



ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

**Х Ювілейної Міжнародної науково-практичної
інтернет-конференції здобувачів вищої освіти
та молодих учених**

«ХІМІЯ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

ТОМ II

23-24 листопада 2021

м. Дніпро

УДК 54(06)

X 46

*Друкується за рішенням Вченої Ради ДВНЗ УДХТУ
(протокол № 10 від 28.10.2021р.)*

ISBN 978-617-7478-62-0

X Ювілейна Міжнародна науково-практична інтернет-конференція здобувачів вищої освіти та молодих учених «Хімія та сучасні технології» / тези доповідей, 23-24 листопада. – У 6-и томах. – Т. II. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ. – 2021. – 170 с.

Режим доступу: <https://udhtu.edu.ua/studentskinaukovizahodu>

В збірнику надані тези доповідей X Ювілейної Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Хімія та сучасні технології», присвяченої вирішенню сучасних та актуальних питань органічної хімії, технології органічних речовин і фармацевтичних препаратів, хімії і технології паливно-мастильних, полімерних, поліграфічних матеріалів, харчових продуктів.

Збірка розрахована для використання робітниками та фахівцями хімічних, паливно-мастильних, полімерних, поліграфічних, харчових виробництв та аспірантами, студентами відповідних галузей знань (спеціальностей).

УДК 54(06)

ISBN 978-617-7478-62-0

© ДВНЗ УДХТУ

ЗМІСТ

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ, ТЕХНОЛОГІЯ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН І ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

ORGANIC CHEMISTRY, TECHNOLOGY OF ORGANIC SUBSTANCES AND PHARMACEUTICALS

KINETICS OF COMBINED PROCESSES IN AQUEOUS SOLUTION OF DIMETHYL SULFOXIDE <i>Abdulhadi S.A., Tulska A.G., Synkevich I.V.</i>	11
FACTORS DETERMINING THE REDUCTION OF THE INVERSION BARRIERS OF N-SULFENYLIMINES VERSUS N-ALKYLIMINES <i>Kutsik-Savchenko N.V., Lib A.S., Chertykhina Y.A., Lebed O.S.</i>	14
THE INFLUENCE OF HYALURONIC ACID MOLECULAR MASS ON THE VISCOUS - FLOW PROPERTIES OF ITS AQUEOUS SOLUTIONS <i>Saitarly S., Pushkarev Yu., Kravchenko I.</i>	19
ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ СИНТЕЗ БІОЛОГІЧНО АКТИВНОГО ПРЕПАРАТУ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСУ ЗОЛОТА (I) <i>Вовк А.О., Смірнова О.Л.</i>	21
ЗЕЛЕНИЙ МЕТОД СИНТЕЗУ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА ЗА ВИКОРИСТАННЯМ ЕВГЕНОЛУ ГВОЗДИКИ <i>Городнюк О.О.</i>	24
СИНТЕЗ НОВИХ ПОХІДНИХ КСАНТЕНУ <i>Ковтун А.В., Варениченко С.А., Фарат О.К., Марков В.І.</i>	26
СУМІЩЕНІ АНОДНІ ПРОЦЕСИ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ ГЕКСАМІНУ <i>Павлов Б.В., Тульський Г.Г., Коваленко Ю.І., Задорожня Т.В.</i>	28
НОВІ ПОХІДНІ N-(5-МОРФОЛІНО-2-(АРИЛАМІНО)ІМІДАЗО[2,1- В][1,3,4]ТІАДІАЗОЛ-6-ЇЛ)КАРБОКСАМІДІВ <i>Павлова В.В., Задорожній П.В., Кисельов В.В., Харченко О.В.</i>	30
ПРОТОНО- ТА ГАЛОГЕНОІНІЦІЙОВАНИЙ СИНТЕЗ ЛІНІЙНИХ ТА АНГУЛЯРНИХ ПІРОЛОХІНАЗОЛІНОНІВ <i>Савінчук Н.О., Васькевич А.І., Васькевич Р.І., Вовк М.В.</i>	32
ВИРОБНИЦТВО ВАКЦИНИ ДЛЯ ПРОФІЛАКТИКИ КРАСНУХИ (ЖИВА) <i>Скобелєва С.Р.</i>	35

АДИТИВНЕ ВИРОБНИЦТВО ВИРОБІВ НА ОСНОВІ АКРИЛОВИХ ПОЛІМЕРІВ <i>Слєпцов І.О., Савченко Б.М., Слєпцов О.О.</i>	39
НОВЕ ПЕРЕГРУПУВАННЯ П'ЯТИЧЛЕННИХ ГЕМІНАЛЬНИХ ДИГЕТЕРОАТОМНИХ СИСТЕМ (-N-C-N-) ПІД ДІЄЮ РЕАГЕНТУ ВІЛЬСМАЙЄРА-ХААКА <i>Сметанін М.В., Залізна К.В., Варениченко С.А., Фарат О.К., Марков В.І.</i> ..	41
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДОПІДГОТОВКИ НА ФАРМАЦЕВТИЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ З ЗАСТОСУВАННЯМ ОЗОНАТОРНОЇ УСТАНОВКИ <i>Фещенко Є.Я. Фещенко Н.В.</i>	43
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДОПІДГОТОВКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ УЛЬТРОФІОЛЕТОВОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ФАРМАЦЕВТИЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ <i>Фещенко Є.Я. Фещенко Н.В.</i>	47
ЗАЛЕЖНІСТЬ ПІРАМІДАЛЬНОСТІ АТОМІВ НІТРОГЕНУ ВІД ЕЛЕКТРОННИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В ПОХІДНИХ АМОНІАКУ <i>Чертихіна Ю.А., Ліб О.С., Куцик-Савченко Н.В., Лебідь О.С.</i>	50
ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ СИНТЕЗ ПЕРОКСИСПОЛУК ПРИ ЕЛЕКТРОЛІЗІ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ МОЛОЧНОЇ КИСЛОТИ <i>Шубін О.І., Тульський Г.Г., Шахін І.Х., Задорожня Т.В.</i>	54

ХІМІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ, ПОЛІМЕРНИХ, ПОЛІГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF FUELS, LUBRICANTS, POLYMERS, PRINTING MATERIALS AND FOOD PRODUCTS

NEW TECHNOLOGY OF TUBULAR PRODUCTS FORMATION ON THE BASIS OF COMPOSITE HYDROGELS <i>Berezhnyy B., Grytsenko O., Baran N.</i>	59
INFLUENCE OF COMPONENTS ON POLYMER COMPOSITION <i>Kudryavtsev A. V.</i>	62
РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ МАЙОНЕЗНОГО СОУСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ДОБАВОК <i>Голуб Л. С., Левченко О.П., Страшкіна Н.В., Свириденко Л.В.</i>	64

УТИЛІЗАЦІЯ ГУМОВИХ ВІДХОДІВ МЕТОДОМ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПІРОЛІЗУ <i>Гринишин К.О., Скорохода В.Й.</i>	66
АДИТИВНЕ ВИРОБНИЦТВО ЕЛАСТИЧНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ ПВХ ПЛАСТИЗОЛЮ <i>Дебелий Б.С., Савченко Б.М., Слєпцов О.О.</i>	68
ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДО МИТТЯ ТА ОЧИСТКИ ІНТЕР'ЄРНОЇ ВОДНО-ДИСПЕРСІЙНОЇ ФАРБИ <i>Димура В.В., Голуб Л. С.</i>	70
ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ МОДИФІКАТОРІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ НА ТЕХНОЛОГІЧНЕ СТАРІННЯ БІТУМУ <i>Донченко М.І.</i>	72
ТЕРМОСТАРІННЯ ТРИАЦЕТАТЦЕЛЮЛОЗНИХ ПЛІВОК В ПРИСУТНОСТІ ОЛІГОУРЕТАНДІОЛІВ <i>Жилічева А.О., Кузьменко М.Я., Шапка В.Х., Кузьменко О.М.</i>	74
ВПЛИВ ПРИСАДОК РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ НА НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ ПАЛИВА <i>Замікула К.О., Тертишина О.В.</i>	77
РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ МОДИФІКАЦІЇ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ПАЛИВ СИЛОВИМИ ПОЛЯМИ <i>Зінченко Р.О., Матвєєва О.Л.</i>	82
КОМПЛЕКСНІ СУМІШІ ЕМУЛЬГАТОРІВ ДЛЯ КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ <i>Земелько М.Л., Голуб Л. С.</i>	85
ЗНЕВОДНЕННЯ ВИСОКОСМОЛИСТОЇ НАФТИ БУГРІВАТІВСЬКОГО РОДОВИЩА НАФТОРОЗЧИННИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ ДЕЕМУЛЬГАТОРІВ <i>Іващенко Р.В., Топільницький П.І.</i>	87
ВІДХОДИ ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ ЯК ПЕРСПЕКТИВНІ МАТЕРІАЛЬНІ РЕСУРСИ <i>Івахненко О.М., Філінська Т.Г., Філінська А.О.</i>	90
ОЛИВИ ТА УМОВИ ЇХ РОБОТИ У СИСТЕМІ ЗМАЩУВАННЯ ГЕЛІКОПТЕРІВ <i>Калмикова Н. Г., Єфименко В. В.</i>	92

НОВИЙ АНТИФРИЗ БЕЗПЕЧНИЙ ДЛЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА <i>Кенюх Д.В., Плахотин К.О., Банник Н.Г., Ковальов С.В.</i>	94
СРІБЛОВМІСНІ ОСТЕОПЛАСТИЧНІ НАНОКОМПОЗИТИ <i>Кисіль Х.В., Дудок Г.Д., Семенюк Н.Б., Скорохода В.Й.</i>	95
СТРУКТУРА ТА ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛОВОГО СПИРТУ ТА МОНТМОРИЛОНІТУ <i>Красінський В.В., Іванух О.О.</i>	97
ОСОБЛИВОСТІ МОРФОЛОГІЇ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ БІОДЕГРАДАБЕЛЬНИХ ПОЛІЛАКТИДНИХ МАТЕРІАЛІВ <i>Куліш Б.І., Кечур Д.І., Масюк А.С., Левицький В.Є.</i>	99
ОДЕРЖАННЯ МЕТАЛОНАПОВНЕНИХ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛХЛОРИДУ <i>Кучеренко А.М., Нікітчук О.Г.</i>	101
КОАЛЕСЦЕНТИ ВОДНОДИСПЕРСІЙНИХ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ІОНОГЕННИХ ПОХІДНИХ ДІЕТАНОЛАМІН БОРАТУ <i>Левченко Є.П., Свердліковська О.С., Черваков Д.О., Черваков О.В.</i>	103
БАЗАЛЬТОПЛАСТИКИ З ПІДВИЩЕНИМ РІВНЕМ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ <i>Лесич А.В., Кузьменко М.Я., Баиштанік П.І.</i>	109
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІН ЯКОСТІ СВІТЛИХ НАФТОПРОДУКТІВ В УМОВАХ ДОВГОТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ <i>Матвєєва О.Л., Вовк Ю.О., Нілов О.Є.</i>	111
ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІЛАКТИДУ <i>Науменко О.О., Кабат О.С.</i>	116
ВУГЛЕЦЕВИЙ ЗАЛИШОК ПРОЦЕСУ ПІРОЛІЗУ ЯК НАПОВНЮВАЧ ГУМОВИХ ВИРОБІВ <i>Осташко І.О., Ілющенко А.А., Ягольнік О. В.</i>	118
СИНТЕЗ ТА ВЛАСТИВОСТІ ДЕКСТРАНМЕТАКРИЛАТНИХ ГІДРОГЕЛІВ <i>Панченко Ю.В., Лапіна А.М., Дончак В.А.</i>	119
КІНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВУЛКАНІЗАЦІЇ ПОЛІДІЄНІВ <i>Панфілова О.А., Соколова Л.О., Овчаров В.І.</i>	121

ПОКРАЩЕННЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОЛИВ ДЛЯ ФОРСОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ДВИГУНІВ <i>Поліщук В.В., Тертишина О.В.</i>	124
ОЦІНКА МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ТА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ <i>Попитайленко Д.В., Шевченко О.Б., Кузьминський В.В.</i>	127
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ НАПІВСИНТЕТИЧНИХ МОТОРНИХ ОЛИВ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ АВТОМОБІЛІВ РЕГУЛЯРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ <i>Прокоп Р.І., Романюк Т., Червінський Т.І.</i>	131
ФУНКЦІОНАЛЬНІ ДОБАВКИ З ПЛОДІВ АВОКАДО <i>Проніна М.С., Філінська Т.Г., Філінська А.О.</i>	133
СТВОРОЕННЯ БІОРОЗКЛАДАНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІБУТИЛЕНАДІПАТТЕРЕФТАЛАТУ <i>Пушкарьов Д.В., Савченко Б.М., Сова Н.В.</i>	135
СТВОРЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ ГІБРИДНИХ СТРУМОПРОВІДНИХ ПОКРИТТІВ <i>Свістільнік Р.Ф., Савченко Б.М., Федорів Т.Р.</i>	137
КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ТЕРМОСТІЙКИХ ПОЛІМЕРІВ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ <i>Ситар В.І., Кабат О.С., Пікула І.І., Кудрявцев А.В.</i>	139
ОЦІНЮВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНЬОГО ПРОДУКТУ ПРОЦЕСУ ВІНТЕРИЗАЦІЇ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ В ЕЛАСТОМЕРАХ <i>Скрипкіна М.Д., Соколова Л.О., Овчаров В.І.</i>	141
БІОДЕГРАДАБЕЛЬНИЙ ПОЛІМЕР НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛОВОГО СПИРТУ ТА КРОХМАЛЮ <i>Стельмащук В.М., Кабат О.С., Ситар В.І.</i>	146
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСТРАКЦІЙНОГО ВИЛУЧЕННЯ РОСЛИННИХ ОЛІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОЛЯРНИХ РОЗЧИННИКІВ <i>Чижович Р.А., Іващук О.С., Семенишин Є.М., Кузьмінчук Т.А.</i>	148
ВИРОБНИЦТВО БІОДИЗЕЛЮ ШЛЯХОМ ПЕРЕЕСТЕРИФІКАЦІЇ БІОМАСИ ВОДОРОСТЕЙ РОДУ <i>ZOSTERA</i> ТА <i>CHLORELLA</i> <i>Шипілова А.Ю.</i>	155

ШЛЯХИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА АЛКІДНИХ ЕМАЛЕЙ <i>Шищенко О. С., Голуб Л. С.</i>	160
НАПОВНЕНІ КОМПОЗИЦІЙНІ ПЛІВКИ НА ОСНОВІ ТРИАЦЕТАТУ ЦЕЛЮЛОЗИ <i>Федорчук Н.П., Шапка В.Х.</i>	162
МОДИФІКАЦІЯ ТРИАЦЕТАТЦЕЛЮЛОЗНИХ КОМПОЗИЦІЙ ОЛІГОУРЕТАНДІОЛАМИ <i>Хотинець Б.О., Кузьменко М.Я., Шапка В.Х., Кузьменко О.М.</i>	164
ШЛЯХИ ПЕРЕРОБКИ ВАЖКИХ ВИСОКОСІРЧИСТИХ <i>Ярмола Т.В., Топільницький П.І., Романчук В.В.</i>	168

**ОРГАНІЧНА ХІМІЯ,
ТЕХНОЛОГІЯ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН І
ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ**

**ORGANIC CHEMISTRY,
TECHNOLOGY OF ORGANIC SUBSTANCES
AND PHARMACEUTICALS**

KINETICS OF COMBINED PROCESSES IN AQUEOUS SOLUTION OF DIMETHYL SULFOXIDE

Abdulhadi S.A., Tulska A.G., Synkevich I.V.

e-mail: fuel.khpi@gmail.com

National technical university "Kharkiv polytechnic institute"
Kharkiv, Ukraine

Dimethyl sulfoxide (DMSO) is a feedstock for a large number of organic substances syntheses. Nowadays research is considerably focused on the production of general products of DMSO oxidation – dimethyl sulfone (DMS) and methane sulfonic acid (MSA). DMSO is indefinitely soluble in water. The dipole moment of DMSO is $13.21 \cdot 10^{-30}$ KJ·m (3.96 D), at which point it can be considered an aprotic bipolar solvent with high dielectric constant ($\epsilon = 46.7$). Sulfur has an unshared pair of electrons in the DMSO molecule [1, 2], which makes it a participant of anodic reactions at high anode potentials. During the anodic process sulfur (IV) DMSO is easily oxidized to sulfur (VI) DMS.

DMS is well-known as a food supplement for the treating and strengthening of human joints and ligaments. DMS is basically synthesized by oxidation of DMSO in hot 30 % hydrogen peroxide in glacial acetic acid. Synthesis is accompanied by significant losses of hydrogen peroxide, the target product has to be significantly purified [1, 2]. At higher oxidation potentials, DMSO and DMS are oxidized to MSA. The initiators of the oxidation of DMSO and DMS are: concentrated sulfuric acid, peroxides, acetic anhydride, ozone, ultraviolet radiation [3 – 6].

Anodic processes in DMSO water solutions were studied by voltammetry at a potentiostat P-45X. The study was performed in a three-electrode cell. As an anode there was used a platinum plate with the reaction surface 2.6 cm^2 . The reverse side of the platinum plate and the drain were insulated with epoxy resin. The cathode was a platinum plate of a similar plane. The reference silver chloride electrode contacted the main electrode by means of the Lugin capillary through a glass key.

Aqueous solutions were prepared using chemically pure DMSO and distilled water. After that chemically pure sulfuric acid was added to the solution. The temperature of electrochemical studies was 291...293 K. The oxidation products were analyzed by IR spectrometry.

Study of kinetics of anodic processes at platinum electrode was performed in the DMSO concentration range about $1.0 \dots 4.0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Current raise was observed at potentials that are more positive than 1.3...1.4 V. At such potentials platinum anode is covered with a layer of platinum oxides, oxygen is released according. To get DMSO oxidized to DMS it is necessary to reach the potential of peroxide radicals formation. Particularly for hydrogen peroxide those potential have to be higher than 1.78 V.

