

УДК 678.01:665.637.8:665.765:665.754

**СОВРЕМЕННЫЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА**

*канд. техн. наук Ю.А. БУЛАВКА;
Ю.С. ПЕТРОВСКАЯ; В.С. ШИРАБОРДИНА
(Полоцкий государственный университет)*

Изучены свойства низкомолекулярного полиэтилена в рамках научного общества кафедры химии и технологии переработки нефти и газа Полоцкого государственного университета. Экспериментально подтверждены современные альтернативные направления его промышленного использования в получении нефтяных композиций различного назначения: депрессорной присадки в печное топливо, модификатора при получении полимер-битумных композиций и компонента смазочных материалов. Модифицирование нефтепродуктов низкомолекулярным полиэтиленом позволит расширить ассортимент депрессорных присадок к нефтяным топливам, компонентов смазочных материалов и полимеров-модификаторов полимер-битумных композиций, сократить вовлечение импортных добавок, снизить нагрузку на окружающую среду и получить положительный экономический эффект.

Ключевые слова: *низкомолекулярный полиэтилен, депрессорная присадка, нефтяные битумы, смазки, экономический эффект.*

Введение. Важными задачами, которые стоят сегодня перед отечественной химической промышленностью, выступают повышение качества выпускаемых продуктов, внедрение безотходных технологий. Актуальным направлением использования побочных продуктов нефтехимии, в частности низкомолекулярного полиэтилена, является вовлечение его в нефтяные композиции различного назначения для модифицирования их основных свойств. Процесс компаундирования и стадия введения модифицирующих добавок и присадок в продукты, такие как нефтяные битумы, смазочные материалы, топлива, – одни из ведущих в технологической схеме предприятий химической промышленности, поскольку обеспечивают формирование отвечающих современным требованиям стандартов качественных и количественных показателей товарной продукции.

Низкомолекулярный полиэтилен (НМПЭ) является побочным малотоннажным продуктом производства полиэтилена высокого давления низкой плотности, отделяется при сепарации возвратного газа (этилена). Процесс проводится в реакторах автоклавного или трубчатого типа. Низкомолекулярный полиэтилен состоит из смеси насыщенных углеводородов, преимущественно нормального строения с 10...20 атомами углерода, имеет высокую температуру вспышки (выше 250 °С) и низкую зольность (менее 0,1% масс.); представляет собой мазе- или воскоподобный продукт от белого до серовато-желтого цвета без посторонних включений и структурированного полимера и мало подвержен действию различных факторов, включая атмосферные; как гидрофобное вещество обладает высокой адгезией к различным материалам: бумаге, дереву, металлу, керамике [1–3], т.е. свойствами, присущими смазочным и битумным нефтяным материалам.

Свойства НМПЭ изменяются в достаточно широких пределах в зависимости от типа и технологических параметров процесса полимеризации этилена и применяемых инициаторов. Температура плавления НМПЭ может составлять 30...90 °С при производстве полиэтилена в реакторах трубчатого типа, в реакторах автоклавного типа – на уровне 65...120 °С в однозонном процессе и 25...65 °С в двухзонном процессе (в отличие от однозонного в двухзонном реакторе используется мешалка с дисковой перегородкой). На свойства НМПЭ оказывает влияние содержание в нем остатков белого инициаторного масла, служащего растворителем для перекисных инициаторов, применяемых в процессе полимеризации. Содержание масла в НМПЭ, произведенном в цехах завода «Полимир» ОАО «Нафтан», может составлять около 13% масс. Выход низкомолекулярного полиэтилена изменяется в зависимости от типа процесса, температурного режима в реакторе, применяемых инициаторов и в среднем составляет: 0,15 кг/т для однозонного процесса и 0,7 кг/т для двухзонного для цеха № 102; 0,2 кг/т полиэтилена для цеха № 105 завода «Полимир» ОАО «Нафтан».

Средняя молярная масса НМПЭ находится в пределах 1000...5000 г/моль, бимодальное молекулярно-массовое распределение в интервале от 50 до 5250, представляет собой аморфно-кристаллическое вещество (степень кристалличности от 3 до 16%), общее содержание СН₃-групп примерно в 3 раза превышает их содержание в полиэтилене высокого давления и составляет 4...8 единиц на 100 атомов углерода. При этом значительная часть из них приходится на боковые ответвления, среди которых большую долю составляют этильные и бутильные радикалы [2; 3]. Молекулы НМПЭ, кроме скелетных СН₂-групп, также содержат карбонильные, виниленовые и другие ненасыщенные связи и концевые СН₃-группы.

