

## **ПОВЫШЕНИЕ ВЫХОДА ДИСТИЛЛЯТНЫХ ФРАКЦИЙ ПРИ КОКСОВАНИИ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ**

**В.Б. Терентьева<sup>@</sup>, А.И. Николаев, Б.В. Пешнев**

<sup>1</sup>МИРЭА – Российский технологический университет (Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова), Москва 119571, Россия

<sup>@</sup>Автор для переписки, e-mail: terenteva@mitht.ru

*Представлены результаты исследований влияния предварительной механохимической активации тяжелого нефтяного сырья (мазута, гудрона) на выход продуктов их коксования. Активация сырья осуществлялась за счет создания кавитационного эффекта при прохождении под давлением потока углеводородов через диффузор. Градиент давлений на диффузоре варьировался от 10 до 50 МПа, а количество циклов прохода через диффузор составляло 1 и 5. Показано, что в результате гидродинамической кавитационной обработки изменяются физико-химические характеристики тяжелого нефтяного сырья. Представленные значения плотности сырья и его фракционного состава до и после обработки позволяют говорить о том, что в результате кавитационного воздействия в сырье протекают реакции крекинга. Изменение характеристик сырья отражается на изменении выхода продуктов его коксования. Установлено, что с увеличением градиента давлений и возрастанием количества актов воздействия, увеличивается выход жидких продуктов коксования и уменьшается выход кокса. Взаимосвязи между характеристиками исходного сырья и увеличением выхода дистиллятных фракций в результате предварительного кавитационного воздействия не установлено. При этом предварительная механохимическая активация сырья приводит к уменьшению плотности и коэффициента рефракции жидких продуктов коксования, снижению температуры начала их кипения, увеличению содержания в них углеводородов бензиновой и керосиновой фракций. Увеличение плотности и коэффициента рефракции светлых фракций жидких продуктов коксования позволяет предположить протекание в результате механохимической активации процессов ароматизации.*

**Ключевые слова:** коксование, дистиллятные фракции, глубина переработки нефти, механохимическая активация, кавитация.

## **INCREASING YIELD OF DISTILLATE FRACTIONS DURING COKING OF PETROLEUM RESIDUES**

**V.B. Terentyeva<sup>@</sup>, A.I. Nikolaev, B.V. Peshnev**

<sup>1</sup>MIREA – Russian Technological University (M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies), Moscow 119571, Russia

<sup>@</sup>Corresponding author e-mail: terenteva@mitht.ru

The research results of the influence of preliminary mechanochemical activation of heavy oil feedstock (oil-fuel, tar) on the output of their coking products are presented. Raw materials were activated by creating a cavitation effect when a hydrocarbon stream passes through a diffuser under a pressure. The pressure gradient on the diffuser ranged from 10 to 50 MPa, and the number of cycles of passage through the diffuser – from 1 to 5. It is shown that hydrodynamic cavitation processing results in a change in the physicochemical characteristics of heavy oil feedstock. The presented values of the raw material density and its fractional composition before and after processing suggest that the cavitation effect results in cracking reactions in the raw material. Changes in the characteristics of the raw material affect the change in the output of its coking products. It is established that as the pressure gradient and the number of impact acts increase, the yield of liquid coking products increases, and the yield of coke decreases. No relationship between the feedstock characteristics and the increase in the yield of distillate fractions as a result of prior cavitation effects has been established. At the same time, the preliminary mechanochemical activation of the raw materials leads to a decrease in the density and refractive index of the liquid coking products, a decrease in the temperature of their initial boiling point, and an increase in the content of hydrocarbons in the gasoline and kerosene fractions in them. The increase in the density and refractive index of the light fractions of the liquid coking products suggests that the aromatization process proceeds as a result of mechanochemical activation.