Dissolved sulfuric acid ($0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) was added in order to inhibit the oxygen release and achieve the potential for the formation of peroxide radicals in aqueous solutions of DMSO. It is known that sulfate ions are adsorbed on the surface of the platinum anode, displacing molecules of protonated water. This allows to shift the potentials and increase of the electrolysis current in $0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$ to $1.7 \dots 1.9 \text{ V}$. It indicates the processes of formation of peroxide radicals on the surface of the platinum anode.

During the electrolysis of aqueous solutions of $1.0 \dots 4.0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ DMSO with the addition of $0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$, raise of electrolysis current begins at $1.4 \dots 1.5 \text{ V}$. As the concentration of DMSO increases, the rise of potential of distribution of DMSO molecules into the anode layer decreases.

Hydroxyl radicals adsorbed on the platinum anode are highly active at potentials of $1.4 \dots 1.5 \text{ V}$ [7, 8]. They can take part both in the formation of oxygen and in the oxidation of dipole DMSO molecules adsorbed on the platinum surface. The ultimate current density is reaches when the potentials reach $1.78 \dots 1.80 \text{ V}$. The value of the limiting anode current density also depends on the DMSO concentration. Thus, for $1.0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ DMSO, by adding $0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$, the limit density of the anode current is $32 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$, and for $4.0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ DMSO, by adding $0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$, – $55 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$. A further increase in the concentration of DMSO in the electrolyte does not increase the limiting anode current density. This can be explained by the complete displacement of protonated water molecules from the surface of the platinum anode and the disappearance of the source of formation of hydroxyl groups.

Further shift of the anode potential into more positive area than $2.00 \dots 2.05 \text{ V}$ leads to a rapid increase in current density. At such potentials, DMSO and DMS are oxidized to MSA with a parallel oxygen and hydrogen peroxide release. Significant influence of adsorption processes on the kinetics of anode processes at the platinum anode, at high anode potentials, depending on the DMSO concentration is presented at the figure.

For an aqueous solution of DMSO, with a concentration of $1.0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, on the Current–voltage lines in the Tafel coordinates, 3 sites with electrochemical kinetics are observed. They consistently correspond to oxygen release area; release of hydrogen peroxide and oxidation of DMSO to DMS; oxidation of DMSO and DMS to MSA. When the concentration of the aqueous solution of DMSO reaches $2.0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, the anode processes in the second and third sections of the Current–voltage lines depolarize by approximately 200 mV . Oxygen release potentials increased by $40 \dots 50 \text{ mV}$ due to the increasing participation of DMSO molecules in adsorption processes at the platinum anode.

A further increase in the concentration of the aqueous solution of DMSO to $4.0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ leads to an increase in the anode potentials, in comparison with the aqueous solution of DMSO $2.0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, by $150 \dots 160 \text{ mV}$. Oxidation of DMSO is combined with the release of oxygen.

Nevertheless conducted research does not allow to determine the operating ranges of concentration of aqueous solutions of DMSO and current densities for each of the studied combined processes.

The next stage of research should be balance studies with the determination of the current output for each of the processes for the studied concentrations of aqueous solutions of DMSO and areas of potentials corresponding to electrochemical control.

Conclusions. Current–voltage study has shown that the oxidation of DMSO in aqueous solutions runs through the formation of DMS. When conducting electrochemical synthesis with control of the anode potential, it is possible to produce DMS without further oxidation to MSA. The addition of $0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$ to aqueous DMSO solutions inhibits oxygen release and intensifies oxidation of dipole DMSO molecules adsorbed on the platinum surface. The influence of adsorption processes on the kinetics of anode processes at the platinum anode in aqueous solutions of DMSO at high anode potentials has been studied.

References

1. Belen'kij L.I. Himiya organicheskikh soedinenij sery. Obshchie voprosy. – M.: Himiya, 1988. – 320 p.
2. Nejland O.YA. Organicheskaya himiya: uchebnik dlya him. spec. vuzov. – M.: Vyssh. shk., 1990. – 751 p.
3. Dutka V.S. Kinetika okisleniya sul'foksidov peroksikislotami. Ukr. him. zhurn. – 1997. – T. 63, № 1. – pp. 51 – 54.
4. CHoban A.F. Okislenie dimetilsul'foksida peroksidom vodoroda v prisutstvii KON. ZHurn. obshch. himii. – 2008. – T. 78, № 11. – pp. 1838 – 1842.
5. Yoshibo O. Kinetics of the oxidation of dimethyl sulfoxide with aqueous hydrogen peroxide catalyzed by sodium tungstates. Can. J. Chem. – 1981. – Vol. 59. – pp. 718 – 722.
6. Gernon M. D. Environmental benefits of methanesulfonic acid. Comparative properties and advantages. / M. D. Gernon, M. Wu, T. Buszta, P. Janney // Green Chem. – 1999, – Vol. 1, – pp. 127 – 140.
7. Bilous T.A., Obruntuvannya viboru promotoriv utvorenniya peroksogrup dlya elektrohimichnogo sintezu peroksiotovoї kisloti / T.A. Bilous, A.G. Tul's'ka, I.H. SHahin, S.O. Samojlenko // Visnik NTU «HPI». Seriya: Himiya, himichna tekhnologiya ta ekologiya, – 2018. – № 39 (1315). – pp. 14 – 18.
8. Bilous T.A Obruntuvannya skladu elektrolitu dlya elektrohimichnogo sintezu peroksiotovoї kisloti / T.A. Bilous, G.G. Tul's'kij, O.L. Matrunchik // Visnik NTU «HPI». Seriya: Himiya, himichna tekhnologiya ta ekologiya, – 2017. – № 49 (1270). – pp. 10 – 14.

FACTORS DETERMINING THE REDUCTION OF THE INVERSION BARRIERS OF N-SULFENYLMIMINES VERSUS N-ALKYLMIMINES

Kutsik-Savchenko N.V., Lib A.S., Chertykhina Y.A., Lebed O.S.

e-mail: organiknv@gmail.com, alexlib97@ukr.net, juliya4ertisha@gmail.com,
lebedolegs@gmail.com

*SHEI Ukrainian State University of Chemical Technology
Dnipro, Ukraine*

We have shown that electronegativity of the XH_n substituent has the main influence on the inversion barriers in imines $H_2C=NXH_n$ ($XH_n = H, CH_3, NH_2, OH, F, SiH_3, PH_2, SH, Cl$) [1,2]. Intramolecular interactions are of secondary importance and promote the increase in the inversion barriers with the rise in electronegativity of the XH_n substituents containing elements of the second period (except C) and their decrease for the XH_n substituents containing elements of the third period (except Cl).

At the same time, the sharp decrease in the inversion barriers of N-sulfenylimines in comparison with N-alkylimines deserves special attention. For example, the experimentally determined inversion barrier of N-(methylsulfenyl)imine of mesoxalic ester (66.8 kJ mol^{-1} [3]) is lower than the inversion barrier of corresponding N-ethylimine ($101.7 \text{ kJ mol}^{-1}$ [4]) by 34.9 kJ mol^{-1} , despite the close electronegativities of sulfur (2.44) and carbon (2.5) atoms as well as the comparable volumes of N-substituents and the repulsion between the nitrogen and sulfur lone pairs. The observed decrease in the inversion barriers was a priori explained by the interaction of the nitrogen lone pair with the 3d-orbitals of the sulfur atom (the $nN \rightarrow 3dS$ interaction or $(p-d)\pi$ -conjugation) and/or with the antibonding orbital of the S–X bond (the $nN \rightarrow \sigma^*_{S-X}$ interaction) [5].

In the theoretical study of the electronic structure of N-sulfenylformaldimines $H_2C=NSZ$ ($Z = H, CH_3, F, Cl, BH_2$) [6] the presence of the $nN \rightarrow 3dS$ and $nN \rightarrow \sigma^*_{S-Z}$ interactions was confirmed and the conjugation of the sulfur lone pair with antibonding orbital of the C=N bond (the $n_\pi S \rightarrow \pi^*_{C=N}$ interaction) was found. These interactions increase in the transition state (TS) of the inversion and conceivably lead to a decrease in the inversion barriers of N-sulfenylimines in comparison with the corresponding N-alkylimines.

Despite various assumptions about the reasons for the decrease in the inversion barriers of N-sulfenylimines as compared to N-alkylimines – $(p-d)\pi$ -conjugation, the negative hyperconjugation $nN \rightarrow \sigma^*_{S-X}$, the $n_\pi S \rightarrow \pi^*_{C=N}$ interaction or other unaccounted factors – today there is no single point of view on the problem under consideration. The relative influence of these factors on the inversion barriers was hardly discussed.

In this work as the subject of the study we selected N-alkylimines I, III and isoelectronic N-sulfenylimines II, IV (Table), in which the steric effect of the substituents at the nitrogen atom on the inversion barriers is minimal. All

calculations were made using the DFT method (B3LYP/6-311+G(d,p) [7]) by means of the software package Firefly 8.2.0 [8]. Geometry optimizations were performed for all systems. The obtained wave functions were analyzed in terms of Natural Bond Orbital method using the program NBO 5.9 [9] which is implemented in the Firefly 8.2.0 package.

The inversion barriers of the imines I-IV ($\Delta E_i^\ddagger$) have been calculated as the difference between the energies of the transition and ground (GS) states. The main energy parameters of imines I-IV are given in table. The decrease in the $\Delta E_i^\ddagger$ values when replacing the methylene group with the sulfur atom at the nitrogen (by 28.3 and 34.6 kJ mol⁻¹ for imines I, II and III, IV, respectively) agrees with the decrease in experimentally determined barriers for the single-type N-alkylimines and N-sulfenylimines [3-5].

Energy parameters of imines H₂C=NR

Imine	R	State	E, a.u.	$\Delta E_i^\ddagger$, kJ mol ⁻¹
I	CH ₃	GS	-133.9855141	117.9
		TS	-133.9406251	
II	SH	GS	-492.8675073	89.6
		TS	-492.8333859	
III	CH ₂ CH ₃	GS	-173.3132320	115.7
		TS	-173.2691625	
IV	SCH ₃	GS	-532.1954774	81.1
		TS	-532.1645939	

Taking into account the almost equal electronegativities of the carbon and sulfur atoms and the close volumes of substituents at the nitrogen atom (the conformational energies of sulfenyl substituents are even lower than those of alkyl substituents!). We come to the obvious conclusion that the intramolecular interactions make the main contribution to the reduction of the inversion barriers of sulfenylimines.

The influence of the intramolecular interactions on the inversion barriers in imines I-IV has been estimated using the approach given in the paper [10].

All analyzed interactions were divided into 7 groups. Every group includes the alternative donor-acceptor and repulsive interactions of the molecular orbitals of the same bonds. They are the interactions of the nitrogen lone pair with orbitals of C(S)–C(H) bonds and with the sulfur lone pairs for the group 1; with the Rydberg orbital of atom attached to the nitrogen for the group 2; with the methylene group orbitals for the group 3. They are the interactions of orbitals of N–C(S) bonds with the methylene group orbitals for the group 4; the interactions between orbitals of C=N and N–C(S) bonds for the group 5; the interactions between the orbitals of C=N and C(S)–C(H) bonds for the group 6; the interactions between the sulfur lone pairs and orbitals of C=N bond for the group 7. The energies of the donor-acceptor interactions, which stabilize the GS

and TS, were taken with a minus sign and the energies of the repulsive interactions, which destabilize these states, were taken with a plus sign.

Analysis of the data of group 1 shows the increase in the energies of the $nN \rightarrow \sigma^*_{C-H(C)}$ and $nN \rightarrow \sigma^*_{S-H(C)}$ interactions in the TS which contributes to the reduction in the inversion barriers of imines I-IV. However, the differences between the energies of the $nN \rightarrow \sigma^*_{S-H(C)}$ interactions in the transition and ground states for imines II, IV (δE) are a little more than between the energies of similar $nN \rightarrow \sigma^*_{C-H(C)}$ interactions for imines I, III (the δE values are -58.3, -58.4 and -52.7, -49.6 kJ mol⁻¹, respectively). Therefore, the $nN \rightarrow \sigma^*_{S-H(C)}$ interactions must lead to the decrease of the inversion barriers of the imines II, IV as compared to the imines I, III (the $\Delta\delta E$ values are -5,6 and -8,8 kJ mol⁻¹, respectively). The substitution of methylene group by sulfur atom leads to the appearance of $nN \leftrightarrow \sigma_{S-H(C)}$ and $nN \leftrightarrow nS$ interactions instead of $nN \leftrightarrow \sigma_{C-H(C)}$ interactions, which rise in the TS and contribute to the increase of the inversion barriers. As a result, the total energies of the interactions of group 1 for imines I, II and III, IV are nearly equal. Accordingly, interactions from group 1 do not affect the change of the inversion barriers of imines II, IV relative to imines I, III. Thus, the interactions of $nN \rightarrow \sigma^*_{S-X}$ type cannot be the reason for the observed decrease in the inversion barriers of the N-sulfenylimines as compared to the N-alkylimines.

The $nN \rightarrow RY^*_{C(H_2C)}$ and $nN \rightarrow RY^*_C$ interactions (group 2) decrease in the TS and contribute to the increase in the inversion barriers of N-alkylimines I, III. At the same time, $nN \rightarrow RY^*_S$ interactions increase in the TS and contribute to the decrease in the inversion barriers of N-sulfenylimines II, IV. In general, the interactions of group 2 reduce the inversion barriers of imines II, IV in comparison with imines I, III by about 30 kJ mol⁻¹.

The interactions of group 3 must lead to the decrease in the inversion barriers of N-alkylimines I, III relative to N-sulfenylimines II, IV by 41.3 and 32.9 kJ mol⁻¹, respectively. This influence is mainly caused by the larger efficiency of the $nN \rightarrow \sigma^*_{C-H(H_2C)}$ interactions in imines I, III because of the higher energies of the nitrogen lone pair.

In general, when the methylene group is replaced by the sulfur atom at the nitrogen, the change in the total energies of the donor-acceptor and repulsive interactions between the nitrogen lone pair and the orbitals of neighboring atoms and bonds (groups 1-3) for imines III and IV is insignificant and amounts to 0.8 kJ mol⁻¹.

The interactions from group 4 also contribute to the decrease in the inversion barriers of N-alkylimines I, III as compared to N-sulfenylimines II, IV, that is, they lead to relative increase in the inversion barriers of the latter.

The interactions of group 5 also promote the relative decrease of the inversion barriers of N-alkylimines I, III in comparison with N-sulfenylimines II, IV by 9.4 and 10.3 kJ mol⁻¹, respectively.

In general, the total effect of the interactions of groups 1-5 must leads to the increase in the inversion barriers of the N-sulfenylimines as compared to isoelectronic N-alkylimines by 31.9 and 17.1 kJ mol⁻¹ for imines II, I and IV, III, respectively.

The interactions of groups 6 and 7 in a certain sense are analogous and antagonistic. There are the interactions between the orbitals of C=N σ - and π -bonds and the orbitals of C–H(C) and S–H(C) bonds of N-substituents in group 6. These interactions are insignificant in N-sulfenylimines II, IV. Whereas group 7 includes the interactions of the orbitals of C=N bond with the sulfur lone pairs, that are not in N-alkylimines I, III. The interactions of group 6 because of the dominant stabilization of the transition states further the substantially decrease in the inversion barriers of N-alkylimines I, III in comparison with N-sulfenylimines II, IV by 47,5 and 54,2 kJ mol⁻¹. At the same time, the interactions of group 7 must contribute to the sharp decrease in the inversion barriers of N-sulfenylimines by 112,9 and 125,9 kJ mol⁻¹. The interactions between the sulfur lone pair and antibonding π -orbital of the C=N bond make the dominant contribution.

Obviously, the interactions of the sulfur lone pairs with the antibonding orbitals of the C=N bond ($n_S \rightarrow \sigma_{C=N}^*$ and $n_S \rightarrow \pi_{C=N}^*$) have the main influence on the decrease in the inversion barriers of N-sulfenylformaldimines II, IV as compared to N-alkylformaldimines I, III. These interactions taking into consideration the related interactions in N-alkylformaldimines promote the barriers decrease of 64.5–71.7 kJ mol⁻¹.

References

1. Chertikhina Y.A., Kutsik-Savchenko N.V., Prosyaniuk A.V. N-Proizvodnye formal'diminov: vliyaniye elektrootricatel'nosti zamestitelej i vnutrimolekulyarnykh vzaimodejstvij na bar'ery inversii atoma azota // Voprosy khimii i khimicheskoi technologii. – 2017. – No. 4. – P.37-45.
2. N-Derivatives of formaldimines: The reason for the high nitrogen inversion barriers in N-methyl- and N-chloroimine / Chertykhina Yu.A., Kutsik-Savchenko N.V., Murashevych B.V. et al. // Eur. Chem. Bull. – 2020. – Vol.9. – No. 3. – P.107-113.
3. Termicheskaya Z,E-izomerizatsiya iminov VII. N-arilsul'feniliminy acetona, mezoksalevogo efira i tetrametilmocheviny / Prosyaniuk A.V., Kutsik N.V., Koltsov N.Yu. et al. // Voprosy khimii i khimicheskoi technologii. – 2012. – No. 2. – P.14-24.
4. Alkyliminomalic acid and 2-alkyloxaziridine-3,3-dicarboxylic acid esters / Prosyaniuk A.V., Moskalenko A.S., Moretti J. et al. // Chem. Heterocycl. Compd. (N Y). – 1986. – Vol.22. – No. 4. – P.431-437.
5. Brown C., Grayson B.T., Hudson R.F. Z-E isomerisation of N-sulphenylimines // J. Chem. Soc. Perkin 2. – 1979. – No. 4. – P.427-434.

