

УДК 665.6

Е. И. Грушова, А. А. Аль-Разуки

Белорусский государственный технологический университет

**НОВЫЙ РАСТВОРИТЕЛЬ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ
МАСЛЯНЫХ РАФИНАТОВ**

Исследовано влияние нового полярного компонента растворителя на процесс депарафинизации масляных рафинатов методом экстрактивной кристаллизации с применением в качестве растворителя композиции циклогексанон – толуол. Установлено, что при использовании нового растворителя разделение масляного рафината на депарафинизат и гач проходит селективнее в сравнении с промышленным растворителем ацетон – толуол. В результате увеличивается выход депарафинизата, а в гаче возрастает содержание твердых парафиновых углеводородов.

Ключевые слова: масляный рафинат, депарафинизация, растворитель, циклогексанон, толуол, парафин, парафиновый концентрат.

Для цитирования: Грушова Е. И., Аль-Разуки А. А. Новый растворитель для низкотемпературной депарафинизации масляных рафинатов // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2021. № 1 (241). С. 51–56.

E. I. Grushova, A. A. Al-Razoqi

Belarusian State Technological University

**NEW SOLVENT FOR LOW TEMPERATURE DEPARAFFINIZATION
OF OIL RAFFINATES**

The influence of the solvent's new polar component on the dewaxing process of oil raffinates by the method of extractive crystallization using a cyclohexanone – toluene composition as a solvent was studied. It has been found that when using a new solvent, the separation of the oil raffinate into dewaxed and slack wax is more selective in comparison with the industrial solvent acetone – toluene. As a result, the yield of dewaxing product increases, and the content of solid paraffinic hydrocarbons in the gache increases.

Key words: oil raffinate, dewaxing, solvent, cyclohexanone, toluene, paraffin, paraffin concentrate.

For citation: Grushova E. I., Al-Razoqi A. A. New solvent for low temperature deparaffinization of oil raffinates. *Proceedings of BSTU, issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology*, 2021, no. 1 (241), pp. 51–56 (In Russian).

Введение. Низкотемпературные свойства базовых минеральных масел определяются в основном присутствием в прямогонных масляных дистиллятах парафиновых углеводородов нормального и слаборазветвленного строения, которые обладают высокими значениями температуры кристаллизации. Поэтому при понижении температуры нефтяного масла быстро уменьшается его подвижность, а парафиновые углеводороды кристаллизуются и выпадают в осадок.

Существует ряд способов понижения температуры застывания нефтяного масла [1–4]. Это снижение температуры конца кипения масляного дистиллята, смешение с более легким дистиллятом, введение депрессорных присадок, выделение парафиновых углеводородов из масляных фракций или изменение их состава.

В настоящее время наиболее эффективным методом получения низкозастывающих минеральных масел являются процессы каталитической гидродепарафинизации, которые не связаны с потерей нефтепродуктов [5–10]. В этих процессах в присутствии водорода на специальных

металлосодержащих цеолитных катализаторах при повышенных давлении и температуре происходят химические преобразования углеводородов масляных фракций за счет протекания в основном реакций гидрокрекинга, изомеризации, гидрирования, гидроциклизации. В результате снижается температура потери текучести масляного сырья. Однако в этом случае существенно сокращается сырьевая база для получения очень важного нефтепродукта – твердого парафина. Поэтому в промышленности используются и традиционные процессы сольвентной депарафинизации, где удаление твердых парафинов из масляных фракций осуществляется при их охлаждении в смеси с избирательными растворителями [2, 11–13]. Наиболее широко в качестве последних применяют кетон-ароматические смеси (метилэтилкетон – толуол, ацетон – толуол). Получает распространение кетон-новый растворитель – смесь метилэтилкетона с метилизобутилкетонам [11]. Эффективность выделения твердых углеводородов из масляных фракций зависит от типа используемого кетона

и его содержания в растворителе [13]. С увеличением молекулярной массы кетона и степени его разветвления выход депарафинированного масла возрастает, снижается температура застывания масла, быстрее осуществляется фильтрация, так как улучшается структура образующихся кристаллов твердых углеводородов. Варьируя соотношение компонентов в растворителе, можно подвергать депарафинизации масла любой вязкости и фракционного состава при различных температурах процесса от -10 до -15°C (обычная депарафинизация) или от -30°C и ниже (глубокая депарафинизация). Однако чем ниже температура депарафинизации, тем большее количество ценных компонентов масел будет выделяться вместе с парафиновыми углеводородами и, соответственно, тем меньше будет выход базового масла.

