

УДК 661.719.2: 665.12:621.892

О. И. Сафронов, А. А. Папейкин, И. А. Венгер, Л. Ю. БодачевскаяИнститут биоорганической химии и нефтехимии им. В.П.Кухаря НАН Украины,
ул. Мурманская 1, г. Киев, 02660, Украина, e-mail: safronov-o@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ АМИДАМИНОВ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ В КАЧЕСТВЕ ПРИСАДОК К СМАЗОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ

Разработана методика получения азотсодержащих производных триглицеридов высших кислот растительных масел в два этапа. На первой стадии проводили эпокси́рование двойных связей кислотных остатков триглицеридов высших кислот растительных масел. На второй стадии полученные эпокси́ды подвергали аминолу́зу различными алкиламинами и гидроксиламинами при раскрытии эпокси́дного кольца и амидированию сложноэфирной группы. Выяснилось, что основным фактором, влияющим на антиокислительные свойства данного ряда продуктов, является стерический фактор и с увеличением длины углеводородного радикала при аминогруппе антиокислительные свойства ухудшаются. Основываясь на результатах предварительных исследований разработаны смазочные композиции с применением синтезированных продуктов и проведены сравнительные испытания с товарными смазками. Результаты испытаний выявили достаточно высокий уровень эксплуатационных свойств исследуемых образцов смазок. Полученные результаты подтверждают возможность использования продуктов трансформации растительных масел в качестве антикоррозионных и антиокислительных присадок к смазочным материалам.

Ключевые слова: растительное масло, эпокси́рование, аминолу́з, присадка, смазка, антиоксидант, ингибитор коррозии.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современной техники приводит к постоянному ужесточению требований к используемым в ней смазочным материалам. Кроме того, в последнее время актуальными стали вопросы влияния используемых веществ на окружающую среду [1, 2]. Это подталкивает исследователей в сторону разработки технологий, основанных на использовании возобновляемого сырья природного происхождения, в частности растительных масел.

Растительные масла и природные жиры характеризуются хорошими смазочными свойствами, однако имеют низкую окислительную и термоокислительную стабильности, обусловленные наличием триглицеридных групп и двойных связей в ацильных остатках ненасыщенных высших жирных кислот [2, 3].

В литературе встречается несколько путей конверсии триглицеридных фрагментов молекул растительных масел. Одним из методов является амидирование эфирных групп [1-3] [4, 5]. Описанные условия проведения амидирования кардинально различаются по температурным режимам, продолжительности ведения синтезов и требуют дополнительного уточнения [4-6].

Двойные связи жирных кислот (ЖК) триглицеридов эпокси́дируют с целью превращения в более стабильные структурные компоненты. Реакцию проводят пероксидом водорода в среде органических кислот способных создавать надпе-

роксиды, которые, реагируя с ненасыщенными связями жирных кислот триглицеридов, образуют пероксидные кольца [7, 8].

Реакции аминолита при раскрытии эпоксидных колец проводят в широком диапазоне температур и в интервалах времени от нескольких минут до десятков часов [9, 10].

Таким образом, разработка однозначной методики получения азотсодержащих производных триглицеридов жирных кислот представляет интерес с лабораторной и производственной точек зрения.

Кроме того, модификация ацилглицеринов растительных масел путем получения азотсодержащих производных открывает широкие перспективы в разработке антиокислительных и антикоррозионных присадок к смазочным материалам.

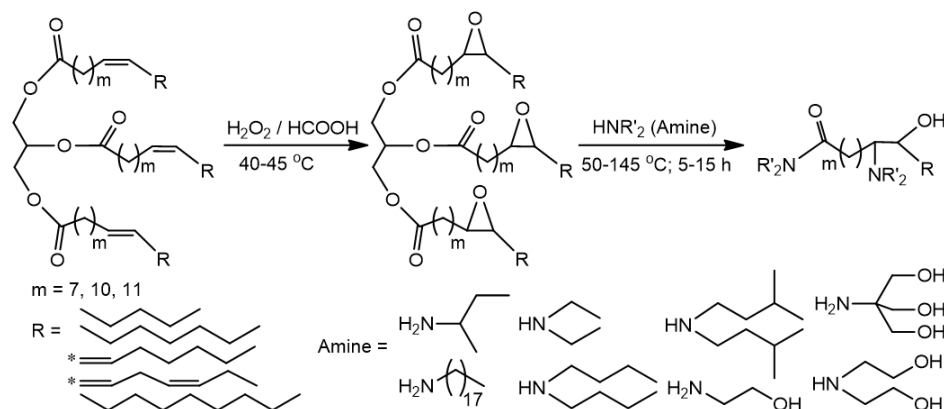
Из литературных источников известно, что в качестве ингибиторов коррозии используют ароматические, алифатические амины (первичные, вторичные, третичные), гетероциклические амины, соли различных аминов и др. [11].