6. Bharatam P.V., Kaur A., Kaur D. Electronic structure of N-sulphenylimines // J. Phys. Org. Chem. – 2003. – Vol.16. – No. 3. – P.183-188.
7. Basis set exchange: a community database for computational sciences / Schuchardt K.L., Didier B.T., Elsethagen T. et al. // J. Chem. Inf. Model. – 2007. – Vol.47. – No. 3. – P.1045-1052.
8. Granovsky A.A. Firefly version 8.2.0 [Electronic resource]. – Access mode: <http://classic.chem.msu.su/gran/firefly/index.html>.
9. NBO 5.9 / Gledening E.D., Badenhoop J.K., Reed A.E., Carpenter J.E., Bohmann J.A., Morales C.M., Weinhold F. – Madison, WI: Theoretical Chemistry Institute, University of Wisconsin, 2012.
10. Kutsik-Savchenko N.V., Lebed O.S., Prosyanyk A.V. HN- i N-metiliminy formal'degida, acetal'degida i acetona: elektronnoe stroenie i bar'ery inversii atoma azota // Bulletin of Dnipropetrovsk University. Series Chemistry. – 2015. – Vol.23. – No. 1. – P. 21-29.

THE INFLUENCE OF HYALURONIC ACID MOLECULAR MASS ON THE VISCOUS - FLOW PROPERTIES OF ITS AQUEOUS SOLUTIONS

S. Saitarly¹, Yu. Pushkarev², I. Kravchenko³

e-mail: ¹s.v.saitarly@op.edu.ua,

²y.m.pushkarov@op.edu.ua,

³i.a.kravchenko@op.edu.ua

Odessa Polytechnic State University, Odessa, Ukraine

Hyaluronic acid (HA) is a substance with unique properties and the most demanded biopolymer used in medicine and cosmetology [1]. HA possesses antimicrobial and regenerative effects, performs the function of a structural element, provides lubrication of the moving parts of the joints, reducing their wear, plays an important role in embryogenesis, is a transmitter of signals of cell motility, etc [2, 3]. One of the most important indicators of HA, which determines the field of its application, is the value of the molecular weight [4].

The aim of the research was to establish the influence of HA molecular parameters on the viscous-flow properties of its aqueous solutions to determine the areas of effective use in drugs for various purposes. For this purpose, the rheological characteristics of low molecular weight hyaluronic acid (LMW-HA) solutions with molecular weight $M=8 \cdot 10^3$ Da and high molecular weight hyaluronic acid (HMW-HA) with molecular weight $M=1,15 \cdot 10^6$ Da (Truthful Concepts and Nutritional Integrity, USA), as well as mixtures thereof with the calculated average values $M=1 \cdot 10^4 \dots 3,9 \cdot 10^4$ Da in the concentration range of 0.0156 to 0.5 % by weight. The viscosity of dilute solutions was measured by capillary viscometry on an Ubbelohde viscometer. The rheological characteristics of the solutions were determined with rotary viscometer "Reotest-2" with coaxial cylinder system with a ratio of their radii of 1.02.

The forces of intermolecular interaction in hyaluronic acid dilute solutions are very weak, so the formation of fluctuation networks is not observed. The small length of the LMW-HA molecular chains in the range of the studied concentrations ensures that macromolecules in solution are isolated from each other. Therefore, the viscosity of dilute solutions of LMW-HA slightly (1.2-2.0 times) exceeds the viscosity of the solvent - distilled water. The introduction of HMW-HA with long macromolecular chains into the LMW-HA solution increases the viscosity of solutions and determines the point of critical concentration, above which the viscosity increases sharply. In a highly diluted solution with a concentration of 0.0156%, the critical point is absent up to 80% of the HMW-HA content. At concentrations of 0.0312% and 0.0625%, critical concentration manifests itself at 60% and 50% HMW-HA content, and at a concentration of 0.125% – at 40% of acid content.

The study of the rheological dependences between the viscosity and shear rate of HMW-HA along with its LMW-HA mixtures was carried out within the ratio of HMW/LMW acids 80/20 → 50/50 at a temperature of 20–35 °C. Diluted

HA solutions exhibit the properties of pseudoplastic fluids with a chaotic arrangement of macromolecules, which are similar to Newtonian fluids at low shear rates. An increase in the content of HMW-HA in the mixture leads to the formation of gel-like structures that are easily destroyed with an increase in the shear rate and temperature.

An increase of LMW-HA content in solution leads to a weakening of the already weak intermolecular bonds making the flow closer to the Newtonian one. At a content of LMW-HA more than 50%, the solutions flow almost like Newtonian liquids.

The data on the rheological properties of the gels formed by HMW and LMW acids allow to scientifically substantiate their ratio. It can be used in the development of cosmetic gels and emulsion creams formulations based on them for care of different types of skin.

Preparation of gel based emulsion creams makes it possible to receive a cosmetic product with good consumer properties, which is easily applied to the skin and absorbed from its surface.

The optimal ratio for obtaining gels that have good moisturizing properties with simultaneous lifting effect is from 40:60 to 60:40 with calculated molecular weight of 12000...20000 Da in the form of a 0.25% aqueous solution.

References

1. Papakonstantinou, E.; Roth, M.; Karakiulakis, G. Hyaluronic acid: A key molecule in skin aging. *Dermato-endocrinology* 2012, 4, 253–258, <https://doi.org/10.4161/derm.21923>.

2. Lequeux, I.; Ducasse, E.; Jouenne, T.; Thebault, P. Addition of antimicrobial properties to hyaluronic acid by grafting of antimicrobial peptide. *European Polymer Journal* 2014, 51, 182-190, <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2013.11.012>.

3. Marei, W.F.; Ghafari, F.; Fouladi-Nashta, A.A. Role of hyaluronic acid in maturation and further early embryo development of bovine oocytes. *Theriogenology* 2012, 78, 670-677, <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.03.013>.

4. Kojima, T.; Nagata, T.; Kudo, H.; Müller-Lierheim, W.; van Setten, G. B.; Dogru, M.; Tsubota, K. The effects of high molecular weight hyaluronic acid eye drop application in environmental dry eye stress model mice. *International journal of molecular sciences* 2020, 21, 3516, <https://doi.org/10.3390/ijms21103516>.

ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ СИНТЕЗ БІОЛОГІЧНО АКТИВНОГО ПРЕПАРАТУ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСУ ЗОЛОТА (I)

Вовк А.О., Смірнова О.Л.

e-mail: inna.awerina111@gmail.com, olga.babo4ka1970@gmail.com

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
Україна, Харків*

У даний час на основі золота і його сполук активно створюються інноваційні медичні засоби та фармацевтичні препарати, які проявляють надзвичайну біологічну активність. Відомо, що золото має значний вплив на життєдіяльність біосистем. Препарати на основі простих і комплексних іонів золота мають унікальні властивості і здібні надавати сильний протизапальний, антимікробний і омолоджуючий ефект. Комплекси золота з органічними речовинами, зокрема з органічними кислотами, є біологічно сумісною активною формою, яка швидко транспортується в тканини людського організму і легко засвоюється його клітинами. При цьому золото ще й виконує роль активного каталізатора обмінних процесів. У поєднанні з різними компонентами такі препарати сприяють регенерації клітин, підвищують еластичність і пружність шкіри.

В умовах збільшення кількості захворювань та появи досі не бачених небезпечних бактеріальних і вірусних захворювань створення нових біологічно-активних і безпечних препаратів на основі золота може бути дуже цікавим у науковому плані та надзвичайно корисним для людського суспільства. Тому наукові дослідження у даному напрямку є актуальними і дуже перспективними.

Розподіл золота в організмі людини залежить від розчинності сполуки даного металу [1]. Золото втягується в процеси зв'язування гормонів у тканинах та може посилювати бактерицидну дію срібла [2]. Воно надає антисептичну дію на віруси і бактерії. Сполуки золота також мають протигрибкову і протимікробну дію відносно ряду грам-позитивних та грам-негативних мікроорганізмів. У той же час механізм протимікробної дії золота є мало вивченим. Іноді можлива участь золота в поліпшенні імунних процесів організму [3].

XX століття охарактеризувалося інтенсивним застосуванням золота в медицині [4]. Найбільш ранніми сполуками золота були тіолати золота (такі як ауротіомалат натрію і ауротіоглюкоза) які застосовували для лікування ревматоїдного артрити. Золото знайшло застосування і в лікуванні ВІЛ-інфекції. Найбільш вивченими з застосованих у медицині препаратів золота є ауротіоглюкоза, ауротіомалат натрію (натрієва сіль ауротіояблучної кислоти), ауранофін (триетилфосфін золота). Слід підкреслити, що точний механізм їх, як лікувальної, так і токсичної дії повністю не розкритий. Залишаються відкритими питання токсичності і

побічної дії тривалого застосування або застосування значних доз препаратів даного металу.

Метою дослідження було одержання препарату на основі металоорганічної комплексної сполуки золота за рахунок її електрохімічного синтезу у водному хлоридно-цитратному розчині.

При виконанні роботи використовувалися хімічні речовини високої чистоти. Дослідження включали анодні поляризаційні вимірювання, проведення стаціонарного електролізу та гравіметрію. Синтез проводили в термостатичній комірці типу ЯСЭ-2 з робочим об'ємом 100 мл у діапазоні температур 15–25 °С. Експеримент здійснювали за допомогою імпульсного потенціостату ПИ 50-1.1 із програматором ПР-8. Зміни електричного струму або напруги фіксували самописним приладом ЛКД-4. Реєстрований струм при цьому відносили до геометричної поверхні досліджуваного зразка. Робочий електрод був виготовлений із золота марки Зл999,9. Як допоміжний електрод використовували платиновий електрод марки Пл99,9. Вимірювання потенціалів здійснювали відносно хлорид-срібного електроду порівняння марки ЭВЛ-1М1. Значення електродних потенціалів перераховували за водневою шкалою.

Отримання концентрованого препарату на основі комплексної сполуки золота є можливим за рахунок електрохімічного синтезу – анодного розчинення даного металу в розбавленому водному розчині лимонної кислоти із додаванням хлориду натрію [5]. Отримані системи стабільні в умовах їх зберігання при температурі 5–15 °С протягом тривалого часу. Вони є абсолютно нетоксичними розчинами, так як містять хлориди і цитрати важливих для живих організмів металів у оптимальних концентраціях, відповідно до існуючих санітарних норм.

Встановлено роль компонентів складу розчину для отримання комплексу золота: хлорид натрію є активатором анодного процесу і лігандом, лимонна кислота є буфером і лігандом.

Запропоновано механізм анодного розчинення золота в кислому хлоридно-цитратному електроліті. Спочатку відбувається іонізація металу з утворенням іону Au^+ . Потім цей іон поступово приєднує Cl^- іони й утворює комплекс з двома аніонами хлору $[\text{AuCl}_2]^-$, а далі в об'ємі розчину електроліту відбувається заміщення іонів хлору (Cl^-) на цитрат-іони (Cit^-). Розрахована константа нестійкості комплексу золота дорівнює $(4-6) \cdot 10^{-13}$. Тобто утворюється комплексний аніон $\text{Au}(\text{I})$ змішаного типу, в якому один ліганд (Cl^-) заміщується на другий – аніон органічної кислоти. Така реакція заміщення лігандів є гомогенною і перебігає протягом певного часу (1–2 години). Чим більше концентрація лимонної кислоти в розчині, тим більше іонів хлору буде заміщено іонами цитрату в комплексі золота.

Процес електрохімічного синтезу відбувається при кімнатній температурі (15–25 °С). Встановлено вплив робочої анодної густини

струму на анодний вихід за струмом. Проведення розчинення золота в гальваностатичному режимі при малих густинах струму ($0,5\text{--}1\text{ мА/см}^2$) сприяє високому виходу за струмом (75 %) і запобігає перебіганню побічних електродних реакцій, що сприяє отриманню чистої речовини [6].

Мікробіологічними дослідженнями, проведеними в лабораторії Інституту мікробіології і імунології імені І.І. Мечникова АМН України, встановлено, що отриманий розчин із вмістом золота 5 мг/дм^3 (у перерахунку на металеве) має виражену бактеріостатичну дію відносно таких штамів, як *Staphylococcus*, *Streptococcus* та *Escherichia coli*. Також у лабораторії Харківської медичної академії післядипломної освіти (ХМАПО) одержані перші позитивні результати в області регенеративної стоматології. Тому результати даного дослідження в перспективі можуть бути корисними для розробки інноваційного фармацевтичного препарату широкого спектру терапевтичної дії.

Список використаної літератури

1 Рыбкина Т. И. Биологическое и токсическое действие химических элементов и их неорганических соединений на организм человека: Учеб. пособие / Под ред. канд. хим. наук Т. И. Рыбкиной. – НИ РХТУ им. Д. И. Менделеева. – Новомосковск, 1999. – 96 с.

2 Смирнова О. Л. Электрохимический синтез цитрата серебра в растворе лимонной кислоты / О. Л. Смирнова, Б. В. Осипа, А. А. Вовк, Д. А. Ковальский // «Современные электрохимические технологии и оборудование»: материалы докладов Международной научно-технической конференции. – Минск: БГТУ, 2019. – С. 232–236.

3 Литвинова Т. Н. Биогенные элементы. Комплексные соединения: учеб.-метод. пособ. / под ред. проф. Т. Н. Литвиновой. – Ростов н/Д.: Феникс, 2009. – 283 с.

4 Довнар Р. И. Применение золота в медицине: прошлое, настоящее и будущее. Часть 1. Исторические аспекты медицинского применения золота и его соединений / Р. И. Довнар, С. М. Смотрин // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2011. – № 3. – С. 12–16.

5 Smirnova O. The Synthesis of Gold Nanoparticles in Chloride-Citrate Water Solutions Obtained Using the Electrochemical Method / O. Smirnova, A. Pilipenko, A. Vovk, A. Nikonov, A. Zhytomyrskiy, Z. Mukhin // IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO) / IEEE UKRAINE SECTION IGOR SIKORSKY. – Kyiv: POLYTECHNIC INSTITUTE, April 22-24, 2020 Kyiv, Ukraine. – P. 503–506.

6 Вовк А. О. Анодні процеси на золотому електроді в кислому хлоридно-цитратному розчині / А.О. Вовк, О. Л. Смірнова, А. І. Пилипенко // Електрохімія сьогодення: здобутки, проблеми та перспективи: колективна монографія. – Київ: МПБП «Гордон», 2021. – С. 78–79.

ЗЕЛЕНИЙ МЕТОД СИНТЕЗУ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА ЗА ВИКОРИСТАННЯМ ЕВГЕНОЛУ ГВОЗДИКИ

Городнюк О.О.

e-mail: o.gorodnyuk@gmail.com

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Україна, Київ

Ключові слова: зелений метод, наночастинки срібла, евгенол гвоздики.

Зараз надзвичайно актуальним є розвиток та використання нанотехнологій, а саме технологій виробництва наночастинок різних металів, які потім застосовуються в різних галузях промисловості. Існує багато різних методів отримання наночастинок, в основі яких лежать хімічні або фізичні процеси, але особливе місце займають методи «зеленого» синтезу, в яких як реагенти використовуються різні реагенти метаболізму рослин, так як питання екології зараз постає надзвичайно гостро.

Основне завдання – дослідити новий метод «зеленого» синтезу наночастинок срібла (AgNPs) з використанням евгенолу гвоздики (AgNPs-CE) та порівняння його властивостей, зокрема антибактеріальних, з чистим евгенолом (CE).

Наночастинки срібла мають надзвичайно широкий спектр застосування завдяки своїм унікальним оптичним, хімічним та антимікробним властивостям. AgNP використовуються в матеріалах для перев'язування. Також їх додають до складу тканин, застосовують у контейнерах для зберігання харчових продуктів. Відомо, що на ринку добре зарекомендували себе дезодоранти, що містять у якості активного компоненту срібло [1]. Наночастинки срібла також використовуються в хімічних процесах для модифікації поверхонь. Вони також використовуються в різних видах спектрометричного аналізу, зокрема в спектрофотометрії. Срібло використовується для лікування такого поширеного захворювання, як туберкульоз.

Гвоздика завдяки вмісту евгенолу (рис.1) використовується в медицині, стоматології. Вона володіє знеболюючими властивостями і усуває спазми. Гвоздика також має антибактеріальні властивості завдяки вмісту біологічно активних речовин. Використання в цьому методі синтезу наночастинок срібла та гвоздики евгенолу дозволяє посилити їх антимікробні властивості.

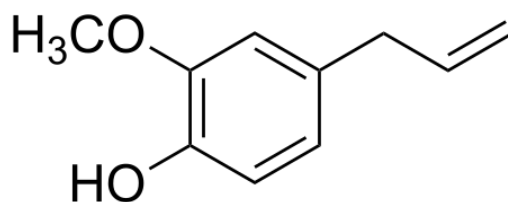


Рисунок 1 – Структурна формула евгенолу

Наночастинки, отримані зі срібла та гвоздичного евгенолу, мають середній розмір 85 нм, що було досліджено методом динамічного розсіювання світла (DLS). Аналіз FTIR-спектру (рис.2) суспензії AgNPs–CE показує, що евгенол відіграє роль відновника іонів Ag^+ до Ag^0 . Мікробіологічні дослідження доводять, що AgNPs–CE має кращі антибактеріальні властивості, ніж CE. AgNPs–CE виявляють високу ефективність проти таких мікроорганізмів як *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* та грибка *C. Albicans*. Частинки срібла, які є токсичними для бактерій, краще проникають в клітину завдяки тому, що евгенол підвищує проникність клітинної стінки [2].

