

Н. Н. Михайлова (к.х.н., доц.), Э. И. Гасан-заде (асп.),
С. Ю. Шавшукова (д.т.н., доц.), С. С. Злотский (д.х.н., проф., зав. каф.)

ПРОГРЕССИВНЫЕ МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Уфимский государственный нефтяной технический университет
кафедра общей, аналитической и прикладной химии
450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; e-mail: ximik2008@mail.ru

N. N. Mikhailova, E. I. Gasan-zade, S. Yu. Shavshukova, S. S. Zlotsky

PROGRESSIVE METHODS OF IMPROVING OF DIESEL FUEL PARAMETERS

Ufa State Petroleum Technological University
1, Kosmonavtov Str., 450064, Ufa, Russia; e-mail: ximik2008@mail.ru

Возрастание требований к качеству дизельных топлив и необходимость расширения производства отечественных присадок и добавок к топливам обуславливает актуальность исследований в данной области. Рассмотрены результаты работ в области получения противоизносных присадок к дизельным топливам и промоторов воспламенения (цетаноповышающих добавок), полученных на основе доступного нефтехимического сырья. Показано, что Pt-содержащие цеолиты являются эффективными катализаторами изомеризации n-алканов.

Ключевые слова: дизельное топливо; нефтехимическое сырье; присадки; промоторы воспламенения; скорректированный диаметр пятна износа; смазывающая способность топлива; цетановое число.

Улучшение эксплуатационных характеристик дизельных топлив основано на применении присадок различного функционального назначения: противоизносных, антистатических, депрессорно-диспергирующих и др., а также промоторов воспламенения. Для обеспечения требований стандартов на НПЗ в топлива вводятся депрессорные и депрессорно-диспергирующие, противоизносные и цетаноповышающие присадки. Для улучшения эксплуатационных и экологических характеристик топлив на терминалах и нефтебазах в них могут добавляться пакеты присадок, в состав которых входят моющие, антикоррозионные, антистатические и другие компоненты.

До 1990-х гг. СССР полностью обеспечивал потребности в присадках к топливам. Появление

The increasing of requirements for the quality of diesel fuels and the need to expand the production of domestic additives to fuels determines the relevance of research in this area. The results of the work on the development of anti-wear additives to diesel fuels and ignition promoters (cetane-boosting additives) obtained on the basis of available petrochemical raw materials are considered. It has been shown that Pt-containing zeolites are effective catalysts for the isomerization of n-alkanes.

Key words: additives; adjusted wear spot diameter; cetane number diesel fuel; fuel lubricity; ignition promoters; petrochemical raw materials.

новой техники и принятие Россией европейских требований к экологическим характеристикам топлив привело к вытеснению отечественных реагентов зарубежными и сокращению сырьевой базы для производства присадок¹. В последние годы в связи с необходимостью скорейшего импортозамещения во всех отраслях промышленности нашей страны, одной из актуальных проблем становится расширение нефтехимической сырьевой базы для производства отечественных присадок с целью улучшения эксплуатационных характеристик отечественных дизельных топлив (ДТ).

Сведения о современных дизельных топливах и присадках к ним обобщены в работах²⁻⁵.

Перспективным направлением развития научных исследований в этой области является разработка многофункциональных «пакетных» при-

Дата поступления 17.08.22

садов. В пакет могут входить моющие компоненты, ингибиторы коррозии, деэмульгаторы, а в зависимости от требований заказчиков в его состав могут быть включены цетаноповышающие и смазывающие присадки, антистатики, а также присадки, снижающие пенообразование. Применение таких многофункциональных присадок в низких концентрациях при сравнительно небольших затратах позволяет довести качество топлив до требований современных стандартов и улучшить их эксплуатационные свойства, а также обеспечить решение ряда экологических проблем.

Некоторые результаты исследований совместимости присадок при составлении оптимальных композиций («пакетов») представлены в работах ^{6–8}.

Многофункциональная присадка к ДТ должна одновременно обеспечивать ⁹:

- противоизносные свойства (значение скорректированного диаметра пятна износа – СДПИ не должно превышать 460 мкм);
- седиментационную устойчивость (препятствовать расслоению при низких температурах);
- свойства промотора воспламенения (цетановое число не менее 51);
- свойства депрессора;
- противодымные свойства.

