3,3	44,4-54,5
2	857	13	5	1,1	1,2	7	3	59
	839,1-877,8	5,3-20,3	2,7-7,5	0,3-2,3	0,5-1,9	4,9-9,3	1,8-5,5	41,0-91,8
3	886	41	13	1,7	2,7	10	3	61
	877,5-914,8	25,4-97,0	9,1-23,7	1,26-2,0	1,1-4,7	7,5-12,0	1,7-3,3	53,5-72,8

По итогам опробования метода прописаны основные позиции, влияющие на конечный результат: 1) для равномерного насыщения образца флюидом необходим однородный пористый материал (естественный, искусственный); 2) при насыщении образец должен быть чистым и сухим; 3) каждый образец должен насыщаться нефтью в индивидуальной герметичной емкости; 4) для качественного отображения поля люминесценции у фотографируемого образца должна быть ровная горизонтальная поверхность; 5) условия фотографирования и керн, и пробо-образцов нефти должны быть идентичны; 6) при фотографировании и в ДО, и в УФО должна использоваться единая палетка цвета; 7) на неравномерность окраски и люминесценции пробо-образцов нефти влияют загрязнения и скрытая текстурно-структурная неоднородность; 8) на цветность люминесценции может влиять содержание воды в пробе нефти, воздействие химических веществ, например при интенсификации притоков.

Анализ комплексных изображений пробо-образцов нефти в атмосферных условиях показал изменение люминесценции со временем и изменение состава нефти,

подтвержденное данными пиролиза. Потеря легких углеводородных фракций (до 180°C) в атмосферных условиях варьирует от 18 % до 50 %. Поэтому пробо-образцы нефти для пиролиза должны обязательно консервироваться, а изучение свойств посредством пиролиза необходимо проводить в кратчайшие сроки.

Анализ изображений пробо-образцов нефти с полным и частичным насыщением, показал разницу в цвете люминесценции, что связано с синей полосой, появляющейся на границе нефтенасыщенного и пустого пространства породы (рис. 2). Для корректного отображения люминесценции нефти в пористой среде керна необходимо полное насыщение образца. Люминесценция нефти, нанесенная на поверхность керна слоем, у нефтей легкой и средней категории будет всегда с погрешностью. У нефтей тяжелой категории синяя полоса очень тонкая.

