

УДК 665.372+665.765

О. І. Сафронів, 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

МЕТАЛУРГІЙНЕ АНТИФРИКЦІЙНЕ МАСТИЛО НА ОСНОВІ ПРОДУКТУ ТРАНСФОРМАЦІЇ ФОСФАТИДНОГО КОНЦЕНТРАТУ

У роботі вивчена можливість використання відходів олійного виробництва – фосфатидного концентрату в якості сировинної бази для одержання мастил. При вирішенні поставленої задачі розроблено методику одержання високотемпературного металургійного мастила на основі фосфатидного концентрату через амідкування N,N'-біс(2-гідроксипропіл)етилєндіаміном з подальшою карбонатацією. Результати випробувань одержаних мастил свідчать про доцільність використання фосфатидного концентрату в якості сировини для виробництва мастильних матеріалів.

Ключові слова: фосфатидний концентрат, амідкування, карбонатація, металургійні мастила, експлуатаційні властивості.

ВСТУП

Паливно-мастильні матеріали (ПММ) – невід’ємна вагома частина техносфери. Важко уявити будь-яку галузь побуту і людської діяльності де б вони не використовувалися. На сучасному етапі розвитку цивілізації, масштабність і ігнорування їх впливу на навколишнє природне середовище привели до замежевої господарської ємності біосфери і жорсткому протистоянню техносфери довкіллю. Не дивлячись на величезні зусилля прогресивної наукової еліти щодо визнання примату екології над економікою, 25 років після прийняття «Концепції стійкого розвитку» всесвітнім екологічним форумом в Ріо-де-Жанейро (1992 р.) показали повну нереалізованість «Повістки дня на XXI століття». Ліберально-споживацький світогляд і викликана ним глобальна енергетично-екологічна криза, за яких до 99 % сировини і енергії вже через 42 дні після придбання матеріальних благ перетворюється у відходи [1], вступили в стадію накопичення незворотніх чи важко відновлюваних процесів.

Одним із шляхів сповільнення негативного впливу ПММ на біосферу є використання відновлюваної рослинної сировини з одночасним підвищенням продуктивності ресурсів як на стадії переробки, так і в процесі створення і використання нових речовин і матеріалів. Відома низка металургійних антифрикційних мастил на гідратованих або комплексних кальційових загусниках [2]. Ці мастила задовільної якості, але часто несумісні між собою та виявляють недостатню антиокиснювальну стійкість і захисну здатність в агресивних середовищах, внаслідок чого не завжди придатні для застосування в жорстких умовах експлуатації металургійного обладнання.

На пострадянському просторі в металургійній галузі досі широко використовують мастило Уніол-2 за ГОСТ 23510, яке виготовляється на основі залишкової нафтової оливи і комплексного кальційового мила жирної та оцтової кислот,

містить антиокиснювальну присадку. За антиокиснювальною стабільністю, захисними властивостями та трибологічними характеристиками, особливо при підвищених температурах, це мастило не задовольняє вимогам сучасних специфікацій для металургійних мастил.

Наше завдання полягало в створенні мастила, яке поєднувало б високі трибологічні й об'ємно-механічні характеристики з покращеними захисними і антиокиснювальними властивостями, що дозволило б застосовувати його як антифрикційне мастило в умовах високих температур та навантажень в агресивних середовищах, притаманних металургійному виробництву.

Навідміну від відомих підходів з використання для синтезу біоПММ рафінованих олій [3], метою запропонованої роботи є підвищення термоокиснювальної стійкості фосфатидного концентрату (ФК) – побічного продукту виробництва олій, та створення з його використанням антифрикційного мастила поліпшеної якості.