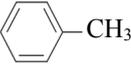
В связи с вышеизложенным для регулирования степени очистки масла от парафиновых углеводородов учитывают и варьируют ряд факторов процесса депарафинизации: пределы выкипания сырья, природу и состав растворителя, соотношение растворителя к сырью, температуру фильтрации, скорость охлаждения, способ ввода растворителя [14]. Однако в основном перечисленные приемы могут или усложнить технологию депарафинизации, или существенно увеличить затраты на это производство. По-видимому, более рациональным способом повышения селективности выделения твердых парафинов из масляных фракций является использование в процессе низкотемпературной депарафинизации нового, эффективного, относительно доступного с точки зрения стоимости и масштабов производства растворителя или модифицирующей добавки.

В данной работе в качестве полярного компонента растворителя процесса депарафинизации был исследован циклогексанон, который получают в промышленности окислением циклогексана при производстве капролактама.

Основная часть. Депарафинизации подвергали рафинаты, полученные при селективной очистке N-метилпирролидоном вакуумных дистиллятов ВД-1, ВД-2, ВД-3 и ВД-4, выделенных в ОАО «Нафтан» (Новополоцк) при вакуумной перегонке мазута. Депарафинизацию проводили на лабораторной установке периодического действия при температуре -15°C и соотношении растворитель : масляный рафинат, равном 3 : 1 мас. ч. В качестве растворителя использовали смесь циклогексанона с толуолом и смесь ацетона с толуолом, в которых содержание толуола было одинаковым и составляло 40 об. ч. Это позволило обеспечить оптимальный режим процесса депарафинизации [1–4], а также сопоставлять эффективность воздействия растворителей на процесс депарафинизации при равных условиях.

Таблица 1

Свойства растворителей процесса депарафинизации [15, 16]

Показатель	Ацетон	Циклогексанон	Толуол
Структурная формула	$\text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3$ \parallel O		
Температура кипения, $^\circ\text{C}$	56,24	155,60	110,626
Плотность ρ_4^{20}	0,7908	0,9478	0,8669
Показатель преломления n_D^{20}	1,3591	1,4507	1,4969
Дипольный момент D	2,84	2,90	0,37
Температура вспышки, $^\circ\text{C}$	-18	40	4
Температура плавления, $^\circ\text{C}$	-94,6	-40,2	-95,0

В табл. 1 и 2 приведены основные свойства применяемых растворителей [12, 13] и результаты депарафинизации рафинатов ($R_{ВД-1}$, $R_{ВД-2}$, $R_{ВД-3}$, $R_{ВД-4}$).

Таблица 2

Результаты депарафинизации масляных рафинатов

Показатель	Сырье для депарафинизации							
	$R_{ВД-1}$		$R_{ВД-2}$		$R_{ВД-3}$		$R_{ВД-4}$	
	Ацетон – толуол	Циклогексанон – толуол	Ацетон – толуол	Циклогексанон – толуол	Ацетон – толуол	Циклогексанон – толуол	Ацетон – толуол	Циклогексанон – толуол
Номер опыта	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
Выход депарафинизата, мас. %	90,26	91,17	92,88	92,95	91,22	92,32	92,00	93,19
Показатель преломления депарафинизата n_D^{50}	1,4705	1,4699	1,4728	1,4722	1,4760	1,4755	1,4786	1,4774
Вязкостно-температурная характеристика депарафинизата v_{50}/v_{60} (v_{50}/v_{70}^*)	1,87	1,73	2,11	2,07	1,38	1,31	1,36*	1,29*

Окончание табл. 2

Показатель	Сырье для депарафинизации							
	РВД-1		РВД-2		РВД-3		РВД-4	
	Ацетон – толуол	Циклогексанон – толуол	Ацетон – толуол	Циклогексанон – толуол	Ацетон – толуол	Циклогексанон – толуол	Ацетон – толуол	Циклогексанон – толуол
Температура плавления гача, °С	51	52	55	56	60	62	61	64
Соотношение <i>n</i> -парафины : <i>i</i> -парафины в гаче	2,55	2,95	1,61	2,62	0,87	1,36	0,47	0,86

Согласно данным, представленным в табл. 2, использование циклогексанона в составе растворителя позволяет повысить селективность выделения твердых углеводородов из рафинатов. Это подтверждается более высокими температурой плавления гачей и соотношением *n*-парафинов к *i*-парафинам в гаче, определяемым по данным хроматографического анализа [17]. В результате увеличивается выход депарафинизата, снижаются его показатель преломления и вязкостно-температурная характеристика.