Низкомолекулярный полиэтилен устойчив к воздействию воды, солей, некоторых кислот и щелочей, при температуре более 80 °С растворим в алифатических и ароматических углеводородах, является неполярным веществом. Низкомолекулярный полиэтилен характеризуется по сравнению с высокомолекулярным большей пластичностью, низкой прочностью, значительной зависимостью механических свойств от температуры. Полиэтилен низкомолекулярный выпускают в соответствии с ТУ РБ 300041455.031-2004.

Традиционные направления промышленного использования НМПЭ [2]:

- в машиностроении – для шлифования и полирования сталей, цветных металлов и их сплавов;
- в целлюлозно-бумажной промышленности – для нанесения на картон или бумагу в виде восковой композиции с целью придания глянца, блеска, гибкости при низких температурах;
- при изготовлении резиновых изделий – в качестве технологической добавки как мягчитель и пластификатор;
- в текстильной промышленности – для пропитки тканей с целью придания им водоотталкивающих свойств, увеличения сопротивления разрыву, повышения прочности швов;
- в косметологии, стоматологии, ветеринарии и растениеводстве – в качестве основы косметических, лечебных средств и масел, где НМПЭ играет роль структурообразующего компонента, определяющего плотность и термостойкость изделия;
- в качестве компонента антикоррозионного покрытия, кровельных материалов – для защиты металлических, бетонных и других оснований, а также для герметизации швов в дорожном строительстве.

В настоящее время из-за снижения спроса на НМПЭ в качестве побочного продукта процесса полимеризации завода «Полимир» ОАО «Нафтан» существует проблема с его сбытом. В связи с этим актуальным является поиск его возможного рационального применения для модифицирования различных свойств нефтепродуктов на головном предприятии ОАО «Нафтан», что и определило цель настоящего исследования.

Современные альтернативные направления промышленного использования НМПЭ

1. *Низкомолекулярный полиэтилен как депрессорная присадка в топливо.* Общеизвестно, что для проявления депрессорных свойств полимеры должны обладать небольшой молярной массой и иметь в своем составе объемные либо полярные боковые группы, которые будут препятствовать кристаллизации парафинов в составе нефтепродуктов. Из этого следует, что разветвленная структура НМПЭ вместе с небольшой молярной массой вполне удовлетворяет данным требованиям.

В работах [2; 5] установлено, что НМПЭ обладает хорошими депрессорными свойствами, однако при этом ухудшается коэффициент фильтруемости дизельного топлива.

Низкомолекулярный полиэтилен может быть применен и в качестве компонента многофункциональных присадок. В частности, согласно патенту [6] НМПЭ входит в состав пакета присадок: низкомолекулярный полиэтилен (депрессорный компонент), сорбиталь С-20 (диспергирующий компонент), антидымная присадка С-150 (противодымный компонент) и метиловый эфир рапсового масла (противоизносный компонент), позволяющего улучшить смазывающие, низкотемпературные и экологические свойства дизельного топлива.

На базе низкомолекулярного полиэтилена высокого давления вырабатывается присадка Сандал-1А, вовлекаемая только в печное топливо. В дизельных топливах она неприменима, так как не влияет на предельную температуру фильтруемости [7; 8].

Авторы [9] выполнили синтез депрессорных присадок на основе низкомолекулярного полиэтилена и частичного гидролизованного полиакрилонитрила. Полученные привитые сополимеры полиэтилена с алкилированным продуктом гидролизованного полиакрилонитрила при вовлечении их в состав летного дизельного топлива в качестве 1,0 % масс. снижают температуру его застывания до минус 57 °С.

Установлено [10; 11], что сополимеры, полученные путем привитой радикальной сополимеризации стирола и НМПЭ в присутствии радикальных инициаторов, обладают значительными депрессорными свойствами, не уступающими промышленно выпускаемым присадкам, вовлечение предложенной авторами присадки в летнее дизельное топливо с добавкой сополимеров в количестве 0,01...0,03% масс. позволяет снизить температуру застывания на 25 °С (до -37 °С), а предельную температуру фильтруемости – на 10 °С.

