

**ХИМИЯ
И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**CHEMISTRY
AND CHEMICAL TECHNOLOGIES**

Научная статья
УДК 665.6/.7+66.022.3+665.63
<https://doi.org/10.24143/1812-9498-2024-4-23-28>
EDN LMGGUR

**Влияние реагентов на результаты атмосферной перегонки
нефтяного сырья**

Галина Владимировна Власова[✉], Татьяна Владимировна Сальникова

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, g.vlasova@astu.org[✉]*

Аннотация. В настоящее время все более остро поднимается вопрос о рациональном использовании нефтяных запасов. Транспортировка нефти и увеличение выхода ценных нефтепродуктов и продуктов нефтехимии является актуальным направлением в совершенствовании современных технологий переработки нефти. Поиск эффективных способов транспортировки нефти и усовершенствования ее первичной переработки с целью увеличения выхода светлых фракций и повышения качества получаемых нефтепродуктов обуславливает актуальность данного исследования. Как известно, при добыче, транспортировке и подготовке нефти к дальнейшей переработке вводят специальные вещества (реагенты), способствующие созданию оптимальных условий проведения разных технологических процессов. Однако при этом не уделяется достаточного внимания изучению их влияния на физико-химические свойства нефти и на результаты последующих технологических процессов переработки. В статье представлены объекты, методы и характеристики нефтяного сырья. Приведены данные исследований влияния реагентов, вводимых на стадии промышленной подготовки нефтяного сырья, на результаты атмосферной перегонки. Установлено, что наличие реагентов даже в остаточных концентрациях позволяет существенно увеличить выход светлых фракций при атмосферной перегонке нефти за счет воздействия на надмолекулярные структуры нефтяных фракций. Выявлено, что увеличение выхода светлых фракций до 5–6 % достигается при наличии реагентов РХТ и Флоудин даже в минимальных концентрациях. Объяснить поведение нефтяного сырья, химизм, механизм протекающих в них реакций возможно представив его как нефтяную дисперсную систему. Таким образом можно спрогнозировать поведение системы и пути интенсификации процессов переработки.

Ключевые слова: атмосферная перегонка, парафинистая нефть, химические реагенты, выход светлых фракций

Для цитирования: Власова Г. В., Сальникова Т. В. Влияние реагентов на результаты атмосферной перегонки нефтяного сырья // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2024. № 4. С. 23–28. <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2024-4-23-28>. EDN LMGGUR.

Original article

Influence of reagents on the results of atmospheric distillation of oil raw materials

Galina V. Vlasova[✉], *Tatyana V. Salnikova**Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, g.vlasova@astu.org*[✉]

Abstract. At present, the issue of rational use of oil reserves is becoming increasingly acute. Transportation of oil and increasing the yield of valuable petroleum products and petrochemicals is a relevant area in improving modern oil refining technologies. The search for effective ways to transport oil and improve its primary processing in order to increase the yield of light fractions and improve the quality of the resulting petroleum products determines the relevance of this work. As is known, during the extraction, transportation and preparation of oil for further processing, special substances (reagents) are introduced that help create optimal conditions for carrying out various technological processes. However, insufficient attention is paid to studying their influence on the physicochemical properties of oil and on the results of subsequent technological processes of refining. The paper presents the objects, methods and characteristics of petroleum feedstock. The data of studies of the effect of reagents introduced at the stage of commercial preparation of petroleum feedstock on the results of atmospheric distillation are presented. It was found that the presence of reagents even in residual concentrations makes it possible to significantly increase the yield of light fractions during atmospheric distillation of oil due to the effect on the supramolecular structures of oil fractions. It was found that an increase in the yield of light fractions to 5-6% is achieved in the presence of RHT and Floudin reagents even in minimal concentrations. It is possible to explain the behavior of petroleum raw materials, chemistry, and the mechanism of reactions occurring in them by representing it as an oil dispersed system. Thus, it is possible to predict the behavior of the system and ways to intensify the processing processes.

Keywords: atmospheric distillation, paraffinic oil, chemical reagents, yield of light fractions

For citation: Vlasova G. V., Salnikova T. V. Influence of reagents on the results of atmospheric distillation of oil raw materials. *Oil and gas technologies and environmental safety*. 2024;4:23-28. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2024-4-23-28>. EDN LMGUR.