Для досягнення поставленої мети проведено:

- хімічну трансформацію ФК з метою підвищення їх термоокиснювальної стійкості та спрямованого поліпшення функціональних властивостей;
- дослідження властивостей синтезованих речовин і визначення умов їх практичного використання;
- розроблення мастильних матеріалів з поліпшеними функціональними і екобезпечними характеристиками на основі одержаних продуктів.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Характеристика вихідних реагентів

В основі роботи – фосфатидний концентрат, що являє собою суміш тригліцеридів та естерів фосфатидних кислот з холіном, коламіном, серином чи шестиатомним циклічним спиртом інозитом. Його отримують висушуванням емульсії у вакуумі після оброблення олії водяною парою, оцтовим ангідридом або ультрафільтрацією [4]. За технічними умовами (СОУ 15.4-37-212) ФК соняшниковий відповідає наступному складу, % мас.: фосфатиди – 60,1, олія – 38,4, волога та леткі речовини – 0,6, речовини, нерозчинні в етиловому естері – 0,9.

Для одержання загусника мастильних матеріалів використовували гідроксид кальцію із вмістом 88,9 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (ТУ У 14291840.005-99) та діоксид вуглецю із вмістом 99,0 % CO_2 (ДСТУ 4817), як дисперсійне середовище – нафтову оливу з кінематичною в'язкістю за 100 °С у межах 18-28 мм²/с.

Узагальнення науково-технічної інформації і результати попередніх досліджень переконливо показали, що завдяки наявності нітрогену, сульфуру і фосфору ФК доцільно використовувати не для одержання біодизелю, а як активний додаток до мастильних матеріалів. Цьому сприяють притаманні йому специфічні властивості, зокрема висока адгезія до металевих поверхонь та плівкоутворююча здатність і природні змащувальні властивості. Водночас, використання ФК як загусника пластичних систем недоцільне через підвищення в'язкості й корозійної активності в процесі зберігання, внаслідок як перебігу вільнорадикальних процесів полімеризації, так і посилення об'ємного структурування системи в цілому, а також незадовільна термоокиснювальна стабільність не дозволяють

використовувати їх в сучасних мастилах і тривалих технологічних процесах з підвищеними температурами. Для усунення цих недоліків його піддають трансформації шляхом нуклеофільного трансамідування амінами з утворенням поверхнево-активних амідів вищих жирних кислот.

Методи дослідження властивостей синтезованих продуктів

Продукт амідування фосфатидного концентрату аналізували шляхом визначення загальних показників якості: зовнішній вигляд – за ГОСТ 6243, в'язкість кінематична за 40 і 100 °С – за ДСТУ ГОСТ 33, кислотне число – за ГОСТ 11362, масова частка механічних домішок – за ГОСТ 6370, корозійна дія на метали – за ГОСТ 2917. Розчинність 10 % присадки в оливі І-20А визначали згідно з п.7.3 ТУ У 24.6-03563790-004: для цього в скляну пробірку діаметром 17-19 мм додавали (5±1) г індустріальної оливи І-20А та (2,0±0,1) г присадки. Вміст склянки нагрівали до температури 80-85 °С, перемішували протягом 10 хв, відстоювали за температури (20±5) °С впродовж 30 хв. Прозорість, однорідність суміші та відсутність на дні пробірки осаду після відстоювання характеризують присадку як повністю розчинну.

Розроблене мастило випробували загальноприйнятими стандартизованими методами: температура крапання – за ГОСТ 6793, пенетрація – за ГОСТ 5346, межа міцності – за ГОСТ 7143, трибологічні властивості – за ГОСТ 9490, стабільність до окиснення – за ГОСТ 5734, водостійкість – за ASTM D1264.

Механічну стабільність мастил визначали методом ASTM D 1831, модифікованим в УкрНДІНП «МАСМА» [5]. Після випробування на роликовому стенді Shell (6 годин, 60 °С) визначали межу міцності мастила на зсув за ГОСТ 7143. Значення індексу руйнування (K_{τ}) розраховували за формулою:

$$K_{\tau} = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1} \times 100$$

де τ_1 і τ_2 – межа міцності мастила на зсув за 20 °С, відповідно до і після випробувань.

