

Оригинальная статья / Original article

УДК 665.6

<http://dx.doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-3-536-546>

Использование побочных потоков товарного производства нефтепродуктов

© А.А. Ганина*, И.Е. Кузора*, С.Г. Дьячкова**, Д.А. Дубровский*, Д.Н. Седлов*

* АО «Ангарская нефтехимическая компания» (АО «АНХК»), г. Ангарск, Российская Федерация

** Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация

Резюме: Нефтесодержащие отходы – один из неизбежных производственных факторов переработки, хранения нефти и нефтепродуктов, которые необходимо утилизировать. Такие методы утилизации, как захоронение и сжигание, влекут за собой вторичное загрязнение объектов окружающей среды. Но поскольку в составе нефтесодержащих отходов имеются ценные углеводороды, поиск новых путей их извлечения и использования в качестве компонентов целевых продуктов нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) является актуальной задачей. В качестве объекта исследования нами были выбраны нефтесодержащие отходы товарного производства (ТП) АО «АНХК» – продукт скважинный (ПС), который по существующей схеме объединяется с другими нефтесодержащими потоками и идет на ректификацию. Так, в 2017 г. на установку переработки ловушечного нефтепродукта было направлено 1200 т ПС. Транспортировка и переработка такого количества ПС приводит к выбросу в окружающую среду более 2 т вредных веществ в год. Результаты качественного и количественного анализа показали, что высокое содержание бензиновых фракций, преобладание в углеводородном составе n -алканов C_5 – C_{10} (более 90% масс.) позволяет предположить возможность использования ПС в качестве компонента автомобильных бензинов без повторной переработки методом ректификации. Вместе с тем ПС не имеет стабильного качества, в основном по содержанию воды и цветности. Для подбора метода предварительной подготовки ПС были проведены испытания донной пробы с высоким содержанием воды (50% об.). Установлено, что отстаивание пробы при температуре 22–23 °С в течение 4 ч приводит к эффективному отделению воды. Для снижения влияния цветности ПС при добавлении его в автомобильные бензины предложено разбавление ПС другими побочными нефтепродуктами ТП. Качество лабораторных образцов бензинов АИ-92 и АИ-80, полученных с вовлечением подготовленного ПС, соответствует требованиям ГОСТ 32513. Для масштабирования процесса подготовки ПС с целью использования его в качестве компонента моторных топлив в АО «АНХК» разработана простая, доступная технологическая схема, базирующаяся на процессах смешения и сепарации с использованием оборудования, имеющегося в наличии. Экономический эффект от реализации данного мероприятия составит около 3,7 млн руб. в год. Предложенная схема оценки и метод разделения водно-органических побочных продуктов для дальнейшего использования в качестве компонента моторного топлива носят общий характер и могут быть распространены на подобные отходы НПЗ и нефтебаз.

Ключевые слова: нефтесодержащие отходы, продукт скважинный, загрязнение окружающей среды, автомобильные бензины

Информация о статье: Дата поступления 13 сентября 2018 г.; дата принятия к печати 5 сентября 2019 г.; дата онлайн-размещения 30 сентября 2019 г.

Для цитирования: Ганина А.А., Кузора И.Е., Дьячкова С.Г., Дубровский Д.А., Седлов Д.Н. Использование побочных потоков товарного производства нефтепродуктов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019. Т. 9, N 3. С. 536–546. DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-536-546

Use of side-streams of commercial production of petroleum products

© Anna A. Ganina*, Igor I. Kuzora*, Svetlana G. D'yachkova**, Dmitriy A. Dubrovskii*, Dmitriy N. Sedlov*

* SC "Angarsk Petrochemical Company" (SC "APCC"), Angarsk, Russian Federation

** Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract: Oily wastes, along with the problem of their disposal, comprise an inevitable factor in the processing and storage of oil and oil-derived products. Contemporary disposal methods such as landfill and incineration entail secondary pollution of environmental objects. However, since oily wastes contain valuable hydrocarbons, the search for new ways to extract them for use as components of the target products of oil refineries is an urgent task. The object of the study comprised oily wastes derived from an oilwell product of the commercial production of the Angarsk Petrochemical Company. According to the existing scheme, this product is combined with other oil-containing streams and sent for rectification. Thus, in 2017, 1,200 tonnes of secondary oil product were sent to the conversion unit. The transportation and processing of such a quantity of substrates leads to the release into the environment of more than 2 tonnes of harmful substances per year. The results of qualitative and quantitative analysis showed that the high content of gasoline fractions – predominantly *n*-alkanes C_5 – C_{10} (more than 90% by weight) – in the hydrocarbon composition suggests the possibility of using the oilwell product as a component of motor gasolines without re-processing using the rectification method. However, the quality of the oilwell product, mainly in terms of water content and colour, is rather unstable. In order to select the preliminary preparation method for the oilwell product, tests of a bottom sample having a high water content (50% vol.) were carried out. It was established that sedimentation of the sample at a temperature of 22–23 °C for 4 hours leads to the effective separation of the water component. To reduce the influence of the colour factor of the oilwell product when adding it to motor gasolines, it is proposed to dilute it with other refinery by-products. The quality of laboratory samples of AI-92 and AI-80 gasolines obtained with the involvement of the prepared oilwell product complies with the requirements of GOST 32513. In order to scale the process of preparing the substation in order to use it as a component of motor fuels, Angarsk Petrochemical Company developed a simple, affordable technological scheme, based on mixing and separation processes using available equipment. The economic effect of the implementation of this measure will be about 3.7 million rubles per year. The proposed evaluation scheme and the method of separation of water-organic by-products for further use as a component of motor fuel are generic and can be applied to similar wastes from refineries and oil depots.

Keywords: oily wastes, oilwell product, environmental pollution, gasoline

Information about the article: Received September 13, 2018; accepted for publication September 5, 2019; available online September 30, 2019.