Для оценки эффективности замены ацетона на циклогексанон в составе растворителя для экстрактивной кристаллизации был также исследован структурно-групповой состав депарафинированного масла методом ИК-спектроскопии [18, 19].

В табл. 3 представлен структурно-групповой состав полученных образцов базового масла. Интерпретацию полос поглощения проводили в соответствии с данными работ [20, 21]. Использование в составе растворителя низкотемпературной депарафинизации циклогексанона вместо ацетона позволяет снизить содержание в депарафинизате парафиновых структур как линейного, так и разветвленного строения. Несколько сокращается содержание в масле и ароматических структур, но при этом практически не меняется степень их замещенности.

Таблица 3

Спектральные коэффициенты

Спектральный коэффициент	Образец депарафинизата							
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
$C_{A_1} = \frac{D_{1600}}{D_{1460}}$	1,7	1,6	1,8	1,6	1,6	1,6	1,7	1,3
$C_{A_2} = \frac{D_{810}}{D_{1600}}$	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	0,9	0,9
$C_{II} = \frac{D_{720}}{D_{1600}}$	1,3	1,1	1,4	1,3	1,3	1,2	1,3	1,0
$C_p = \frac{D_{1380}}{D_{1460}}$	1,2	1,1	1,2	1,1	1,6	1,1	1,6	0,9

Для определения различия между гачем и парафином нормального строения и для ориентировочной оценки состава гача рассчитывали число симметрии S_w [22] по формуле

$$S_w = 2 \cdot 10^3 \cdot (n_D^{90} - 1,4000) - 0,84 \cdot t_{пл},$$

а также содержание парафинов нормального строения в гаче по следующей формуле [23]:

$$100 \cdot S_w = S_{wп} \cdot x + (100 - x) \cdot S_{wн},$$

где S_w – число симметрии для гача; $S_{wп}$ – число симметрии для парафиновых углеводородов нормального строения ($S_{wп} = 5$) [24]; x – содержание парафинов нормального строения в гаче, мас. %; $S_{wн}$ – число симметрии для изо- и циклопарафиновых углеводородов ($S_{wн} = 30$) [24].

Результаты определений представлены в табл. 4.

Таблица 4

Характеристика образцов гачей

Номер опыта	n_D^{90}	S_w	x
1.1	1,4240	5,2	99,2
1.2	1,4244	5,1	99,6
2.1	1,4258	5,4	98,4
2.2	1,4262	5,4	98,4
3.1	1,4280	5,6	97,6
3.2	1,4289	5,7	97,2
4.1	1,4285	5,8	96,8
4.2	1,4268	5,8	96,8

В соответствии с данными, приведенными в табл. 4, структура выделенных из рафинатов гачей в основном представлена парафиновыми углеводородами нормального строения. С увеличением молекулярной массы перерабатываемых рафинатов наблюдается незначительное снижение количества этих структур за счет увеличения содержания парафиновых структур изостроения. Согласно работам [25, 26], обусловлено это тем, что при увеличении молекулярной массы углеводородов уменьшается влияние разветвления на их свойства.

Закключение. В результате проведенных исследований установлено, что замена ацетона на

доступный реагент – циклогексанон в составе растворителя для низкотемпературной депарафинизации масляных рафинатов позволяет повысить эффективность процесса за счет увеличения выхода депарафинированного масла и улучшения

качества выделяемого гача – сырья для получения твердых парафинов, так как повышается содержание в нем твердых углеводородов и их температура плавления, а также содержание в них парафиновых структур нормального строения.