Введение

Энерго- и ресурсосбережение является одним из приоритетных направлений в развитии многих отраслей промышленности [1]. Наряду с совершенствованием схем, рациональной организацией потоков и т. п. необходимо учитывать особенности сырья с точки зрения межмолекулярных взаимодействий и тем самым влиять на фазовые переходы различными методами воздействия на сырье [2–8]. Наиболее простым и доступным способом является использование различных добавок и поверхностно-активных веществ. В настоящее время в качестве активирующих добавок для модификации нефти перед прямой перегонкой исследован широкий круг веществ различной химической природы. Это нефтепродукты с высоким содержанием ароматических структур (экстракты селективной очистки масел, различные фракции газойля каталитического крекинга, фракции каменноугольной смолы и т. д.), углеводороды (твердые парафины), соединения с функциональными группами $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$ и др. [9].

Эффективность введения различных технологических добавок в нефть при ее транспортировке исследована в работе [10]. Было установлено, что введение различных технологических добавок в нефть приводит к изменению межмолекулярных взаимодействий и перестройке структуры нефтяной дисперсной системы, в связи с чем изменяются ее физико-химические и дисперсные характеристики.

Исследование активации прямой перегонки нефти эфирами кислот рапсового масла было проведено авторами [11]. Исследуемые добавки вводили в нефть в количестве 1,5 % от ее массы и проводили атмосферную и вакуумную перегонку нефти. Сопоставление материальных балансов перегонки нефти, не содержащей добавки, и активированной нефти позволило установить влияние эфиров рапсового масла на отбор дистиллятных фракций. Согласно полученным данным, добавки эфиров изменяют температуру начала кипения бензиновой фракции. Наиболее существенно повышают значение начала кипения продукты этерификации кислот рапсового масла *n*-бутанолом-1 и *n*-пентанолом-1. Максимальный отбор обеспечивается при введении в нефть пентиловых эфиров рапсового масла (ПЭЭРМ), что позволяет увеличить отбор и кубовые остатки, полученные при выделении эфиров из продуктов этерификации вакуумной перегонки.

Цель работы – изучение влияния технологических добавок различной природы и их концентрации на выход светлых нефтепродуктов при атмосферной перегонке нефтяного сырья.

Исследование влияния реagens

Объектом исследования послужила нефть месторождения им. Ю. Корчагина, расположенного в северной части акватории Каспийского моря. Характеристика представлена в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Характеристика нефти

Characteristics of oil

Наименование	Значение
Плотность при 20 °С, кг/м ³	813
Температура застывания, °С	-6
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с	11,4
Средний размер частиц дисперсной фазы, нм	260
Содержание асфальтенов, % масс.	1,15

Для оценки влияния на выход светлых дистиллятов при атмосферной перегонке использовались технологические добавки, которые вводились в нефтяное сырье еще на стадии промышленной подготовки: РХТ-РТ марки А, Флоудин марки ТН и Сонпар-5403. Исследования проводили в диапазоне концентраций добавок 10–50 г/т.

Ингибитор Сонпар-5403, характеристика которого приведена в табл. 2, предотвращает асфаль-

тосмолопарафиновые отложения (АСПО) на поверхности нефтепроводов и взаимодействует с молекулами парафина, препятствуя процессу укрупнения кристаллов и способствуя поддержанию кристаллов во взвешенном состоянии в процессе их движения. Помимо этого, ингибитор имеет детергентные свойства, обладающие сильной отмывающей способностью.

Таблица 2

Table 2

Характеристика ингибитора парафиноотложений Сонпар-5403 по ТУ 20.59.59-010-00151816-2021

Characteristics of paraffin deposition inhibitor Sonpar-5403 according to TC 20.59.59-010-00151816-2021

Реагент	Внешний вид	ρ_4^{20} , кг/м ³	ν_{20} , мм ² /с	$t_{заст}$, °С
Сонпар-5403	Однородная жидкость темно-коричневого цвета	906	3,49	-50

Депрессорная присадка Флоудин марки ТН, характеристика которой приведена в табл. 3, предназначена для снижения температуры застывания нефтей и нефтепродуктов, для понижения вязкости нефти при ее добыче и транспортировке, а также

для предотвращения образования АСПО в нефтепромышленном оборудовании. Депрессорные присадки серии Флоудин марки ТН представляют собой композиционную смесь полярных сополимеров в углеводородном растворителе.

Таблица 3

Table 3

Характеристика депрессорной присадки Флоудин марки ТН по ТУ 20.59.59-123-53501222-2017

Characteristics of the depressant additive Flowdin of the TN brand according to TC 20.59.59-123-53501222-2017

Реагент	Внешний вид	ρ_4^{15} , кг/м ³	ν_{20} , мм ² /с	$t_{заст}$, °С
Флоудин	Однородная жидкость коричневого цвета	900	3,49	-50

Растворитель РХТ-РТ марки А, характеристика которой приведена в табл. 4, предназначен для

предотвращения образования АСПО в нефтепромышленном оборудовании.