For citation: Ganina A.A., Kuzora I.I., D'yachkova S.G., Dubrovskii D.A., Sedlov D.N. Use of side-streams of commercial production of petroleum products. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2019, vol. 9, no. 3, pp. 536–546. (In Russian). DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-536-546

ВВЕДЕНИЕ

Нефтедержавные отходы – один из неизбежных производственных факторов переработки и хранения нефтей и нефтепродуктов. Побочные продукты представляют собой смесь органических соединений, воды и механических примесей, большинство из которых обладает высокой токсичностью. Во избежание загрязнения окружающей среды все производства, вовлеченные в нефтепереработку и нефтепродуктообеспечение, обязаны перерабатывать или утилизировать опасные отходы своей деятельности [1–5]. Такие методы утилизации, как захоронение и сжигание, влекут за собой вторичное загрязнение объектов окружающей среды [6–8].

Одними из основных источников нефтедержавных отходов в процессе переработки на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ)¹ и нефтебазах являются: сырьевые и продуктовые резервуары во время периодического дренажа из

них отстоявшейся воды и механических примесей, аварийные разливы и протечки на технологических линиях, а также дренажная вода с установок подготовки нефти (ЭЛОУ) и очистки светлых нефтепродуктов [9, 10].

Отход товарного производства (ТП) АО «Ангарская нефтехимическая компания» (АО «АНХК») – продукт скважинный (ПС), по существу на сегодняшний день схеме, объединяясь с побочными продуктами других производств, образует ловушечный нефтепродукт. Так, только за 2017 г. в АО «АНХК» среднее количество нефтедержавных отходов (ловушечных нефтепродуктов) составило около 60 тыс. т. Основными поставщиками ловушечного нефтепродукта являются: нефтеперерабатывающее производство (НПП) – 74,8%, производство масел (ПМ) – 5,1%, товарное производство (ТП) цехов № 1 и № 2 – 2,0 и 13,0% соответственно, производство нефтехимии (ПНХ) – 5,1%. Для повторной переработки ловушечных нефтепродуктов в АО «АНХК» с 1987 г. используется установка, на которой методом ректификации получают компоненты автомо-

¹ Parkash S. *Refining Processes Handbook*. Gulf Professional Publishing, 2003. 688 p.

бильных бензинов, сырья пиролиза, дизельного топлива, мазута (рис. 1).

Согласно действующей схеме все потоки нефтесодержащих отходов объединяются. В сырьевых резервуарах методом отстаивания от смеси отделяется вода и механические примеси, а органическая фаза идет на ректификацию. Ранее нами были проведены обследо-

вания схемы формирования, проведен качественный и количественный анализ потоков ловушечного нефтепродукта в АО «АНХК». Полученные результаты позволили дать технологическую и экологическую характеристику утилизируемых на АО «АНХК» потоков, оценить вклад каждого производства в формирование ловушечного нефтепродукта для установки ректификации [1].

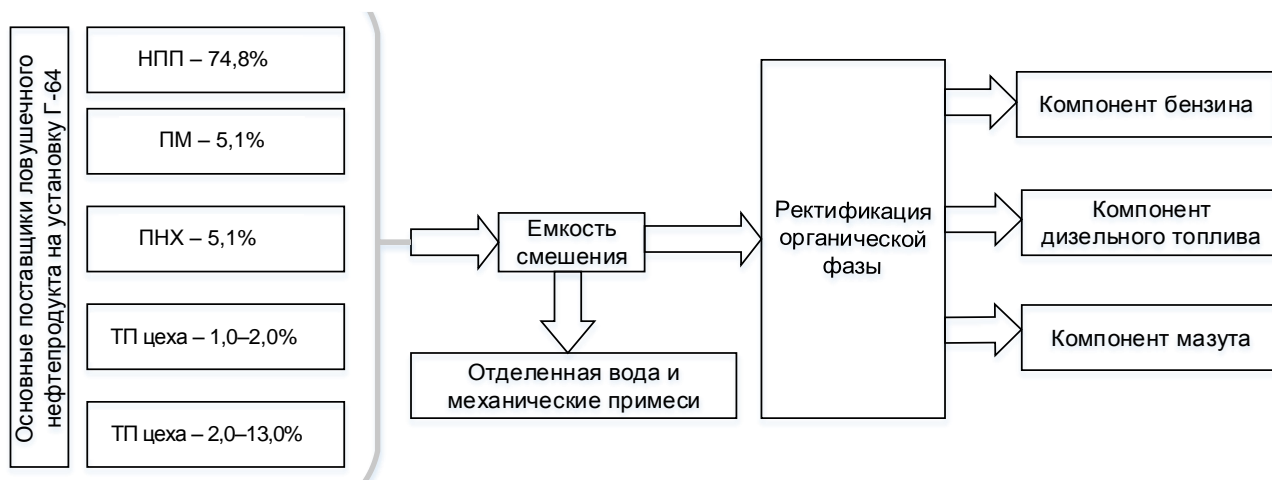


Рис. 1. Блок-схема образования и переработки ловушечного нефтепродукта

Fig. 1. Formation and processing of trap oil products. Block diagram

По имеющимся в АО «АНХК» данным, в 2017 г. на установку переработки ловушечного нефтепродукта было направлено 1200 т ПС., транспортировка и переработка такого количества ПС приводит к выбросу в окружающую среду более 2 т вредных веществ в год. Однако в составе нефтесодержащих отходов имеются ценные углеводороды. Поэтому поиск новых путей их извлечения и использования является актуальной задачей, позволяющей увеличить глубину и эффективность переработки нефти, снизить потери целевых нефтепродуктов, сократить негативное воздействие на окружающую среду, снизить затраты на переработку и утилизацию отходов и в целом улучшить экологическую ситуацию в регионе [11–13].

В связи с вышесказанным целью настоящей работы являлся поиск и разработка нового эффективного способа разделения ПС и его использования в качестве компонента целевых продуктов НПЗ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объект исследования – продукт скважинный, представляет собой смесь органической и водной фаз. ПС получен при пробоотборе из емкости Е-78 цеха № 1 ТП АО «АНХК». Для набора статистических данных был проведен качественный и количественный анализ 20 проб продукта.