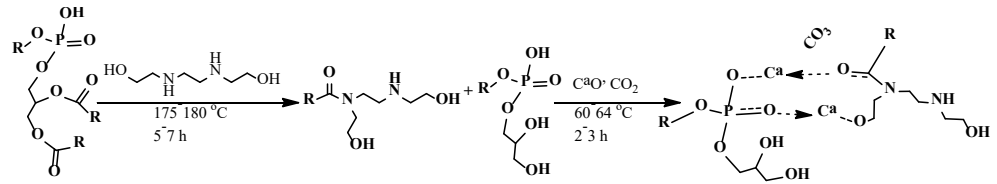
Захисні властивості мастил оцінювали в динамічних умовах методом визначення швидкості корозії підшипників кочення за швидкості обертання підшипників 500 хв⁻¹ впродовж 3 год за зміною поляризаційного опору на стенді „Динакортест” [6]. Швидкість корозії розраховували за формулою:

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

де i_k – швидкість корозії, А/см²; К – постійна перерахунку поляризаційного опору в значення швидкості корозії, В; S – площа електрода, см²; ΔI – вимірюваний струм, А; ΔE – поляризаційна напруга, В; $R_{ом}$ – опір середовища, Ом.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Одержання металургійних антифрікційних мастил з використанням ФК проводили за загальною схемою:



Амідування фосфатидного концентрату

На першій стадії соняшниковий ФК трансамідували N,N'-біс(2-гідроксиетил) етилендіаміном (ОЕЕД). Для цього розраховані кількості ФК і ОЕЕД у мольному співвідношенні 1,0:2,5 нагрівали в атмосфері азоту за постійного перемішування. Температуру поступово підвищували до 175-180 °С і витримували реакційну суміш при перемішуванні впродовж 6,0 годин. Перебіг реакції контролювали потенціометричним титруванням за зміною концентрації аміну і вимірюванням міжфазового натягу (s) на межі 1 %-го розчину утвореного продукту в дизпаливі з водою. Симбатне зменшення амінного числа реагенту і міжфазового натягу з одночасним лінійним зростанням електростабільності інвертних емульсій вода/ дизпаливо засвідчували перебіг основної реакції з утворенням олійнорозчинних поверхнево-активних амідів. Після завершення реакції одержану масу охолоджували до 100 °С і піддавали дегазації у вакуумі при залишковому тиску 0,01 МПа на протязі 0,5 години. Характеристика синтезованого продукту приведена в табл. 1.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники продукту МФ

Найменування показників	Показники якості	Метод випробування
1. Зовнішній вигляд, агрегатний стан, колір за температури (20±10)°С	Однорідна мастилоподібна маса темно-коричневого кольору	Згідно з ГОСТ 6243 (розділ 1 для паст)
2. В'язкість кінематична за температури 100 °С, мм ² /с, не більше	70	Згідно з ДСТУ ГОСТ 33 або ASTM D445
3. Кислотне число, мг КОН на 1г присадки, не більше	20	Згідно з ГОСТ 11362 або ГОСТ 6707
4. Масова частка механічних домішок, %, не більше	0,5	Згідно з ГОСТ 6370 або ASTM D473
5. Розчинність 10 % присадки в оліві І-20А	повна	Згідно з 7.3 ТУ У 24.6-03563790-004
6. Корозійна дія на метали розчину присадки в нафтовій оліві, бали: - чавун - сталь - мідь	витримує витримує 1а – 2с	Згідно з ГОСТ 2917 та 7.4 ТУ У 24.6-03563790-004

В лужному і нейтральному середовищах модифікований фосфатидний концентрат (МФ) поводить як ПАР нейногенного типу, а в кислому середовищі проявляє типові властивості катіонних ПАР. Добре розчиняється у вуглеводнях і суміщається з усіма мінеральними і синтетичними оливами. Всебічними дослідженнями встановлено, що утворюючи незвичайну міцелярну структуру в оливних розчинах МФ активно солюбілізує воду та інші гідрофільні компоненти, а завдяки дифільній структурі й адгезії на металевих поверхнях утворює міцний адсорбційний шар, який попереджає перебіг корозійних процесів і поліпшує трибологічні характеристики змащувального матеріалу.