Нами определена оптимальная концентрация НМПЭ, полученного в реакторах автоклавного типа на заводе «Полимир» ОАО «Нафтан» с температурой каплепадения 90 °С для вовлечения в печное топливо (рисунок 1). Образцы НМПЭ в концентрациях 0,05...0,3% масс. снижают температуру застывания печного топлива примерно на 20...40 °С, при этом на температуру помутнения НМПЭ не оказывают существенного влияния. Вероятно, депрессорное действие заключается в том, что молекулы НМПЭ адсорбируются на поверхности кристаллов твердых углеводородов, затем объемные боковые группы создают энергетический барьер за счет сил отталкивания, которые препятствуют притяжению и коагуляции парафинов в топливе. Оптимальная массовая доля НМПЭ, которая обеспечивает получение топлива печного бытового с нормируемой температурой застывания не выше минус 15 °С, составляет 0,05% масс. По депрессорной эффективности НМПЭ и присадки на его основе не уступают специально синтезированным импортным депрессорам. В ходе работы нами также выявлена низкая седиментационная устой-

чивость низкомолекулярного полиэтилена в печном топливе, которая повышается ультразвуковой обработкой, в частности внутренним облучением с погружением зонда-гомогенизатора ультразвукового SONICS Vibra cell в топливо.

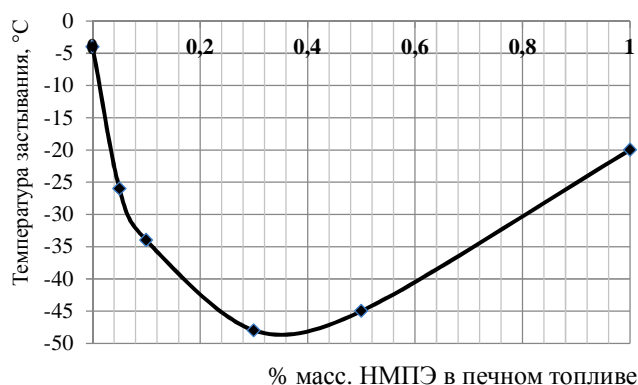


Рисунок 1. – Изменение температуры застывания от концентрации НМПЭ в печном топливе

Таким образом, неоспоримы преимущества НМПЭ как депрессора: дешевизна и доступность, высокая эффективность при низкой концентрации в топливе. Вовлечение НМПЭ в печное топливо позволяет снизить себестоимость продукта за счет использования отечественной присадки и дает возможность применять в качестве компонента топлива более тяжелые фракции нефти.

2. *Низкомолекулярный полиэтилен как модифицирующая добавка для битумов.* Общеизвестно, что введение в битум полимерных добавок позволяет направленно регулировать структурно-механические свойства материала. Битумно-полимерные композиции совмещают в себе качества, присущие нефтяным битумам и полимерам (высокая эластичность, теплостойкость, прочность, морозостойкость).

Известны способы использования низкомолекулярного полиэтилена для получения асфальтобетонных смесей, такие, например, как способ, включающий сырую нефть плотностью 0,93...0,98 г/см³, низкомолекулярный полиэтилен и минеральный наполнитель [12, 13]; способ, включающий битум или каменноугольную смолу, низкомолекулярный полиэтилен, пластификатор (машинное масло и дополнительно толуол и этилсиликат), минеральный наполнитель – маршаллит и отходы аэросила [14].

Добавка НМПЭ к нефтяному гудрону в процессе окисления позволяет получать кровельные битумы с улучшенными пластичными и низкотемпературными свойствами. При этом оптимальное количество вводимого в гудрон НМПЭ составляет около 10% масс. Низкомолекулярный полиэтилен может также применяться для улучшения свойств битума при производстве и строительстве асфальтобетонных покрытий (особенно эксплуатируемых в климатических условиях со значительными перепадами температуры) [15].

В работе [16] представлены результаты исследований по изучению влияния НМПЭ на свойства модифицированных битумов с целью получения дорожных, кровельных и изоляционных битумов. НМПЭ при небольших концентрациях оказывает пластифицирующее действие на структуру битума, однако проявляет недостаточно высокие адгезионные свойства. НМПЭ образует в битуме структурную сетку, которая сохраняет прочность, эластичность как при высоких, так и при низких температурах.

В работе [17] приводятся сведения о расширении интервала пластичности битумов и улучшении низкотемпературных показателей природных битумов Мунайлы-Мола и Иманкара при их модификации 3...5% масс. НМПЭ с молярной массой от 2 до 8 тыс., с температурой плавления 80...120 °С, содержащего следы катализатора TiCl₄.