Авторами ¹⁰ разработана полифункциональная присадка, которая вводится в ДТ в концентрации 0.02–0.05 % и обеспечивает все указанные выше требования. В состав присадки входят (% мас.): депрессор – низкомолекулярный сополимер этилена с пропиленом (10), диспергирующий агент – сукцинимид (5), противодымный компонент – алкилсульфонат кальция (15), промотор воспламенения – 2-этилгексилнитрат (10), компонент для улучшения противоизносных свойств – алкиламида синтетических жирных кислот (10), разбавитель (смесь ДТ с бензином – 50). Оптимальные условия получения: температура 40–42 °С, время 1–1.5 ч. Данная присадка позволяет получить соответствующее стандартам ДТ как летних, так и зимних сортов.

В работе ¹¹ на основании исследования ряда индивидуальных соединений алкилнитратов и алкилпероксидов, а также их композиций, получена комплексная присадка, увеличивающая цетановое число ДТ до 52 единиц и проявляющая стабильность при хранении. В состав присадки в равном соотношении входят: дикумилпероксид, дитретбутилпероксид, 2-этилгексилнитрат.

Для получения активного компонента противоизносных присадок исследуются соединения классов карбоновых кислот, эфиров и амидов, полиаминов, талловые и прочие масла ¹².

В работе ¹³ показана возможность применения для получения противоизносной присадки технических алкилсалициловых кислот (АСК), которые производятся на ООО «Новокуйбышевский завод масел и присадок». Разработанная на основе очищенных АСК присадка обеспечивала снижение величины СДПИ до 245 мкм.

Авторами работы ¹⁴ изучена ингибирующая активность некоторых представителей класса ароматических аминов – С- и N-замещенных анилинов и предложена композиция, включающая ионол, Агидол-3, 2-метил-2-этилиндолин, которая подавляет окисление и смолообразование в дизельных топливах с низким содержанием серы.

В 2000–2020 гг. в Уфимском государственном нефтяном техническом университете были проведены работы по созданию противоизносных присадок к ДТ и промоторов воспламенения, полученным на основе продуктов нефтехимических производств ¹⁵.

Смазывающая способность топливных композиций оценивалась по значению СДПИ в соответствии с действующим стандартом (ГОСТ 9490-75). На первом этапе исследований О. А. Баулиным с сотр. было установлено, что при добавлении в ДТ моноциклических ароматических углеводородов (0.5% мас.) наблюдалось уменьшение СДПИ с 0.9 до 0.8 мм. При увеличении концентрации аренов до 5% мас. СДПИ составляет 0.65 мм, до 11% мас. – 0.5 мм. При добавлении в ДТ *n*-алканов с числом атомов углерода 11–21 (0.5–1 % об.) отмечен эффект снижения СДПИ до 0.7–0.8 мм. Введение в топливные композиции бициклических аренов, алкенов и алканов изостроения не оказало существенного влияния на величину СДПИ ¹⁶.

В результате изучения влияния на СДПИ добавок индивидуальных кислородсодержащих соединений О. А. Баулиным с сотр. было установлено, что их эффективность снижается в ряду: карбоновые кислоты > альдегиды > простые эфиры. Среди исследованных индивидуальных веществ и технических смесей наибольший положительный эффект показали олеиновая и энантовая кислоты, а также анисовый альдегид (0.1–1.5 % об.). К снижению величины СДПИ на 20% приводило введение в топливо энантовой кислоты (1% об.), на 30% – олеиновой кислоты (1.5% об.) ¹⁷.

Впервые было установлено, что добавка высокомолекулярных побочных продуктов (фракция 180–320 °С) процесса гидроформилирования пропилена (ППГП), осуществляемого на предприятии «Газпром нефтехим Салават», повышает смазывающую способность ДТ. Лучшие результаты были получены при использовании ППГП, содержащих в основном алифатические спирты с числом атомов углерода ≥ 8 ($\geq 70\%$) и карбоновые

кислоты ($\geq 20\%$). Эти данные легли в основу промышленного производства противоизносной присадки ПС-1. ДТ, содержащее присадку ПС-1 в количестве 0.5% об., полностью соответствовало требованиям стандарта качества¹⁸.

В дальнейшем для повышения противоизносных характеристик ДТ была установлена возможность использовать в качестве добавок побочные продукты промышленного производства бутиловых спиртов (ППБС). Было установлено, что основными компонентами ППБС ($>55\%$), являются вторичные спирты изостроения, содержащие 8–12 атомов углерода¹⁹.