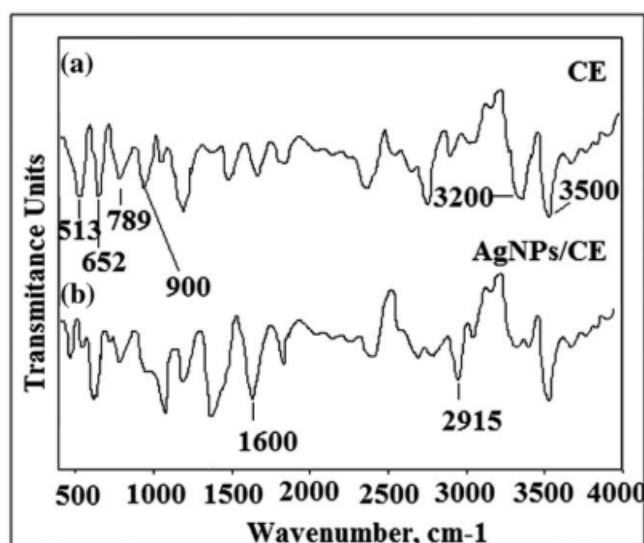


Рисунок 2 – FTIR-спектри для: а) чистого евгенолу; б) наночастинок срібла та евгенолу

Такий метод синтезу AgNPs–CE має ряд переваг: простота, дешевизна процесу, екологічність. Він дозволяє отримати наночастинки, які мають кращі антибактеріальні та протигрибкові властивості, ніж чистий екстракт гвоздики. Спосіб має менший негативний вплив на навколишнє середовище, а отримані частинки безпечні для людини, можуть використовуватися у медицині.

Список використаної літератури

1. Thuc, D. T., Huy, T. Q., Hoang, L. H., Tien, B. C., Van Chung, P., Thuy, N. T., & Le, A. T. (2016). Green synthesis of colloidal silver nanoparticles through electrochemical method and their antibacterial activity. *Materials Letters*, 181, 173-177.
2. Parlinska- Wojtan, M., Depciuch, J., Fryc, B., & Kus- Liskiewicz, M. (2018). Green synthesis and antibacterial effects of aqueous colloidal solutions of silver nanoparticles using clove eugenol. *Applied Organometallic Chemistry*, 32(4), e4276.

СИНТЕЗ НОВИХ ПОХІДНИХ КСАНТЕНУ

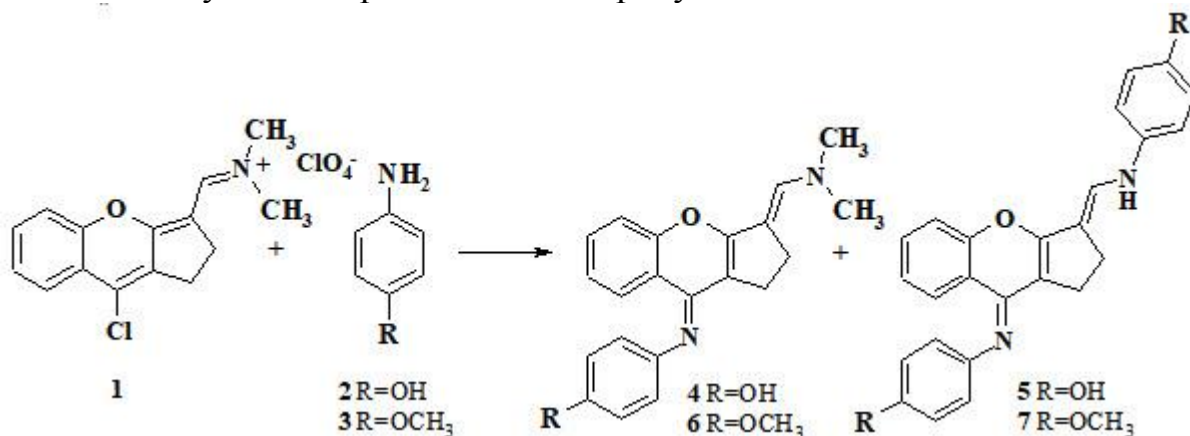
Ковтун А.В., Варениченко С.А., Фарат О.К., Марков В.І.

e-mail: kovtunchem@gmail.com

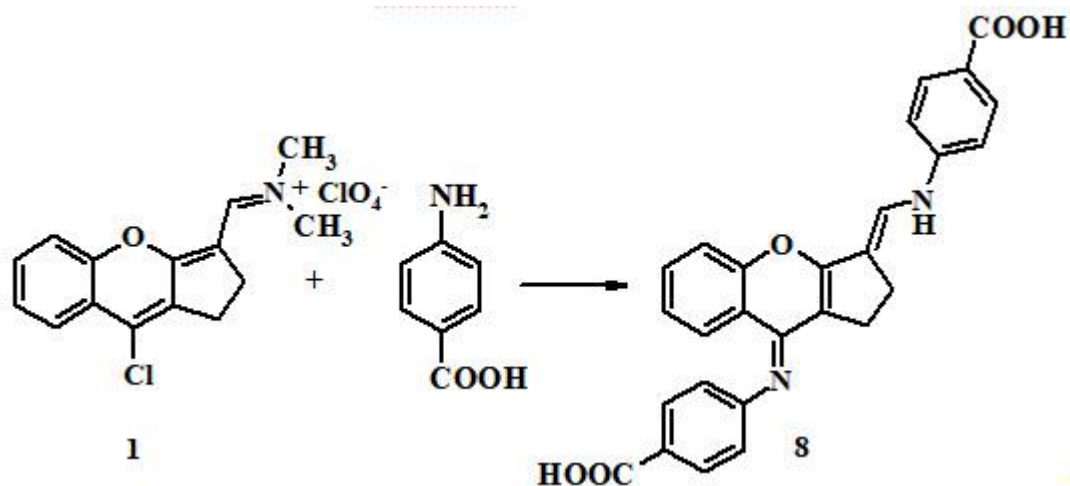
ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
м. Дніпро, Україна

Раніше на кафедрі Ф та ТОР ДВНЗ УДХТУ було відкрито нове електрофільне перегруповання шестичленних гетероциклічних систем з гемінально розташованими атомами кисню та/або нітрогену, ініційоване реагентом Вільсмайєра-Хаака, завдяки якому можна отримати важкодоступні функціоналізовані гетероцикли. Рециклізація спіропохідних 1,3-бензодіоксин-4-онів під дією цього реагента приводить до утворення перспективних будівельних блоків для подальших хімічних перетворень, а саме хлорпохідних ксантенів з двома реакційними центрами [1]. Було встановлено, що вони вступають в реакцію конденсації Кньюенагеля з С-нуклеофілами при основному каталізі, в результаті якої отримано раніше невідомі барвники ксантенового типу. Отримані результати спонукали нас провести дослідження реакційної здатності продуктів перегруповання спіропохідних 1,3-бензодіоксин-4-онів в умовах реакції Вільсмайєра-Хаака, по відношенню до N-нуклеофілів.

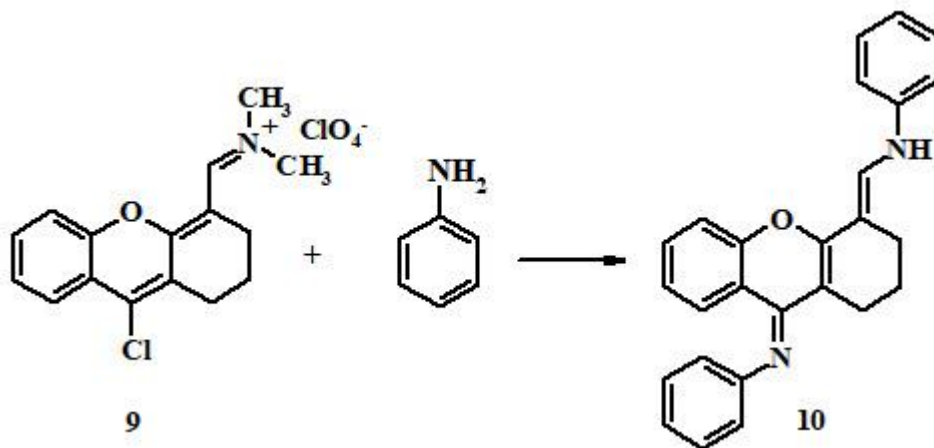
Взаємодія перхлорату **1** з еквівалентною кількістю п-амінофенолу **2** або п-анідину **3** за кімнатної температури протягом однієї доби приводить до утворення суміші продуктів зі структурами **4** і **5**, у співвідношенні за даними хромато-мас 14.662% (час утримання 0.755 хв) і 85.338% (час утримання 0.775 хв), або продуктів **6** і **7**, відповідно. При взаємодії сполуки **1** з двократним надлишком цих ароматичних амінів в аналогічних умовах отримано тільки продукти дизаміщення **5** і **7**.



При взаємодії вихідної сполуки **1** з п-амінобензойною кислотою в співвідношенні 1:1, а також при використанні двократного надлишку кислоти отримано похідне ксантену **8** з низьким виходом.



Збільшення надлишку ароматичних амінів приводить до утворення виключно продуктів заміщення двох кінцевих груп у вихідних хлорпохідних ксантену. Так, взаємодією солі **9** з трьохкратним надлишком аніліну було синтезовано сполуку **10**.



Структуру отриманих продуктів встановлено за допомогою даних ЯМР ^1H -спектроскопії та мас-спектрометрії.

Література

[1] Farat O.K., Kovtun A.V., Varenichenko S.A., Mazepa A.V., Markov V.I. Novel rearrangement of 1,3-benzo(naphtho)dioxin-4(1)-ones under Vilsmeier- Haack reagent // Monatshefte für Chemie – Chemical Monthly. – 2021. – Vol. 152. – P. 95-101.

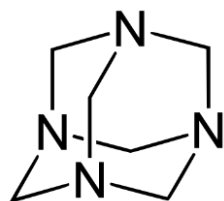
СУМІЩЕНІ АНОДНІ ПРОЦЕСИ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ ГЕКСАМІНУ

Павлов Б.В., Тульський Г.Г., Коваленко Ю.І., Задорожня Т.В.

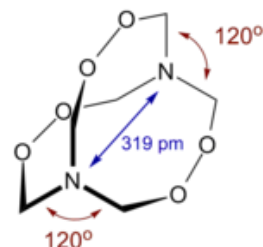
e-mail: tgg_ggt@ukr.net

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
Україна, Харків*

Гексамін (гексаметилентетрамін) є сировиною для органічних синтезів великої кількості речовин. Однією з цих речовин є гексаметилентрипероксиддіамін (ГМТД, HMTD) – органічний пероксид, гетероциклічна сполука з каркасною структурою. Це високочутлива пероксидна первинна вибухова речовина з помірною швидкістю детонації [1 – 3].



Гексамін



Гексаметилентрипероксиддіамін

Два атома азоту в ГМТД сполучені з трьома зв'язками О – О. ГМТД має саме високе співвідношення кисень : вуглець (О : С), яке складає 1 : 1. Два атоми азоту підвищують загальний енерговміст молекули.

Вперше ГМТД був синтезований Л. Леглером у 1885 году шляхом взаємодії гексаміну и 30 % пероксиду водню. Каталізатором реакції є цитратна кислота [2, 4]. В результаті реакції з розчину випадає білий мілко кристалічний осад ГМТД. Вихід за речовиною складає біля 65 % від теоретичного у перерахунку на гексамін. Тому актуальною задачею є встановлення можливості контрольованого електрохімічного окислення гексаміну для підвищення обороноздатності України.

Електроліти готували з гексаміну та цитратної кислоти марки «хч». Вольт амперні дослідження проводили в потенціодинамічному режимі до потенціалів перебігу реакції Кольбе. В якості аноду використовували платину з робочою поверхнею 2,25 см². Анод піддали анодній активації до рівноважних потенціалів кисневої реакції для утворення шару PtO₂. Допоміжний електрод – платина. Електрод порівняння – хлорид-срібний, підведений до поверхні аноду за допомогою скляного ключа з капіляром Луггіна. Всі значення потенціалів перераховано відносно нормального водневого електроду.

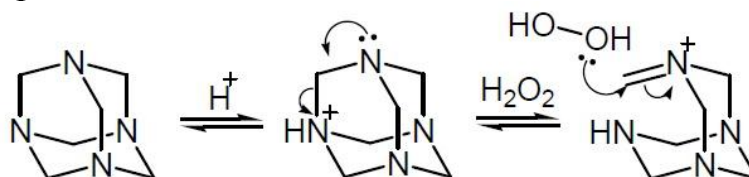
Вольт амперні залежності, одержані з водних розчинів з вмістом 1...4 моль·дм⁻³ гексаміну показали незначну залежність їх ходу від

концентрації гексаміну. Порівняння прямого та зворотного ходу вольт амперних залежностей вказує на незначний вплив адсорбційних процесів у досліджуваних розчинах. При потенціалах, більш позитивних за 1,80...1,85 В, хід залежностей прямого та зворотного ходу взагалі співпав. Що вказує на досягнення потенціалу перебігу реакції Кольбе.

Одержані залежності однозначно вказують на неполярну форму молекул гексаміну, що ускладнює їх потрапляння у при анодний шар електроліту. І відповідно, окислення молекул гексаміну, у досліджуваних розчинах, можливо лише за рахунок пероксиду водню, згенерованого на поверхні PtO₂. Незначна анодна густина при потенціалах досягнення умов перебігу реакції Кольбе вказує на недоцільність проведення окислення гексаміну без додавання промоторів.

Додавання до розчинів гексаміну 1 моль·дм⁻³ цитратної кислоти призводить до значної зміни в характері вольт амперних залежностей. На прямому ході з'являється ділянка граничного струму, значення якого залежить від концентрації гексаміну. Це вказує на участь гексаміну в процесах анодного окислення.

З літературних джерел [1 – 3] відомо, що водний гексаміну має слабо лужну реакцію та утворює нестійку сіль при додаванні цитратної кислоти. При цьому нітроген набуває негативний заряд за рахунок неподіленої електронної пари:



Негативний заряд нітрогену сприяє адсорбції гексаміну на поверхні аноду і його участі у взаємодії з гідроксид радикалами, що адсорбовані на поверхні оксидів платини при високих анодних потенціалах у водних розчинах.

Проведені дослідження доказали можливість електрохімічного синтезу ГМТД та визначили основні напрямки інтенсифікації цього процесу.

Список використаної літератури

- 1 Klapotke, T. M. Chemistry of High-Energy Materials, 2nd edn; Walter de Gruyter: Berlin/Boston, Germany/USA, 2012.
- 2 Madigan, M. L. The Responders Handbook, Responding with Knowledge; Page Publishing Inc.: New York, USA, 2015.
- 3 Wang, H.-B.; Wang, Y.-H.; Li, Y.-X.; Liu, Y.-C.; Tan, Y.-X. Defense Tech. 2014, 10, 343–348.
- 4 Agrawal J. P.; Hodgson, R. D. Organic Chemistry of Explosives; John Wiley & Sons Ltd.: West Sussex, United Kingdom, 2007.

НОВІ ПОХІДНІ N-(5-МОРФОЛІНО-2-(АРИЛАМІНО)ІМІДАЗО[2,1-b][1,3,4]ТІАДІАЗОЛ-6-ЇЛ)КАРБОКСАМІДІВ

Павлова В.В., Задорожній П.В., Кисельов В.В., Харченко О.В.

torfp@i.ua

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Похідні імідазо[2,1-b][1,3,4]тіадіазолу широко описані в науковій літературі і представляють великий інтерес для органічної хімії та фармації. Сполуки, що містять імідазо[2,1-b][1,3,4]тіадіазольний цикл, мають антибактеріальну, протигрибкову, протитуберкульозну, противірусну, протизапальну, гіпоглікемічну, антитромботичну, протипухлинну та інші види біологічної активності [1-4]. На основі N-(2,2,2-трихлор-1-ізотіоціанатоетил)карбоксамідів (**1**) [5], через низку перетворень, нами було отримано ряд похідних N-(5-морфоліно-2-(ариламіно)імідазо[2,1-b][1,3,4]тіадіазол-6-їл)карбоксамідів (**8**) (Схема 1).

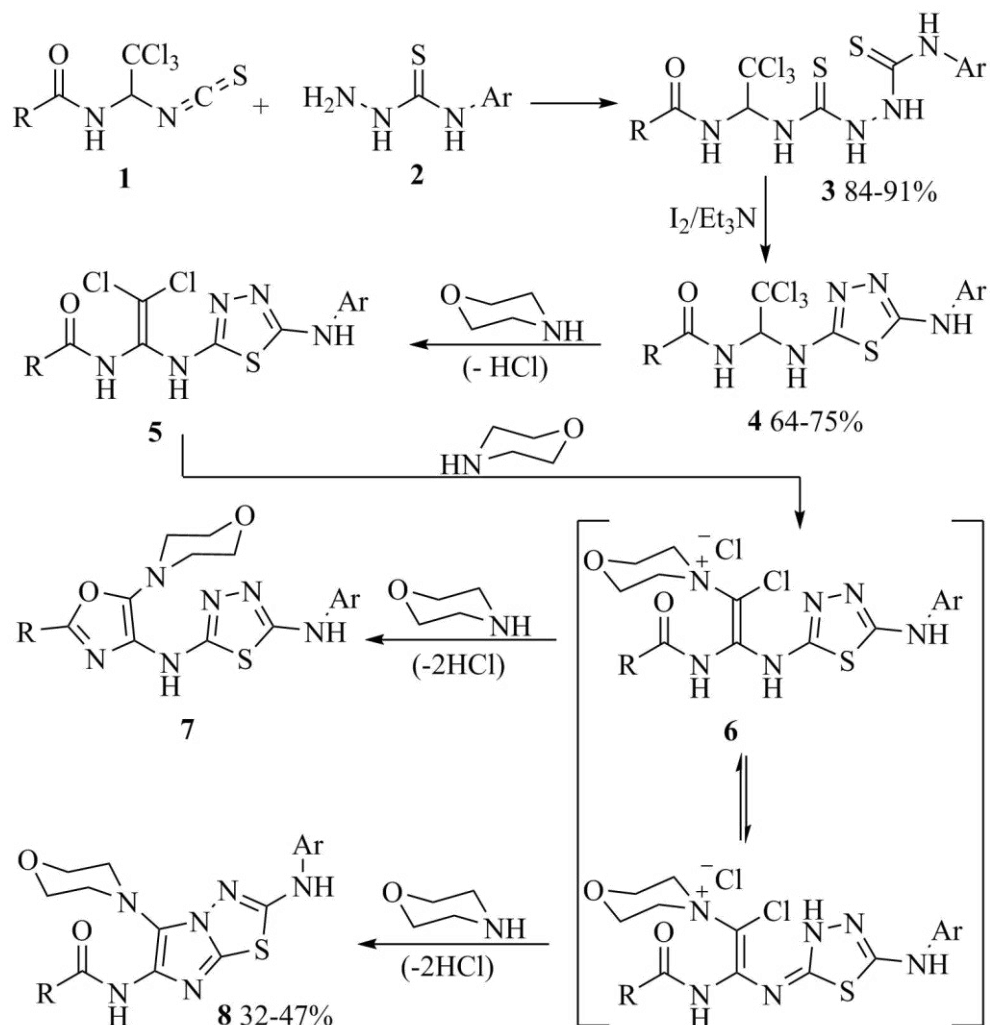


Схема 1. Синтез похідних N-(5-морфоліно-2-(ариламіно)імідазо[2,1-b][1,3,4]тіадіазол-6-їл)карбоксамідів (**8**)

Цільові похідні *N*-(5-морфоліно-2-(ариламіно)імідазо[2,1-*b*][1,3,4]тіадіазол-6-їл)карбоксамідів (**8**) були отримані з прийнятними виходами і без особливих зусиль виділялись із реакційної суміші. Будова синтезованих сполук **8** підтверджена комплексними спектральними дослідженнями.