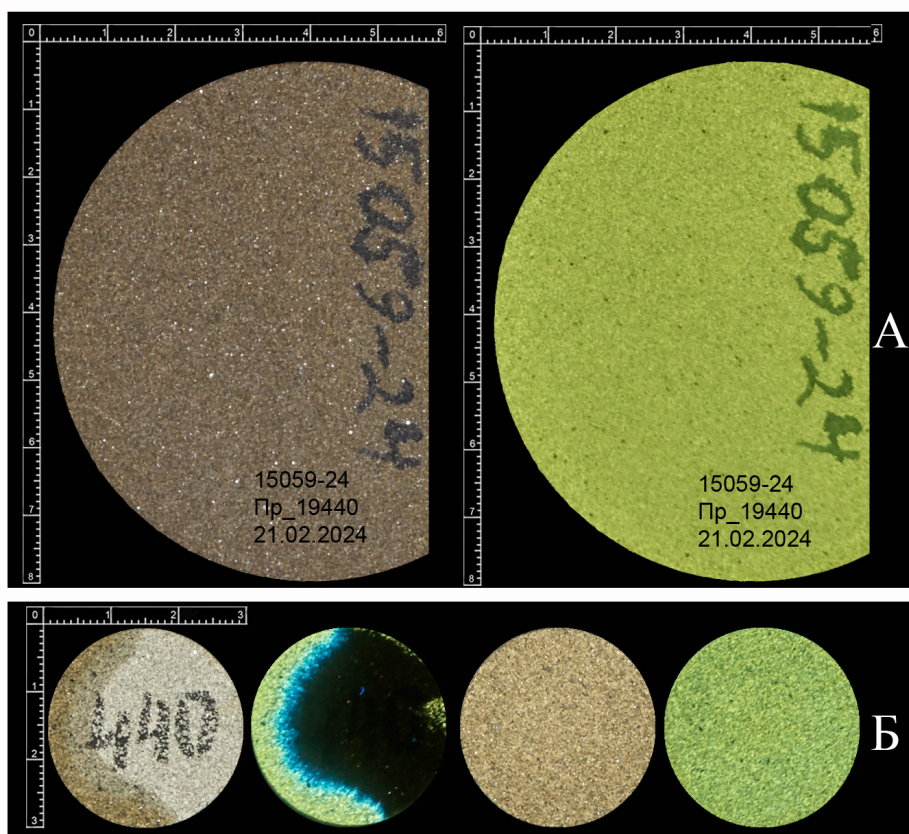


Рис. 2. Характер люминесценции пробо-образца нефти (проба 19440) с полным (А) и частичным (Б) насыщением

Анализ изображений пробо-образцов нефти с разными петрофизическими параметрами, показал, что: 1) фильтрационно-емкостные свойства образцов не влияют на цветность люминесценции нефти; 2) минеральная люминесценция горных пород изменяет люминесценцию нефти.

Сравнительный анализ характера люминесценции пробо-образцов нефти и люминесценции нефтенасыщения в колонке керна показал возможность выделения в недрах участков эффективных коллекторов и участков трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ). Например, характер люминесценции пробо-образцов пластовой нефти с желтой люминесценцией указывает на то, что приток нефти получен из песчаников пласта с бурой окраской и желтой люминесценцией (рис. 3). Все участки пласта с люминесценцией нефтенасыщения сине-голубого спектра относятся к ТРИЗ.