Окисление углеводородов проходит по радикальному механизму, его прекращение зависит от наличия агента, способного обрывать цепные реакции. В этой роли может выступать аминный азот, который способен отдавать протон и неподеленную пару электронов, становясь при этом радикалом со значительно меньшей подвижностью и активностью, тем самым ингибируя подобные процессы [12].

В большинстве случаев антиокислительные и антикоррозионные присадки имеют минеральное происхождение [11,12] и разработка их аналогов на возобновляемом, растительном сырье может решить целый ряд сырьевых и экологических проблем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для повышения термоокислительной стабильности растительных масел нами проведено эпоксидование ацилглицеринов с последующим введением различных аминов как по карбонильной группе, так и по эпоксидному кольцу, по схеме:



Поскольку фосфатиды и свободные кислоты, содержащиеся в растительных маслах, являются ингибиторами реакции эпоксибования, для синтеза использовалось рафинированное подсолнечное масло с йодным числом 127 г I₂/100 г,

числом омыления 190 мг КОН/г, в котором отсутствовали фосфолипиды и свободные кислоты.

Эпокси́дирование проводили 40% пероксидом водорода в среде безводной муравьиной кислоты. Для этого реакционную смесь охлаждали до 5-10 °С, после чего прикапывали H₂O₂ в течение 1 часа, медленно поднимая температуру до 40-45°С. После этого реакционную смесь выдерживали 2,5 часа при этой температуре. Избыток пероксида водорода и муравьиную кислоту отделяли на делительной воронке, а эпокси́рованное масло промывали 10% раствором Na₂CO₃ и водой до pH = 7. Промытый продукт сушили в течение 12 часов над CaCl₂ и отделяли от осушителей центрифугированием.

Введение аминной составляющей в эпокси́рованное масло (ЭМ) проводили аминами, характеристика которых приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика аминов

Амины	Температура кипения, °С	Температура плавления, °С	Показатель преломления при 20°С
Моноэтаноламин	170	10	1,4538
Диэтаноламин	269-271	28	1,4776
Трис(гидрокси́метил) амино́метан	219-220 (10 мм рт.ст.)	172	1,544
втор-Бутиламин	63	-104	1,3938
Диэтиламин	56	-50	1,3861
Дибутиламин	161	-51	1,4168
3,3'-метил-дибутиламин	187-188	-44	1,4230
Октадециламин	232 (32 мм рт.ст.)	53	1,4522

Для этого в реактор, оснащенный термометром, мешалкой и обратным холодильником, загружали ЭМ, амин и, при необходимости, катализатор (гидроксид калия). В зависимости от реакционной способности амина смесь нагревали до 50-145°С и выдерживали при оптимальной температуре 5-12 часов.

После проведения амидирования, для очистки продукта от катализатора и остатков высококипящего амина, к реакционной смеси добавляли CCl₄ и отмывали от излишков амина и катализатора водой до pH = 7. Продукт сушили над CaCl₂ и отгоняли CCl₄.

В случае синтеза с низкокипящим амином без катализатора после проведения реакции обратный холодильник меняли на прямой и отгоняли остаток исходного амина.

Соотношение исходных реагентов, условия синтезов и выходы амидаминов ЖК растительного масла приведены в табл. 2.