**Keywords:** coking, distillate fractions, depth of oil refining, mechanochemical activation, cavitation.

## Введение

Создание на рубеже 50-60-х годов XX века в СССР процесса замедленного коксования было связано с необходимостью удовлетворить потребности развивающейся металлургической промышленности в нефтяном коксе [1]. Несмотря на то, что с того времени прошло более 60 лет, данная задача актуальна и по сей день. Так, одно из направлений развития процесса замедленного коксования связано с обеспечением коксом алюминиевой, электродной и энергетической промышленности. Помимо кокса, на установках также получают жидкие продукты – бензиновую фракцию и газойлевые дистилляты. Принимая во внимание, что добываемая нефть становится все более тяжелой и трудно перерабатываемой, процесс замедленного коксования можно рассматривать не только с точки зрения получения кокса, но и с точки зрения увеличения глубины переработки нефти с получением жидких углеводородных фракций [2, 3].

Выход продуктов коксования и их качество зависят от углеводородного и фракционного составов сырья и условий проведения процесса. Так, диапазон температур получения кокса варьируется от 450 до 550 °С. Повышение температуры приводит к увеличению выхода жидких продуктов. Также выход дистиллятов становится выше при коксовании при атмосферном давлении, а кокса и газа – ниже, чем при коксовании того же сырья при более высоких давлениях. С целью получения большого выхода кокса, целесообразно повысить давление до 0.3÷0.5 МПа [4].

В качестве сырья для коксования служат тяжелые нефтяные остатки и кубовые остатки различных производств: мазуты, гудроны, смолы пиролиза и

крекинг-остатки. Коксованию также можно подвергать сланцевые смолы, каменноугольные пеки и битуминозные нефти. Несмотря на многообразие видов сырья, которое может использоваться для процесса коксования, во всех них содержатся высокомолекулярные углеводороды, смолы и асфальтены, имеющие ароматические кольца. Следует отметить, что выход и характеристики продуктов коксования зависят от соотношения содержания этих компонентов в сырье [5]. Например, большее содержание в сырье асфальтенов приводит к большему выходу кокса, но для такого кокса будет характерна точечная микроструктура. Изменение характеристик сырья неизбежно приведет и к изменению выхода продуктов коксования, в том числе дистиллятных фракций [6]. Один из способов изменения характеристик сырья заключается в его механохимической активации (МХА), например, предварительной кавитационной обработке [7].

Кавитация представляет собой образование и последующее схлопывание растворенных в жидкой фазе пузырьков пара или газа, сопровождающееся высвобождением энергии. Температура в точке схлопывания согласно [8–10] составляет от 1100 до 10000 К. Очень важно, что при этих температурах (как в точке схлопывания пузырька, так и в окружающем пространстве) возможно протекание реакций крекинга, приводящих к разрыву С–С-связей в углеводородах сырья, образованию более легких и более тяжелых продуктов [11]. Наше предположение о возможной деструкции углеводородов в условиях кавитации согласуется с расчетами авторов работы [12], которые предсказали возможность образования в системе радикалов в результате отщепления атомов водорода или распада молекулы углеводорода. По-

следующее взаимодействие этих радикалов между собой или с молекулами исходного сырья неизбежно приведет к изменению его состава.

Это позволяет предположить, что в результате механохимической активации сырья изменяются его углеводородный состав и выход продуктов коксования. Появление в сырье компонентов с меньшей молекулярной массой (образовавшихся при деструкции в результате МХА) повысит выход дистиллятных фракций.

## Экспериментальная часть

Объектами исследования были образцы мазута, предоставленные ООО ПО «Киришинефтеоргсинтез» (образец 1) и АО «Газпромнефть – Московский НПЗ» (образец 2), и гудрон, предоставленный ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез» (образец 3), исходные характеристики которых представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики исходного сырья

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Коксуемость, % масс.	9.01	9.15	18.44
Плотность (20 °С), г/см <sup>3</sup>	0.9478	0.9684	0.9800
Кинематическая вязкость (100 °С), мм <sup>2</sup> /с	35.69	37.21	не определялась
Температура начала кипения (Т <sub>нк</sub> ), °С	280	290	475
Выход фракций, % масс.			
Т <sub>нк</sub> – 350 °С	13.2	5.0	–
350–400 °С	15.8	9.0	–
400–480 °С	47.0	28.0	–
Фракции с т. кип. до 480 °С	76.0	42.0	7.1
Фракции с т. кип. выше 480 °С	24.0	58.0	92.9

МХА нефтепродуктов осуществлялась с использованием установки, принцип действия которой основан на прокачивании образца из области высокого давления в область с атмосферным давлением [13, 14].