Одержання мастильних композицій та дослідження їх властивостей

Узагальнення результатів попередніх досліджень з хімічних перетворень фосфатидного концентрату показало, що трансформація фосфатидгліцеринів оксигетильованим етилендіаміном суттєво підвищує трибохімічні характеристики синтезованих продуктів при поліпщенні їх антиокиснювальних і захисних властивостей.

Примітним і важливим є те, що антикорозійні властивості в агресивних середовищах щодо сталі і чавуну фосфатидовмісні реагенти проявляють не лише в оливах, а й у складі інвертних емульсій. Уже в концентрації понад 2 %, при співвідношенні фаз вода/олива у діапазоні 40/60÷60/40 % об., високостабільні емульсії забезпечують захист сільськогосподарської техніки (комбайни, трактори, сівалки тощо) на період міжсезонної консервації. Перевага цих систем над нафтохімічними інгібіторами корозії типу ЕС-2, КРЦ-А, нафтохім-3, ТАЛ-25-13-Р полягає в тому, що вони будуть руйнуватися мікроорганізмами в природних екосистемах і не завдаватимуть шкоди навколишньому середовищу.

Найефективніший серед них фосфолідін суміщається з мінеральними оливами і за жорстких умов тертя відповідає сучасним вимогам до комплексних присадок.

Для підтвердження якості синтезованої присадки, відповідно до розроблених технічних умов ТУ У 24.6-03563790-004:2011 «Присадка до нафтопродуктів Фосфолідін», за розробленим тимчасовим технологічним регламентом ТР 03563790-104:2011 на її виробництво виготовлено дослідно-промислово партію присадки. Всебічними дослідженнями встановлено, що в модельних оливах фосфолідін проявляє не лише захисні, протизношувальні та антиокиснювальні властивості, а й володіє загущувальною здатністю, що дозволило використати його в якості загусника до антифрикційних мастил, призначених для змащування вузлів тертя металургійного обладнання.

Запропоноване мастило з використанням присадки фосфолідін виготовляли за технологічною схемою, що включає такі стадії:

- розчинення МФ в нафтовій оливі та вуглеводневому розчиннику;
- створення мікроемульсії солюбілізацією водного розчину гідроксиду лужноземельного металу і промотора у міцелярному вуглеводневому розчині фосфолідіну;
- карбонатацію мікроемульсії (мікросуспензії) з утворенням надлужного карбонату кальцію в оливі;

- видалення розчинника та промотора із суспензії надлужного карбонату кальцію в оливі;
- термомеханічної обробки суспензії та її охолодження;
- гомогенізації готового мастила.

За описаною схемою, на основі товарних продуктів та 6-18 мас. % поліфункційної присадки фосфолідін, виготовлені зразки пластичних мастил. В лабораторних умовах визначені їх антикорозійні властивості, захисна і адгезійно-когезійна міцність, а також проведені трибологічні випробування на чотирикульковій машині тертя (ЧКМТ). Для порівняння якості створених мастил використано вітчизняне мастило Уніол-2 та просте сульфонатне мастило. Основні характеристики мастил та результати їх випробувань на стендах наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Фізико-хімічні й трибологічні властивості антифрикційних мастил