Таблица 2

Условия амидирования эпоксицированного растительного масла
и выход амидаминов жирных кислот

№ п/п	Исходные вещества / количество моль			Условия проведения синтеза		Выход, % масс.
	ЭМ	Амин	Катализатор	Температура, °С	Длительность, час	
1	1	Моноэтаноламин / 6	-	60	5	98,8
2	1	Диэтаноламин / 6	-	85	5	100
3	1	Трис(гидроксиметил)-аминометан / 6	КОН / 0.1	130	7	95,2
4	1	Трис(гидроксиметил)-аминометан / 6	-	140	8	96,3
5	1	втор-Бутиламин / 6	КОН / 0.1	65	6	97,0
6	1	Диэтиламин / 6	КОН / 0.1	60	9	98,9
7	1	Дибутиламин / 6	-	135	12	100
8	1	Дибутиламин / 6	КОН / 0.1	110	8	99,3
9	1	3,3'-метил-дибутиламин / 6	-	150	14	99,0
10	1	3,3'-метил-дибутиламин / 6	КОН / 0.1	140	12	85,0
11	1	Октадециламин / 6	-	160	12	98,6
12	1	Октадециламин / 6	КОН / 0.1	140	8	100

При проведении синтеза обнаружено, что в среднем увеличение длины углеводородной цепи аминов на один атом углерода требует повышения температуры синтеза на 5-15°С вместе с увеличением продолжительности процесса на 0,5-1,5 часа для получения высоких выходов. Однако при повышении температуры возрастает вероятность осмоления исходных веществ [12].

Введение катализаторов, например, гидроксидов металлов, позволяет смягчить эти условия, снизить температуру на 20-30°С и уменьшить время проведения реакции на 3-5 часов.

Кроме того, температура кипения некоторых аминов (табл. 1) ниже температуры необходимой для проведения реакций, что исключает возможность их проведения. При использовании катализаторов проведение синтезов с такими аминами становится возможным.

ИК-спектры синтезированных веществ снимали на Фурье спектрометре модели Vertex 70 фирмы Bruker (США).

Для подтверждения антикоррозионных и антиокислительных свойств полученных продуктов их вводили в базовую литиевую смазку без каких-либо иных

присадок. Свойства полученных образцов сравнивали с исходной базовой смазкой (табл. 3).

Антикоррозионное воздействие смазок на металлы проводили по ГОСТ 9.080 на пластинах из меди марки М1 (ДСТУ ГОСТ 859) и стали 40 (ГОСТ 1050). Сущность метода заключается в выдерживании металлических пластинок в пластичной смазке при температуре 100°C в течение 3 часов и фиксации изменения внешнего вида пластины. Антиокислительные свойства образцов смазок анализировали в соответствии с ГОСТ 5734 по изменению кислотного числа после термической обработки при температуре 120°C в течение 10 часов на медной пластине. Такие условия считаются жесткими для большинства смазок, а для простых литиевых смазок 120°C является верхним температурным пределом применения смазки.

Основываясь на полученных результатах, разработаны аналоги промышленных композиций смазок с применением опытных образцов амидаминов в качестве защитных присадок. Для получения загустителя смазочной композиции использовали 12-гидроксистеариновую кислоту (ТУ 38.301-48-63) с кислотным числом 172,18 мг КОН/г и числом омыления 187,91 мг КОН/г, гидроксид лития технический (ГОСТ 8595) с содержанием LiOH 57,9%, как дисперсионную среду – нефтяное масло с кинематической вязкостью при 50°C в пределах 30-80 мм²/с.

Образцы смазок изготавливали по общепринятой технологии получения смазок, содержащих в своем составе литиевые мыла жирных кислот, которая включает следующие стадии:

- синтез литиевых мыл жирных кислот в среде базового масла;
- обезвоживание полученной масляно-мыльной смеси;
- термомеханической обработки смеси и ее охлаждение;
- введение амидаминов;
- гомогенизация готовой смазки.

Разработанные композиции смазочных материалов, анализировали общепринятыми стандартизированными методами испытания (табл. 4).

Температуру каплепадения определяли по ГОСТ 6793, предел прочности – по ГОСТ 7143 метод Б. Механическую стабильность оценивали по изменению показателя пенетрации после перемешивания ($P_2 - P_1 = \Delta P$). Согласно ГОСТ 5346 смазки разрушаются в стандартной мешалке от пенетрометра. P_1 определяют после 60, а P_2 – после 1 000 двойных ходов. Изменение консистенции смазки при перемешивании характеризует склонность или стойкость смазки к тиксотропному разрушению. Трибологические свойства – нагрузка критическая (P_k) определяли на четырехшариковой машине трения по ГОСТ 9490.