Список литературы

1. Разработка эффективной технологии производства зимнего дизельного топлива / И. П. Афанасьев [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия. 2014. № 4. С. 22–26.
2. As'ad A. M., Yeneneh A. M., Obanijesu E. O. Solvent dewaxing of heavy crude oil with methyl ethyl ketone // J. Pet. Environ. Biotechnol. 2015. Vol. 6, issue 2. P. 2–5.
3. Получение низкозастывающих нефтепродуктов методами депарафинизации / Р. Р. Гайнуллин [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16, № 10. С. 257–265.
4. Способы интенсификации процесса сольвентной депарафинизации масляного сырья / С. А. Антонов [и др.] // Нефтяное хозяйство. 2017. № 10. С. 70–72.
5. Lee S. W., Ihm S.-K. Hydroisomerization and hydrocracking over platinum loaded ZSM-23 catalysts in the presence of sulfur and nitrogen compounds for the dewaxing of diesel // Fuel. 2014. Vol. 134. P. 237–243.
6. El Naggar A. M. A., Mostafa M. S., Zaky M. T. New trend for the pour point depression of a waxy petroleum fraction with in-situ desulphurization using (O_2H & OH) radicals coupled with nanoparticles of titanium compounds // Fuel. 2016. Vol. 180. P. 218–227.
7. Герасимов Д. Н. Изодепарафинизация нефтяного сырья на платиновых цеолитсодержащих катализаторах: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.07 / Объединенный центр исследований и разработок. М., 2014. 134 л.
8. Исследование масляных фракций из нефти месторождения Апшерон и их переработка / Ф. И. Самедова [и др.] // Нефтегазовые технологии. 2015. № 7. С. 51–54.
9. Каталитическая депарафинизация: состояние и перспективы / Р. Р. Алиев [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия. 2016. № 1. С. 3–8.
10. Получение базовых масел III группы качества по классификации API из тяжелого углеводородного сырья с применением гидрокаталитических процессов / Р. Р. Закиева [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 18. С. 209–212.
11. Гиматдинов Р. Р., Фахрутдинов Р. З. Состояние производства базовых масел в России // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19, № 11. С. 58–63.
12. Совершенствование процесса депарафинизации рафинатов на масляном производстве / И. О. Шавалиев [и др.] // Башкирский химический журнал. 2016. Т. 23, № 2. С. 66–70.
13. Низкотемпературная депарафинизация масел в присутствии индивидуального растворителя / М. В. Курбатова [и др.] // Вестник АНГТУ. 2018. Т. 1, № 12. С. 69–72.
14. Капустин В. М., Тонконогов Б. П., Фукс И. Г. Технология переработки нефти. В 4 ч. Ч. 3. Производство нефтяных смазочных масел. М.: Химия, 2014. 328 с.
15. ChemPort.Ru. URL: <http://www.chemport.ru/> (дата обращения: 23.10.2020).
16. Дипольные моменты некоторых веществ. URL: http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/12_obshchie_svedeniya/6106 (дата обращения: 24.10.2020).
17. Карпенко О. В., Грушова Е. И. Интенсификация процесса выделения твердого парафина из нефтяного сырья методом статической кристаллизации // Труды БГТУ. 2016. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. С. 54–58.
18. Растворитель для депарафинизации рафинатов, выделенных из масляных дистиллятов нефти / Е. И. Грушова [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 2, Хим. технологии, биотехнологии, геоэкология. 2017. № 2. С. 60–63.
19. Иванова П. В., Сафиева Р. З., Камелев В. Н. ИК-спектроскопия в анализе нефти и нефтепродуктов // Вестник Башкирского университета. 2008. Т. 13, № 4. С. 869–874.
20. Изучение состава и свойств нефти месторождения Апшерон и ее остаточных фракций / Ф. И. Самедова [и др.] // АвтоГазоЗаправочный комплекс + альтернативное топливо. 2015. № 4 (97). С. 14–16.
21. Grushova E. I., Al-Razoqi A. A., Alrashedi A. R. The effect of cyclohexanol in extraction processes in the production of mineral oils // International Journal of Petroleum and Petrochemical Engineering (IJPE). 2017. Vol. 3, issue 4. P. 78–80.
22. Грушова Е. И., Ушева О. А., Аль-Разуки А. А. Использование метил-трет-бутилового эфира в экстракционных процессах переработки масляных фракций нефти // Труды БГТУ. Сер. 2, Хим. технологии, биотехнологии, геоэкология. 2019. № 1. С. 32–36.