Давление варьировалось в диапазоне значений 20–50 МПа, число актов активации составляло 1 и 5 раз. Активация образцов 1 и 2 проводилась при 70 °С, а образца

3 – при 250 °С. Температура активации определялась опытным путем и зависела от вязкости образцов, при которой появлялась возможность их прокачки через диффузор.

Коксование исходного и активированного сырья проводили при температуре 500 °С и давлении 0.35 МПа на лабораторной установке, принципиальная схема которой приведена на рис. 1.

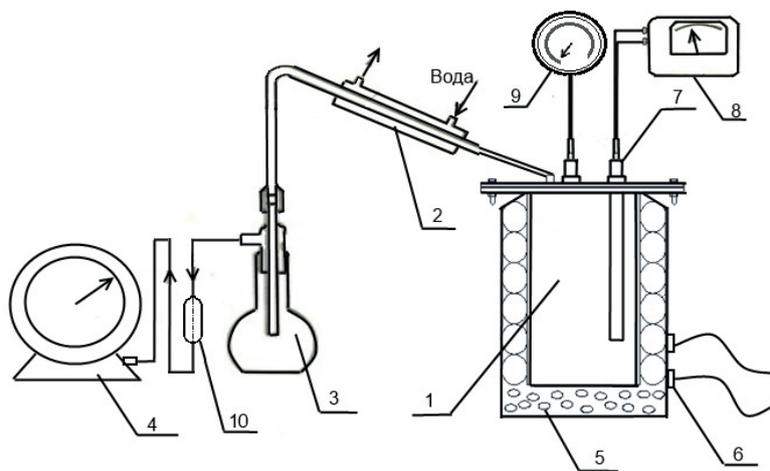


Рис. 1. Схема лабораторной установки коксования:

- 1 – лабораторный куб; 2 – холодильник-конденсатор; 3 – приемник жидких продуктов;  
4 – газовый счетчик типа ГСБ 400; 5 – электрическая печь; 6 – лабораторный автотрансформатор;  
7 – термопара; 8 – ТРМ; 9 – манометр; 10 – газовая пипетка.

Указанные условия коксования позволяли приблизить процесс к промышленному (установки замедленного коксования) [15]. Масса загрузки сырья в реактор составляла ~150 г.

Фракционный состав продуктов МХА и коксования устанавливали путем их перегонки при атмосферном давлении и под вакуумом. Для светлых продуктов (с температурой конца кипения до 350 °С)

определялись температура начала кипения ( $T_{нк}$ ) и выход бензиновой, керосиновой и дизельной фракций. Для темных – температура начала кипения и выход фракций, выкипающих в диапазонах температур  $T_{нк}$  –350 °С, 350–400 °С, 400–480 °С и выше 480 °С.

Плотность всех образцов определяли пикнометрическим методом.

Для светлых нефтепродуктов также определяли коэффициент рефракции (рефрактометр ИРФ-22).

### Результаты и их обсуждение

Влияние условий МХА (давления и количества циклов обработки) на характеристики сырья показано в табл. 2.