Найменування показників, одиниця виміру	Метод випробування	Просте сульфонатне	Уніол-2	Розроблені мастила		
				Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Температура крапання, °С	ГОСТ 6793	>230	>230	>250	>250	>250
Пенетрація при 25 °С з перемішуванням (60 подв. тактів), мм·10 ⁻¹	ГОСТ 5346	309	330	294	320	265
Межа міцності за температури 20 °С, Па	ГОСТ 7143	100	240	325	230	485
Механічна стабільність (роликівий стенд Shell). Індекс руйнування, (Кт), %	ASTM D1831 УкрНДІ НП «МАСМА»	96,9	84,8	60,0	66,3	52,1
Змашувальні властивості на чотирикульковій машині тертя: Рк, Н Рз, Н	ГОСТ 9490	1166 3920	1039 2323	1646 6546	1470 6174	1646 6938
Водозмивність, 79 °С, 1 год, %	ASTM D1264	1,0	7,5	2,7	3,2	2,5
Стабільність до окиснення, приріст кислотного числа (за 150°С), мг КОН/г	ГОСТ 5734	1,20	1,65	0 (без змін)	0,05	0 (без змін)
Захисні властивості в динамічних умовах. Швидкість корозії, мм/рік	УкрНДІ НП «МАСМА» «Динакоротест»	3,4×10 ⁻⁴	9,3×10 ⁻⁴	3,9×10 ⁻⁴	4,8×10 ⁻⁴	3,5×10 ⁻⁴

Аналіз наведених результатів переконливо засвідчує, що розроблені зразки мастил характеризується підвищеною (відносно промислових) стабільністю до окиснення, покращеними захисними властивостями металевих поверхонь вузла тертя від корозійних чинників, високими протизношувальними і антизадирними характеристиками. При цьому нове мастило значно перевищує мастило “Уніол-2” за адгезійними властивостями (стійкість до вимивання водою за 79 °С) та механічною стабільністю (випробування на стенді Shell).

Отже, результати випробування запропонованого мастила підтверджують, що воно може застосовуватися як високоефективне антифрикційне мастило для металургійного обладнання в широкому діапазоні температур в умовах високих навантажень, підвищеної вологості та агресивних середовищ.

За сукупністю антифрикційних, протизношувальних і антизадирних властивостей, що реалізуються в граничних шарах контакту мастила з поверхнею металу і є складною функцією їхнього складу, реологічних властивостей та їх змін в умовах експлуатації, фосфолідін зміцнює і підвищує стійкість адсорбційно-сольватного шару мастила на поверхні металу. В умовах, наближених до реальних, протизношувальні властивості мастила підвищуються на 50 %, антизадирні – у 2,1-2,4 рази за одноразового покращення захисної дії щодо чавуну, сталі і міді та зменшення вартості у 2-4 рази відносно імпорتنих аналогів.

Проведені дослідження переконливо доводять важливість використання побічних продуктів від виробництва олій для створення біоматеріалів з покращеними екологічними і експлуатаційними властивостями, відповідно до концепції сталого розвитку. Зокрема, фосфолідін, як найбільш сприятливий за сировинними ресурсами і експлуатаційними характеристиками може слугувати складовою загусника та активним додатком до мастил, призначених для змащування підшипників кочення або ковзання, моторних олів, мастильно-холодильних рідин, а також інших вузлів тертя промислового обладнання, що експлуатуються в умовах високих температур, навантажень та агресивних середовищ.

ВИСНОВКИ

1. Доведено, що за сукупністю захисних, антиокиснювальних, антифрикційних, протизношувальних і антизадирних властивостей продукт трансформації фосфатидного концентрату оксидетильованим етилендіаміном є ефективним екобезпечним додатком до мастильних матеріалів, які можуть використовуватися в підшипниках кочення чи ковзання, моторних оливах, мастильно-холодильних рідинах, а також в інших вузлів тертя промислового обладнання, що експлуатуються в умовах високих температур, навантажень та агресивних середовищ.

2. Розроблені композиції антифрикційних мастил для металургійного обладнання переважають комплексне кальційове та просте сульфатне за протизношувальними та антизадирними властивостями майже у 2 рази за одноразового покращення захисної дії щодо чавуну сталі і міді.