Защитные свойства смазок оценивали в динамических условиях методом определения скорости коррозии подшипников качения при скорости вращения подшипников 500 мин⁻¹ в течение 3 ч по изменению поляризационного сопротивления на стенде «Динакорротест». Расчет скорости коррозии рассчитывали по формуле:

$$i_k = \frac{2K}{S} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta E - \Delta I \cdot R_{ом}}$$

где i_k – скорость коррозии, А/см²; К – постоянная пересчета поляризационного сопротивления в значение скорости коррозии, В; S – площадь электрода, см²; ΔI – измеряемый ток, А; ΔE – поляризационное напряжение, В; R_{ом} – сопротивление среды, Ом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На ИК-спектрах (рис. 1) кроме валентных колебаний групп -CH₂, -CH₃ при 2921, 2850 см⁻¹ наблюдается исчезновение полос при 1740 и 1160 см⁻¹, соответствующие группам C=O эфиров. При этом появляются полосы при 1640 и 1550 см⁻¹, которые соответствуют карбонилам образовавшихся амидов.

Также в области 3300 см⁻¹ появляется широкая характеристическая полоса поглощения гидроксильных групп, образующихся в результате раскрытия эпоксидного кольца. Форма полосы обусловлена дополнительным влиянием протона вторичного амина и при его наличии имеет конический вид [13].

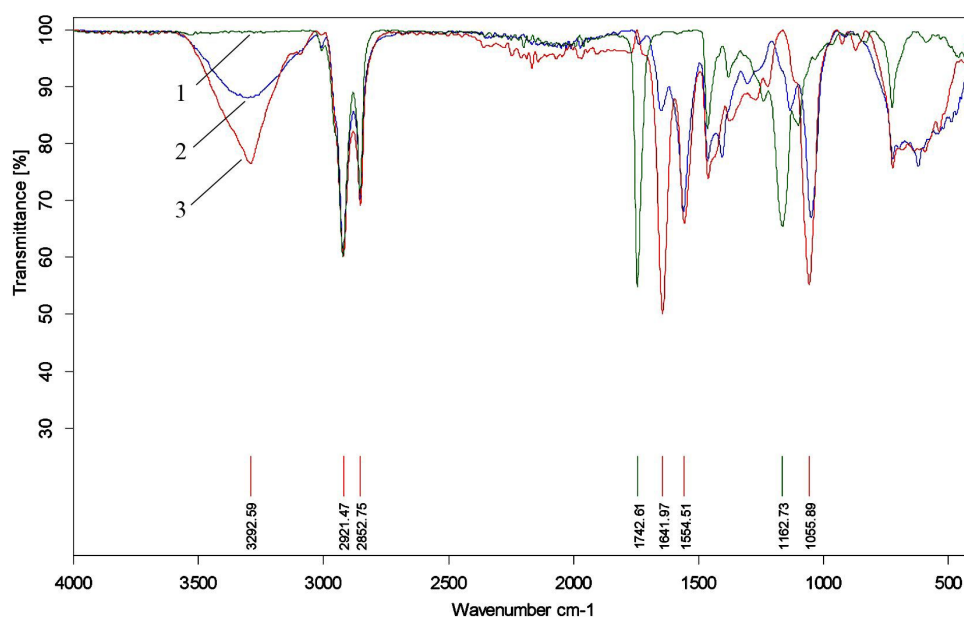


Рис. 1. ИК-спектры исходного эпоксида – (1) и амидаминов с использованием диэтиламина – (2), моноэтаноламина – (3).

Важным является то, что ранее реакции амидирования ацилглицериновых групп и аминолиза при раскрытии эпоксидного кольца рассматривались отдельно [4-6, 9, 10]. В данной работе удалось совместить эти процессы и провести в одном реакционном объеме. Такой подход упрощает проведение синтезов и позволяет значительно снизить трудо-, материало-, и энергозатраты.

Результаты испытаний антикоррозионных и антиокислительных свойств полученных образцов смазок приведены в табл. 3.