Таблица 4

Table 4

Характеристика реагента РХТ-РТ марки А

Characteristics of the reagent PXT-PT A brand

Реагент	Внешний вид	ρ_4^{20} , кг/м ³	ν_{20} , мм ² /с	$t_{заст}$, °С
РХТ-РТ	Однородная жидкость светло-желтого цвета	910	4,68	-50

В результате атмосферной перегонки нефтяного сырья получены зависимости, представленные

на рис. 1–3.

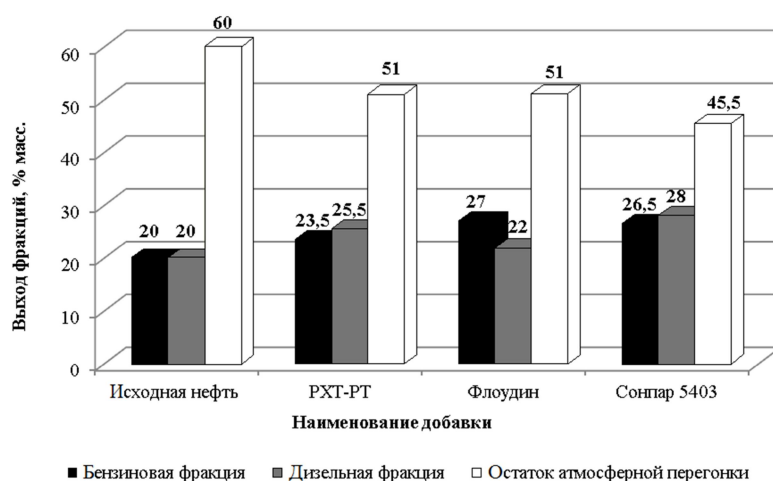


Рис. 1. Результаты атмосферной перегонки нефтяного сырья (концентрация реагентов 10 г/т)

Fig. 1. Results of atmospheric distillation of crude oil (reagent concentration 10 g/t)

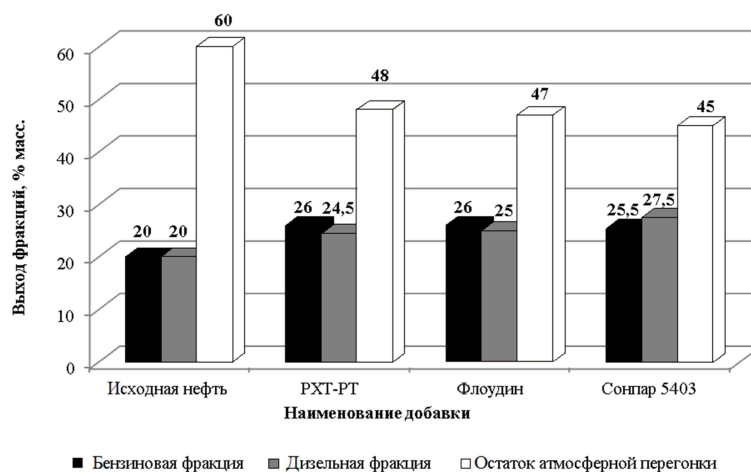


Рис. 2. Результаты атмосферной перегонки нефтяного сырья (концентрация реагентов 30 г/т)

Fig. 2. Results of atmospheric distillation of crude oil (reagent concentration 30 g/t)

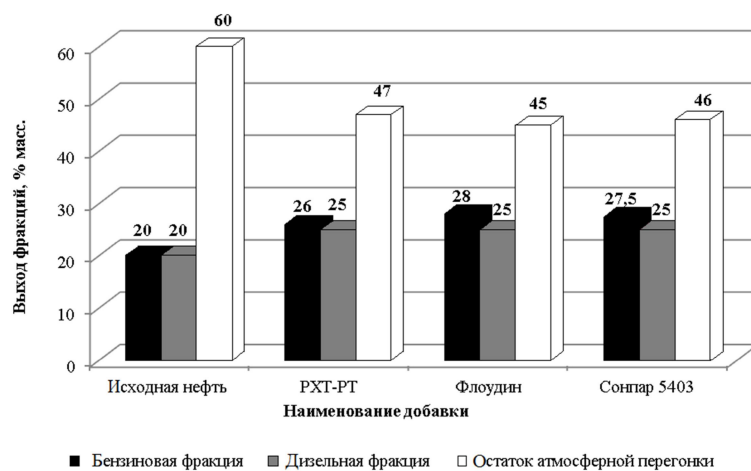


Рис. 3. Результаты атмосферной перегонки нефтяного сырья (концентрация реагентов 50 г/т)

Fig. 3. Results of atmospheric distillation of crude oil (reagent concentration 50 g/t)

Из данных рис. 1 видно, что при наличии в нефти реагента даже в малых количествах происходит увеличение выхода светлых фракций при атмосферной перегонке. Установлено, что ингибитор коррозии в большей степени влияет на увеличение выхода светлых фракций – выход бензиновой и дизельной фракции увеличился на 6,5 и 8 % соответственно.