Для определения качественного состава средней пробы ПС использовали методы газо-

жидкостной хроматографии (ГЖХ) и хромато-масс-спектрометрии. Идентификация проводилась путем сравнения полученных масс-спектров со спектрами, имеющимися в базе. При расшифровке масс-спектров соединений, не имеющих в базе, использовались пики в спектре, относительная интенсивность которых составляла не менее 10%. В качестве реперных для масс-спектрометрических исследований были использованы модельные соединения, а также вещества, дающие фрагменты с точно установленной массой и составом. Наиболее часто встречающиеся в масс-спектрах фрагменты, а также характер расщепления молекулярных ионов были взяты из справочной литературы по масс-спектрометрии [14]. Хромато-масс-спектрометрия в сочетании с ГЖХ позволила: определить молекулярную массу вещества; установить строение вещества по характеру образующихся фрагментов; сделать качественный анализ проб (табл. 1). Хромато-масс-спектры образцов ПС были записаны с различной степенью усиления, что позволило выявить сигналы с малой интенсивностью и тем самым определить в ПС компоненты, присутствующие в минорных количествах.

Газожидкостной хроматографический анализ проводили на газовом хроматографе Shimadzu GC-2014 на капиллярных колонках GsBP-1msc длиной 30 м и внутренним диаметром 0,25 мм с нанесенной неподвижной фазой 100% диметилполисилоксан. Температуру колонок изменяли со

скоростью 5 °С/мин от 40 до 300 °С. Детектор ПИД, температура на детекторе – 300 °С, температура испарителя – 300 °С, газ-носитель – гелий.

Хромато-масс-спектры получены на хромато-масс-спектрометре Shimadzu GCMS-QP2010SE с хроматографическим вводом пробы. Колонки капиллярные GsBP-1msc длиной 30 м и внутренним диаметром 0,25 мм. Температуру колонок изменяли со скоростью 20 °С/мин от 40 до 300 °С. Температура испарителя – 300 °С, температура детектора – 300 °С, ионного источника – 200 °С, газ-носитель – гелий.

Идентификация типа нефтепродукта органической фазы ПС была проведена с помощью ГЖХ на газовом хроматографе «Перкин Элмер». Построены графики распределения *n*-алканов, выкипающих до 400 °С в сравнении с нефтью [15]. Разделение углеводородов осуществляли на насадочной колонке длиной 1 м, диаметром 0,32 мм, заполненной силикохромом, с последующей регистрацией их пламенно-ионизационным детектором. Температурный режим термостата изменяли со скоростью 10 °С/мин от 50 до 400 °С, температура испарителя составляла 350 °С, температура детектора – 350 °С, газ-носитель – гелий.

На основании данных хроматографии также получены графики массового распределения *n*-алканов в пробах нефти и ПС. Количественный расчет *n*-алканов проводили методом внутренней нормализации.

Октановое число по исследовательскому методу (ИОЧ) определяли по ГОСТ 8226-2015², по моторному методу (МОЧ) – по ГОСТ 511-2015³. В качестве стандартного одноцилиндрованного двигателя использовали установки отечественного производства типа УИТ. Определение октанового числа по исследовательскому методу заключается в сравнении стандартной интенсивности детонации образца испытуемого топлива в стандартных двигателях (CFR или типа УИТ) при стандартных для исследовательского метода рабочих условиях и степени сжатия с интенсивностью детонации первичной эталонной топливной смеси (ПЭС). В целях достижения максимальной интенсивности детонации соотношение топливо–воздух регулируют для образца испытуемого топлива и для каждой из ПЭС. Определяют состав ПЭС, стандартная интенсивность детонации которой при испытании с той же степенью сжатия, что и образец испытуемого топлива, имеет то же октановое число. Октановое число этой ПЭС принимают за октановое число испытуемого образца топлива [16, 17].

Массовую долю серы определяли по ASTM D 4294 на приборе Спектроскан SL с помощью энергодисперсионной рентгеновской люминесцентной спектрометрии.

Плотность ПС и лабораторных образцов определяли по ASTM D 4052 на плотномере

METTLER TOLEDO DM 40.

Фракционный состав ПС и лабораторных образцов устанавливали по ГОСТ 2177 на аппарате для разгонки нефтепродуктов АРН-ЛАБ-1, определяли температуру начала кипения и объемную долю бензиновой фракции.

Массовую долю воды определяли по ASTM D 6304 на автоматическом титраторе METTLER TOLEDO C20 кулонометрическим титрованием по методу Карла Фишера.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Физико-химические характеристики продукта скважинного, полученного на АО «АНХК» в 2017 г., представлены в табл. 2.

Анализ данных, представленных в табл. 2, показал, что содержание в нем воды в пробах может колебаться от следовых до 90%, содержание серы – от 0,04 до 0,18% масс. Фракционный состав органической фазы усредненной пробы ПС свидетельствует в пользу преобладания в ней фракций, выкипающих до 180 °С. Усредненная проба характеризуется низким содержанием воды, механических примесей и является ценным источником углеводородов.

На основании данных хроматографии получены графики массового распределения *n*-алканов в пробах нефти и ПС (рис. 2).

В результате анализа графиков распределения *n*-алканов в нефти были выделены три фракции: бензиновая – C₅–C₁₀; керосино-дизельная – C₁₁–C₂₁; тяжелый остаток – более C₂₂. Сопоставлением графика распределения *n*-алканов в нефти с таковым для ПС установлено, что в органической фазе ПС основная доля *n*-алканов находится в зоне бензиновых фракций (см. рис. 2), их содержание в среднем составляет 91,6% масс.

Высокое содержание бензиновых фракций, преобладание в углеводородном составе *n*-алканов C₅–C₁₀ (более 90% масс.) позволило предположить возможность использования ПС в качестве компонента автомобильных бензинов без повторной переработки методом ректификации и вывести его из схемы потоков, направляемых на установку переработки ловушечного нефтепродукта.