Таблица 3

Антикоррозионные и антиокислительные свойства смазочных композиций с амидами

№ синт. в табл. 2	Содержание в смазке, % масс.	Коррозионное воздействие на сталь по ГОСТ 9.080	Коррозионное воздействие на медь по ГОСТ 9.080	Прирост кислотного числа, мг КОН/г по ГОСТ 5734
Базовая смазка	-	выдерживает	выдерживает	4,36
1	2,5	выдерживает	выдерживает	0,00
2	2,5	выдерживает	выдерживает	1,40
3,4	2,5	выдерживает	выдерживает	2,00
5	2,5	выдерживает	выдерживает	1,26
6	2,5	выдерживает	выдерживает	1,48
7,8	2,5	выдерживает	выдерживает	1,56
9,10	2,5	выдерживает	выдерживает	2,59
11,12	2,5	выдерживает	выдерживает	1,35

Приведенные в табл. 3 результаты служат доказательством наличия антикоррозионных и антиокислительных свойств у всех полученных веществ. Исследования показали, что для данного ряда азотсодержащих продуктов, с ростом размеров углеводородных цепей амидных заместителей эти свойства ухудшаются. Очевидно, это происходит из-за влияния стерического фактора, увеличения экранирования азота с увеличением размеров заместителей при нем и, как следствие, уменьшение доступа его протона и электронной пары для дальнейших реакций. Другие факторы, например, увеличение количества гидроксильных групп в заместителе или наличие протона при азоте, хотя и влияют на антиокислительные свойства, но не изменяют их принципиально.

Для определения влияния синтезированных веществ на объемно-механические и эксплуатационные свойства промышленных смазочных композиций проведены расширенные испытания. В предыдущих исследованиях (табл. 3) наилучшим образом проявили себя производные этаноламина и втор-бутиламина, поэтому изготовлены две литиевые смазки с использованием этих амидаминов (образец 1 и образец 2 соответственно). Проведены их сравнительные испытания с товарной смазкой Литол-24, в состав которой входит антиокислительная присадка дифениламин (ГОСТ 194), по основным показателям. Результаты испытаний образцов смазок приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Свойства смазочных композиций
с использованием синтезированных присадок**

Наименование показателя, единицы измерения	Метод испытания	Значения показателей		
		Литол-24	Образец 1	Образец 2
Предел прочности при: – 20 °С, Па – 80 °С, Па	ГОСТ 7143 метод Б	580	582	577
		200	201	198
Температура каплепадения, °С	ГОСТ 6793	198	198	198
Критическая нагрузка (Рк), Н	ГОСТ 9490	657	696	588
Пенетрация при 25 °С, мм·10 ⁻¹ (с перемешиванием): 60 двойных тактов (Р ₁) 1000 двойных тактов (Р ₂) ΔР	ГОСТ 5346 метод В	245	246	245
		272	270	271
		27	24	26
Прирост кислотного числа (120 °С, 10 ч.), мг КОН/г	ГОСТ 5734	0,24	0,18	0,20
Коррозионное воздействие на медь	ГОСТ 9.080	Выдерживает	Выдерживает	Выдерживает
Защитные свойства в динамических условиях. Скорость коррозии, мм/год	Динакорро-тест	2,6·10 ⁻⁴	1,5·10 ⁻⁴	1,9·10 ⁻⁴

Как видно из результатов испытаний образцы разработанных смазок по своим антиокислительным, антикоррозионным и объемно-механическим свойствам не уступают товарным продуктам.

Это позволяет утверждать о перспективности использования синтезированных продуктов в качестве функциональных присадок к смазочным материалам.

ВЫВОДЫ

1. Разработан и впервые применен метод получения амидаминов высших жирных кислот растительных масел, объединяющий реакции аминолита и трансамидирования в один процесс.

2. Подтверждены антикоррозионные и антиокислительные свойства полученных азотсодержащих производных растительных масел в составе смазочных материалов.

3. Установлено, что синтезированные присадки по защитным свойствам не уступают промышленным и могут использоваться в смазочных материалах в качестве альтернативы продуктам нефтяного происхождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kjellin M., Johansson I.* Surfactants from renewable resources. – West Sussex, UK, John Wiley & Sons, Ltd, 2010. – 336 p.
2. *Химия жиров / Тютюников Б.Н., Бухштаб З.И., Гладкий Ф.Ф. и др. – М.: Колос, 1992. – 448 с.*
3. *Паронян В.* Технология жиров и жирозаменителей. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 760 с.
4. *Поп Г.С., Бодачівський Ю.С., Сафронов О.І.* Синтез і властивості алканоламідів вищих жирних кислот високоерукової ріпакової олії // Катализ и нефтехимия. – 2016. – № 25. – С. 62-68.