Література

[1] Khazi, I.A.M.; Gadad, A.K.; Lamani, R.S.; Bhongade, B.A. Chemistry of imidazo[2,1-*b*][1,3,4]thiadiazoles. *Tetrahedron* 2011, 67, 3289–3316.

[2] Lata, K.; Kushwaha, A.; Gupta, D.; Meena, A.; Verma. Biological activities of imidazo[2,1-*b*][1,3,4]thiadiazole derivatives: a review. *Heterocyclic Lett.* 2015, 5, 489–509.

[3] Bhongade, B.A.; Talath, S.; Gadad, R.A.; Gadad, A.K. Biological activities of imidazo[2,1-*b*][1,3,4]thiadiazole derivatives: A review. *J. Saudi Chem. Soc.* 2016, 20(Supp. 1), S463–S475.

[4] Sbenati, R.M.; Semreen, M.H.; Semreen, A.M.; Shehata, M.K.; Alsaghir, F.M.; El-Gamal, M.I. Evaluation of imidazo[2,1-*b*]thiazole-based anticancer agents in one decade (2011-2020): Current status and future prospects. *Bioorg. Med. Chem.* 2021, 29, 115897.

[5] Zadorozhnii, P.V., Pokotylo, I.O., Kiselev, V.V., Kharchenko, A.V., Okhtina, O.V. Synthesis and spectral characteristics of *N*-(1-([1,2,4]triazolo[3,4-*b*][1,3,4]thiadiazol-6-ylamino)-2,2,2-trichloroethyl)carboxamides. *Heterocycl. Commun.* 2019; 25: 130–137.

ПРОТОНО- ТА ГАЛОГЕНОІНІЦІЙОВАНИЙ СИНТЕЗ ЛІНІЙНИХ ТА АНГУЛЯРНИХ ПІРОЛОХІАЗОЛІНОНІВ

Савінчук Н.О., Васькевич А.І., Васькевич Р.І., Вовк М.В.

e-mail: natalia_savinchuk_0967@ukr.net

*Інститут органічної хімії Національної академії наук України,
Київ, Україна*

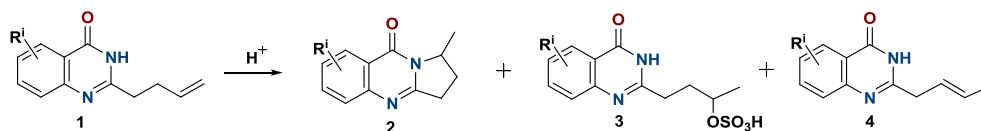
Структури із хіназоліновим скелетом широко розповсюджені в природі, зокрема, входять до багаточисельної групи хіназолінових алкалоїдів [1,2]. Серед їх похідних на особливу увагу заслуговують поліциклічні хіназолони, що утворюють структурну основу багатьох природних продуктів та значної кількості фармацевтичних препаратів. Зокрема, лінійно конденсований піроло[2,1-*b*]хіназоліноновий фрагмент є ключовим елементом структури алкалоїдів групи деоксивазицинону, луотонінів А,В,Е, триптантрину тощо. Їх синтетичні аналоги ангулярної будови – піроло[1,2-*a*]хіназоліни – виявляють протизапальну [3], антибактеріальну [4], протиастматичну дію [5], є депресантами ЦНС, інгібіторами PARP [6] та бромодоменів [7].

Одним із поширених методів синтезу піролохіназолінонів є анелювання пірольного циклу до базового хіназолінонового скелета. Такого роду перетворення може бути зреалізоване шляхом внутрішньомолекулярної циклізації деяких 2-функціональнозаміщених хіназолінонів. Обрані в ролі субстратів 2-гомоалілхіназолінони містять необхідний для перебігу такого процесу екзоциклічний алкенільний фрагмент, хоча наявність двох рівновіддалених нуклеофільних центрів не дозволяє однозначно передбачити структурний результат реакції.

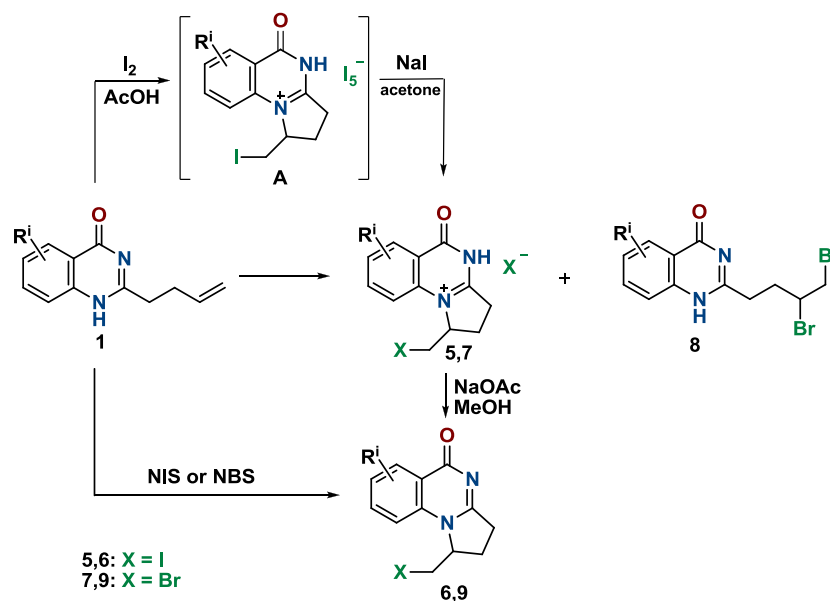
Предметом нашого дослідження було вивчення протон-ініційованої циклізації гомоалілхіназолінонів **1** під дією HCl, CF₃CO₃H, H₂SO₄, поліфосфорної кислоти (PPA), CF₃SO₃H. Встановлено, що перебіг цього процесу контролюється природою кислотного реагенту, натомість характер замісника в хіназоліновому фрагменті субстрату суттєво не впливає на вихід і співвідношення продуктів реакції. Зокрема, реакція субстратів **1** із сульфатною кислотою при кімнатній температурі перебігає із переважним утворенням продуктів приєднання реагенту до кратного зв'язку – сульфатів **3**, а вихід піроло[2,1-*b*]хіназолінонів **2** складав усього-на-всього 21-28%. Низькою селективністю та препаративними виходами відзначалася циклізація субстратів **1** в поліфосфорній кислоті при 110°C, в якій окрім піролохіназолінонів **2** (вихід 30-37%) із реакційної суміші були виділені продукти ізомеризації – *транс*-2-(2-бутеніл)хіназолони **4**. На відміну від наведених вище реагентів хлороводень та трифторооцтова кислота не були активними в такому перетворенні.

Досить продуктивною для піролоанелювання хіназолінонів виявилась трифлуорометансульфокислота, взаємодія якої із хіназолонами **1**

при кімнатній температурі приводить до утворення продуктів **2** із близькими до кількісних виходами. Їх структура надійно підтверджена методом РСА.



Особливу ефективність в реакції електрофільної циклізації бутенілхіназоліонів **1** показали типові галогенуючі реагенти йод, бром, N-бромосукцинімід та N-йодосукцинімід. Знайдено, що взаємодія сполук **1** з трикратним надлишком йоду в оцтовій кислоті перебігає за схемою електрофільної 5-*exo-trig* циклізації із замиканням циклу на атом нітрогену N1 із утворенням проміжних пентайодидів, які послідовною обробкою йодидом та ацетатом натрію були перетворені у відповідні піроло[1,2-*a*]хіназоліони **6**. Натомість, реакція субстратів **1** з N-йодосукцинімідом приводить до утворення останніх в одну препаративну стадію. Процес бромовання бутенілхіназоліонів **1** молекулярним бромом характеризується зниженням селективності і окрім бромометилзаміщених хіназолонієвих солей **7** утворюються продукти приєднання до кратного C=C зв'язку диброміди **8**. Сполуки **7** обробкою ацетатом натрію було перетворено у відповідні піролохіназоліони **9**. Альтернативним шляхом до отримання останніх є бромциклізація субстратів **1** під дією N-бромосукциніміду, яка приводить до утворення цільових продуктів з виходами 64-69%.



Список використаної літератури

1. Dumitrascu, F.; Georgescu, F.; Georgescu, E.; Cairad, M.R. *Advances in Heterocyclic Chemistry* 2019, 129, 155–244.
2. Shang, X.-F.; Morris-Natschke, S.L.; Yang, G.-Z.; Liu, Y.-Q.; Guo, X.; Xu, X.-Sh.; Goto, M.; Li, J.-C.; Zhang, J.-Y.; Lee, K.-H. *Med. Res. Rev.* 2018, 38, 775–828. doi: 10.1002/med.21466.
3. Stavytskyi, V.; Antypenko, O.; Nosulenko, I.; Berest, G.; Voskoboinik, O.; Kovalenko S. *Antiinflamm Antiallergy Agents Med. Chem.* 2021, 20, 75–88. doi: 10.2174/1871523019666200505073232.
4. Kazemi, S.S.; Keivanloo, A.; Nasr-Isfahani, H.; Bamoniri, A. *RSC Adv.* 2016, 6, 92663–92669. doi: 10.1039/C6RA21219K.
5. Ostersehl, B.; Schlecker, R.; Rendenbach, B.; Von Philipsborn, G.; Franke, A. Tetracyclic quinazoline derivatives, effective as antiarrhythmic agents. U.S. Patent 5,214,047A, May 25, 1993.
6. Dumitrascu, F.; Popa, M.M. *Arkivoc* 2014, i, 428–452. doi: org/10.3998/ark.5550190.p008.699.
7. Sutherell, C.L.; Tallant, C.; Monteiro, O.P.; Yapp, C.; Fuchs, J.E.; Fedorov, O.; Siejka, P.; Muller, S.; Knapp, S.; Brenton, J.D.; Brennan, P.E.; Ley, S.V. *J. Med. Chem.* 2016, 59, 5095–5101. doi: 10.1021/acs.jmedchem.5b01997.

ВИРОБНИЦТВО ВАКЦИНИ ДЛЯ ПРОФІЛАКТИКИ КРАСНУХИ (ЖИВА)

Скобелева С.Р.

ss.sophia1204@gmail.com

НТУ України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,

Україна, м. Київ

Вакцини – імунобіологічні препарати з бактерій, вірусів або продуктів їх життєдіяльності, які застосовуються для активної імунізації людей і тварин з метою специфічної профілактики та лікування захворювань інфекційної етіології. Термін «вакцина» поєднує різні препарати (живі, інактивовані, субдиничні, рекомбінантні, синтетичні В) та анатоксини.

Основним принципом одержання живих вакцин є атенуація, тобто зниження вірулентності мікроорганізмів при збереженні вихідної антигенності та імуногенності. В основу методу розробки живих В закладено спрямоване культивування мікроорганізмів на живильних середовищах і пасажі на лабораторних тваринах або у культурі тканин. При культивуванні атенуацію збудника можна досягти: додаванням у живильне середовище речовин, які мають інгібуючі властивості (жовч, антибіотики та антисептики у суббактеріостатичних концентраціях); застосуванням «голодних» середовищ, які не відповідають за якісним складом потребам мікроорганізму; зміною оптимального температурного режиму.

Краснуха – гостре, як правило, помірне вірусне захворювання, яке традиційно вражає сприйнятливих дітей та молодих людей. Важливе значення для громадського здоров'я до тератогенного потенціалу вірусу. Завдяки впровадженню стратегій вакцинації проти краснухи захворюваність на краснуху була істотною знижується у багатьох країнах, і ендемічна передача вірусу краснухи в регіоні ВООЗ в Америці було перервано з 2009 року [3]. У 2019 році в Україні захворюваність на краснуху зменшилася на 45% [4]

Розробки даного виробництва є актуальною, оскільки спалахи вірусу відбуваються постійно в різних країнах та можуть змінюватись генотипи вірусу краснухи. Дана вакцина здатна знижувати кількість захворювань та летальних випадків у немовлят та жінок дітородного віку. Більш ефективним буде процес поєднання з іншими вакцинами віруси, з вакцинами проти кору (MR), кору та свинка (MMR), або кір, свинка та вітряна віспа (MMRV).

Виробниками вакцини для профілактики краснухи (живої) на ринку є компанії – Serum Institute Of India, Інститут імунології, Інк. (Хорватія), Мікроген НУО АТ (Росія) та Мікроген НУО ФГУП МОЗ РФ (Росія). Інші виробники вакцини об'єднують її з вакцинами від кору та паротиту, для

захисту одразу від трьох захворювань. До них відносять «Пріорикс»/Priorix (виробник GlaxoSmithKline Biologicals S.A., Бельгія), прекваліфіковану ВООЗ, найавторитетнішою організацією світу в сфері охорони здоров'я; «М-М-Р II»/М-М-Р II (виробник Merck & Co., Inc., США), схвалену державним Управлінням продовольства і медикаментів США (Food and Drug Administration (FDA), яка також є однією з найавторитетніших установ світу в цій сфері [5].

Штами краснухи для живих вакцин. Вірус краснухи був вперше ізолюваний вченими США в 1962 році і атенуйований в клітинах африканської зеленої мавпи (AGMK) в 1966 році. Штам отримав назву HPV-77. Для виробництва вакцин широко використовуються 3 штами вірусу краснухи:

- HPV-77, спочатку отриманий від типової краснухи підлітка;
- Cendehill, виділений із сечі хворої на краснуху дитини;
- RA-27/3, отриманий з тканин - експлантатів плода при медичному аборті внаслідок зараження матері вірусом краснухи.

Ці віруси були атенуйовані шляхом серійних пасажів в культурах клітин, і в даний час для їх розмноження використовуються клітини качиних ембріонів (штам HPV-77 DE5), клітини нирок кролика (штам Cendehill) і диплоїдні клітини людини (штам RA-27/3).

RA-27/3 виводиться в клітинах WI-38. Він був однією з перших атенуйованою людською вакциною, виробленої в клітинах людини. Численні порівняння клінічних випробувань показали, що в цілому RA-27/3 має переваги ніж вакцини Cendehill і HPV-77 за показниками реактогенності та імуногенності при низьких дозах. Внаслідок цього RA-27/3 використовується в більшості країн, за винятком Японії, де використовуються японські штами.

RA-27/3 також має перевагу порівняно з вакциною HPV-77 DE5 через простоту виготовлення. Робота зі штамом RA-27/3 з точки зору технологічності також краща.

Сьогодні фахівці володіють інформацією про повну послідовність штаму RA-27/3 і порівняльної послідовності генів E1 японських і західних вакцин, а також ізолятів дикого типу. Краснуха відносно гомогенна на нуклеотидному рівні, з варіаціями від штаму до штаму приблизно в 2%. Атенуація досягалася пасируванням в клітинах людини (RA-27/3), клітинах нирок кролика (Cendehill), AGMK клітини качинового ембріона (HPV-77 DE5) і в різних поєднаннях AGMK, клітинах нирок корів, свиней, курячих ембріонах.

Штам повинен показувати відсутність нейропатогенності на мавпах і бути імуногенним і нешкідливим для людини. Вірус ліофілізований зберігається при температурі мінус 20°C, а неліофілізований - не вище 60 °C [2].

Культивування вірусу проводять в біореакторі при додаванні до вирощених клітинам останнього пасажу штамів вірусу та мікроносія. В день інокуляції посівної серією вірусу кожен клітинну культуру необхідно досліджувати на дегенерацію, викликану інфекційним агентом. Якщо при цьому дослідженні в клітинній культурі виявляється присутність будь-якого стороннього агента, всю групу даних культур заборонено використовувати для виробництва вакцини.

Культивування проводять протягом 3-4 днів при температурі 33,5-35,0°C. При вирощуванні вірусу проводять контроль величини рН і визначення стерильності. По завершенню вирощування проводиться визначення стерильності, сторонніх агентів, титру вірусів.

Відділення вірусу від дебриса клітин шляхом стерилізуючої фільтрації через мембрани з розміром пір 1,2; 0,8; 0,45 і 0,22 мкм. Якщо для зростання клітинних культур використовується сироватка тварин, то перед збором вірусу необхідно замінити цю середу на культуральну рідину, що не містить сироватку. Перед заміною середовища на культуральну рідину слід промити клітинний моношар або культуральне середовищем, або фосфатним буферним розчином з рН 7,2-7,4. Концентрація альбуміну сироватки тваринного в кінцевому препараті не повинна перевищувати 50 нг на одну дозу вакцини. У деяких країнах проводяться контрольні випробування на присутність залишкової кількості сироватки тварин в готовому препараті.