3. На основі позитивних стендових випробовувань розроблених антифрикційних мастил доведено можливість їх використання в якості альтернативи існуючим металургійним мастилам.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Евдокимов А.Ю., Фукс И.Г., Любинин И.А. Смазочные материалы в техносфере и биосфере.– Киев: Атика-Н.– 2012.– 290 с.
2. Анисимов И.Г., Бадыштова К.М., Бнатов С.А., Богданов Ш.К., Богданова Т.И., Борцевский С.Б., Булатников В.В., Бушуева Е.М., Гаатов К.Э., Грудников И.Б., Довгопольный Е.Е., Дубровский С.Ю., Емельянов В.Е., Ицук Ю.Л., Колесник И.О., Корох Н.И., Куцевалов В.В., Лендъел И.В., Митусова Т.Н., Назарова Т.И., Никитина Е.А., Резников В.Д., Садловникова Л.А., Фрязинов В.В., Фуфаев А.А., Хурумова А.Ф., Чередниченко Г.И., Шабалина Т.Н., Шейнина С.З., Шестаковская Т.В., Шехтер Ю.Н., Энглин Б.А. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник / Под ред. Школьников В.М. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: ИЦ «Техинформ». – 1999. – 596 с.
3. Jering A., Günther J., Raschka A., Carus M., Piotrowski S., Scholz L. Use of renewable raw materials with special emphasis on chemical industry // ETC/SCP.– 2010, report 1.– P.1.
4. Кузишин О. В., Сіренко Г. О., Сіренко О. Г., Джуренко Н. І., Паламарчук О. П., Сав'як О.Л. Матеріали на основі рослинних олій для контактних поверхонь твердих тіл під час тертя та зношування (огляд) // Фізика і хімія твердого тіла.– 2009.– Т. 10, № 4.– С. 905.
5. Железный Л.В., Мартынюк Н.А., Папейкин А.А. Курбатова МВ., Любинин Й.А. Определение механической стабильности высокотемпературных антифрикционных смазок / Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2007. – №5. – С. 34–36.
6. Ischuk Yu.L., Kravchenko A.R. Dinacorrotest A Quantitative Rapid Method to Evaluate Protective Properties of Greases Under Dynamic Conditions // NLGI Spokesman. – 1992. – V.56, N 9. – P. 12-358 – 16-362.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2018

О. И. Сафронов, А. А. Папейкин, И. А. Венгер, Л. Ю. Бодачевская

Институт биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины,
ул. Мурманская 1, г. Киев, 02660, Украина, e-mail: safronov-o@yandex.ru

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ АНТИФРИКЦИОННАЯ СМАЗКА НА ОСНОВЕ ПРОДУКТА ТРАНСФОРМАЦИИ ФОСФАТИДНОГО КОНЦЕНТРАТА

В работе изучена возможность использования отходов масличного производства – фосфатидного концентрата в качестве сырьевой базы для получения смазок. При решении поставленной задачи разработана методика получения высокотемпературной металлургической смазки на основе фосфатидного концентрата путём амидирования N,N-бис(2-гидроксиэтил)этилендиамином с последующей карбонатацией. Результаты испытаний полученных смазок свидетельствуют о целесообразности использования фосфатидного концентрата в качестве сырья для производства смазочных материалов.

Ключевые слова: фосфатидный концентрат, амидирование, карбонатация, металлургические смазки, эксплуатационные свойства.