23. Гольдберг Д. О. Контроль производства масел и парафинов. М.: Химия, 1964. 120 с.
24. Нигматуллин В. Р. Совершенствование процессов производства парафинов и церезинов и разработка математической модели растворимости твердых углеводородов в кетон-ароматических растворителях: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.2007 / Уфимский государственный нефтехимический университет. Уфа, 2000. 128 л.
25. Переверзев А. А., Богданов П. Ф., Рошин Ю. А. Производство парафинов. М.: Химия, 1973. 224 с.
26. Нуруллаев А. А., Муродов М. Н., Сатторов М. О. Исследования зависимости свойств нефтяных масел от их состава // Наука и образование сегодня. 2016. № 4 (5). С. 7–8.

References

1. Afanas'yev I. P., Lebedev B. P., Talalayev S. Yu., Ishmurzin A. V. Development of an effective technology for the production of winter diesel fuel. *Neftepererabotka i neftekhimiya* [Oil refining and petrochemistry], 2014, no. 4, pp. 22–26 (In Russian).
2. As'ad A. M., Yeneneh A. M., Obanijesu E. O. Solvent dewaxing of heavy crude oil with methyl ethyl ketone. *J. Pet. Environ. Biotechnol.*, 2015, vol. 6, issue 2, pp. 2–5.
3. Gaynullin R. R., Gizyatullin E. T., Solodova N. P., Abdullin A. I. Obtaining low-solidifying oil products by dewaxing methods. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2013, vol. 16, no. 10, pp. 257–265 (In Russian).
4. Antonov S. A., Kosareva O. A., Zaglyadova S. V., Rudyak K. A., Dogadin O. B. Methods for intensifying the process of solvent dewaxing of oil raw materials. *Neftyanoye khozyaystvo* [Oil industry], 2017, no. 10, pp. 70–72 (In Russian).
5. Lee S. W., Ihm S.-K. Hydroisomerization and hydrocracking over platinum loaded ZSM-23 catalysts in the presence of sulfur and nitrogen compounds for the dewaxing of diesel. *Fuel*, 2014, vol. 134, pp. 237–243.
6. El Naggar A. M. A., Mostafa M. S., Zaky M. T. New trend for the pour point depression of a waxy petroleum fraction with in-situ desulphurization using (O₂H & OH) radicals coupled with nanoparticles of titanium compounds. *Fuel*, 2016, vol. 180, pp. 218–227.
7. Gerasimov D. N. *Izodeparafinizatsiya neftyanogo syr'ya na platinovykh tseolitsoderzhashchikh katalizatorakh. Dis. kand. tekhn. nauk* [Isodewaxing of petroleum feedstock on platinum zeolite-containing catalysts. Cand. Diss.]. Moscow, 2014. 134 p.
8. Samedova F. I., Gasanova R. Z., Logmanova S. B., Aliev B. M., Abdullaeva Yu. A., Shakhverdiyeva A. F. Study oil fractions from oil from the Absheron field and their processing. *Neftegazovyye tekhnologii* [Oil and gas technologies], 2015, no. 7, pp. 51–54 (In Russian).
9. Aliyev R. R., Kiseleva T. P., Posokhova O. M., Tselyutina M. I. Catalytic dewaxing: state and prospects. *Neftepererabotka i neftekhimiya* [Oil refining and petrochemistry], 2016, no. 1, pp. 3–8 (In Russian).
10. Zakiyeva R. R., Petrov S. M., Kayukova G. P., Bashkirtseva N. Yu. Obtaining base oils of III quality group according to API classification from heavy hydrocarbon feedstock using hydrocatalytic processes. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2014, vol. 17, no. 18, pp. 209–212 (In Russian).
11. Gimatdinov R. R., Fakhruddinov R. Z. The state of production of base oils in Russia. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2016, vol. 19, no. 11, pp. 58–63 (In Russian).
12. Shavaliyev I. O., Belousova O. Yu., Kutepov B. I., Yapayev R. Sh. Improving the process of dewaxing raffinates on the oil industry. *Bashkirskiy khimicheskij zhurnal* [Bashkir Chemical Journal], 2016, vol. 23, no. 2, pp. 66–70 (In Russian).
13. Kurbatova M. V., Cherentsova M. I., Raskulova T. V., Fereferof M. Yu., Ryabtsov A. Yu. Low temperature dewaxing of oils in presence individual solvent. *Vestnik AnGTU* [AnSTU Bulletin], 2018, vol. 1, no. 12, pp. 69–72 (In Russian).
14. Kapustin V. M., Tonkonogov B. P., Fuks I. G. *Tekhnologiya pererabotki nefti. V 4 chastyakh. Ch. 3. Proizvodstvo neftnykh smazochnykh masel* [Oil refining technology. Part 3. Production of petroleum lubricating oils]. Moscow, Khimiya Publ., 2014. 328 p.
15. ChemPort.Ru. Available at: <http://www.chemport.ru/> (accessed 23.10.2020).
16. *Dipol'nyye momenty nekotorykh veshchestv* [Dipole moments of some substances]. Available at: http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/12_obshchie_svedeniya/6106 (accessed 24.10.2020).
17. Karpenko O. V., Grushova E. I. Intensification of the process of separating paraffin wax from crude oil by the method of static crystallization. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 4: Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology, pp. 54–58 (In Russian).