Нами приготовлены полимер-битумные композиции на основе дорожного битума марки БНД 70/100, производимого по СТБ EN 12591, и полимера-модификатора, полученного совместной термической обработкой при 100...120 °С остатка смолы пиролизной тяжелой (СПТ), и низкомолекулярного полиэтилена в соотношении 1:(1...2) в течение 90...120 минут. Компаундирование дорожного битума с предлагаемым полимером-модификатором осуществляли при температуре выше температуры размягчения битума, но не выше 150...160 °С в течение 90...120 минут, концентрация полимера-модификатора в дорожном битуме составляла 1...3% масс. Получение полиэтиленбитумных композиций производили в цилиндрическом смесителе с механическим перемешивающим устройством с регулируемым подогревом всей наружной поверхности. Низкомолекулярный полиэтилен использовали с температурой каплепадения 90 °С. В качестве пластификатора использовали неперегоняющийся при атмосферном давлении остаток разгонки СПТ, получаемой по ТУ РБ 300041455.002-2003 на заводе «Полимир» ОАО «Нафтан», из которой извлечена жид-

кая фракция с концом кипения до 230...250 °С. Введение пластификатора позволяет повысить пластичность композиций и совместимость НМПЭ с битумом.

Свойства полученных полиэтиленбитумных композиций в сравнении с товарным битумом и стандартами качества представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Свойства полученных полиэтиленбитумных композиций в сравнении с товарным битумом и стандартами качества

Основные показатели	Пенетрация, 0,1 мм, при 25 °С по ГОСТ 11501	Температура размягчения, °С, по методу «Кольцо и шар», по ГОСТ 11506	Растяжимость, см, при 25 °С по ГОСТ 11505	Температура хрупкости по Фраасу, °С, по ГОСТ 11507	Индекс пенетрации по ГОСТ 22245
Норма по СТБ EN 12591 для БНД 70/100	70...100	43...51	не нормируется	< -10	-1,5... 0,7
Норма по ГОСТ 33133 для БНД 70/100	71...100	> 47	> 62	< -18	-1...1
Норма по СТБ 1220 для БМА 70/100	71...100	> 52	не нормируется	< -20	не нормируется
Фактическое значение для битума марки БНД 70/100	69	44,9	61,5	-15	-1,84
<i>Модифицированный битум БНД 70/100 комбинированной добавкой состоящей из остатка СПТ и НМПЭ в массовом соотношении 1:2</i>					
1% масс.	86,3	46,0	64,5	-25	-0,92
3% масс.	73,5	47,5	57,5	-19	-0,92
5% масс.	72,7	49,3	52,2	-15	-0,47
<i>Модифицированный битум БНД 70/100 комбинированной добавкой состоящей из остатка СПТ и НМПЭ в массовом соотношении 1:1</i>					
1% масс.	90,0	43,3	86,5	-26	-1,67
3% масс.	80,0	44,0	61,9	-20	-1,74
5% масс.	74,0	44,3	48,4	-16	-1,86

Из представленных данных следует, что у полиэтиленбитумных композиций повышается температура размягчения (при массовом соотношении остатка СПТ и НМПЭ 1:2) и снижается температура хрупкости модифицированного битума, за счет чего улучшаются показатели тепло- и трещиностойкости, а значит, расширяется температурный диапазон работоспособности полимер-битумной композиции, повышается ее качество и долговечность. Комбинированная добавка во всех образцах приводит к повышению пенетрации и, как следствие, к уменьшению твердости битума. При вовлечении 1% масс. комбинированной добавки увеличивается растяжимость битума, за счет чего улучшаются его эластичность. Индекс пенетрации полиэтиленбитумных композиций, полученных при массовом соотношении остатка СПТ и НМПЭ 1:2, соответствует требованиям ГОСТ 33133. Дисперсная структура модифицированного битума наиболее приближена к типу золь-гель, оптимальному с точки зрения качества дорожного битума. Все образцы полиэтиленбитумных композиций выдержали испытание на сцепление с гранитным щебнем по ГОСТ 11508 не менее 3/4 покрытия поверхности минерального материала.

Ввод в действие с 1 мая 2017 года нового ГОСТ 33133 на нефтяные дорожные вяжущие взамен СТБ EN 12591 существенно повышает требования к параметрам качества дорожного битума, что влечет за собой необходимость проведения технического перевооружения и модернизации действующих установок и процессов на нефтеперерабатывающих заводах. При этом производство битумов практически не приносит прибыли, т.е. подобные модернизации будут нерентабельными. Для доведения основных показателей качества дорожного битума до требований современных стандартов предлагается использовать термически подготовленную комбинированную добавку, состоящую из остатка СПТ и НМПЭ в массовом соотношении 1:2 с концентрацией до 3% масс., на примере битума марки БНД 70/100 оптимальная концентрация добавки 1% масс. При этом стоимость сырьевых компонентов добавки соизмеримо со стоимостью товарного битума.