Отриманий фільтрат вірусу піддають при необхідності ультрафільтрації з метою очищення і концентрації. Ультрафільтрацію проводять на мембранах з порогом відсікання 100 кДа або 300 кДа, при цьому проводиться не тільки концентрація вірусу, а й очищення від баластних речовин, включаючи видалення сироваткових компонентів. Збір, що містить вірус рідини, повинен проводитися за допомогою методу, схваленого національним органом контролю. Можуть здійснюватися багаторазові збори вірусу, і при цьому разові збори до об'єднання в загальний пул зберігаються при температурі 4°C.

Відділення вірусної рідини проводять шляхом стерилізуючої фільтрації через мембрани з розміром пір 0,22 мкм.

До отриманого концентрату вірусу додають кріопротектори, окремі для кожної вірусної вакцини, дозовано розливають в первинну упаковку і піддають заморожуванню з подальшою ліофілізацією. Отримання вірусних вакцин можливо, використовуючи не тільки біореактори, але і скляні ємності типу матраців місткістю від 1 до 5 літрів.

Обсяг клітинної суспензії, використовуючи ростові середу Ігла, доводять до необхідного стандарту. Суспензія розливають в ємності для вирощування з розрахунку близько 800000 клітин в 1 мл і вносять посівний вірус в дозі не менше 100000 ТЦД₅₀ на ємність (наприклад, матрац).

Матраци інкубують в ролерних умовах при 22-25 об / годину і температурі $(35 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$. Через 2-5 днів клітинний шар ретельно відмивають середовищем Ігла, щоб сироватка тварин містила не більше 50 нг альбуміну на одну дозу вакцини, і вносять підтримуючу середу. На 7-8 добу після зараження вірусом і потім кожні 2-3 діб вірусмісту рідину зливають у флакони (індивідуальні вірусні збори). В матраци додають свіжу середу в кількості, рівному обсягу знятої вірусмістної рідини. Збір вірусмістної рідини і заміну її свіжим середовищем проводять 3-5 разів до тих пір, поки на поверхні скла зберігається 50% клітин.

Всі стерильні індивідуальні вірусні збори з біологічної активністю вірусу не нижче $103,5$ ТЦД 50 освітлюють або фільтрацією через систему фільтрів з різним розміром пір, або центрифугуванням з подальшою фільтрацією. Надсадову рідину з флаконів об'єднують в бутель. До рідкого напівфабрикату додають стабілізатор (5% сорбіту і 5% желатину) і беруть пробу для контролю. Вміст антибіотиків не повинен перевищувати 25 мкг на одну дозу.

Рідкий напівфабрикат зберігають до розливу при температурі 4°C не більше 25 діб, а при мінус 40°C – не більше року. Препарат розливають в ампули, флакони або шприци по 0,1-0,5 мл. Розливають препарат в охолоджену стані. Заморожування ампул відбувається при температурі мінус 40 - 50°C .

Герметизація ампул після ліофілізації проводиться у вакуумі [2]

Список використаної літератури

1. Сергеев В.А. Вирусные вакцины. — К., 1993; Медуницын Н.В. Вакцинология. — М., 2004.
2. Краснопольский Ю. М. Фармацевтическая биотехнология: производство биологически активных веществ : учеб. пособие : в 2 ч. Ч. 1 / Ю. М. Краснопольский, Н. Ф. Клещев ; Нац. техн. ун-т "Харьков. политехн. ин-т". — Харьков : НТУ "ХПИ", 2012. — 304 с.
3. Miller E et al. Consequences of confirmed maternal rubella at successive stages of pregnancy. Lancet, 1982, 2:781–784.
4. Чим краснуха відрізняється від covid-19. Центр громадського здоров'я МОЗ України. URL: <https://phc.org.ua/news/chim-krasnukha-vidriznyaetsya-vid-covid-19> (дата звернення: 16.03.2021).
5. Enders G et al. Outcome of confirmed periconceptual maternal rubella. Lancet, 1988, 1:1445–1447

АДИТИВНЕ ВИРОБНИЦТВО ВИРОБІВ НА ОСНОВІ АКРИЛОВИХ ПОЛІМЕРІВ

Слепцов І.О., Савченко Б.М., Слепцов О.О.

e-mail: goryunych@gmail.com

Київський національний університет технологій та дизайну, Київ

Адитивне виробництво – узагальнена назва технологій, які передбачають виготовлення виробу за даними тривимірної цифрової моделі методом пошарового додавання матеріалів. Існують різні технології адитивного виробництва в залежності від використовуваного принципу роботи та матеріалів - лазерна стереолітографія (SLA), селективне лазерне спікання (SLS), метод наплавлення (FDM) [1].

Стереолітографія – технологію 3D друку, яка використовується для виробництва моделей, прототипів, зразків і деталей продукції шар за шаром, шляхом затвердіння фоточутливого матеріалу, який піддається дії УФ лазера. Для побудови кожного шару лазер проходить по поперечному перерізу деталі на поверхні фотополімеру [2]. Фотополімер – рідка смола, яка здатна затвердівати під дією УФ випромінювання певної довжини хвилі. Як правило, фотополімер містить у своєму складі три основні компоненти – ініціатор, розчинник та полімерну смолу на акриловій основі, що надає йому специфічного різкого запаху при використанні [3].

Дана технологія переважає інші за своєю можливістю швидко створювати різноманітні вироби з ідеально гладкою поверхнею та високою деталізацією. Слабкою стороною стереолітографії є проблема забезпечення високих фізико-механічних властивостей готових виробів за рахунок раціонального підбору технологічних параметрів адитивного виробництва та постобробки сформованих виробів. Основні технологічні параметри даної технології, що впливають на кінцеві експлуатаційні властивості готового виробу, це – тривалість засвічування шару та тривалість постобробки виробу.

Метою роботи було дослідження впливу параметрів адитивного виробництва та тривалості постобробки на міцність готових виробів на основі акрилових полімерів.

Для досліджень було використано фотополімер марки Anycubic призначений для створення тривимірних об'єктів на 3д принтері за технологією LCD/DLP з довжиною хвилі до 405 нм. Адитивне виробництво дослідних зразків здійснювали на 3д принтері марки Anycubic Photon LCD. Для оцінки отриманих результатів вимірювань використовували як базу для порівняння зразки фотополімеру, засвічені у формі після вільного заливання.

Для постобробки дослідних зразків використовували камеру з УФ лампою потужністю 40 Вт, довжина хвилі 405 нм, відстань від джерела випромінювання до зразка – 10 см.

Основні технологічні параметри адитивного виробництва – тривалість засвічування одного шару варіювалась від 10 до 40с. Товщина шару складала 50мкм.

Визначали міцність при розриві за ISO 527-2:2012. Результати досліджень представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Міцність дослідних зразків

№п/п	Тривалість засвічування шару,с	Тривалість постобробки, хв			
		0	30	60	120
		Міцність при розриві, МПа			
1	10	7,61	20,2	31,1	27,8
	20	11,2	23,5	27,9	30,6
	30	13,5	25,6	27,8	28,0
	40	15,6	23,6	29,6	30,5

Збільшення тривалості засвічування шару до 40с приводить до зростання міцності при розриві дослідних зразків практично в 2 рази. Тривалість постобробки суттєво впливає на значення міцності при розриві. Так постобробка зразка сформованого з тривалістю засвічування шару 10с на протязі 30 хв дозволяє в 3 рази підвищити його міцність при розриві, а постобробка 60 хв – в 4 рази підвищує міцність. Такі зміни пов'язані з проходженням реакцій додаткової радикальної полімеризації в процесі постобробки. При зростанні тривалості засвічування шару виробу, тривалість постобробки має менш відчутний вплив на зміну міцності – всього в 2 рази, що зумовлено меншою інтенсивністю проходження реакції полімеризації в процесі постобробки через попереднє утворення сітчастої структури в процесі адитивного виробництва. Збільшення тривалості постобробки до 120 хв практично не впливає на зміну міцності зразків через відсутність вільних реакційноздатних молекул.

Отже, раціональними технологічними параметрами адитивного виробництва виробів на основі акрилового фотополімеру є тривалість засвічування шару 10с та наступна постобробка виробу 60 хв.

Список використаної літератури

1. Wohlers T. Wohlers report 2014: Additive manufacturing and 3D-printing state of the industry: Annual world-wide progress report, Wohlers Associates, 2014. – 276 p.

2. 3D Printer Market Sales Will Exceed \$14.6 billion in 2019 [electronic resource]. – Access: <http://blogs.gartner.com/pete-basiliere/2015/09/29/3d-printer-market-sales-will-exceed-14-6-billion-in-2019/>.

3. 3D Printing and Intellectual Property Law : Key Considerations. April, 2015 [electronic resource]. – Access: <http://www.qlegal.qmul.ac.uk/docs/157017.pdf>.

**НОВЕ ПЕРЕГРУПУВАННЯ П'ЯТИЧЛЕННИХ ГЕМІНАЛЬНИХ
ДИГЕТЕРОАТОМНИХ СИСТЕМ (–N-C-N–) ПІД ДІЄЮ РЕАГЕНТУ
ВІЛЬСМАЙЄРА-ХААКА**

Сметанін М.В., Залізна К.В., Варениченко С.А., Фарат О.К., Марков В.І.

E-mail: smetanin.nikolay13@gmail.com

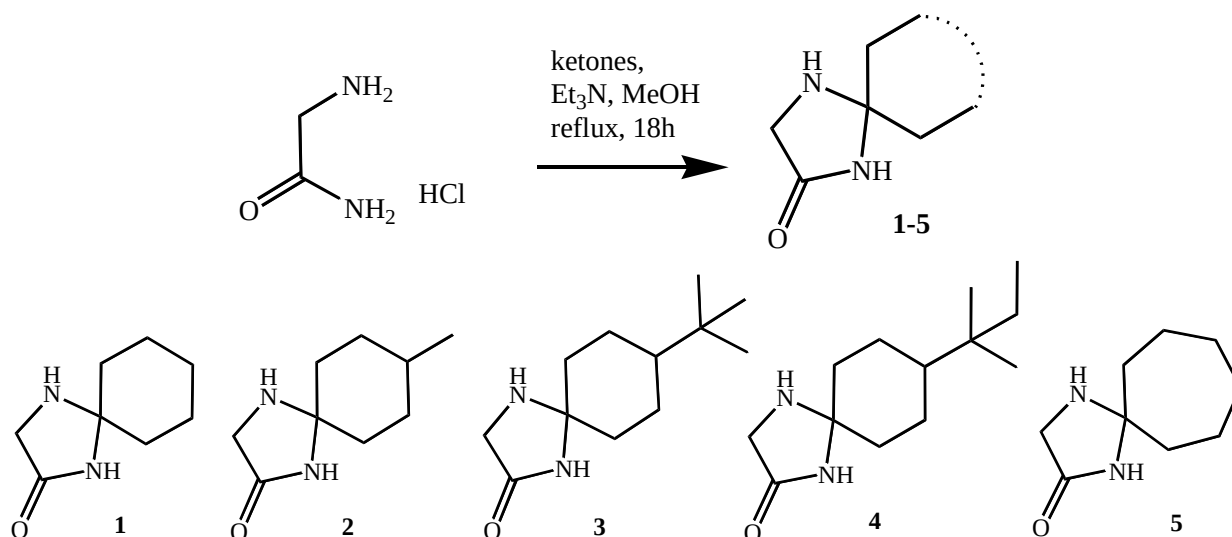
ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, Дніпро

Раніше було відкрито перегрупування 5',6',7',8'-тетрагідро-1'Н-спіро[циклогексан-1,2'-хіназолін]-4'(3'Н)-ону під дією реагенту Вільсмайєра-Хаака з утворенням суміші гідроакридинів [1]. Далі було встановлено, що гемінальні дигетероатомні системи з різним розташуванням атомів нітрогену та кисню по різному реагують в умовах реакції Вільсмайєра-Хаака. Доведено, що похідні 1,3-бензоксазину та 1,3-безодіоксинів під дією формілюючого реагенту перетворюються у похідні ксантену [2,3], а 3,1-бензоксазини та бензпіримідони в подібних умовах трансформуються у похідні акридинів [4] та хіназолонів [5] відповідно.

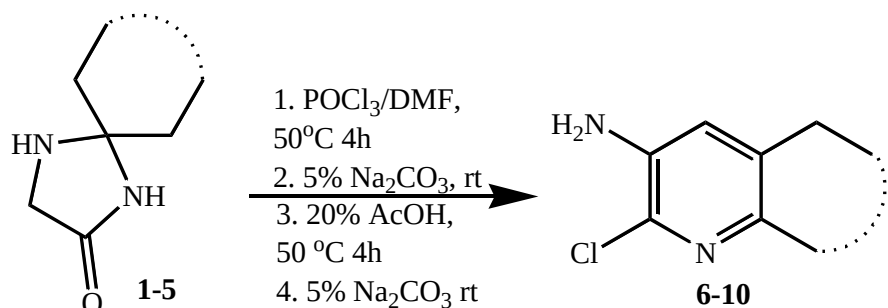
Усі попередні дослідження проводились лише на прикладах шестичленних гемінальних гетероциклів, тоді як дослідження електрофільних перегрупувань п'ятичленних гемінальних гетероциклів під дією реагенту Вільсмайєра-Хаака у літературі загалом відсутні.

В якості модельних сполук було обрано 1,4-діазаспіро[4,5]декан-2-они **1-5**, синтезовані за літературною методикою [6] (схема 1).



(Схема 1)

В подальшому було відкрито нове перегрупування вихідних спіросполук **1-5** під дією реагента Вільсмайєра-Хаака, у результаті якого отримано нові, раніше невідомі заміщені піридини **6-10** (схема 2).



(Схема 2)

Література

1. Markov V.I. Rearrangement of 5',6',7',8'-tetrahydro-1'H-spiro(cyclohexane- 1,2'-quinazolin)-4'(3'H)-one during the Vilsmeier reaction. / V.I. Markov, O.K. Farat, S.A. Varenichenko, E.V. Velikaya // *Mendeleev Communications*. – 2012. – 22. – P.101-102.
2. Farat O.K. The Vilsmeier-Haack formylation of 2,3-dihydro-4H-1,3-benzoxazin-4-ones and isomeric 1,2-dihydro-4H-3,1-benzoxazin-4-ones: An effective approach to functionalized 2H-/4H-chromenes and tetrahydroacridines. / O.K. Farat, V.I. Markov, S.A. Varenichenko, V.V. Dotsenko., A.V. Mazepa. // *Tetrahedron*. – 2015. – 71(34). – P.5554-5561.
3. Kovtun A.V. Rearrangement of spiroderivatives of 1,3-benzo(naphtho)dioxin-4(1)-ones as a new method of synthesis of xanthene bromoderivatives. / A V. Kovtun, S.A. Varenichenko, E.V. Zaloznaya, A.V. Mazepa, O.K. Farat, V.I. Markov. // *Vopr Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. – 2021 – 4. – P.73–77.
4. Farat O.K. Synthesis of tetrahydroacridine derivatives through the Vilsmeier-Haack reaction. / O.K. Farat, E.V. Zaloznaya, S.A. Varenichenko, V.I. Markov. // *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. – 2020. – 1. – P.92-96.
5. Farat O.K. Rearrangement of substituted pyrimidin-4-ones under the Vilsmeier-Haack reaction. / O.K. Farat, E.V. Zaloznaya, S.A. Varenichenko, V.I. Markov. // *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. – 2021. – 1. – P.101-109.
6. Cheng S. Versatile spirocyclic glycine-based nitrones and their highly stereoselective 1,3-dipolar cycloaddition. / S. Cheng, H. Wu, X. Hu. // *Synthetic Communications*. – 2007. – 37(2). – P.297-308.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДОПІДГОТОВКИ НА ФАРМАЦЕВТИЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ З ЗАСТОСУВАННЯМ ОЗОНАТОРНОЇ УСТАНОВКИ

Фещенко Є.Я. Фещенко Н.В.

e-mail: Lizzka3377@gmail.com ; Zavlab1717@gmail.com

ДВНЗ Черкаський державний технологічний університет

Україна, Черкаси

Вода є одним з основних продуктів, що використовуються фармацевтичною промисловістю. Вона може бути присутньою як допоміжна речовина, або використовуватися для підготовки препаратів до застосування, в процесі синтезу активних фармацевтичних інгредієнтів (АФІ), у ході виробництва готової продукції або як очищувальний засіб для промивання ємностей (резервуарів), обладнання, первинних пакувальних матеріалів тощо.

Залежно від цілей використання у фармації потрібна вода різних рівнів якості. Контроль якості води, зокрема її мікробіологічної чистоти, є важливим аспектом, і фармацевтична промисловість виділяє значні ресурси для розробки та технічного обслуговування систем очистки води.

Вода очищена – це вода для виготовлення лікарських препаратів, при виробництві яких до води не висувають вимоги щодо стерильності та апірогенності.

Вода для ін'єкцій – це вода, яка використовується як розчинник при приготуванні лікарських засобів для парентерального застосування або для розчинення, або для розведення субстанцій або лікарських засобів для парентерального застосування перед використанням (вода для ін'єкцій стерильна). відповідає вимогам СП-08.03-069 Вода для ін'єкцій «inbulk». Вода для ін'єкцій входить до складу інфузійних лікарських засобів в кількості від 70% до 99%.

Для підтримання мікробіологічних показників якості високоочищеної води запропоновано використовувати озонування, як метод знезараження. Озонування води має ряд переваг перед іншими реагентними методами знезараження. Знезараження води з допомогою озонування проходить швидко (за декілька хвилин). Озон не надає воді ні запаху, ні присмаку, на нього не впливає температура, рН, каламутність та інші властивості води.

Було проведено ряд досліджень по знезаражуванню води обробкою озоном. Роботи проводились на експериментальній установці, сировиною для отримання озону в даному випадку був кисень. Обробка досліджуваної води здійснювалась шляхом барботування озону через шар води високоочищеної.

Головним завданням було визначення оптимальної, ефективною концентрації озону, об'ємних витрат озону на одиницю об'єму води та часу обробки води.

На експериментальній установці вивчалися умови застосування озону для знезаражування води очищеної з метою досягнення необхідних норм мікробіологічного навантаження, відповідно до вимог СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2013.