18. Grushova E. I., Al-Razoqi A. A., Karpenko O. V., Alrashedi A. R., Poleshko A. V. Solvent for dewaxing raffinate extracted from distillate oil. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology, 2017, no. 2, pp. 60–63 (In Russian).

19. Ivanova P. V., Safiyeva R. Z., Kamelev V. N. IR spectrometry in the analysis of oil and oil products. *Vestnik Bashkirskogo universiteta* [Bulletin of the Bashkir University], 2008, vol. 13, no. 4, pp. 869–874 (In Russian).

20. Samedova F. I., Nadzhafova M. A., Akhmedbekova S. F., Abdullayeva Yu. A., Shakhverdiyeva A. F. Study of the compositions and properties of Absheron oil field and its residuals fractions. *AvtoGazoZapravochnyy kompleks + al'ternativnoye toplivo* [Autogas filling complex + alternative fuel], 2015, no. 4 (97), pp. 14–16 (In Russian).

21. Grushova E. I., Al-Razoqi A. A., Alrashedi A. R. The effect of cyclohexanol in extraction processes in the production of mineral oils. *International Journal of Petroleum and Petrochemical Engineering (IJPPE)*, 2017, vol. 3, issue 4, pp. 78–80.

22. Grushova E. I., Usheva O. A., Al-Razoqi A. A. The use of methyl tert-butyl ether in the extraction processes of refining oil fractions of oil. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology, 2019, no. 1, pp. 32–36 (In Russian).

23. Gol'dberg D. O. *Kontrol' proizvodstva masel i parafinov* [Control over the production of oils and paraffins]. Moscow, Khimiya Publ., 1964. 120 p.

24. Nigmatullin V. R. *Sovershenstvovaniye protsessov proizvodstva parafinov i tserezinov i razrabotka matematicheskoy modeli rastvorimosti tverdykh uglevodorodov v keton-aromaticheskikh rastvoritelyakh. Dis. kand. tekhn. nauk* [Improving Paraffin and Ceresin Production Processes and Developing a Mathematical Model for Solubility of Solid Hydrocarbons in Ketone-Aromatic Solvents. Cand. Diss.]. Ufa, 2000. 128 p.

25. Pereverzev A. A., Bogdanov P. F., Roshchin Yu. A. *Proizvodstvo parafinov* [Paraffin production]. Moscow, Khimiya Publ., 1973. 224 p.

26. Nurullayev A. A., Murodov M. N., Sattorov M. O. Studies of the dependence of the properties of petroleum oils on their composition. *Nauka i obrazovaniye segodnya* [Science and education today], 2016, no. 4 (5), pp. 7–8 (In Russian).

Информация об авторах

Грушова Евгения Ивановна – доктор технических наук, профессор кафедры нефтегазопереработки и нефтехимии. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: grushova.e@mail.ru

Аль-Разуки Ахмед Аднан – аспирант. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ahmed_adnan19@yahoo.com

Information about the authors

Grushova Evgeniya Ivanovna – DSc (Engineering), Professor, the Department of Oil and Gas Processing and Petroleum Chemistry. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: grushova.e@mail.ru

Al-Razoqi Ahmed Adnan – PhD student. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ahmed_adnan19@yahoo.com

Поступила 28.10.2020