При вовлечении в битум нефтяной дорожный вязкий марки БНД 60/90 комбинированной добавки, состоящей из остатка СПТ и НМПЭ в массовом соотношении 1:2 в концентрациях до 3% масс., можно получить битум, модифицированный дорожный марки БМА 70/100, соответствующий требованиям СТБ 1220-2009.

Совместное влияние компонентов комбинированной добавки на структуру битума позволяет значительно повысить его прочность и теплостойкость, стойкость к колееобразованию при повышенных

температурах, а также пластичность, эластичность, трещиностойкость, улучшить адгезию к поверхности минеральных материалов, что позволяет прогнозировать высокое качество дорожного покрытия.

Таким образом, НМПЭ является перспективным полимерным модификатором при получении полимерно-битумных материалов.

3. *Низкомолекулярный полиэтилен как основа для получения смазочных композиций.* Благодаря тому, что НМПЭ состоит из смеси насыщенных углеводородов преимущественно нормального строения, он стоек к действию коррозионно- и химически агрессивных сред, является водонепроницаемым гидрофобным веществом, проявляет высокую стойкость к атмосферному старению. Все перечисленные свойства являются ценными, присущими консервационным смазывающим материалам [1–3].

Авторы [18] предлагают консистентную смазку, применяемую в химической и нефтехимической промышленности, машиностроении, где требуется применение химически стойких, консервационно-защитных, канатных, вакуумных консистентных смазок, содержащую 75...90% масс. низкомолекулярного полиэтилена и 10...25% масс. гидроочищенной остаточной фракции нефтепереработки.

В работе [19] предложены различные антикоррозионные покрытия-смазки и мастики на основе низкомолекулярного полиэтилена, которые могут найти применение для гидроизоляции и антикоррозионной защиты строительных конструкций, трубопроводов и оборудования.

Нами получен ряд образцов смазочных композиций на основе низкомолекулярного полиэтилена с температурой плавления выше 90 °С и низкой массовой долей летучих веществ. В качестве мягчителей для снижения вязкости композиций использованы различные по свойствам дисперсионные среды, произведенные на ОАО «Нафтан»: депарафинированное масло четверного пагона с установки депарафинизации метилэтилкетонем и толуолом (ДП-4); вакуумный дистиллят четверного пагона с установки вакуумной трубчатки (ВД-4); продукт остаточный с установки мягкого гидрокрекинга (остаток МГК), продукт остаточный гидрокрекинга процесса «Юникрекинг» (остаток ГК), экстракт дистиллятный с установки селективной очистки фенолом (ДЭСО), экстракт остаточный с установки селективной очистки фенолом (ОЭСО). Синтезированные смазки представляют собой однородные липкие термически обратимые высококонсистентные дисперсные системы от вазелинообразного до полутвердого вида. Полученные смазки оказались схожими по свойствам с углеводородными, поэтому их тестировали по показателям, заложенным в нормативные документы на консервационную смазку ПВК и ГОИ-54п, а также химически стойкую ЦИАТИМ-205. Результаты анализа смазочных композиций, а также требования к промышленно выпускаемым углеводородным смазкам приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Свойства синтезированных смазочных композиций на основе НМПЭ

Показатели	Смазочные композиции на основе НМПЭ с различными дисперсионными средами						ПВК	ЦИАТИМ-205	ГОИ-54п	Метод испытания
	ДП-4	ВД-4	Остаток МГК	Остаток ГК	ДЭСО	ОЭСО				
Температура каплепадения, °С	60	61	68	73	67	63	не ниже 60	не ниже 65	не ниже 61	ГОСТ 6793-74
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм за 5 с	102	205	160	158	190	192	90...150	не более 165	200...245	ГОСТ 5346-78
Температура сползания, °С	55	53	63	60	57	48	не ниже 50	–	не ниже 48	ГОСТ 6037-75
Кислотное число, мг КОН/г	отс.	0,10	отс.	отс.	0,09	0,06	0,5...1	не более 0,05	0,6...0,9	ГОСТ 5985-79
Испаряемость, за 1 ч при 100 °С/150 °С	0,704/1,562	0/0	0,005/0,833	0/0	0/0	0/0	0/0	1/15	13/не норм	ГОСТ 9566-74
Окисляемость при 120 °С за 10 ч, мг КОН/г	0,02	0,24	отс.	отс.	0,35	0,26	–	0,2	–	ГОСТ 5734-76
Коллоидная стабильность, % масс.	0,307	7,05	2,77	4,17	3,64	7,76	не более 4	менее 4	не более 7	ГОСТ 7142-74
Коррозионное воздействие на металлы (5 ч при 70 °С)	Выдерживает						медь	сталь, алюминий	сталь, медь	ГОСТ 9.080-77
	сталь, алюминий, медь									
Содержание механических примесей, %	не более 0,01						не более 0,07	не более 0,01	не более 0,015	ГОСТ 9270-86
Интервал применения, °С	–60...50						–50...50	–60...50	–40...50	–