² ГОСТ 8226-2015. Топливо для двигателей. Исследовательский метод определения октанового числа: межгосуд. стандарт; введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11.12.2015г. № 2152-ст

³ ГОСТ 511-2015. Топливо для двигателей. Моторный метод определения октанового числа: межгосуд. стандарт; введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11.12.2015г. № 2151-ст

Таблица 1

Химический состав продкута скажинного цеха № 1 ТП

Table 1

Chemical composition of downhole product from shop 1TP

Классы органических соединений	Идентифицированные оединения (фракции от начала кипения до 180 °С)	Содержание, % отн.
Алканы	Изобутан; бутан; пентан; 2-метилбутан; 2,2-диме-тилбутан; 2,3-диметилбутан; 2-метилпентан; 3-метилпентан; гексан; 2-метилгексан; 2,3-диме-тилпентан; гептан; 3-метилгексан; 2,2,4-триметилпентан; 2,2-диметилгексан; 2,5-диметилгексан; 2-метилгептан; 2,4-диметилгексан; 2,3-диметилгексан; 3-метилгептан; 2,4-диметилгептан; октан; 2,6-диметилгептан; 2,3-диметилгептан; 2,6-диметилоктан; нонан; 2,3-диметилоктан; декан; 2,5,5-триметилгептан; додекан	55
Циклоалканы	1,3-диметилциклопропан; 1,2-диметилциклопропан; метилциклопентан; 1,2-диметилциклопентан; 1,3-диметилциклопентан; метилциклогексан; 1,2,4-триметилциклопентан; этилциклопентан; 1,2,5-триметилциклопентан; 1-этил-3-метилциклопентан; 1-этил-2-метилциклопентан; 1,3-диметилциклогексан; 1,4-диметилциклогексан; 1,1-диметилциклогексан; этилциклогексан; 1,3,5-триметилциклогексан; 1,2,4-триметилциклогексан; 1-метил-2-пропилциклопентан; 1-этил-3-метилциклогексан; пропилциклогексан	10
Алкены	2-метилпропен-1; бутен-1; 2-метилбутен-1; пентен-1; пентен-2; циклопентен; 2-метилпентен-1; гексен-1; гексен-2; 2,3-диметилбутен-1; 4-метилпентен-2; 3-метилпентен-2; 3-метилгексен-3; 3-метилгексен-2; гептен-2	1
Арены	бензол; толуол; этилбензол; п-ксилол; о-ксилол; м-ксилол; изопропилбензол; пропилбензол; 1-этил-2-метилбензол; 1-этил-3-метилбензол; 1,2,3-триметилбензол; 1,3,5-триметилбензол; 1-метил-3-пропилбензол; 1-этил-2,5-диметилбензол; 1-этил-2,4-диметилбензол; 1,2,4,5-тетраметилбензол; 1,2,3,4-тетраметилбензол; нафталин; октагидроинден; 1-метилиндан; индан; 5-метилиндан; метилнафталин	33
Гетероатомные соединения	гексиловый эфир уксусной кислоты; гексиловый эфир бутановой кислоты	1

Таблица 2

Физико-химические характеристики продкута скажинного

Table 2

Physico-chemical characteristics of the downhole product

Показатель	Фактическое значение		
	среднее	минимальное	максимальное
Плотность при 15 °С, кг/м ³ (ASTM D 4052)	740,0	736,0	750,0
Массовая доля серы, % (ASTM D 4294)	0,0562	0,0400	0,1810
Фракционный состав органической фазы (ГОСТ 2177-99 ⁴):			
Температура начала перегонки, °С	36	32	40
Объемная доля испарившегося бензина, %, при температуре, °С:			
70	17,8	14	22
100	43,1	41	46
150	85	84	86
180	96	95	97
Массовая доля воды, % (ГОСТ 2477)	следы	следы	90 (в донных пробах)

⁴ ГОСТ 2177-99. Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава: межгосуд. Стандарт введен в действие постановлением Госкомитета РФ по стандартизации и метрологии от 21.09.1999 г. № 300-ст