Было предложено разделить ППБС на две фракции: низкокипящую (нк–195 °С и высококипящую (195 °С–кк), которая обогащена спиртами изостроения. При введении в ДТ данной фракции в количестве 0.1–0.5 % мас. СДПИ уменьшался на 25–30 %²⁰.

Важнейшим показателем ДТ является цетановое число, которое определяет способность к самовоспламенению. Применение промоторов воспламенения позволяет улучшить пусковые характеристики двигателя, увеличить полноту сгорания топлива, снизить нагарообразование в камере сгорания²¹.

О. А. Баулиным с сотр. установлено, что продукты нитрования спиртовых компонентов низкокипящей фракции ППБС (нк–195 °С) обладают цетаноповышающими свойствами. Лучшие результаты нитрования ППБС получены при использовании смеси азотной и серной кислот (температура 5–10 °С и продолжительность реакции 1–1.5 ч)²². Введение в гидроочищенное ДТ синтезированной на основе ППБС присадки в количестве 0.2–0.5 % мас. обеспечивало увеличение цетанового числа на 6–9 пунктов²³.

Таким образом, на основе побочных продуктов нефтехимических производств разработаны присадки и добавки, улучшающие эксплуатационные характеристики ДТ.

Для улучшения вязкостно-температурных характеристик ДТ широко используются процессы трансформации содержащихся в нем нормальных парафинов в углеводороды изостроения. На примере гидроизомеризации *n*-гексадекана О. А. Баулин с сотр. показали, что для этой цели в качестве гетерогенных катализаторов могут быть успешно использованы цеолитные материалы с кислотными свойствами и содержанием платины 0.3–0.5 %. В результате изучения механизма каталитических превращений было установлено, что за изомеризацию отвечают слабые кислотные центры, а присутствие платины обеспечивает практически полное гидрирование промежуточных алкенов изостроения. В лучших условиях гидроизомеризации (температура 360–400 °С, давление 4 МПа, объемная скорость подачи сырья 1 ч⁻¹) конверсия составляет не менее 85% при селективности по изогексадекану 80–90 %²⁴.

Также на основе побочных продуктов нефтехимических производств: ППБС и отхода производства полиэтилена высокого давления получена присадка для улучшения низкотемпературных свойств ДТ. Полученная присадка в концентрации 0.2% мас. увеличивает депрессорный эффект на 20 °С²⁵.

Приведенные результаты исследований демонстрируют возможности решения проблемы импортозамещения эффективных присадок к дизельным топливам и одновременно рационального применения побочных продуктов нефтехимических производств.

Литература

1. Данилов А.М. Новый взгляд на присадки к топливам // Нефтехимия. – 2020. – Т.60, №2. – С.163-171.
2. Данилов А.М. О возможностях обеспечения производства топлив отечественными присадками // Нефтегазохимия. – 2015. – №3. – С.74-76.
3. Митусова Т.Н., Полина Е.В., Калинин М.В. Современные дизельные топлива и присадки к ним. – М.: Техника, 2002. – 64 с.
4. Кузнецов А.В. Топливно-смазочные материалы. – М.: КолосС, 2007. – 199 с.
5. Данилов А.М. Применение присадок в топливах. – СПб.: Химиздат, 2010. – 368 с.
6. Минибоева Л.К., Д.А. Ахметзянов, Р.Р. Усманов, О.А. Баулин Исследование влияния эффективности промоторов воспламенения на показатели качества дизельного топлива // Баш. хим. ж. – 2012. – Т.19, №1. – С.149-153.

References

1. Danilov A.M. *Novyi vzglyad na prisadki k toplivam* [A new look at fuel additives]. *Neftekhimiya* [Petrochemicals], 2020, vol.60, no.2, pp.163-171.
2. Danilov A.M. *O vozmozhnostyakh obespecheniya proizvodstva topliv otechestvennymi prisadkami* [About the possibility of providing fuels with domestic additives]. *Neftegazokhimiya* [Oil and gas chemistry], 2015, no.3, pp.74-76.
3. Mitusova T.N., Polina E.V., Kalinina M.V. *Sovremennye dizel'nye topliva i prisadki k nim* [Modern diesel fuels and additives to them]. Moscow, Tekhnika Publ., 2002, 64 p.
4. Kuznetsov A.V. *Toplivno-smazochnye materialy* [Fuel and lubricants]. Moscow, KolosS Publ., 2007, 199 p.
5. Danilov A.M. *Primenenie prisadok v toplivakh* [Application of additives to fuels]. Saint-Petersburg, Khimizdat Publ., 2010, 368 p.