Из таблицы видно, что по большинству показателей синтезированные смазки на основе НМПЭ с остаточными продуктами гидрокрекинга как низкого, так и высокого давления сходны с антифрикционной химически стойкой ЦИАТИМ-205, замешанные с вакуумным дистиллятом четверного погона сходны с морозостойкой смазкой ГОИ-54п, а композиции с дистиллятным и остаточными экстрактами аналогичны по свойствам с консервационной смазкой ПВК. Верхний температурный предел применения смазок на основе НМПЭ находится в пределах 50...60 °С. При этом для получения смазок с температурой каплепадения не ниже 60 °С концентрация дисперсионной среды должна составлять не более 30% масс. Анализ химической стойкости, оцениваемой по ГОСТ 21068, показал, что в течение 30 суток образцы, погруженные в 10%-ные водные растворы соляной и серной кислот, щелочи и соли, не подвержены изменению массы и внешнего вида (отсутствуют трещины, вздутия, отслоения и др.), т.е. смазки на основе НМПЭ являются химически стойкими.

Нижний температурный предел применения смазочных композиций на основе НМПЭ определен по динамической вязкости по ГОСТ 7163 и составил не ниже минус 25 °С, динамическая вязкость при этих температурах близка к 1500 Па·с – максимально допустимая величина для консистентных смазок [32].

При испытании смазок на основе НМПЭ на морозостойкость после 5 ч выдержки при температуре около минус 60 °С не обнаружено трещин и отслаивания смазки от поверхности пластинок, хрупкость смазок не выявлена, смазки оставались пластичными и липкими. Микроскопическим анализом не обнаружено в смазках инородных включений и механических примесей.

Таким образом, по комплексу физико-химических и эксплуатационных свойств синтезированные смазки на основе НМПЭ отвечают требованиям, предъявляемым к антифрикционным и консервационным смазкам типа ЦИАТИМ-205, ГОИ-54п и ПВК [1; 2; 20–33], причем исходные компоненты для их приготовления дешевле, чем у промышленно производимых смазок (например, в сравнении со смазкой ЦИАТИМ-205 при использовании НМПЭ и продукта остаточного гидрокрекинга стоимость в 2 раза ниже).

Заключение. В целом использование НМПЭ для модифицирования свойств нефтяных топлив, смазочных и битумных материалов целесообразно при его вовлечении в небольших количествах, что обусловлено ограниченностью объема выпуска НМПЭ, в частности по заводу «Полимир» ОАО «Нафтан» около 100 тонн в год. Наиболее перспективные современные альтернативные направления промышленного использования НМПЭ:

- организация производства смазочных композиций на основе НМПЭ, которые изготавливают на установках периодического действия, что позволяет накопить достаточное количество сырьевых компонентов;
- вовлечение НМПЭ в печное топливо с целью модифицирования его низкотемпературных свойств;
- использование НМПЭ как полимера-модификатора при получении полимерно-битумных материалов.

Модифицирование нефтепродуктов низкомолекулярным полиэтиленом позволит расширить их ассортимент, сократить вовлечение импортных добавок, снизить нагрузку на окружающую среду и получить положительный экономический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Получение композиционных материалов на основе отходов нефтехимии и нефтепереработки / Ю.А. Булавка [и др.] // Нефтехимический комплекс : науч.-техн. бюл. Приложение к журналу «Вестник Белнефтехима». – 2017. – № 1 (16). – С. 10–12.
2. Павлов, А.В. Основные направления использования низкомолекулярного полиэтилена и его влияние на свойства нефтепродуктов / А.В. Павлов, А.А. Ермак // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Прикладные науки. – 2008. – № 2. – С. 123–127.
3. Нефтяные композиции на основе низкомолекулярного полиэтилена / Ю.А. Булавка [и др.] // Наука и инновации. – 2017. – Т. 6, № 172. – С. 31–33.
4. Шийчук, А.В. Окисленный низкомолекулярный полиэтилен как смазочно-охлаждающий состав / А.В. Шийчук, Д.В. Колесникова // Химия и технология топлив и масел. – 1991. – № 7. – С. 5–6.
5. Разработка и внедрение депрессорной присадки к среднестиллятным топливам на базе низкомолекулярных полимеров этилена / А.М. Данилови [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 1993. – Вып. 12. – С. 21–23.
6. Многофункциональная присадка к дизельному топливу : пат. ВУ 12275 / С.А. Колтунова-Сето, С.В. Покровская, С.М. Ткачев, С.Ф. Якубовский. – Оpubл. 30.08.2009.
7. Данилов, А.М. Применение присадок в топливах для автомобилей. Справочник / А.М. Данилов. – М. : Химия, 2000. – 232 с.
8. Низкомолекулярный полиэтилен как депрессорная присадка к печным топливам / Л.Н. Шапкина [и др.] // Химия и технология топлив и масел. – 1988. – № 12. – С. 15–16.