**Таблица 2.** Влияние условий МХА на физико-химические характеристики сырья

Название показателя	Исходное сырье (образец 1)	Условия активации			
		Давление 20 МПа		Давление 50 МПа	
		1 цикл	5 циклов	1 цикл	5 циклов
Плотность (20 °С), г/см <sup>3</sup>	0.9478	0.9431	0.9390	0.9365	0.9338
Температура начала кипения ( $T_{нк}$ ), °С	280	278	265	262	250
Выход фракций, % масс.:					
$T_{нк}$ –350 °С	13.2	14.5	17.1	17.1	19.3
350–400 °С	15.8	17.4	19.2	18.7	21.6
400–480 °С	47.0	45.4	42.0	42.0	39.6
> 480 °С	24.0	22.7	20.1	20.1	17.9

Видно, что в результате механохимической активации плотность образца и температура начала его кипения снижаются. В образце увеличивается содержание фракций, выкипающих до 400 °С. Аналогичные результаты были получены и при активации образцов 2 и 3: после 5 циклов МХА (давление 50 МПа) их плотность понизилась от 0.9684 до 0.9473 г/см<sup>3</sup> и от 0.9800 до 0.9392 г/см<sup>3</sup> соответственно. Выход фракций, выкипающих до 400 °С (480 °С для образца 3) в результате МХА также увеличился и составил 29.2% масс. для образца 2 и 17.1% масс. для

образца 3. Выход этих фракций у исходных образцов был равен 14.0 и 7.1% масс. соответственно.

Отмеченное влияние условий активации на изменение физико-химических характеристик образцов согласуется с выводами авторов [12] о возможности деструкции углеводородов в условиях кавитации.

Как и предполагалось, изменение характеристик сырья в результате МХА отразилось на выходе продуктов его коксования. В табл. 3 приведены данные о выходе жидких и твердых продуктов коксования исходного сырья и активированного сырья.

**Таблица 3.** Влияние давления МХА на выход жидких продуктов и кокса при коксовании исходного сырья и активированного сырья (1 цикл воздействия)

Давление кавитации, МПа	Выход жидкого продукта, %			Выход кокса, %		
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 1	Образец 2	Образец 3
0	70.2	68.5	51.1	12.3	13.2	25.9
20	88.0	82.8	65.7	5.4	8.6	18.1
30	90.8	86.6	71.5	3.7	5.8	15.0
40	92.0	87.4	73.6	2.5	4.3	13.9
50	92.0	87.4	73.6	2.4	4.1	13.8

Видно, что предварительная МХА сырья приводит к повышению выхода жидких продуктов. При этом, чем выше давление МХА, тем выше достигаемый эффект. Это согласуется с результатами, приведенными в табл. 2 – повышение давления обработки увеличивало содержание в сырье низкокипящих углеводородов. Вместе с тем полученные результаты не позволяют говорить о какой-либо корреляции между физико-химическими характеристиками исходного сырья и изменением выхода продуктов его коксования в результате МХА.

Отмеченное влияние давления кавитации на содержание в сырье низкокипящих углеводородов и

выход продуктов коксования объяснимо, если учитывать информацию о повышении температуры в точке схлопывания пузырька [8-10] и принимать во внимание уравнение Клайперона-Менделеева. В результате повышения давления активации должна повыситься и температура в точке схлопывания пузырька, что приводит к выделению большего количества энергии и, как следствие, к активному протеканию процессов деструкции.

Увеличение числа циклов обработки сырья также повышает выход жидких продуктов его коксования (рис. 2).