Схема експериментальної установки по знезаражуванню води очищеної шляхом озонування, подана на рисунку 1. Вона об'єднує в собі три головні стадії: очищення й осушку повітря, електросинтез озону, обробку озонно-повітряною сумішшю води очищеної.

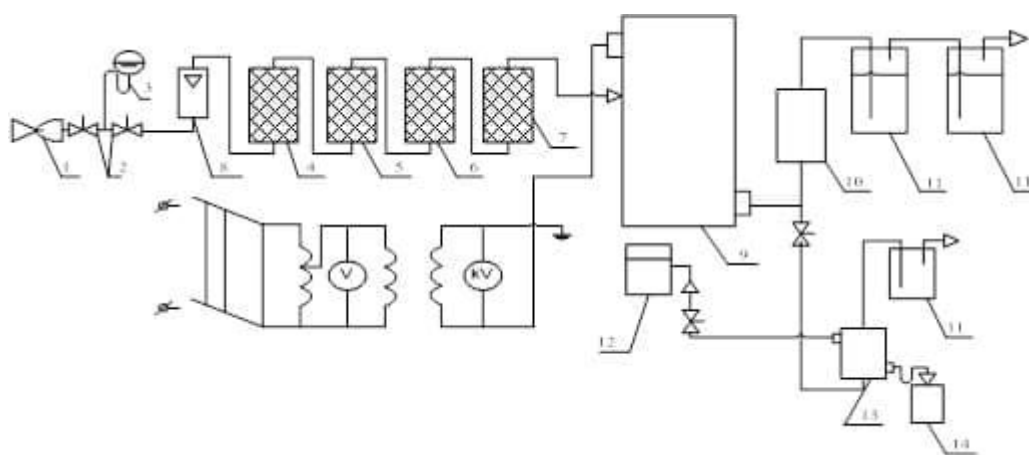
Озон одержували в блоці генератора озону із системою осушки поданого газового потоку. Генератор працював на осушеному повітрі.

Генератор озону являє собою розрядник, що складається з двох частин. Основними елементами електророзрядника є електроди, які, розташовані на невеликій відстані один від одного. Конструктивно електроди виконані у виді двох концентричних циліндрів. Якщо приєднати електроди до джерела змінного струму високої напруги, то між ними утворюється тихий розряд, через який пропускається атмосферне повітря, яке обов'язково проходить глибоке очищення, а також сушку до вологовмісту не більш $0,05\text{г/см}^3$. Можливість виробництва озону на місці споживання з навколишнього середовища - це велика перевага його перед іншими хімічними реагентами.

Система осушення й очищення повітря містить у собі чотири послідовно сполучених посудини, наповнених поглиначами. Перший із них - силікагелем, що дозволяє очистити газовий потік від вологи.

Осушена газова суміш направляється в озонатор, де на електроди через трансформатор, подавалася напруга 11 кВ.

Отриманий озон через пористу пластинку подавався в нижню частину барботажної колони.



- 1 – газодувка; 2 – кран; 3 – маностат; 4-7 – поглинач; 8 – ротаметр;
9 – озонатор; 10 – спектрофотометр; 11 – поглинач озону; 12 – подача води;
13 – УФ; 14 – спектрофотометр

Рисунок 1 – Схема експериментальної озонаторної установки

Після проведення процесу озонування, здійснювався відбір проб досліджуваної води, та проводився посів проб на живильне середовище. Посів проб на живильне середовище проводили в ламінарних шафах, другого класу захисту. Проби термостатувались, та після інкубаційного періоду проводився аналіз результатів.

Результати досліджень на всіх чашках Петрі задовольняли вимоги, що ставляться до води високоочищеної, на даному етапі проводиться робота над підбором оптимального режиму озонування.

З метою спрощення методики визначення озону в газовій фазі, скорочення часу визначення, підвищення точності аналізу при роботі технологічної каскадної схеми, контроль за вмістом озону здійснювався спектрофотометрично. Була досліджена можливість побудови калібрувального графіка для визначення озону в газовій фазі на спектрофотометрі СФ-16 шляхом кореляції результатів визначення оптичної густини газової суміші і фактичного вмісту озону, визначеного йодометричним методом

Таблиця 1 – Зміна концентрації озону в залежності від оптичної густини

U	11kV					
Q	0	20	40	60	80	100
V, л/хв	1,8	3,0	4,08	5,2	6,4	7,84
V ₀ , мл	1674	2790	3795	4836	5952	7292
0	1,45	1,35	1,26	1,05	0,97	0,81
Na ₂ SO ₃ , мл	2,8	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4
C, % об	0,187	0,12	0,089	0,069	0,06	0,052
C ₀ , г/м ³	4,0	2,57	1,91	1,48	1,29	1,11
V, м ³ /час	0,108	0,18	0,2448	0,312	0,384	0,47
G, г/год	0,432	0,463	0,468	0,462	0,495	0,522

Для проведення цієї роботи озонно-повітряна газова суміш з озонатора направлялася в газову кювету спектрофотометра, а потім пропускала через склянки Дрекслея, підготовлені для дослідження вмісту озону йодометричним методом.

Відбір проб проводився після виходу озонатора на постійний режим роботи при різноманітних витратах повітря. Одночасно замірювалася оптична густина газової суміші.

Оптична густина замірювалася при довжині хвилі $\lambda = 254$ нм. Час пропускання суміші через склянки Дрекслея складав 1 хв.

Таблиця 2 – Час, необхідний для обробки води озоном, при різних режимах озонування

Концентрація O_3 в озono-повітряній суміші	80% знищення мікроорганізмів	100% знищення мікроорганізмів
1 г/м ³	26 хвилин	30 хвилин
1,5 г/м ³	23 хвилини	29 хвилин
1,65 г/м ³	18 хвилин	25 хвилин
1,8 г/м ³	18 хвилин	25 хвилин
2,0 г/м ³	15 хвилин	20 хвилин
2,25 г/м ³	12 хвилин	20 хвилин

При використанні озонування за рахунок синтезу кисневмісних радикалів час повного руйнування мікроорганізмів та час повного окислення органічних сполук знижується, приблизно, в два рази. При цьому доза озону залишається постійною.

Таким чином, експериментально встановлено, що мікроконцентрації озону які подаються разом з повітрям в контактну камеру, придушують розвиток мікроорганізмів та забезпечують необхідний рівень мікробіологічного забруднення води очищеної.

Список використаної літератури

- 1 Настанова СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2013 Лікарські засоби. Належна виробнича практика.
- 2 Настанова СТ-Н МОЗУ 42-3.7:2013 Лікарські засоби. Якість води для використання у фармації.
- 3 Фізико-хімічні методи очищення води. Керування водними ресурсами: підручник/ І. Астрелін та ін. Київ: 2015.
- 4 Кульський Л.А.. Чиста вода і перспективи її зберігання. – К. – 1987
- 5 Чуєшов В.І., Хохлова Л.М., Ляпунова О.О. та ін.. Технологія ліків промислового виробництва – Харків, 2003 – 720 с.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДОПІДГОТОВКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ФАРМАЦЕВТИЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Фещенко Є.Я. Фещенко Н.В.

e-mail: Lizzka3377@gmail.com ; Zavlab1717@gmail.com

ДВНЗ Черкаський державний технологічний університет

Україна, Черкаси

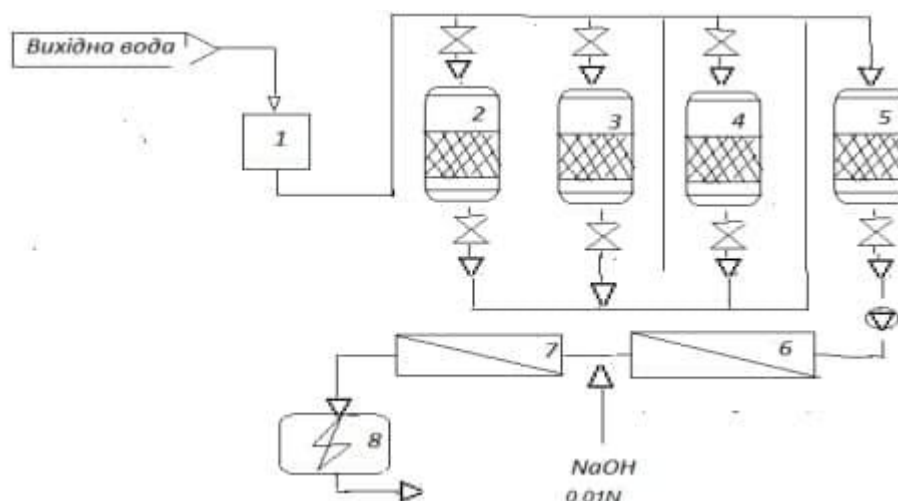
Одним з основних завдань перед проектуванням системи приготування, зберігання та розподілу води на фармацевтичному виробництві є забезпечення отримання води, що буде відповідати вимогам до мікробіологічного навантаження.

Для підтримання мікробіологічних показників якості води для мікробіологічних процесів запропоновано використовувати ультрафіолетове опромінення (УФО), як методи знезараження. Ультрафіолетове опромінення має ряд переваг перед іншими реагентними методами знезараження. Знезараження води з допомогою цього методу проходить швидко, не надає воді ні запаху, ні присмаку, на нього не впливає температура, рН, каламутність та інші.

УФ-опромінення на відміну від окисних технологій не змінює хімічний склад води навіть при дозах, які набагато перевищують практично необхідні.

Бактерицидну дію надають ділянки УФ-частини оптичного спектру в діапазоні хвиль від 200 до 295 нм. Максимум бактерицидної дії доводиться на 260 нм. Такі промені проникають через 25-сантиметровий шар прозорості і безбарвної води. Знезаражується вода УФ-променями досить швидко. Після 1 - 2 хв опромінення гинуть вегетативні форми патогенних мікроорганізмів. Але слід врахувати, що УФ-випромінювання в області 100-200 нм викликає утворення озону з молекул кисню. Це випромінювання присутнє і в неперериваному спектрі ксенонових ламп, і в лінійчатому спектрі ртутних ламп. Утворення озону вдасться уникнути, застосовуючи спеціальне скло, що не пропускають ультрафіолет з довжиною хвилі нижче 200 нм. З іншого боку, саме УФ-опромінювання в області 100-200 нм при використанні потужних імпульсних ламп Ксенону створює можливість для конструювання установок глибокого фотохімічного очищення води.

Дослідження проводились на експериментальній установці яка представлена на рисунку 1



1-механічний фільтр грубої очистки; 2-3 –Na-катіонітовий фільтр;
4-вугільний фільтр; 5-фільтр механічної очистки 5мкм;
6-зворотноосмотична установка (2 мембрани); 7-зворотноосмотична установка (1 мембрани); 8-ультрафіолетовий опромінювач; 9-насос

Рисунок – 1 Схема лабораторної експериментальної установки

Таблиця 1 – Методики визначення показників якості води, за якими проводилися дослідження відповідно до ДСанПІН 2.2.4-171-10 ; ДСТУ 7525:2014

Назва	Одиниця вимірювання	Нормативне значення	
Водневий показник	од. рН	6,5–8,5	П.28
Загальна твердість	мг-екв/л	1,5–7,0 (10,0)	П.4
Загальна лужність	мг-екв/л	0,5–6,5	П.41
Залізо	мг/л	0,2	П.3,33,64
Сухий залишок	мг/л	1000(1500)	П.12
Електропровідність	мкС·см ⁻¹	500	

Перевагою методу УФ-знезараження є те, що УФ-обладнання легко вписується в типові технологічні схеми і не вимагає значних будівельних робіт на існуючих спорудах. Експлуатаційні витрати на УФ-знезараження мінімальні. Витрата електричної енергії на опромінення води з підземних джерел не перевищує 10 ... 15 Вт ч / м³; на УФ-знезараження води з поверхневих джерел, що пройшла попередню обробку на водоочисних спорудах - до 30 ВТ ч / м³. Ступінь знезараження $\lg (N / N_0) = 6$, тому що доза опромінення 35-55 мДж / см² призводить до зниження колі-індекс приблизно на 6 порядків.

УФ-опромінення вбиває мікроорганізми, але клітинні стінки бактерій, грибків, білкові фрагменти вірусів залишаються у воді. Тому

доцільно використовувати УФО, як метод додаткового очищення

В даний час УФ-опромінення – це один з найбільш перспективних методів знезараження води, що володіє високою ефективністю по відношенню до патогенних мікроорганізмів, що не приводить до утворення шкідливих побічних продуктів. УФ-системи забезпечують безпечний, ефективний і недорогий метод дезінфекції. Основним завданням УФ-опромінення є забезпечення знезараження води нормативною якістю за мікробіологічними показниками, необхідні дози вибираються на підставі необхідного зниження концентрації патогенних і індикаторних мікроорганізмів.

Таблиця 2 – Характеристика особливо чистої води

№ з/п	Характеристики якості	Згідно з НД	Вимоги та допустимі межі	Методи випробувань
1.	Опис	ДФУ, доп.1	Прозора, безбарвна рідина без смаку і запаху	Візуальний
2.	pH	СП-08.03-070	Від 5,0 до 7,0	Потенціометричний
3.	Вміст нітратів	ДФУ, доп.1	Не більше 0,00002% (0,2 ppm)	Хімічний
4.	Важкі метали	ДФУ, доп.1	Не більше 0,00001 % (0,1 ppm)	Хімічний
5.	Вміст загального органічного вуглецю	ДФУ, доп.1	Не більше 0,5 мг/дм ³ або витримувати випробовування «Речовини, що окиснюються»	Фізико-хімічний
6.	Питома електропровідність	ДФУ, доп.1	Не більше 4,3 мкС·см ⁻¹	Кондуктометричний

Список використаної літератури

- 1 Кульський Л.А. Чиста вода і перспективи її зберігання. – К. – 1987
- 2 Державні санітарні норми та правила „Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною (ДСанПІН 2.2.4–171–10). МОЗ України. Наказ від 12.05.2010 р. № 400.
- 3 Державна Фармокопея України
- 4 ДСТУ ISO 9963-1:2007 Якість води. Визначення лужності. Частина 1
- 5 Настанова СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2013 Лікарські засоби. Належна виробнича практика.
- 6 Настанова СТ-Н МОЗУ 42-3.7:2013 Лікарські засоби. Якість води для використання у фармації

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПІРАМІДАЛЬНОСТІ АТОМІВ НІТРОГЕНУ ВІД ЕЛЕКТРОННИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В ПОХІДНИХ АМОНІАКУ

Чертихіна Ю.А., Ліб О.С., Куцик-Савченко Н.В., Лебідь О.С.
e-mail: juliya4ertisha@gmail.com, alexlib97@ukr.net, organiknv@gmail.com,
lebedolegs@gmail.com

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Введення в молекулу амоніаку будь-якого замісника призводить до істотної зміни структурних, електронних та енергетичних параметрів молекули. Електронегативність замісників має домінуючий вплив на зміну параметрів атома нітрогену; її підвищення призводить до зменшення зарядів на атомі нітрогену (q^N), енергії вільної електронної пари (ВЕР, E_{pN}) і збільшення її s-характеру (%s), заселеності (N^{LP}) та негативного заряду замісника X (q^X) [1-3]. Дані про вплив цих параметрів на пірамідальність атома нітрогену (сума валентних кутів біля нього, $\Sigma\theta$) практично відсутні.

З метою усунення цього пробілу методом DFT (PBE96) у базисному наборі def2-tzvprr розраховані відповідні параметри атомів нітрогену в основних (ОС) та перехідних (ПС) станах інверсії амінів H_2NX I-VIII (табл. 1) [1-3], в яких мінімізовано стеричний вплив замісників на бар'єри інверсії.

Таблиця 1 – Геометричні, електронні та енергетичні параметри амінів I-VIII

Амін	X	Стан	$\Sigma\theta, ^\circ$	q^N, e	%s	N^{LP}, e	q^X, e	E_{pN}	$\Delta E_i^\ddagger$
								кДж/моль	
I	Me	ОС	326,5	-0,812	22,46	1,955	0,120	-700,8	19,7
		ПС	360,0	-0,866	0,00	1,935	0,122	-494,5	
II	NH_2	ОС	326,4	-0,663	24,62	1,970	0,000	-744,4	19,4
		ПС	360,0	-0,715	0,00	1,951	0,010	-491,1	
III	OH	ОС	311,8	-0,540	35,19	1,994	-0,116	-916,0	47,8
		ПС	360,0	-0,614	0,08	1,980	-0,094	-530,6	
IV	F	ОС	306,5	-0,398	44,66	1,997	-0,251	-1046,0	61,4
		ПС	360,0	-0,519	0,00	1,995	-0,218	-582,6	
V	SiH_3	ОС	346,7	-1,244	9,71	1,915	0,466	-646,0	2,5
		ПС	360,0	-1,267	0,00	1,908	0,473	-549,8	
VI	PH_2	ОС	343,0	-1,102	12,82	1,922	0,344	-694,3	2,70
		ПС	360,0	-1,130	0,00	1,905	0,354	-570,9	
VII	SH	ОС	327,8	-0,938	24,58	1,958	0,206	-830,9	9,70
		ПС	359,9	-0,997	0,08	1,924	0,236	-587,8	
VIII	Cl	ОС	311,5	-0,762	37,90	1,991	0,051	-1014,9	39,5
		ПС	360,0	-0,893	0,00	1,982	0,117	-594,9	

Суми валентних кутів біля атомів нітрогену корелюють з електронегативністю замісників (χ -констант) і зменшуються (пірамідальність зростає) зі збільшенням останньої (табл. 2, рівн. 1), що узгоджується зі зробленими раніше припущеннями [4]. При окремому розгляді амінів I-IV (підгрупа А) і V-VIII (підгрупа Б) коефіцієнти кореляції зростають (табл. 2, рівн. 2, 3). В цьому випадку спостерігається кореляція і з σ_i -константами замісників (табл. 2, рівн. 4, 5). Слід зазначити, що вплив електронегативності замісників на величини $\Sigma\theta$ неоднаковий для підгруп А і Б, а суттєво залежить від періодів, в яких знаходяться центральні атоми замісників Х.