9. Депрессорные присадки на основе низкомолекулярного полиэтилена и изучение механизма их действия на дизельные топлива С.Ф. Фозилов [и др.] // Молодой ученый. – 2015. – № 3. – С. 249–251.
10. Низкомолекулярный полиэтилен как компонент депрессорных присадок к топливам / И.М. Прохорченко [и др.] // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2015. – Т. 1, № 1. – С. 58–60.
11. Раскулова, Т.В. Техничко-экономическое обоснование совершенствования технологии и организации производства депрессорных присадок к топливам на основе бинарных сополимеров стирола и низкомолекулярного полиэтилена / Т.В. Раскулова, Т.М. Зеленцова // Сборник науч. тр. Ангарского гос. техн. ун-та. – 2010. – Т. 1. – № 1. – С. 025–031.
12. Shirabordina, V. Petroleum road bitumen modified by waste of petrochemical industry / V. Shirabordina, M. Rusyayeva, Yu. Bulauka // European and national dimension in research. technology (Европейский и национальный контексты в научных исследованиях) : Electronic collected materials of ix junior researchers' conference, Novopolotsk, april 26–27, 2017 / Polotsk state university ; Ed. D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk, 2017. – P. 236–238.
13. Смесь асфальтобетонная : а. с. SU 798068 / С.В. Мещеряков, Н.А. Панкратов [и др.]. – Оpubл. 23.01.1981.
14. Битумоминеральная смесь : а. с. SU 808440 / Л.Я. Лаврега, И.В. Бориславская. – Оpubл. 28.02.1981.
15. Евдокимова, Н.Г. О возможности получения кровельных битумов окислением гудрона с низкомолекулярным полиэтиленом / Н.Г. Евдокимова, М.Ю. Булатникова // Нефтегазовое дело : электрон. науч. журн. – 2006. – № 1. – С. 31.
16. Евдокимова, Н.Г. Разработка научно-технологических основ производства современных битумных материалов как нефтяных дисперсных систем : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.17.07 / Н.Г. Евдокимова ; Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И.М. Губкина. – М., 2015. – 53 с.
17. Страхова, Н.А. Получение нефтяных битумов из нетрадиционного сырья : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 02.00.13 / С.-Петербург. гос. технол. ин-т. – СПб., 2001. – 40 с.
18. Новичихин, Д.Н. Смазочная композиция на основе низкомолекулярного полиэтилена / Д.Н. Новичихин, В.С. Войтик // Химия и технология топлив и масел. – 1998. – № 6. – С. 24–26.
19. Искандеров, Р.А. Антикоррозионные покрытия-смазки и мастики на основе низкомолекулярного полиэтилена : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Р.А. Искандеров. – Казань, 2002. – 221 с.
20. Булавка, Ю.А. Смазочные композиции на основе отходов производства полиэтилена, отработанных масел и побочных продуктов масляного производства / Ю.А. Булавка, С.В. Покровская // Eurasia Green : материалы междунар. конкурса науч.-исслед. проектов молодых ученых и студентов ; отв. за вып. М.В. Федоров. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2012. – С. 7–9.
21. Технология переработки нефти и газа. Пластичные смазки : учеб.-метод. компл. для студентов специальности 1-48 01 03 «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов» / С.В. Покровская, Н.В. Ощепкова, Ю.А. Булавка. – Новополюцк : ПГУ, 2010. – 239 с.
22. Покровская, С.В. Смазочные композиции на основе отходов производства / С.В. Покровская, Ю.А. Булавка // Фундаментальные и прикладные исследования в технических науках в условиях перехода предприятий на импортзамещение: проблемы и пути решения : сб. материалов Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием : в 2 т. – Т. 1. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2015. – С. 380–382.
23. Утилизация отхода полимерного производства для модифицирования свойств нефтепродуктов / Ю.С. Петровская [и др.] // Эколого-енергетичні проблеми сучасності : зб. наук. праць всеукраїнської наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, Одеса, 14 квітня 2017 р. – Одеса, Вид-во ОНАХТ. – 2017. – С. 86–88.
24. Покровская, С.В. Пластичные смазки на основе низкомолекулярного полиэтилена завода «Полимир» ОАО «Нафтан» / С.В. Покровская, Н.В. Ощепкова, Ю.А. Булавка // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2009. – № 8. – С. 173–176.
25. Рациональная утилизация отхода производства – низкомолекулярного полиэтилена для модифицирования свойств нефтепродуктов / Ю.С. Петровская [и др.] // «Ғылым және білім – 2017» студенттер мен жас ғалымдардың XII Халықаралық ғылыми конференциясы = The XII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education – 2017» = XII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование – 2017». – Астана, 2017. – С. 1131–1136.
26. Петровская, Ю.С. Получение печного топлива с вовлечением депрессорных присадок на основе низкомолекулярного полиэтилена / Ю.С. Петровская, Е.П. Сычёва, Ю.А. Булавка // Нефть и газ – 2017 : сб. тез. 71-й Междунар. молодеж. науч. конф., Москва, 18–20 апр. 2017 г. – Т. 2. – М. : РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2017. – С. 423.
27. Булавка, Ю.А. Консистентные смазочные композиции на основе остаточных продуктов нефтепереработки и нефтехимии / Ю.А. Булавка, В.И. Сыцевич, О.С. Василевская // Нефть и газ – 2017 : сб. тез. 71-й Междунар. молодежной науч. конф., Москва, 18–20 апр. 2017 г. – Т. 2. – М. : РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2017. – С. 311.