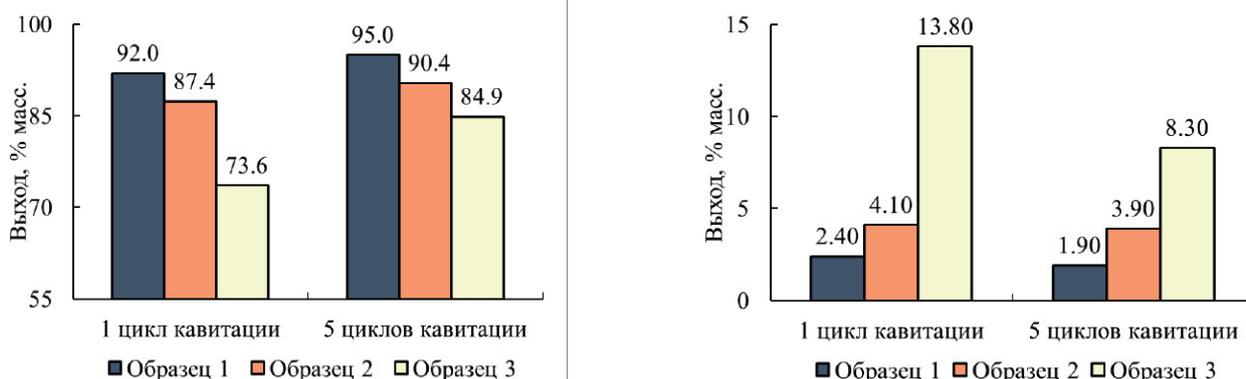


Рис. 2. Влияние числа циклов обработки сырья на выход жидких (А) и твердых (Б) продуктов коксования.

Отмеченное влияние давления МХА и числа циклов воздействия на содержание в сырье легкокипящих компонентов и повышение (после воздействия) выхода жидких продуктов подтверждает предположение о деструкции углеводородов в результате схлопывания пузырьков.

В результате изменения характеристик сырья при МХА изменился не только выход продуктов его коксования, но и их характеристики. Плотность жидких продуктов коксования образца 3 составляла 0.8300 г/см<sup>3</sup>, а плотность жидких продуктов коксования этого же образца, подвергнутого МХА (давление 30 МПа, единичный акт воздействия) – 0.8270 г/см<sup>3</sup>. Изменение плотности жидких продуктов согласуется с изменением их коэффициента рефракции и температуры начала кипения. Коэффициент рефракции понизился от 1.4655 до 1.4650, а темпера-

тура начала кипения опустилась с 62 до 60 °С. Все это свидетельствует о появлении в жидких продуктах коксования углеводородов меньшей молекулярной массы. Важно также то, что в результате МХА сырья изменился фракционный состав жидких продуктов их коксования: выход бензиновой ( $T_{нк} - 180$  °С) и керосиновой (180–240 °С) фракций увеличился от 19.6 до 39.0% масс. и от 17.9 до 25.0% масс., соответственно, а дизельной (240–350 °С) фракции снизился с 51.0 до 27.6% масс. (сырье и условия кавитации те же).

Вместе с тем нужно указать, что одновременно с изменением выхода фракций изменились и их характеристики – плотность и коэффициент рефракции увеличились (табл. 4), что может быть связано с увеличением содержания в них ароматических соединений.

Таблица 4. Характеристики фракций жидких продуктов коксования исходного образца 3 и образца 3, подвергнутого МХА (давление 30 МПа, единичный акт воздействия)

Температурный диапазон выкипания фракций, °С	Жидкие продукты коксования			
	Образец 3		Образец 3, подвергнутый МХА	
	Плотность	Коэффициент рефракции	Плотность	Коэффициент рефракции
$T_{нк} - 180$	0.7685	1.4260	0.7796	1.4370
180–240	0.8234	1.4530	0.8475	1.4730
240–350	0.8875	1.4950	0.9045	1.5030

Изменение углеводородного состава сырья в результате МХА подтверждается также и изменением состава газа, образующегося при коксовании. Наиболее заметно это проявляется для водорода и метана. В газах коксования образца 3 водород содержался в следовых количествах, а концентрация метана составляла ~64.1% об. При коксовании того же образца, подвергнутого МХА (давление 30 МПа, число циклов воздействия – 1), был получен газ, содержащий ~10.2% об. водорода, а содержание метана в нем

понизилось до ~55.6% об. Были отмечены изменения и в содержании других компонентов, но не столь существенные.

Представленные результаты подтверждают выдвинутое предположение о том, что предварительная механохимическая активация (гидродинамической кавитационной обработкой) позволяет увеличить выход жидких продуктов коксования тяжелого нефтяного сырья и повысить таким образом глубину переработки нефти.