7. Мокроусов А.С., Назаров С.В., Артемов В.В., Котельников А.Е. Разработка состава многофункционального пакета присадок для малосернистых дизельных топлив // Технические науки в России и за рубежом: материалы II Междунар. науч. конф. – М. Буки-Веди, 2012. – С.128-130.
8. Бектилезов А.Ю., Остриков В.В., Корнев А.Ю. К вопросу влияния многофункциональных присадок на смазывающие свойства дизельных топлив // Молодой ученый. – 2022. – №23(418). – С.63-68.
9. Рахманкулов Д.Л., Долматов Л.В., Николаева С.В., Латыпова Ф.Н., Шавшукова С.Ю., Удалова Е.А., Вильданов Ф.Ш. Товароведение нефтяных продуктов. Т. 5. Новые источники топлива, энергии и химического сырья как альтернатива нефти. Кн. 2. – М.: Интер, 2010. – 696 с.
10. Гришина И.Н., Башкатова С.Т., Луис Эррера, Колесников И.М. Многофункциональная присадка к дизельным топливам // Химия и технология топлив и масел. – 2007. – №3(541). – С.25-27.
11. Закирова З.Р., Ибрагимов Р.К., Петрова А.Н., Ибрагимова Д.А., Артыков А.А. Эффективность цетаноповышающих присадок к дизельным топливам // Вестник технологического университета. – 2016. – Т.19, №11. – С.63-66.
12. Данилов А.М. Развитие исследований в области присадок к топливам // Нефтехимия. – 2015. – Т.55, №3. – С.179-190.
13. Тыщенко В.А., Котов С.В., Тимофеева Г.В., Котова Н.С., Онучак Л.А., Родин М.А. Разработка противозносной присадки к малосернистым дизельным топливам на основе технических алкилсалициловых кислот // Вестник СамГУ. – 2011. – № 2(83). – С.201-208.
14. Курамшин Э.М., Имашев У.Б. Композиционная присадка для малосернистых дизельных топлив // Баш. хим. ж. – 2012. – Т.19, №3. – С.8-11.
15. Баулин О.А., Галиакбаров А.Р., Рахимов М.Н. Повышение смазывающей способности дизельного топлива с улучшенными экологическими показателями // Нефтепереработка и нефтехимия-2005: матер. междунар. конф. – Уфа: ИНХП, 2005. – С.190.
16. Беяков В.М., Баулин О.А., Рахимов М.Н., Мустафин И.А., Сабирзянов А.И., Галиахметов Р.Н. О смазывающих свойствах индивидуальных углеводородов и их смесей // Нефтегазовое дело. – 2016. – Т.14, №4. – С.87-89.
17. Баулин О.А., Рахимов М.Н., Рахимова З.Ф., Ахметов А.Ф. Вариант повышения смазывающей способности дизельных топлив с улучшенными экологическими показателями // Баш. хим. ж. – 2005. – Т.12, №4. – С.72-74.
18. Пат. №2254357 РФ. Композиция жидкого топлива / Рахимов М.Н., Ишмияров М.Х., Рахимов Х.Х., Рогов М.Н., Баулин О.А., Чистов О.И. // Опубл. 20.06.2005.
19. Минибаява Л.К., Усманов Р.Р., Баулин О.А., Рахимов М.Н. Синтез промоторов воспламенения для дизельных топлив // Мировое сообщество: проблемы и пути решения. – 2009. – №26. – С.17-19.
20. Минибаява Л.К., Усманов Р.Р., Баулин О.А. Ассортимент присадок к дизельным топливам // Мировое сообщество: проблемы и пути решения. – 2010. – № 28. – С.30-40.
6. Minibaeva L.K., Akhmetzyanov D.A., Usmanov R.R., Baulin O.A. *Issledovanie vliyaniya effektivnosti promotorov vosplamneniya na pokazateli kachestva dizel'nogo topliva* [Investigation of the effect of the effectiveness of ignition promoters on diesel fuel quality indicators]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal* [Bashkir Chemical Journal], 2012, vol.19, no.1, pp.149-153.