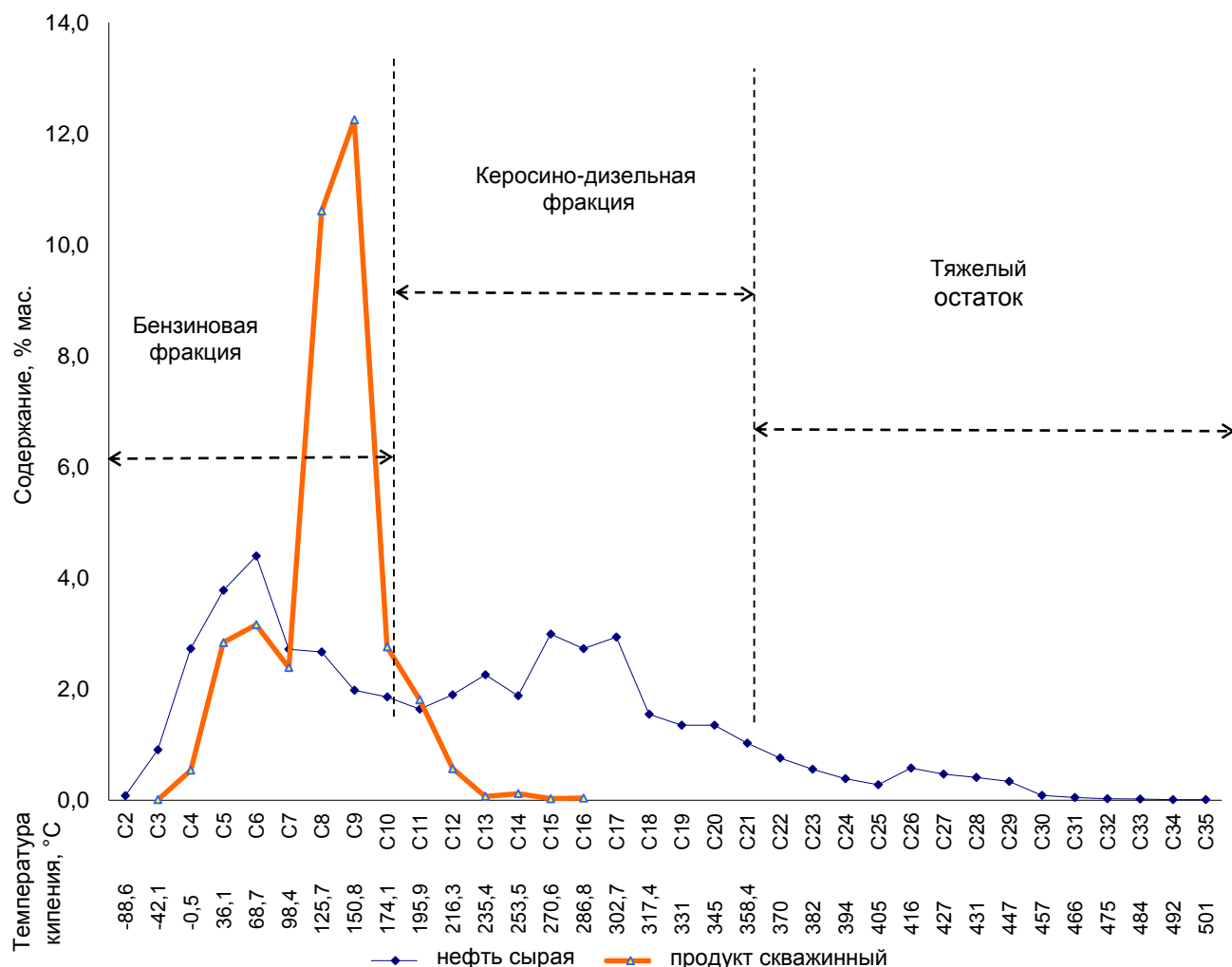


Рис. 2. Содержание n-алканов в продукте скважинном и нефти

Fig. 2. Content of n-alkanes in the downhole product and oil

Вместе с тем ПС не имеет стабильного качества, в основном по содержанию воды и цветности. Поэтому использование ПС в качестве компонента автомобильных бензинов может привести к нарушению нормируемых показателей (чистый и прозрачный цвет в соответствии с ГОСТ 32513-2013⁵), а присутствие воды – ухудшить химмотологические характеристики (усилить коррозию) [18–20]. Как видим, разработка метода эффективной подготовки ПС с целью использования его в качестве компонента автомобильных бензинов является актуальной.

Для подбора метода предварительной подготовки ПС были проведены испытания донной пробы с высоким содержанием воды (50% об.).

⁵ ГОСТ 32513-2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия: межгосуд. стандарт; введен в действие введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22.11.2013г. № 1864-ст

Установлено, что отстаивание пробы при температуре 22–23 °C в течение 4 ч приводит к эффективному отделению воды (49,5% об.). При снижении продолжительности отстаивания – менее 4 ч – эффективность отделения воды снижается, граница раздела водной и органической фаз нечеткая. Следует отметить, что для улучшения степени разделения фаз не потребовалось дополнительно использовать какие-либо физико-химические или химические факторы.

Для снижения влияния цветности ПС при добавлении его в автомобильные бензины опробовано разбавление ПС другими побочными нефтепродуктами ТП. В этих целях образец ПС смешали с побочными нефтепродуктами (ПН), которые образуются в процессе приготовления при подрезке товарных резервуаров, в случае обводнения донной пробы, в соотношении 1:20. Через 4 ч отделили водный слой, смесь ПС с побочными нефтепродуктами проанализировали на соответствие требованиям ГОСТ 32513-2013 для компонента автобензинов (табл. 3).

На основании данных объемная доля ПС в АИ-92 не должна превышать 1% об., так как значение моторного октанового числа (МОЧ) для АИ-92 составляет 83,1, а для ПС с побочными нефтепродуктами ТП – 79,3. Введение большего количества может привести к несоответствию по показателю МОЧ (по ГОСТ 32513-





2013 – не менее 83,0). Учитывая максимальную выработку ПС с побочными нефтепродуктами ТП, вовлечение в АИ-80 не будет превышать 15% об. Результаты испытаний полученных лабораторных образцов соответствуют основным требованиям ГОСТ 32513-2013 (см. табл. 3).

Таблица 3

Результаты лабораторных исследований

Table 3

Results of laboratory tests

Показатель	Норма по ГОСТ 32513-2013 для АИ-92/АИ-80	Исходный ПС (качество нестабильно)	Смесь ПС с побочными нефтепродуктами после отделения водной фазы	Лабораторные образцы Автобензинов с вовлечением подготовленного ПС	
				АИ-92-К2+1% об.	АИ-80-К2+15% об.
Внешний вид	Чистый, прозрачный				
Октановое число по исследовательскому методу	не менее 92/80	–	88,8	94,5	84,2
Октановое число по моторному методу	не менее 83/70	–	79,3	83,0	77,0
Массовая доля серы, %	не более 0,05	0,0562	0,0299	0,0290	0,0289
Плотность при 15 кг/м³	725,0–780,0	740,0	738,0	740,8	732,7
Фракционный состав:					
Объемная доля испарившегося бензина, %, при температуре, °С:					
70	15–48	22	27	27	26,5
100	40–70	46	51	50	52,3
150	не менее 75	86	98	91,7	88,0
Температура конца кипения, °С	не выше 215	184	187	185,8	184,9
Объемная доля остатка в колбе, %	не более 2,0	–	1,0	1,0	1,0
Массовая доля воды, %	–	0,025	0,0038	менее 0,001	менее 0,001

Для масштабирования процесса подготовки ПС с целью использования его в качестве компонента моторных топлив в АО «АНХК» разработана простая, доступная технологическая схема, базирующаяся на процессах смешения и сепарации и включающая только имеющееся в наличии оборудование⁶.

На территории цеха № 1 ТП АО «АНХК» имеются емкости для сбора побочных нефте-

продуктов, снабженные уровнемерами водной и углеводородной фазы. Использование данных емкостей для компаундирования компонентов и сепарации (отстоя) позволит эффективно удалить

⁶ Комиссаров Ю. А Гордеев Л.С., Вент Д.П. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для академического бакалавриата; 2-е изд., перераб. и доп.; в 5 ч. М.: Юрайт, 2018

воду и улучшить качественные показатели компонента топлив (рис. 3).