5. Patil T.A. Amidation of lanolin and Amidation of Vegetable Oils for Rust Preventive Coatings Application // Int. J. Adv. Sci. Tech. Res. – 2016. – Vol. 6, N 1. – P. 504-512.
6. Исследование взаимодействия гидроксизтилэтилендиаминa с подсолнечным маслом / Мельник А.П., Чумак О.П., Малик С.Г., Хусанов А.Е. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – Т. 6, № 76. – С. 44-49.
7. Derawi D., Salimon J. Optimization on epoxidation of palm olein by using performic acid // E-Journal of Chemistry. – 2010. – Vol. 7, N 4. – P. 1440-1448.
8. Sun S., Li P., Bi Y., Xiao F. Enzymatic Epoxidation of Soybean Oil Using Ionic Liquid as Reaction Media // J. Oleo Sci. – 2014. – Vol. 63, N 4. – P. 383-390.
9. Бобылев В.А. Отвердители эпоксидных смол // Композитный мир. – 2006. – Т. 4, № 7. – С. 20-24.
10. Ruchi Chawla, Atul K. Singha, Lal Dhar S. Yadav Organocatalysis in synthesis and reactions of epoxides and aziridines // RSC Advances. – 2013. – N 29. – P. 11311-11904.
11. Процишин В.Т., Карпун І.М. Дослідження захисних властивостей інгібіторів корозії // Нафтова і газова промисловість. – 2011. – № 2. – С. 35-37.
12. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry / Eller K., Henkes E., Rossbacher R., Höke H. – Weinheim: Wiley VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. – 2000. – P. 648-651.
13. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений: Практическое руководство. – М.: Мир. – 1965. – 220 с.

Стаття надійшла до редакції 23.06.2018

О. І. Сафронов, О. О. Папейкін, І. О. Венгер, Л. Ю. Бодачівська
Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України,
вул. Мурманська 1, м. Київ, 02660, Україна, e-mail: safronov-o@yandex.ru

ВИКОРИСТАННЯ АМІДАМІНІВ ОЛІЙ В ЯКОСТІ ПРИСАДОК ДО МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета роботи – застосування біологічно відновлюваної сировини при виробництві присадок до мастильних матеріалів замість продуктів нафтопереробки. Об'єктом досліджень вибрана рафінована соняшникова олія завдяки своїй доступності та відносній дешевизні. Для вирішення поставленого завдання розроблена методика отримання азотовмісних похідних тригліцеридів вищих кислот олій в два етапи.

На першій стадії проводили епоксидування подвійних зв'язків кислотних залишків тригліцеридів вищих кислот олій. На другій стадії отримані епоксиди піддавали амінолізу різними алкіламіни і гідроксиламіни при розкритті епоксидного кільця і амідування складноефірної групи. Заслуговує на увагу те, що реакції амінолізу і амідування проводили в одному реакційному об'ємі, що дозволило значно знизити матеріало-, енерго- і працевитрати.

Отримані речовини вводили в мастила без використання інших присадок з метою перевірки антикорозійних і антиокиснювальних властивостей випробовуваних зразків. Дані досліджень підтвердили наявність захисних властивостей у розроблених речовин. З'ясувалося, що основним фактором, що впливає на антиокислювальні властивості даного ряду продуктів, є стеричний фактор і зі збільшенням довжини вуглеводневого радикала при аміногрупі антиокислювальні властивості погіршуються.

Грунтуючись на результатах попередніх досліджень розроблені мастильні композиції із застосуванням синтезованих продуктів і проведено порівняльні випробування з товарними мастилами. Результати випробувань виявили достатньо високий рівень експлуатаційних властивостей досліджуваних мастил. Отримані результати підтверджують можливість використання продуктів трансформації олій як антикорозійних і антиокиснювальних присадок до мастильних матеріалів.

Ключові слова: олива, епоксидування, амідування, присадка, антиоксидант, інгібітор корозії.

O. I. Safronov, O. O. Papeikin, I. O. Venher, L. Yu. Bodachivska

Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry (IBOPC) of the National Academy of Sciences of Ukraine
1, Murmanska str, Kyiv-94, 02094, Ukraine

APPLICATION OF AMIDEAMINES OF VEGETABLE OILS AS ADDITIVES TO LUBRICANTS

The purpose of the work was the application of biologically renewable raw materials in the production of additives to lubricants in lieu of oil refining products. The object of research was refined sunflower oil due to its availability and relative cheapness. To solve the problem, a method for obtaining nitrogen-containing derivatives of triglycerides of higher acids of vegetable oils in two stages has been developed.