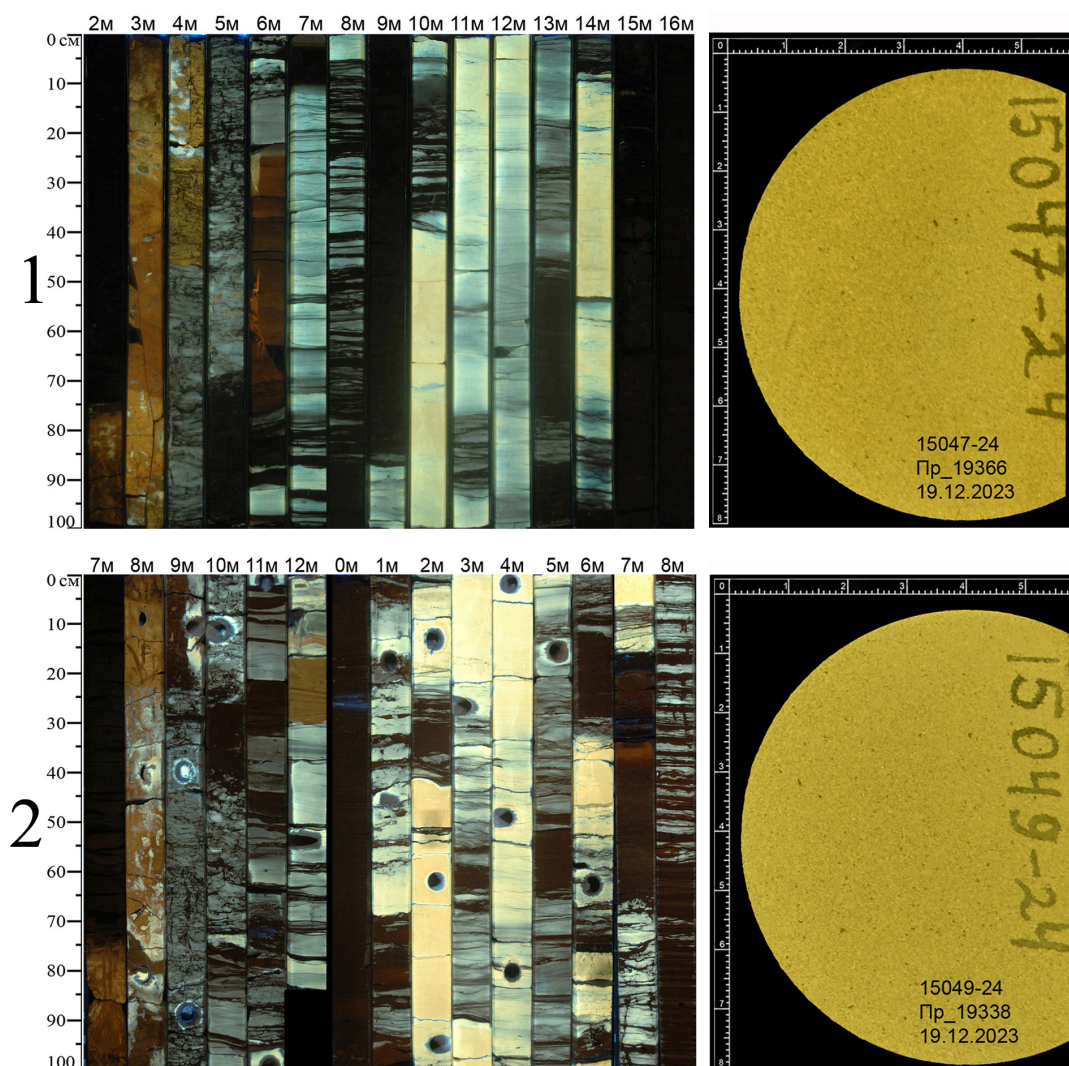


Рис. 3. Фотоизображения (в УФО) керна и пробо-образцов пластовой нефти на разных скважинах (1, 2) одного месторождения

### Заключение

Результаты изучения показали состоятельность метода и результативность его применения. В позициях метода можно изменить форму и материал образца, способы насыщения, консервации и фотографирования. Неизменным останется суть метода – способ изучения нефти поверхностных и глубинных проб в пористой среде. Только данный способ дает возможность проводить корреляцию свойств нефти со свойствами нефтенасыщенных горных пород в колонке керна.

В результате проделанной работы получен главный производственно-научный вывод: «В пористой среде керна разный компонентный (групповой) состав нефти имеет разную цветность люминесценции». То есть, изменение цветности люминесценции у нефтенасыщенных горных пород в колонке керна связано с изменением компонентного состава нефти.

Производственное применение метода позволит: расширить область изучения нефтей поверхностных и глубинных проб; сформировать банк данных по люминесценции нефтей; найти закономерные связи между характером люминесценции нефтей и их аналитическими данными (хроматография, пиролиз). Банк данных люминесценции нефтей необходим для цифровизации нефтенасыщения в колонке керна. Корреляция свойств нефти из пробы и из керна позволит выделять участки эффективных коллекторов и участки ТриЗ.

### Литература

1. *Метод* изучения нефти поверхностных и глубинных проб в пористой среде керна. / Е.Н. Трофимова [и др.] // Статьи для инженеров ПАО «Сургутнефтегаз»: Инновации, НИОКР, интеллектуальная собственность, рационализация: сборник публикаций ПАО «Сургутнефтегаз». – Сургут: РИИЦ «Нефть Приобья» ПАО «Сургутнефтегаз», 2024, август. С.42-47.
2. *Метод* изучения нефти поверхностных и глубинных проб в пористой среде керна. / Е.Н. Трофимова [и др.] // Пути реализации нефтегазового потенциала Западной Сибири. (Двадцать восьмая научно-практическая конференция) [Электронный ресурс] / Под редакцией А.Г. Копытова, Л.М. Захаровой – Текст: электронный – Ханты-Мансийск. – 2025. – С.181-192. // URL: <http://www.crru.ru>