По схеме, представленной на рис. 3, было организовано проведение пробегу ПС. Изначально ПС (поз. 1) направлялся на смешение с побочными нефтепродуктами (поз. 2). В резервуаре, снабженном уровнемерами, происходило отстаивание и разделение фаз (водной и органической).

Далее водная фаза снизу резервуара (поз. 4) была отделена и направлена на очистку сточных вод (поз. 5), а органическая фаза (ПС в смеси с побочными нефтепродуктами) направлена в следующий резервуар (поз. 6). Установлено, что полученный компонент соответствует основным требованиям ГОСТ 32513 для компонента автомобильных бензинов марок АИ-80, АИ-92.

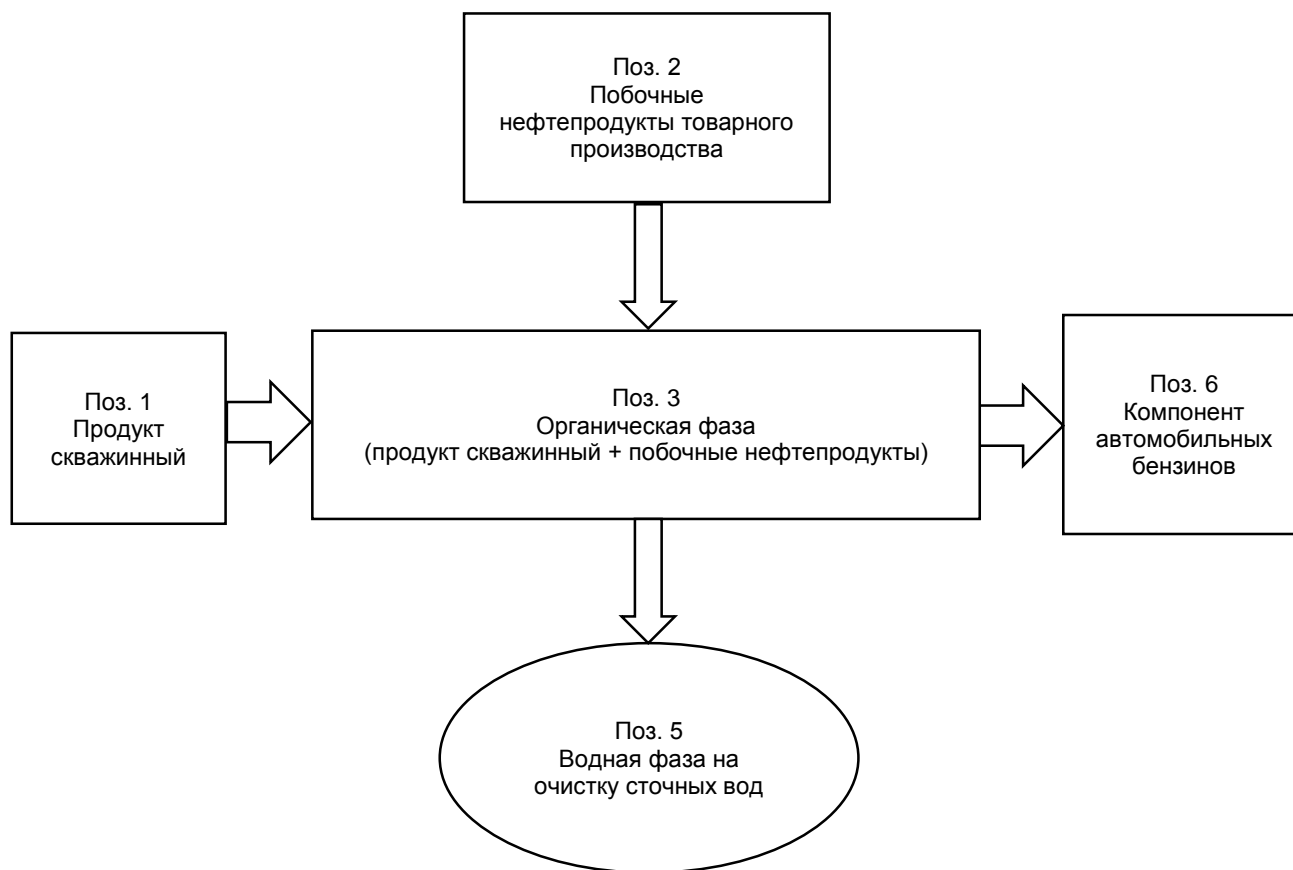


Рис. 3. Схема подготовки скважинного нефтепродукта

Fig. 3. Borehole product treatment scheme

Для оценки экономического эффекта с учетом планов производства были проведены расчеты с использованием программы Aspen PIMS⁷. Реализация данного мероприятия позволит получить экономический эффект около 3,7 млн руб. в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании экспериментальных данных определена техническая возможность использования ПС в качестве компонента моторных топлив.

2. Предложен экономически и экологически эффективный способ использования ПС в качестве компонента автомобильных бензинов.

3. Экономический эффект от реализации данного мероприятия составит около 3,7 млн. руб. в год.

4. Предложенная схема оценки и метод пред-

варительной подготовки водно-органических побочных продуктов для дальнейшего использования в качестве компонента моторного топлива носят общий характер и могут быть распространены на подобные отходы НПЗ и нефтебаз.

⁷ Aspen PIMS program (Process Industry Modeling System). Available at: <https://www.aspentech.com/en/resources/brochure/aspen-pims-family> (accessed 24 April 2019).