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

METALLURGICAL ANTIFRICTION GREASE ON BASIS OF THE TRANSFORMED PRODUCT OF PHOSPHATIDE CONCENTRATE

The possibility of using oilseed waste as a raw material base for obtaining high-temperature greases was studied. Due to the easy availability of research material, phosphate concentrate, which is the main waste production of vegetable oil production, is selected. In addition, the use of phosphatide concentrate, because of its biological origin, solves problems associated with the influence of lubricants on the environment. In solving the problem, a method for obtaining high-temperature metallurgical grease based on a phosphatide concentrate in two stages was developed. In the first stage, the phosphatidic concentrate was subjected to amidation of N,N'-bis(2-hydroxyethyl)ethylenediamine, to produce of additive for lubricating material. Modified phosphate concentrate behaves as a non-ionogenic surfactant in alkaline and neutral media and as a cationic surfactant in acidic medium. This additive forms an unusual micellar structure in oil solutions, actively solubilizes water and other hydrophilic components, and due to the amphiphilic structure and adhesion on metal surfaces forms a solid adsorption layer, which prevents the course of corrosion processes and improves the tribological characteristics of lubricating material. In the second stage, this additive was mixed with petroleum oil, a hydrocarbon solvent, a promoter, and alkaline earth metal hydroxide, carbonization was performed and a thickener of greases was formed. The tests of rheological and tribological, properties of the obtained greases and their comparison with the properties of commodity metallurgical greases have been performed. It is shown that according to the basic parameters obtained products have revealed better main properties than commodity greases. The obtained results indicate the expediency of using a phosphatide concentrate as a raw material for the production of lubricants.

Key words: phosphatide concentrate, amidations, carbonatation, metallurgical greases, operational properties.

REFERENCES

1. Evdokimov A.YU., Fuks I.G., Lyubinin I.A. *Smazochnyye materialy v tekhnosfere i biosfere* Kiyev, Atika-N, 2012, 290 p. (in Russian).
2. Anisimov I.G., Badyshtova K.M., Bnatov S.A., Bogdanov Sh.K., Bogdanova T.I., Borshhevskij S.B., Bulatnikov V.V., Bushueva E.M., Gaitov K.Je., Grudnikov I.B., Dovgopolyj E.E., Dubrovskij S.Ju., Emel'janov V.E., Ishhuk Ju.L., Kolesnik I.O., Koroh N.I., Kucevalov V.V., Lend'el I.V., Mitusova T.N., Nazarova T.I., Nikitina E.A., Reznikov V.D., Sadlovnikova L.A., Frjazinov V.V., Fufaev A.A., Hurumova A.F., Cherednichenko G.I., Shabalina T.N., Shejнина S.Z., Shestakovskaja T.V., Shehter Ju.N., Jenglin B.A. *Topliva, smazochnyye materialy, tekhnicheskiye zhidkosti. Assortiment i primeneniye*. Spravochnik. Pod red. Shkol'nikova V.M. Izd. 2-ye pererab. i dop. Moscow, ITS «Tekhinform», 1999, 596 p. (in Russian)
3. Jering A., Günther J., Raschka A., Carus M., Piotrowski S., Scholz L. *Use of renewable raw materials with special emphasis on chemical industry ETC/SCP*, 2010, report 1, pp.1-58.
4. Kuzishin O.V., Sirenko G.O., Sirenko O.G. Djurenko N.I., Palamarchuk O.P., Savyak O.L. *Mastil'ni materialy na osnovi roslinnikh oliy dlya kontaktikh poverkhon' tverdikh til pid chas tertya ta znoshuvannya (oglyad)*. Fizika i khimiya tverdogo tila, 2009, vol. 10, no 4, pp. 905-918. (in Ukraine).
5. Zheleznyy L.V., Martynyuk N.A., Papeykin A.A., Kurbatova M.V., Lubinin I.A. *Opredeleyeniye mekhanicheskoy stabil'nosti vysokotemperaturnykh antifriktsionnykh smazok*. Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompaniy, 2007, no 5, pp. 34–36. (in Russian)
6. Ischuk Yu.L., Kravchenko A.R. *Dinacorrotest – A Quantitative Rapid Method to Evaluate Protective Properties of Greases Under Dynamic Conditions*. NLGI Spokesman, 1992, vol. 56, no 9, pp. 12-358 – 16-362.