Из данных рис. 1–3 видно, что наличие в нефтяном сырье даже остаточного содержания реагентов различной природы приводит к увеличению выхода светлых фракций в ряду: РХТ-РТ < Флоудин < Сон-

пар-5403.

В то же время при анализе каждого реагента по отдельности установлено что, при повышении его концентрации в нефти происходит увеличение выхода светлых фракций для РХТ-РТ и Флоудин, а для Сонпар наблюдается обратная тенденция.

Данную зависимость можно проследить по температурам начала и конца кипения нефти в процессе атмосферной перегонки, результаты которой приведены в табл. 5.

Таблица 5

Table 5

Результаты атмосферной перегонки нефти месторождения им. Ю. Корчагина

Results of atmospheric distillation of oil from the Yu. Korchagin field

Температура	РХТ-РТ марки А			Флоудин марки ТН			Сонпар-5403		
	10 г/т	30 г/т	50 г/т	10 г/т	30 г/т	50 г/т	10 г/т	30 г/т	50 г/т
<i>t</i> начала кипения, °С	86	74	72	69	68	54	58	61	66
<i>t</i> конца кипения, °С	273	277	280	260	296	269	310	294	264

Заключение

Исследование выхода светлых дистиллятов и в зависимости от концентрации технологических добавок показало, что их влияние весьма значительно и разнообразно. Наличие в нефтяном сырье даже остаточного содержания ингибитора парафиноотложений, который вводится на стадии добычи и транспортировки, приводит к увеличению выхода светлых фракций. Предположительно, это связано с химическим составом реагента, в процессе атмосферной перегонки который изменяется. Такая же тенденция

с предположительным изменением химического состава реагента в процессе атмосферной перегонки нефтяного сырья наблюдается и при введении депрессорной присадки. Таким образом, получив результаты процесса первичной переработки нефтяного сырья в присутствии различных реагентов, можно рекомендовать специалистам на стадиях добычи, транспортировки и промысловой подготовки регулировать природу и концентрацию вводимых реагентов с целью увеличения эффективности дальнейшей переработки.

Список источников

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р. URL: <http://government.ru/docs/39847> (дата обращения: 20.09.2024).
2. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред.: А. А. Макарова, Т. А. Митровой, В. А. Кулагина. М., 2019. 210 с.
3. Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2030 г.: проект (версия от 12.09.2016). URL: <https://mineral.ru/Analytics/rutrend/168/557/RF%20MSB%20Strategy%20-%20Project%202017-01-16.pdf> (дата обращения: 25.09.2024).
4. Safin Z. I., Kemalov A. F., Kemalov R. A., Terentyeva N. A. Comprehensive assessment of oil refineries and plants for the processing of heavy oils and natural bitumens // Вестн. Технолог. ун-та. 2019. № 9. С. 188.
5. Как повлияют санкции ЕС на работу НПЗ в России. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2022/02/27/911173-sanktsii-es-npz> (дата обращения: 13.09.2024).
6. Глубина переработки нефти в России. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/pererabotka/661187-glubina-pererabotki-nefti-v-rossii> (дата обращения: 13.09.2024).
7. Пивоварова Н. А., Гражданцева А. С., Власова Г. В., Колосов В. М. Влияние магнитного поля на результаты атмосферной перегонки стабильного газового конденсата // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. 2015. № 2. С. 24–33.
8. Гуров Ю. П., Курмачев Н. А. Увеличение выхода светлых дистиллятов при первичной переработке нефтяного сырья // Материалы Нац. с международ. участием науч.-практ. конф. «Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе». Тюмень: ТИУ, 2019. С. 57–59.
9. Володин Ю. А. Варианты углубленной переработки нефти с помощью физико-химических воздействий: дис. ... канд. техн. наук. М., 2000. 161 с.
10. Муслимова Ю. Н., Власова Г. В. Оценка влияния концентрации технологических добавок в нефтяном сырье при его транспортировке // Материалы Международ. науч.-практ. конф. «Наука сегодня: проблемы и перспективы развития». В 2-х ч. Ч. 1. Вологда, 2018. С. 17–18.
11. Грушова Е. И., Шариф А. С., Шрубко А. О. и др. Активация перегонки нефти эфирами кислот рапсового масла // Изв. высш. учеб. заведений. Нефть и газ. 2014. № 1. С. 79–84.