PIMS – экономико-технологическая система моделирования нефтепереработки – инструмент построения методом линейного программирования (ЛП) моделей планирования процессов нефтепереработки для создания оптимальных планов, включая оценку альтернатив сырой нефти, промежуточного сырья, сырья, получаемого за границами рассматриваемой установки, технологий, продуктов и рынков

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дьячкова С.Г., Боженков Г.В., Рудякова Е.В., Губанов Н.Д., Кузора И.Е., Сморгчов С.Е. Схема и состав потоков формирования нефтепродукта ловушечного установкой Г-64 ОАО «АНХК» // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2015. N 3. С. 35–41.
2. Li Yu, Mei Han, Fang He. A review of treating oily wastewater // *Arabian Journal of Chemistry*. 2017. Vol. 10. P. 1913–1922. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.07.020>
3. Ручкина О.И. Экологические технологии: обзор основных направлений использования нефтеотходов в качестве вторичного сырья // Инженерная экология. 2004. N 1. С. 2–17.
4. Коряков А.Г., Басалов С.Г., Михайлов В.Г. Особенности использования отходов полимерного производства для повышения эколого-экономической устойчивости промышленных предприятий // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. 2016. N 3. С. 10–15. DOI: 10.21777/2307-6135-2016-3-10-15
5. Нитяговский А.М., Николаев А.П., Горохов И.В. Системные принципы моделирования взаимодействия отходов НПЗ с окружающей природной средой // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. N 11-5. С. 722–725.
6. Russo M.V., Fouts P.A. A resource-based perspective on corporate environmental performance and profitability // *The Academy of Management Journal*. 1997. Vol. 40. Issue 3. P. 534–559. DOI: 10.2307/257052
7. Минигаимов И.Н., Файзуллин А.Ф. Пути решения экологических проблем на предприятиях транспорта нефти и нефтепродуктов // Нефтепереработка и нефтехимия – 2005: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Уфа: Изд-во ГУП ИНХП РБ, 2005. С. 350–351.
8. Боженков Г.В., Губанов Н.Д., Кузора И.Е., Сморгчов С.Е., Марущенко И.Ю., Дьячкова С.Г. Утилизация отходов нефтепереработки, проблемы и методы их решения // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2015. N 6. С. 51–56.
9. Капустин В.М., Рудин М.Г., Кудинов А.М. Технология переработки нефти. В 4 ч. Часть четвертая. Общезаводское хозяйство. М.: Химия, 2017. 320 с.
10. Ogi O.R. A Review of the Nigerian petroleum industry and the associated environmental problems // *The Environmentalist*. 2001. Vol. 21. Issue 1. P. 11–21. DOI: 10.1023/a:1010633903226
11. Andreev D.Y., Lopatina S.G. Effect of intensification of production of petroleum products on production costs and cost reduction // *Chemistry and technology of fuels and oils*. 1972. Vol. 8. Issue 5. P. 359–362.
12. Vedenkin D.A., Samoshin R.E., Zuev O.Y. Laboratory complex for processing of oily waste using microwave technology // В сборнике: 2015 International Conference on Antenna Theory and Techniques: Dedicated to 95 Year Jubilee of Prof. Yakov S. Shifrin, ICATT 2015 – Proceedings 10. 2015. P. 396–398.
13. Monteiro S.N., Vieira C.M.F. Effect of oily waste addition to clay ceramic // *Ceramics International*. 2005. Vol. 31. Issue 2. P. 353–358.
14. Вульфсон Н.С., Заикин В.Т., Микая А.Л. Масс-спектрометрия органических соединений. М.: Химия, 1986. 312 с.
15. Прудникова Е.В., Мозилина О.Ю., Парашенко В.И., Мельников В.С. Идентификация источников сброса нефтепродуктов в сточные воды НПЗ // Нефтепереработка и нефтехимия. 2008. N 1. С. 35–38.
16. Емельянов В.Е., Крылов И.Ф. Автомобильный бензин и другие виды топлива. Свойства, ассортимент, применение. М.: Астрель, 2005. 207 с.
17. Costa D.R. Gasoline octane number determination. // *Combustion*. 1968. Vol. 39. No. 9. P. 18.
18. Сафонов А.С., Ушаков А.И., Чечкенов И.В. Автомобильные топлива: химмотология, эксплуатационные свойства, ассортимент. СПб.: Изд-во НПИКЦ, 2002. 264 с.
19. Ambrozini A.R.P., Kuri S.E., Monteiro M.R. Metallic corrosion related to mineral fuels and bio-fuels utilization // *Quimica Nova*. 2009. Vol. 32. Issue 7. P. 1910–1916.
20. Джамалов А.А. Улучшение экологических и эксплуатационных свойств автомобильных бензинов // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2005. N 5. С. 37–38.

REFERENCES

1. D'yachkova S.G., Bozhenkov G.V., Rudyakova E.V., Gubanov N.D., Kuzora I.E., Smorchkov S.E. Scheme and composition of streams of formation of petroleum products pot setting G-64 of JSC "ANKhK". *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompanii*. 2015, no. 3, pp. 35–41.
2. Li Yu, Mei Han, Fang He. A review of treating oily wastewater. *Arabian Journal of Chemistry*. 2017, vol. 10, pp. 1913–1922. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.07.020>
3. Ruchkinova O.I. Ecological technologies: an overview of the main directions of oil waste use as secondary raw materials. *Inzhenernaya ekologiya*. 2004, no. 1, pp. 2–17. (In Russian)
4. Koryakov A.G., Basalov S.G., Mikhailov V.G. The enterprises of chemical complex of Russia in modern conditions: challenges of sustainable development. *Vestnik Moskovskogo universiteta im. S.Yu. Vitte*. 2016, no. 3, pp. 10–15. (In Russian). DOI: 10.21777/2307-6135-2016-3-10-15
5. Nityagovskii A.M., Nikolaev A.P., Gorokhov I.V. Principles of system modeling of interaction of waste refinery with the natural environment. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2004, no. 1, pp. 2–17. (In Russian)

vanii. 2015, no. 11-5, pp. 722–725. (In Russian)

6. Russo M.V., Fouts P.A. A resource-based perspective on corporate environmental performance and profitability. *The Academy of Management Journal*. 1997, vol. 40, issue 3, pp. 534–559. DOI: 10.2307/257052

7. Minigazimov I.N., Faizullin A.F. Ways of solving environmental problems at oil and oil products transportation enterprises. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Neftepererabotka i neftekhimiya – 2005"* [Proc. Int. Sci. Pract. Conf. "Oil refining and petrochemistry – 2005"]. Ufa: Institute of Petroleum Refining and Petrochemistry Publ., 2005, pp. 350–351. (In Russian)

8. Bozhenkov G.V., Gubanov N.D., Kuzora I.E., Smorchkov S.E., Marushchenko I.Yu., D'yachkova S.G. Waste management of oil refining, problems and solution. *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompanii*. 2015, no. 6, pp. 51–56. (In Russian)

9. Kapustin V.M., Rudin M.G., Kudinov A.M. *Tekhnologiya pererabotki nefti. Chast' chetvertaya. Obshchezavodskoe khozyaistvo* [Oil refining technology. Part four. Plant General]. Moscow: Khimiya Publ., 2017, 320 p.

