

ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАФИНИСТЫХ НЕФТЕЙ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ФОТОМЕТРИИ И ПРОТОННОЙ МАГНИТНОЙ РЕЗОНАНСНОЙ РЕЛАКСОМЕТРИИ

Карачин В.И., Кашаев Р.С., Козелков О.В.

*Казанский государственный энергетический университет, Казань,
Российская Федерация*

Ключевые слова: парафинистые нефти, лазерная фотометрия, протонная, магнитная, резонансная, релаксометрия.

Аннотация. Проведены исследования парафинистых нефтей методами лазерной фотометрии и протонно-магнитной резонансной релаксометрии. Получены зависимости сигналов фототранзистора и времен протонной магнитной релаксации от концентрации парафинов в нефти. На основе результатов сделан вывод, что наиболее тяжелые парафины из дисперсионной среды нефти оседают на структурных единицах нефти. Получены формулы, описывающие зависимости.

STUDY OF THE PARAPHYNIC OILS BY THE METHODS OF LASER PHOTOMETRY AND PROTON MAGNETIC RESONANCE RELAXOMETRY

Karachin V.I., Kashaev R.S., Kozelkov O.V.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

Keywords: paraffinic oils, laser photometry, proton, magnetic, resonance, relaxometry.

Abstract. Studied the paraphynic oils by the methods of laser photometry and proton magnetic resonance relaxometry. Received the dependences of signals on foto transistor and times of proton magnetic resonance relaxation. On the base of obtained results made the conclusion, that the most heavy paraffins from dispersion media of oil precipitate on the oil structure units. Received the equations, describing the dependences.

Для исследования парафинистых нефтей по оптическому сигналу после прохождения лазерного излучения через нефть в пробирке, и одновременно по параметрам протонной магнитной резонансной релаксации разработана установка, работающая по следующему алгоритму: электромагнитная катушка при подаче на неё напряжения $U_{\text{кат}} = 15$ В втягивает ферромагнитный стержень и перемещает прикрепленный к нему шток с пробиркой с образцом на конце в позицию, в которой производится измерение ПМР-параметров вначале в магните Хальбаха с полем $B_0 = 0.155$ Тл и катушкой индуктивности, настроенной на резонансную частоту $\nu_0 = 6.5$ МГц с одновременным измерением фототранзистором *BPW85B* поглощения лазерного луча от лазера; снятием напряжения с электромагнитной катушки пробирка с образцом опускается в постоянный магнит из сплава на редкоземельном элементе *NdFeB* с полем $B_0 = 0.3362$ Тл и катушкой индуктивности, на резонансную частоту $\nu_0 = 14.32$ МГц в датчике релаксометра протонного

магнитного резонанса, описанного в работах [1, 2]. Температура образца устанавливается с помощью нагревающей/охлаждающей системы, включающей алюминированный стакан с глицерином, в который погружается пробирка и через который поток тепла/холода передается образцу от термоэлемента ТЕС1-12706 с одновременным отводом холода/тепла через радиатор, обдуваемый кулером. Все элементы с проводной обвязкой и кнопочным пультом управления размещаются в едином каркасе.

Для измерений методом лазерной фотометрии (ЛФМ) использовался красный лазер с длиной волны $\lambda = 630\text{--}650$ нм (энергия кванта 1.68–1.98 эВ). Исследовались нефти ПАО Татнефть, Транснефть и стандартные образцы Омского ЦСМ при температуре 23°C.

На рисунке 1 представлены полученные зависимости сигнала (СФТ) на фототранзисторе BPW85B от времен спин-спиновой релаксации $T_{2A,B,C}$ (мс) фаз A, B, C и концентраций парафина (%) в пробирке.