7. Mokrousov A.S., Nazarov S.V., Artemov V.V., Kotelnikov A.E. *Razrabotka sostava mnogofunktsional'nogo paketa prisadok dlya malosernistykh dizel'nykh topliv* [Development of the composition of a multifunctional additive package for low-sulfur diesel fuels]. *Tekhnicheskie nauki v Rossii i za rubezhom: materialy II Mezhdunar. nauch. konf.* [Technical sciences in Russia and abroad: Proc. of the II Int. Sci. Conf.]. Moscow, Buki-Vedi Publ., 2012, pp.128-130.
8. Bektilevov A.Yu., Ostrikov V.V., Kornev A.Yu. *K voprosu vliyaniya mnogofunktsional'nykh prisadok na smazyvayushchie svoystva dizel'nykh topliv* [On the issue of the influence of multifunctional additives on the lubricating properties of diesel fuels]. *Molodoy uchenyi* [Young scientist], 2022, no.23(418), pp.63-68.
9. Rahmankulov D.L., Dolmatov L.V., Nikolaeva S.V., Latypova F.N., Shavshukova S.Yu., Udalova E.A., Vil'danov F.Sh. *Tovarovedenie neftyanykh produktov*. [Commodity science of petroleum products]. Moscow, Inter Publ., 2010, vol.5, book 2, 696 p.
10. Grishina I.N., Bashkatova S.T., Errera L., Kolesnikov I.M. [A Multifunctional Additive for Diesel Fuels]. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, 2007, vol.43, no.3, pp.206-210.
11. Zakirova Z.R., Ibragimov R.K., Petrova A.N., Ibragimova D.A., Artykov A.A. *Effektivnost' tsetanpovyshayushchikh prisadok k dizel'nykh toplivam* [Efficiency of cetane-boosting additives for diesel fuels]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University], 2016, vol.19, no.11, pp.63-66.
12. Danilov A.M. [Progress in Research on Fuel Additives]. *Petroleum Chemistry*, 2015, vol.55, no.3, pp.169-179.
13. Tyshchenko V.A., Kotov S.V., Timofeeva G.V., Kotova N.S., Onuchak L.A., Rodin M.A. *Razrabotka protivoznosnoy prisadki k malosernistym dizel'nykh toplivam na osnove tekhnicheskikh alkilsalitsilovykh kislot* [Development of an anti-wear additive to low-sulfur diesel fuels based on technical alkylsalicylic acids]. *Vestnik SamGU* [Bulletin of the Samara State University], 2011, no.2(83), pp.201-208.
14. Kuramshin E.M., Imashev U.B. *Kompozitsionnaya prisadka dlya malosernistykh dizel'nykh topliv* [Composite additive for low sulfur diesel fuels]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal* [Bashkir Chemical Journal], 2012, vol.19, no.3, pp.8-11.
15. Baulin O.A., Galiakbarov A.R., Rahimov M.N. *Povyshenie smazyvayushchey sposobnosti dizel'nogo topliva s uluchshennymi ekologicheskimi pokazatelyami* [Improving the lubricity of diesel fuel with improved environmental indicators]. *Neftepererabotka i neftekhimiya-2005: mater. mezhdunar. konf.* [Oil refining and petrochemistry-2005: Proc. of the Int. conf.]. Ufa, INKhP Publ., 2005, p.190.
16. Belyakov V.M., Baulin O.A., Rakhimov M.N., Mustafin I.A., Sabirzyanov A.I., Galiakhmetov R.N. *O smazyvayushchikh svoystvakh individual'nykh uglevodorodov i ikh smesey* [On the lubricating properties of individual hydrocarbons and their mixtures]. *Neftgazovoe delo* [Oil and gas business], 2016, vol.14, no.4, pp.87-89.