10. Ogi O.R. A Review of the Nigerian petroleum industry and the associated environmental problems. *The environmentalist*. 2001, vol. 1, issue 21, pp. 11–21.

11. Andreev D.Y., Lopatina S.G. Effect of intensification of production of petroleum products on production costs and cost reduction. *Chemistry and technology of fuels and oils*. 1972, vol. 8, issue 5, pp. 359–362.

12. Vedenkin D.A., Samoshin R.E., Zuev O.Y. Laboratory complex for processing of oily waste using microwave technology. In: 2015 Int. Conf. on Antenna

Theory and Techniques: Dedicated to 95 Year Jubilee of Prof. Yakov S. Shifrin, ICATT 2015 – Proceedings 10. 2015, pp. 396–398.

13. Monteiro S.N., Vieira C.M.F. Effect of oily waste addition to clay ceramic. *Ceramics International*. 2005, vol. 31, issue 2, pp. 353–358.

14. Vul'fson N.S., Zaikin V.T., Mikaya A.L. *Mass-spektrometriya organicheskikh soedinenii*. [Mass Spectrometry of Organic Compounds]. Moscow: Khimiya Publ., 1986, 312 p.

15. Prudnikova E.V., Mozilina O.Yu., Parashchenko V.I., Mel'nikov V.S. Identification of sources of oil-products disposal into refinery effluents. *Neftepererabotka i neftekhimiya*. 2008, no. 1, pp. 35–38. (In Russian)

16. Emel'yanov V.E., Krylov I.F. *Avtomobil'nyi benzin i drugie vidy topliva. Svoistva, assortiment, primeneniye* [Motor gasoline and other fuels. Properties, range, application]. Moscow: Astrel' Publ., 2005, 207 p.

17. Costa D.R. Gasoline octane number determination. *Combustion*. 1968, vol. 39, no. 9, pp. 18.

18. Safonov A.S., Ushakov A.I., Chechkenov I.V. *Avtomobil'nye topliva: khimotologiya, ekspluatatsionnye svoistva, assortiment* [Automotive fuels: chemotology, operational properties, range]. St. Petersburg: NPIKTs Publ., 2002, 264 p.

19. Ambrozin A.R.P., Kuri S.E., Monteiro M.R. Metallic corrosion related to mineral fuels and biofuels utilization. *Quimica Nova*. 2009, vol. 32, issue 7, pp. 1910–1916.

20. Dzhamaalov A.A. Improving the environmental and operational properties of gasoline. *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompanii*. 2005, no. 5, pp. 37–38. (In Russian)

Критерии авторства

Ганина А.А., Кузора И.Е., Дьячкова С.Г., Дубровский Д.А. и Седлов Д.Н. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Ганина А.А., Кузора И.Е., Дьячкова С.Г., Дубровский Д.А. и Седлов Д.Н. имеют на статью равные авторские права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ганина Анна Александровна, инженер-лаборант 1-й категории, АО «Ангарская нефтехимическая компания»,
✉ e-mail: GaninaAA@anhk.rosneft.ru

Contribution

Anna A. Ganina, Igor I. Kuzora, Svetlana G. D'yachkova, Dmitriy A. Dubrovskii, Dmitriy N. Sedlov carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Anna A. Ganina, Igor I. Kuzora, Svetlana G. D'yachkova, Dmitriy A. Dubrovskii, Dmitriy N. Sedlov have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

AUTHORS' INDEX

Anna A. Ganina, Laboratory Engineer 1st category, SC "Angarsk Petrochemical Company",
✉ e-mail: GaninaAA@anhk.rosneft.ru

Кузора Игорь Евгеньевич,
к.т.н., заместитель начальника ИЦ-УКК
по новым технологиям,
АО «Ангарская нефтехимическая компания»,
e-mail: KuzoraIE@anhk.rosneft.ru

Дьячкова Светлана Георгиевна,
д.х.н., заведующая кафедрой
химической технологии,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
e-mail: dyachkova@istu.edu

Дубровский Дмитрий Александрович,
к.т.н., заместитель главного технолога,
АО «Ангарская нефтехимическая компания»,
e-mail: DubrovskiiDA@anhk.rosneft.ru

Седлов Дмитрий Николаевич,
главный специалист
производственного управления,
АО «Ангарская нефтехимическая компания»,
e-mail: SedlovDN@anhk.rosneft.ru

Igor I. Kuzora,
Ph.D. (Engineering), Deputy Chief
of the TC-QCD on New Technologies,
SC "Angarsk petrochemical company",
e-mail: KuzoraIE@anhk.rosneft.ru

Svetlana G. D'yachkova,
Dr. Sci. (Chemistry), Head of the Department
of Chemical Technology,
Irkutsk National Research Technical University,
e-mail: dyachkova@istu.edu

Dmitriy A. Dubrovskii,
Ph.D. (Engineering), Deputy Chief Technologist,
SC "Angarsk petrochemical company",
e-mail: DubrovskiiDA@anhk.rosneft.ru

Dmitriy N. Sedlov,
Chief Specialist of Production Department,
SC "Angarsk petrochemical company",
e-mail: SedlovDN@anhk.rosneft.ru