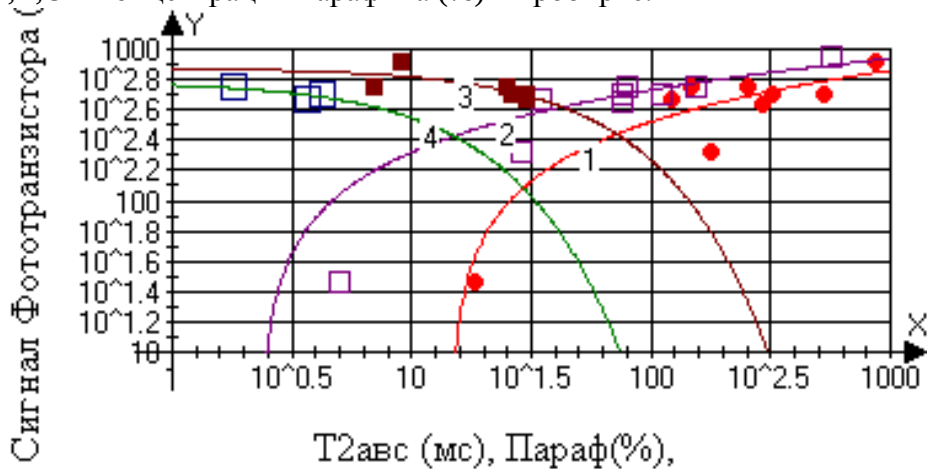


Рис. 1. Зависимости сигнала СФТ от времен спин-спиновой релаксации $T_{2A,B,C}$ (мс) фаз A, B, C (кривые 1-3) и парафина (кривая 4) на пробирке

Зависимости с коэффициентами корреляции $R^2=0.6\text{--}0.9$ описываются уравнениями:

$$1 \text{ СФТ} = 171 \ln(T_{2A}) - 455, \quad (1)$$

$$2 \text{ СФТ} = 143 \ln(T_{2B}) - 120, \quad (2)$$

$$3 \text{ СФТ} = 753 \exp(-0.014 T_{2C}), \quad (3)$$

$$4 \text{ СФТ} = 610 \exp(-0.055 \text{Пар}). \quad (4)$$

По результатам измерений сделан вывод, что с ростом концентрации парафина сигнал СФТ падает, что объясняется ростом поглощения парафином лазерного излучения. Это согласуется с зависимостями времен релаксации $T_{2A,B}$ – сигнал СФТ увеличивается с ростом $T_{2A,B}$ (кривые 1,2) т.е. с уменьшением вязкости нефти [3] и с ростом прозрачности среды. Но T_{2C} ведет себя противоположно – с укорочением T_{2C} растет СФТ, что может найти объяснение в рамках модели структурных единиц (СЕ) в нефти [1] – конденсацией тяжелых молекул на ядре СЕ за счет оттока парафинов из среды в сольватную оболочку СЕ- фазы C, за которые ответственно T_{2C} .

Список литературы

1. Козелков О.В., Кашаев Р.С. Приборные и мехатронные комплексы в нефтяной промышленности и энергетике. – Махачкала: Апробация, 2019. – 112 с.
2. Патент №67719 РФ. Портативный релаксометр ЯМР / Идиятуллин З.Ш., Кашаев Р.С., Темников А.Н. – Заявка №2007126361/22 от 25.06.2007; опубл. 27.10.2007, Бюл. №30.
3. Чижик В.И. Квантовая радиофизика. – СПб: Университет, 2004. – 689 с.

References

1. Kozelkov O.V., Kashaev R.S. Instrument and mechatron complexes in oil industry and energetic. – Makhachkala: Approbation, 2019. – 112 p.
2. Patent No. 67719 RU. Portable relaxometer of NMR / Idiyatullin Z.Sh., Kashaev R.S., Temnikov A.N. – Application 2007126361/22 from 25.06.2007; publ. 27.10.2007, Bull. No. 30.
3. Chighik V.I. Quantum radiophysics. – SPb.: University, 2004. – 689 p.

Карачин Вячеслав Игоревич – аспирант	Karachin Vyacheslav Igorevich – post graduate
Кашаев Рустем Султанхамитович – доктор технических наук, профессор	Koshaev Rustem Sultankhamitovich – doctor of technical sciences, professor
Козелков Олег Владимирович – кандидат технических наук, доцент	Kozelkov Oleg Vladimirovich – docent, candidate of technical sciences
Kashaev2007@yandex.ru	

Received 12.09.2022