28. Сыцевич, В.И. Консистентные смазочные композиции на основе отходов производства / В.И. Сыцевич, О.С. Василевская, Ю.А. Булавка // Безопасность – 2017 : материалы докл. XXII Всерос. студенч. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Проблемы экологической и промышленной безопасности современного мира», Иркутск, 24–27 апр. 2017 г. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2017. – С. 213–215.
29. Sytsevich, V. Lubricant compositions based on waste products / V. Sytsevich, Yu. Bulauka // European and national dimension in research. Technology (Европейский и национальный контексты в научных исследованиях) : Electronic collected materials of ix junior researchers' conference, Novopolotsk, april 26–27, 2017 / Polotsk state university ; Ed. D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk, 2017. – P. 226–227
30. Пластичные смазки на основе низкомолекулярного полиэтилена завода «Полимир» ОАО «Нафтан» / С.В. Покровская, Н.В. Ощепкова, Ю.А. Булавка // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2009 . – № 8. – С. 173–176.
31. Булавка, Ю.А. Смазочные композиции на основе отходов производства / Ю.А. Булавка, С.В. Покровская // Материалы IX Междунар. промышленно-экономического форума «Стратегия объединения: Решение актуальных задач нефтегазового и нефтехимического комплексов на современном этапе», Москва, 24–25 нояб. 2016 г. – М. : РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, 2016. – С. 133–134.
32. Синецын, В.В. Подбор и применение пластичных смазок / В.В. Синецын. – М. : Химия, 1974. – С. 130–131.
33. Петровская, Ю.С. Рациональная утилизация отхода полимерного производства путем модифицирования свойств нефтепродуктов / Ю.С. Петровская, Ю.А. Булавка, В.С. Ширабордина // Дальневосточная весна – 2017 : материалы 15-й Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам экологии и безопасности, Комсомольск-на-Амуре, 5 июня 2017 г.; редкол.: И.П. Степанова (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО«КнАГТУ», 2017. – С. 86–88.

Поступила 08.08.2017

MODERN ALTERNATIVE DIRECTIONS FOR INDUSTRIAL USE OF LOW-MOLECULAR POLYETHYLENE

YU. BULAUKA, YU. PIATROUSKAYA, V. SHIRABORDINA

The properties of low molecular weight polyethylene have been studied. Within the scientific community of the Department of Chemistry and Technology of Oil and Gas Processing of the Polotsk State University, modern alternative directions of its industrial use in obtaining oil compositions for various purposes have been experimentally confirmed (as a depressant additive in furnace fuel, a modifier in the preparation of polymer-bitumen compositions and a component of lubricants). Modification of petroleum products with low molecular weight polyethylene will expand the range of depressant additives to petroleum fuels, lubricant components and polymers-modifiers of polymer-bitumen compositions, reduce the involvement of import additives, reduce the load on the environment and obtain a positive economic effect.

Keywords: low molecular weight polyethylene, depressant additive, petroleum bitumen, lubricants.