References

1. *Jenergeticheskaja strategija Rossijskoj Federacii na period do 2035 goda: rasporzazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 9 ijunja 2020 g. № 1523-r* [Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2035: Decree of the Government of the Russian Federation dated June 9, 2020 No. 1523-R.]. Available at: <http://government.ru/docs/39847> (accessed: 20.09.2024).
2. *Prognoz razvittija jenergetiki mira i Rossii 2019* [World and Russian Energy development Forecast 2019] / pod redakciej A. A. Makarova, T. A. Mitrovoj, V. A. Kulagina. Moscow, 2019. 210 p.
3. *Strategii razvittija mineral'no-syr'evoj bazy Rossijskoj Federacii do 2030 g.: proekt (versija ot 12.09.2016)* [Strategies for the development of the mineral resource base of the Russian Federation until 2030: draft (version dated 09/12/2016)]. Available at: <https://mineral.ru/Analytics/rutrend/168/557/RF%20MSB%20Strategy%20-%20Project%202017-01-16.pdf> (accessed: 25.09.2024).
4. Safin Z. I., Kemalov A. F., Kemalov R. A., Terentyeva N. A. Comprehensive assessment of oil refineries and plants for the processing of heavy oils and natural bitumens. *Vestnik Tehnologicheskogo universiteta*, 2019, no. 9, p. 188.
5. *Kak povlijajut sankcii ES na rabotu NPZ v Rossii* [How will EU sanctions affect the operation of refineries in Russia]. Available at: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2022/02/27/911173-sanktsii-es-npz> (accessed: 13.09.2024).
6. *Glubina pererabotki nefti v Rossii* [The depth of oil refining in Russia]. Available at: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/pererabotka/661187-glubina-pererabotki-nefti-v-rossii> (accessed: 13.09.2024).
7. Pivovarova N. A., Grazhdanceva A. S., Vlasova G. V., Kolosov V. M. Vlijanie magnitnogo polja na rezultaty atmosfernoj peregonki stabil'nogo gazovogo kondensata [The influence of the magnetic field on the results of atmospheric distillation of stable gas condensate]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, 2015, no. 2, pp. 24-33.
8. Gurov Ju. P., Kurmachev N. A. Uvelichenie vyhoda svetlyh distilljatov pri pervichnoj pererabotke neftjanogo syr'ja [Increasing the yield of light distillates during the primary processing of petroleum raw materials]. *Materialy Nacional'noj s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-praktičeskoj konferencii «Jenergoberezhenie i innovacionnye tehnologii v toplivno-jenergetičeskom komplekse»*. Tjumen', TIU, 2019. Pp. 57-59.
9. Volodin Ju. A. *Varianty uglublennoj pererabotki nefti s pomoshh'ju fiziko himičeskikh vozdeystvij: dis. ... kand. tehn. nauk* [Options for in-depth oil refining using physico-chemical influences: dissertation ... Candidate of Technical Sciences]. Moscow, 2000. 161 p.
10. Muslimova Ju. N., Vlasova G. V. Ocenka vlijanija koncentracii tehnologičeskikh dobavok v neftjanom syr'e pri ego transportirovke [Assessment of the effect of the concentration of technological additives in crude oil during its transportation]. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii «Nauka segodnja: problemy i perspektivy razvittija»*. V 2-h chastjah, chast' 1. Vologda, 2018, pp. 17-18.
11. Grushova E. I., Sharif A. S., Shrubok A. O. i dr. Aktivacija peregonki nefti jefirami kislot rapsovogo masla [Activation of oil distillation by esters of rapeseed oil acids]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft' i gaz*, 2014, no. 1, pp. 79-84.

Статья поступила в редакцию 03.09.2024; одобрена после рецензирования 21.10.2024; принята к публикации 08.11.2024
The article was submitted 03.09.2024; approved after reviewing 21.10.2024; accepted for publication 08.11.2024

Информация об авторах / Information about the authors

Галина Владимировна Власова – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой химической технологии переработки нефти и газа; Астраханский государственный технический университет; g.vlasova@astu.org

Galina V. Vlasova – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Head of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas Refining; Astrakhan State Technical University; g.vlasova@astu.org

Татьяна Владимировна Сальникова – старший преподаватель кафедры химической технологии переработки нефти и газа; Астраханский государственный технический университет; t_salnikova@mail.ru

Tatyana V. Salnikova – Senior Lecturer of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas Refining; Astrakhan State Technical University; t_salnikova@mail.ru