21. Митусова Т.Н. Современное состояние производства дизельных топлив. Требования к качеству // Мир нефтепродуктов.– 2009.– № 9-10.– С. 6-16.
22. Пат. №2525552 РФ. Присадка для повышения цетанового числа дизельного топлива и способ ее получения / Минибаева Л.К., Баулин О.А., Рахимов М.Н., Усманов Р.Р., Янышев В.В. // Оpubл. 20.08.2014.
23. Алипов Д.Е., Зиннатуллина Г.М., Баулин О.А., Шахова Ф.А., Мухамадеева А.И., Карпенко Е.М., Гумерова Э.Т., Спащенко А.Ю. Влияние присадок на эксплуатационные и экологические характеристики дизельных топлив // Нефтегазовое дело.– 2014.– Т.12, №2.– С.92-99.
24. Беркань В.О., Азнабаев Ш.Т., Сидоров Г.М., Алипов Д.Е. Изучение эффективности использования цеолитных материалов в качестве компонентов катализаторов гидроизомеризации *n*-алканов // Баш. хим. ж.– 2017.– Т.24, №1.– С.67-72.
25. Зиннатуллина Г.М., Баулин О.А., Спащенко А.Ю., Алипов Д.Е., Шайхутдинова Р.Т. Улучшение низкотемпературных свойств дизельного топлива // Socar Proceeding.– 2018.– №2.– С.77-81.
17. Baulin O.A., Rakhimov M.N., Rakhimova Z.F., Akhmetov A.F. *Variant povysheniya smazyvayushchey sposobnosti dizel'nykh topliv s uluchshennymi ekologicheskimi pokazatelyami* [A variant of increasing the lubricity of diesel fuels with improved environmental performance]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal* [Bashkir Chemical Journal], 2005, vol.12, no.4, pp. 72-74.
18. Rakhimov M.N., Ishmiyarov M.Kh., Rakhimov Kh.Kh., Rogov M.N., Baulin O.A., Chistov O.I. *Kompozitsiya zhidkogo topliva* [Composition of liquid fuel]. *Patent RF* no.2254357, 2005.
19. Minibayeva L.K., Usmanov R.R., Baulin O.A., Rakhimov M.N. *Sintez promotorov vosplamneniya dlya dizel'nykh topliv* [Synthesis of ignition promoters for diesel fuels]. *Mirovye soobshchestvo: problemy i puti resheniya* [World community: problems and solutions], 2009, no.26, pp.17-19.
20. Minibaeva L.K., Usmanov R.R., Baulin O.A. *Assortiment prisadok k dizel'nykh toplivam* [Assortment of additives to diesel fuels]. *Mirovye soobshchestvo: problemy i puti resheniya* [The world community: problems and solutions], 2010, no.28, pp.30-40.
21. Mitusova T.N. *Sovremennoe sostoyanie proizvodstva dizel'nykh topliv. Trebovaniya k kachestvu* [The current state of diesel fuel production. Quality requirements]. *Mir nefteproduktov* [The world of petroleum products], 2009, no.9-10, pp.6-16.
22. Minibaeva L.K., Baulin O.A., Rakhimov M.N., Usmanov R.R., Yanysh V.V. *Prisadka dlya povysheniya cetanovogo chisla dizel'nogo topliva i sposob ee polucheniya* [Additive for increasing the cetane number of diesel fuel and the method of its production]. *Patent RF* no.2525552, 2014.
23. Alipov D.E., Zinnatullina G.M., Baulin O.A., Shahova F.A., Muhamadeeva A.I., Karpenko E.M., Gumerova E.T., Spashchenko A.Yu. *Vliyanie prisadok na ekspluatatsionnye i ekologicheskie kharakteristiki dizel'nykh topliv* [The influence of additives on the operational and environmental characteristics of diesel fuels]. *Neftegazovoe delo* [Oil and gas business], 2014, vol.12, no.2, pp.92-99.
24. Berkan' V.O., Aznabaev Sh.T., Sidorov G.M., Alipov D.E. *Izuchenie effektivnosti ispol'zovaniya tseolitnykh materialov v kachestve komponentov katalizatorov gidroizomerizatsii n-alkanov* [Studying the effectiveness of using zeolite materials as components of catalysts for hydroisomerization of *n*-alkanes]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal* [Bashkir Chemical Journal], 2017, vol.24, no.1, pp.67-72.
25. Zinnatullina G.M., Baulin O.A., Spashchenko A.YU., Alipov D.E., Shajhutdinova R.T. *Uluchshenie nizkotemperaturnykh svoystv dizel'nogo topliva* [Improvement of low-temperature properties of diesel fuel]. *Socar Proceeding*, 2018, no.2, pp.77-81.