At the first stage epoxidation of double bonds of acid residues of triglycerides of higher acids of vegetable oils was carried out. In the second step, the resulting epoxides were subjected to aminolysis with various alkylamines and hydroxylamines upon opening the epoxy ring and amidating the ester group. It is noteworthy that the aminolysis and amidation reactions were carried out in one reaction volume, which significantly reduced the material, energy and labor costs.

The obtained substances were introduced into greases without the use of other additives to check the anticorrosive and antioxidant properties of the test samples. The data of the research confirmed the presence of protective properties of the developed substances. It was found that the main factor affecting the antioxidant properties of this series of products is the steric factor and with the increase in the length of the hydrocarbon radical at the amino group, the antioxidant properties deteriorate.

Based on the results of preliminary research, grease compositions with the use of synthesized products were developed and comparative tests were conducted with commercial greases. The test results revealed a sufficiently high level of operational properties of the test greases samples. The obtained results confirm the possibility of using transformation products of vegetable oils as anticorrosive and antioxidant additives to greases.

Key words: vegetable oil, epoxidation, amidation, additive, grease, antioxidant, corrosion inhibitor.

REFERENCES

1. Kjellin M., Johansson I. *Surfactants from renewable resources*. West Sussex, UK, John Wiley & Sons, Ltd, 2010. 336 p.
2. Tjutjunikov B.N., Buhstbat Z.I., Gladkij F.F. et al. *Himija zhirov* [Chemistry of fats]. Kolos, Moscow, 1992. 448 p. (in Russian).
3. Paronjan V. *Tehnologija zhirov i zhirozamenitelej* [Technology of fats and fat substitutes]. DeLi print, Moscow, 2006. 760 p. (in Russian).
4. Pop G.S., Bodachiv's'kyj Ju.S., Safronov O.I. Syntez i vlastyvoli alkanolamidiv vyshhyh zhyrnyh kyslot vysokoerukovoi' ripakovoi' olii' [Synthesis and properties of higher alkanolamides of high fatty acid rapeseed oil]. *Kataliz i neftehimija*, 2016, no 25, pp. 62-68. (in Ukraine).
5. Patil T.A. Amidation of lanolin and Amidation of Vegetable Oils for Rust Preventive Coatings Application. *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research*, 2016, vol. 6, no 1, pp. 504-512.
6. Mel'nik A.P., Chumak O.P., Malik S.G., Husanov A.E. Issledovanie vzaimodejstvija gidroksijetiljetilendiamina s podsolnechnym maslom [Investigation of the interaction of hydroxyethylethylenediamine with sunflower oil]. *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij*, 2015, vol. 6, no76, pp. 44-49. (in Russian).
7. Derawi D., Salimon J. Optimization on epoxidation of palm olein by using performic acid. *E-Journal of Chemistry*, 2010, vol. 7, no 4, pp. 1440-1448.
8. Sun S., Li P., Bi Y., Xiao F. Enzymatic Epoxidation of Soybean Oil Using Ionic Liquid as Reaction Media. *J. Oleo Sci*, 2014, vol. 63, no 4, pp. 383-390.

9. Bobylev V.A. Otverditeli jepoksidnyh smol [Hardeners of epoxy resins]. *Kompozitnyj mir*, 2006, vol. 4, no 07, pp. 20-24. (in Russian).
10. Ruchi Chawla, Atul K. Singha, Lal Dhar S. Yadav Organocatalysis in synthesis and reactions of epoxides and aziridines. *RSC Advances*, 2013, no. 29, pp. 11311-11904.
11. Procyshyn V.T., Kartun I.M. Doslidzhennja zahysnyh vlastyvostryj ingibitoriv korozii' [Investigation of the protective properties of corrosion inhibitors]. *Naftova i gazova promyslovist'*, 2011, no 2, pp. 35-37. (in Ukraine).
12. Eller K., Henkes E., Rossbacher R., Höke H. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2000, pp. 648-651.
13. Nakanisi K. *Infrakrasnye spektry i stroenie organicheskikh soedinenij: Prakticheskoe rukovodstvo* [Infrared spectra and structure of organic compounds: Practical Guide]. Moscow, Mir, 1965, 220 p. (in Russian).