Список литературы:

1. Ежов Б.М. (ред.) Проблемы развития производства электродного кокса. Труды. Вып. XIII. Уфа: БашНИИ НП, 1975. 322 с.
2. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем, 2002. 672 с.
3. Солодова Н.Л., Черкасова Е.И. Тенденции развития нефтепереработки в России // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 21. С. 57–63.
4. Сюняев З.И. Производство, облагораживание и применение нефтяного кокса. М.: Химия, 1973. 296 с.
5. Косицына С.С., Бурюкин Ф.А., Буза А.О., Мельчаков Д.А. Коксование гудронов с различным составом и свойствами // Фундаментальные исследования. 2016. № 6. С. 288–293.
6. Капустин В.М., Глаголева О.Ф. Физико-химические аспекты формирования нефтяного кокса (обзор) // Нефтехимия. 2016. Т. 56. № 1. С. 3–12.
7. Галиуллин Э.А., Фахрутдинов Р.З., Башкирцева Н.Ю., Ганиева Т.Ф. Подходы к апгрейдингу тяжелых нефтей // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 19. С. 35–39.
8. Пирсол И. Кавитация. М.: Мир, 1975. 95 с.
9. Федин Л.М., Федин К.Л., Федин А.К. Основы повышения нефтеотдачи тяжелой нефти. Симферополь: Доля, 2013. 112 с.
10. Franc J., Michel J. Fundamentals of cavitation. Grenoble Sciences, 2003. 306 p.
11. Битиев Г.В., Гуляева Л.А., Никульшин П.А., Хавкин В.А. О химизме превращения углеводородов при каталитическом и термическом крекинге // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. 2017. № 12. С. 3–11.
12. Немчин А.Ф., Михайлик В.А., Тодорашко Г.Т., Щепкин Е.В. Влияние кавитационного воздействия на углеводородное топливо // Промышленная теплотехника. 2002. Т. 24. № 6. С. 60–63.
13. Воробьев С.И., Торховский В.Н., Титорский И.А. Механодеструкция углеводородов нефти с помощью дезинтегратора высокого давления // Вестник МИТХТ. 2008. Т. 3. № 3. С. 77–84.
14. Николаев А.И., Терентьева В.Б., Торховский В.Н., Воробьев С.И. Получение нефтяного кокса из модифицированного сырья // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. 2016. № 7 (112). С. 3–6.
15. Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти. В 2-х ч. Часть вторая. Деструктивные процессы. М.: КолосС, 2007. 334 с.

References:

1. Ezhov B.M. (ed.) Problems of development of electrode coke production. Proceedings. Iss. XIII. Ufa: BashNII NP, 1975. 322 p. (in Russ.)
2. Akhmetov S.A. Technology of deep oil and gas processing. Ufa: Gilem Publ., 2002. 672 p. (in Russ.)
3. Solodova N.L., Cherkasova E.I. Trends in the development of oil refining in Russia. *Vestnik technologicheskogo universiteta* (Bulletin of the Technological University). 2016; 19(21): 57-63. (in Russ.)
4. Sunyaev Z.I. Production, refining and application of petroleum coke. Moscow: Khimiya Publ., 1973. 296 p. (in Russ.)
5. Kositsyna S.S., Buryukin F.A., Buza A.O., Melchakov D.A. Tars coking with different composition and properties. *Fundamentalnye issledovaniya* (Basic Research). 2016; 6: 288-293. (in Russ.)
6. Kapustin V.M., Glagoleva O.F. Physico-chemical aspects of the petroleum coke formation (review). *Neftekhimiya* (Petrochemistry). 2016; 56(1): 3-12. (in Russ.)
7. Galiullin E.A., Fakhrutdinov R.Z., Bashkirtseva N.Yu., Ganieva T.F. Heavy oil upgrades approach. *Vestnik technologicheskogo universiteta* (Bulletin of the Technological University). 2017; 20(19): 35-39. (in Russ.)
8. Pirsol I. Cavitation. Moscow: Mir Publ., 1975. 95 p. (in Russ.)
9. Fedin L.M., Fedin K.L., Fedin A.K. Fundamentals of enhanced oil recovery of heavy oil. Simferopol: Dolya Publ., 2013. 112 p. (in Russ.)
10. Franc J., Michel J. Fundamentals of cavitation. Grenoble Sciences, 2003. 306 p.
11. Bitiev G.V., Gulyaeva L.A., Nikulshin P.A., Khavkin V.A. On the process chemistry of the hydrocarbons conversion in catalytic and thermal cracking. *Neftepererabotka i neftekhimiya. Nauchno-tekhnicheskiye dostizheniya i peredovoy opyt* (Oil refining and Petrochemistry. Scientific and Technological Achievements and Best Practices). 2017; 12: 3-11. (in Russ.)
12. Nemchin A.F., Mikhaylik V.A., Todorashko G.T., Schepkin E.V. Influence of cavitation effect on hydrocarbon fuel. *Promishlennaya teplotekhnika* (Industrial Heat Engineering). 2002; 24(6): 60-63. (in Russ.)
13. Vorobyev S.I., Torkhovskiy V.N., Tutorskiy I.A. Mechanical destruction of petroleum hydrocarbons with a high pressure disintegrator. *Vestnik MITHT* (Fine Chemical Technologies). 2008; 3(3): 77-84. (in Russ.)
14. Nikolaev A.I., Terentyeva V.B., Torkhovskiy V.N., Vorobyev S.I. Petroleum coke production from modified raw materials. *AvtoGazoZaprovchniy Komplex + Alternativnoe toplivo* (AutoGaz Filling Complex + Alternative fuel). 2016; 7(112): 3-6. (in Russ.)
15. Kapustin V.M., Gureev A.A. Technology of oil refining. In 2 parts. Part 2. Destructive processes. Moscow: KolosS Publ., 2007. 334 p. (in Russ.)

**Об авторах**

**Терентьева Вера Борисовна**, аспирант кафедры технологии нефтехимического синтеза и искусственного жидкого топлива им. А.Н. Башкирова Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119571, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 86).

**Николаев Александр Игоревич**, доктор технических наук, профессор кафедры технологии нефтехимического синтеза и искусственного жидкого топлива им. А.Н. Башкирова Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119571, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 86).

**Пешнев Борис Владимирович**, доктор технических наук, профессор кафедры технологии нефтехимического синтеза и искусственного жидкого топлива им. А.Н. Башкирова Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119571, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 86).

**About the authors:**

**Vera B. Terentyeva**, Postgraduate Student of the A.N. Bashkirov Chair of Petrochemical Synthesis and Synthetic Liquid Fuel Technology, M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA – Russian Technological University (86, Vernadskogo pr., Moscow, 119571, Russia).

**Alexandr I. Nikolaev**, D.Sc. (Engineering), Professor of the A.N. Bashkirov Chair of Petrochemical Synthesis and Synthetic Liquid Fuel Technology, M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA – Russian Technological University (86, Vernadskogo pr., Moscow, 119571, Russia).

**Boris V. Peshnev**, D.Sc. (Engineering), Professor of the A.N. Bashkirov Chair of Petrochemical Synthesis and Synthetic Liquid Fuel Technology, M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA – Russian Technological University (86, Vernadskogo pr., Moscow, 119571, Russia).

**Для цитирования:** Терентьева В.Б., Николаев А.И., Пешнев Б.В. Повышение выхода дистиллятных фракций при коксовании нефтяных остатков // Тонкие химические технологии / Fine Chemical Technologies. 2019. Т. 14. № 1. С. 75–81. DOI: 10.32362/2410-6593-2019-14-1-75-81

**For citation:** Terentyeva V.B., Nikolaev A.I., Peshnev B.V. Increasing yield of distillate fractions during coking of petroleum residues. *Tonkie khimicheskie tekhnologii / Fine Chemical Technologies*. 2019; 14(1): 75-81. (in Russ.). DOI: 10.32362/2410-6593-2019-14-1-75-81