Таблиця 2 – Параметри залежностей пірамідальності атома нітрогену від χ - і σ_i -констант замісників Х, електронних та енергетичних параметрів амінів I-VIII ($Y = \rho X + C$)

Рівняння	Аміни	Стан	X	Y	ρ	C	s	r
1	I-VIII	OC	χ	$\Sigma\theta$	-19,5	381,1	5,40	-0,930
2	I-IV	OC	χ	$\Sigma\theta$	-15,2	368,1	3,96	-0,922
3	V-VIII	OC	χ	$\Sigma\theta$	-31,1	408,3	2,48	-0,988
4	I-IV	OC	σ_i	$\Sigma\theta$	-48,8	328,4	1,41	-0,990
5	V-VIII	OC	σ_i	$\Sigma\theta$	-92,5	352,4	2,24	-0,990
6	I-VIII	OC	q^N	$\Sigma\theta$	-47,9	286,4	5,72	-0,921
7	I-IV	OC	q^N	$\Sigma\theta$	-53,8	285,3	3,76	-0,930
8	V-VIII	OC	q^N	$\Sigma\theta$	-75,8	255,6	3,16	-0,980
9	I-VIII	OC	%s	$\Sigma\theta$	-1,20	356,7	2,26	-0,988
10	I-IV	OC	%s	$\Sigma\theta$	-0,98	348,8	1,96	-0,981
11	V-VIII	OC	%s	$\Sigma\theta$	-1,26	358,9	0,22	-1,000
12	I-VIII	OC	N^{LP}	$\Sigma\theta$	-457,6	1223,2	2,31	-0,988
13	I-IV	OC	N^{LP}	$\Sigma\theta$	-480,1	1267,9	3,42	-0,942
14	V-VIII	OC	N^{LP}	$\Sigma\theta$	-458,2	1224,1	0,63	-0,999
15	I-VIII	OC	q^X	$\Sigma\theta$	58,2	319,1	5,29	0,933
16	I-IV	OC	q^X	$\Sigma\theta$	60,5	321,5	3,48	0,940
17	V-VIII	OC	q^X	$\Sigma\theta$	88,2	308,7	3,11	0,981
18	I-VIII	OC	EnN	$\Sigma\theta$	0,09	397,1	5,95	0,914
19	I-IV	OC	EnN	$\Sigma\theta$	0,06	371,6	1,71	0,986
20	V-VIII	OC	EnN	$\Sigma\theta$	0,10	409,6	0,87	0,999
21	I-VIII	OC	$\Sigma\theta$	$\Delta E_i^\neq$	-1,41	482,1	7,26	-0,943
22	I-IV	OC	$\Sigma\theta$	$\Delta E_i^\neq$	-2,05	687,8	1,16	-0,998
23	V-VIII	OC	$\Sigma\theta$	$\Delta E_i^\neq$	-1,83	637,6	7,89	-0,966

Можливими причинами більшої чутливості значень $\Sigma\theta$ амінів V-VIII в порівнянні з амінами I-IV до замісників біля атому нітрогену можуть бути величини зарядів на них, s-характерів, електронних заселеностей та енергій EnN.

Пірамідальність атома нітрогену в амінах I-IX зростає симбатно зі зменшенням негативного заряду на ньому і задовільно корелює з ним

(табл. 2, рівн. 6-8). Пірамідальність атома нітрогену в більшій мірі зростає для підгрупи Б. Таким чином, зміна значень $\Sigma\theta$, що спостерігається в залежності від величин q^N сприяє збільшенню чутливості амінів V-VIII в порівнянні з амінами I-IV.

Суми $\Sigma\theta$ амінів I-VIII корелюють з s-характером ВЕП атомів нітрогену (ОС), зменшуючись зі збільшенням частки s-орбіталі (табл. 2; рівн. 9). Наявність даної кореляції, яка охоплює водночас всі досліджувані аміни I-VIII незалежно від центральних атомів замісників Х, що знаходяться в різних періодах, пов'язана з інтегральною ідентичністю впливу всіх можливих структурних, електронних та внутрішньомолекулярних взаємодій на обидва параметри. Кореляції поліпшуються при окремому розгляді амінів I-IV та V-VIII (табл. 2; рівн. 10, 11). При цьому зі збільшенням s-характеру ВЕП пірамідальність атома нітрогену в більшій мірі зростає для підгрупи Б.

Суми $\Sigma\theta$ зменшуються зі збільшенням електронної заселеності ВЕП атома нітрогену і добре корелюють з нею у всіх випадках (табл. 2; рівн. 12-14). При цьому збільшення електронної заселеності ВЕП практично в однаковій мірі приводить до зростання пірамідальності атома нітрогену в підгрупах А та Б. Відповідно, спостережувана зміна значень $\Sigma\theta$ в залежності від величин N^{LP} не може бути причиною виявленої відмінності коефіцієнтів ρ в рівняннях 2-5 (табл. 2).

Зменшення позитивного (зростання негативного) заряду замісників q^X в амінах I-VIII приводить до збільшення пірамідальності атома нітрогену. Задовільна кореляція спостерігається для амінів I-VIII (табл. 2; рівн. 15), коефіцієнти кореляції покращуються при окремому розгляді амінів I-IV і V-VIII (табл. 2; рівн. 16, 17). Зі зменшенням позитивного заряду замісників в більшій мірі зростає пірамідальність амінів підгрупи Б.

Пірамідальність амінів I-VIII в цілому зростає зі зниженням енергії ВЕП атома нітрогену; між параметрами спостерігається задовільна кореляція, а при окремому розгляді підгруп А і Б – відмінні кореляції (табл. 2, рівн. 18-20). Зі зниженням енергії ВЕП в більшій мірі зростає пірамідальність амінів підгрупи Б.

Бар'єри інверсії зростають зі зменшенням значень $\Sigma\theta$ (збільшенням пірамідальності атома нітрогену) і корелюють з останніми. Найбільш високі коефіцієнти кореляції спостерігаються при окремому розгляді амінів підгруп А і Б (табл. 2, рівн. 21-23). Слід зазначити, що в цьому випадку чутливість бар'єрів інверсії до зміни пірамідальності атома нітрогену в підгрупах А і Б практично однакова і свідчить про те, що на них в однаковій мірі впливають одні і ті ж фактори, перш за все, електронегазивність замісників Х та їх об'єм.

Таким чином, пірамідальність атома нітрогену в амінах I-VIII тісно пов'язана з електронегазивністю замісників Х, зарядами на атомах

нітрогену та замісниках Х, s-характером, електронною заселеністю та енергією ВЕП. Більша чутливість значень $\Sigma\theta$ для амінів V-VIII в порівнянні з амінами I-IV до зміни електроноакцепторності замісників XH_n ймовірно обумовлена впливом всіх розглянутих чинників, окрім електронних заселеностей ВЕП атомів нітрогену.

Список використаної літератури

1. Чертихина Ю.А., Лебедь О.С., Куцик-Савченко Н.В., Либ А.С., Цыганков А.В., Просяник А.В. Влияние электроотрицательности заместителей и внутримолекулярных взаимодействий на барьеры инверсии производных аммиака // Вопросы химии и хим. технологии. – 2018. – № 2. – С.51-59.
2. Чертихина Ю.А., Куцик-Савченко Н.В., Лебедь О.С., Либ А.С., Цыганков А.В., Просяник А.В. Взаимосвязь между электронными параметрами атома азота и внутримолекулярными взаимодействиями в производных аммиака // Вопросы химии и хим. технологии. – 2019. – № 2. – С.55-63.
3. Чертихіна Ю.А., Лебідь О.С., Куцик-Савченко Н.В., Ліб А.С., Анан'єва В.В., Янова К.В., Просяник А.В. Взаємозв'язок між структурними, електронними та енергетичними параметрами інверсії атома азоту в похідних амоніаку // Вопросы химии и хим. технологии. – 2021. – № 4. – С.134-141.
4. Lehn J.M. Nitrogen inversion experiment and theory // Top. Curr. Chem. – 1970. – Vol.15. – No. 3. – P.311-377.

ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ СИНТЕЗ ПЕРОКСИСПОЛУК ПРИ ЕЛЕКТРОЛІЗІ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ МОЛОЧНОЇ КИСЛОТИ

Шубін О.І., Тульський Г.Г., Шахін І.Х., Задорожня Т.В.

e-mail: tgg_ggt@ukr.net

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут»*

Україна, Харків

Пероксимолочна кислота (ПОМК) є сильним дезінфектантом с широким спектром антимікробної активності. Під впливом ПОМК вражаються як клітинні мембрани, так і ферментна, і білкова системи. В результаті відбувається швидка і необоротна інактивація мікроорганізмів. ПОМК має виражену антимікробну дію відносно широкого спектра мікроорганізмів, включаючи кишкову паличку, сальмонелу, стафілококи, цвілеві гриби, споро утворюючі бактерії, а також віруси – в низьких концентраціях при нетривалому часу впливу. За кордоном препарати на основі ПОМК успішно застосовуються для професійного використання на підприємствах харчової галузі, об'єктах агропромислового і тваринницького комплексів [1]. Широке застосування такого дезінфектанту в Україні гальмується через відсутність електрохімічної технології синтезу ПОМК, що дозволить розробити локальні електрохімічні генератори для виробництва дезінфектантів на її основі.

Електроліти готували з концентрованої молочної кислоти (МК) та сульфатної кислоти марки «хч». Вольт амперні дослідження проводили в потенціодинамічному режимі до потенціалів перебігу реакції Кольбе. В якості аноду використовували платину з робочою поверхнею 2,25 см². Анод піддали анодній активації до рівноважних потенціалів кисневої реакції для утворення шару PtO₂. Допоміжний електрод – платина. Електрод порівняння – хлорид-срібний, підведений до поверхні аноду за допомогою скляного ключа з капіляром Луггіна. Всі значення потенціалів перераховано відносно нормального водневого електроду.

На теперішній час відомо про хімічний метод одержання ПОМК при взаємодії концентрованої МК з концентрованим пероксидом водню [2]. Електрохімічний синтез ПОМК з водних розчинів МК буде суміщений з виділенням кисню та пероксиду водню з води. Тобто такий синтез потребує стійких анодних матеріалів з високою перенапругою виділення кисню [3, 4]. Тому для вольт амперних досліджень був обраний платиновий анод зі сформованою, при потенціалах утворення PtO₂, оксидною плівкою. При проведенні досліджень анодні потенціали обмежувалися 2,2...2,5 В для запобігання перебігу реакцій Кольбе, Гофера–Места та процесів заміщення та приєднання [4].

Підйом густини струму для діапазону досліджуваних концентрацій МК (1...4 моль·дм⁻³) починається в діапазоні потенціалів 1,0...1,1 В. Поява

струму, при досягненні цієї області потенціалів, відповідає виділенню кисню. До потенціалів 1,6...1,7 В виділення кисню перебігає зі значною перенапругою, що дозволяє досягнути потенціалів утворення пероксисполук. Аналіз прямого та зворотнього ходу вольт амперних залежностей вказує на незначний вплив адсорбційних процесів при концентрації 1...2 моль·дм⁻³ МК. А відсутність ділянки граничної густини струму – на низьку адсорбцію МК на поверхні аноду. В таких умовах ПОМК може утворюватись лише через хімічну взаємодію анодно генерованого пероксиду водню з молекулами МК.

Для гальмування виділення кисню у розчині МК було додано 0,5 моль·дм⁻³ H₂SO₄ [5]. Аналіз впливу додавання сульфатної кислоти до електроліту проводився за допомогою хронопотенційних залежностей.

При густині струму, що відповідає діапазону потенціалів виділення кисню, доволі швидко досягається стаціонарний потенціал. Додавання до розчину 0,5 моль·дм⁻³ сульфатної кислоти 1·10⁻³...5·10⁻³ моль·дм⁻³ МК сприяє незначному підвищенню анодного потенціалу на 5...10 мВ. Що свідчить про відсутність участі молочної кислоти у процесі виділення кисню.

При густині струму, що відповідає діапазону потенціалів утворення пероксисполук, додавання МК до розчину сульфатної кислоти деполяризує анодний процес. Це свідчить про участь молочної кислоти в утворенні пероксисполук. На першій ділянці (до 50 с) спостерігається різний хід хронопотенційних залежностей при зміні концентрації МК. При подальшому зростанні часу досліджень вплив концентрації МК нівелюється, що підтверджує припущення про адсорбційну природу впливу концентрації МК на кінетику анодного процесу в діапазоні потенціалів утворення пероксисполук.

При густині струму, що відповідає діапазону потенціалів перебігу реакції Кольбе встановлено виникнення впливу концентрацій МК на хід хронопотенційних залежностей протягом 1000 с. Такий хід залежностей вказує на витіснення молекул води з прианодного шару, що при потенціалах більших за 2.25...2.30 В призводить до перебігу реакції Кольбе.

Проведені дослідження дозволили визначити, що в діапазоні потенціалів 1.8...2.1 В відбувається суміщене утворення пероксиду водню та пероксимолочної кислоти.

Для уточнення потенціалів утворення пероксисполук та перебігу реакції Кольбе одержані вольт амперні залежності для розчину 3 моль·дм⁻³ МК, 0,5 моль·дм⁻³ сульфатної кислоти були перебудовані в диференційні вольт амперні залежності. Результати вказують, що додавання сульфатної кислоти до розчину МК суттєво впливає не тільки на потенціали перебігу суміщених процесів, але і на градієнт густини струму. Для досліджуваного розчину максимум градієнту густини струму приходить на потенціали 2,18...2,22 В. При більш позитивних потенціалах спостерігається

негативне зменшення градієнту до потенціалів 2,29...2,30 В, з наступним зростанням. Зростання градієнту густини струму при потенціалах, що є більш позитивними за 2,3 В пояснюється початком третього суміщеного процесу, перебіг якого описується реакцією Кольбе. Зниження градієнту після досягнення максимуму пояснюється перебудовою при електродного шару з витісненням з нього молекул води. Таким чином молекули води в при електродному шарі є необхідним компонентом для утворення пероксигруп, і їх витіснення з приелектродного шару значно зменшує виходи за струмом як ПОМК так і пероксиду водню. Тому потенціали перебігу реакції Кольбе недоцільно використовувати в електрохімічному синтезі ПОМК.

На підставі проведених досліджень обґрунтовано склад і концентрацію електроліту в електрохімічному синтезі ПОМК із застосуванням платиного аноду – 3 моль·дм⁻³ CH₃CH(OH)COOH, 0,5 моль·дм⁻³ H₂SO₄. Робочий діапазон потенціалів 2,15...2,20 В, що відповідає густині струму 100...120 А·м⁻². Деполяризація анодного процесу в робочому діапазоні потенціалів вказує на безпосереднє окиснення МК до ПОМК на платиновому аноді, а не на утворення ПОМК в результаті взаємодії анодно згенерованого пероксиду водню з МК.

Список використаної літератури

1 Шабловский В.О. Новое дезинфицирующее средство на основе перекиси водорода и молочной кислоты / В.О. Шабловский, А.В. Тучковская, О.Г. Пап, О.В. Ивашина // Химические проблемы создания новых материалов и технологий. – Минск, –2008– С 512 – 521.

2 Воронов М.С. Совершенствование технологии получения надуксусной кислоты при катализе ионообменными смолами в водных растворах уксусной кислоты и пероксида водорода / М.С. Воронов, В.Н. Сапунов, А.А. Макаров, А.Д. Кулажская // Журнал прикладной химии. – 2016. – Т. 89. – Вып. 3. – С. 370 – 380.

3 Poubaix M. // Atlas D'Équilibres Électrochimiques. Paris. Gauthier–Villars & C^{ie}. Éditeur–Imprimeur–Libraire, – 1963. – 646 p.

4 Водолажченко С.О. Обґрунтування складу електроліту в електрохімічному синтезі пероксимолочної кислоти / С.О. Водолажченко, С.Г. Дерібо, Т.В. Школьнікова, І.Х. Шахін // Вісник НТУ «ХПІ». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2020. – № 2 (1070). – С. 1 – 3.

5 Тульский Г. Г. Кинетика совмещенных процессов на анодах с комбинированным оксидно-металлическим покрытием в растворах сульфатной кислоты / Г.Г. Тульский, В.Б. Байрачный, О.М. Муратова, О.О. Смирнов // Украинский химический журнал. – Киев, – 2011. – Т. 77, – № 7–8. – С 38 – 41.

**ХІМІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ
ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ, ПОЛІМЕРНИХ,
ПОЛІГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА
ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ**

**CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF FUELS,
LUBRICANTS, POLYMERS, PRINTING
MATERIALS AND FOOD PRODUCTS**

NEW TECHNOLOGY OF TUBULAR PRODUCTS FORMATION ON THE BASIS OF COMPOSITE HYDROGELS

Bohdan Berezhnyy, Oleksandr Grytsenko, Nataliia Baran
e-mail: bohdan-volodymyr.berezhnyi.mnkhtm.2021@lpnu.ua
Lviv Polytechnic National University, Ukraine, Lviv

Creation of synthetic materials for the production of samples of vascular prostheses and implants with improved properties is an urgent task, which is caused by the deficiency of healthy vessels to replace the affected areas of arteries and veins. It should be noted that nowadays, none of the synthetic prostheses is perfect and has a number of disadvantages. Therefore, the question of developing new vascular prostheses and simple technologies for their production remains open, and researches related to its solution need to be continued. This task is in the area of interests not only of vascular surgeons, but also of researchers in the field of chemistry, mechanics, biotechnology, etc.

The purpose of this work is to develop a formation method of tubular products from composite hydrogels on the basis of 2-hydroxyethylmethacrylate (HEMA) with polyvinylpyrrolidone (PVP) copolymers (polyHEMA-gr-PVP)) of increased strength, which could be used as vascular prostheses.

Due to their unique properties, polymer hydrogels are seen as perspective materials for the production of vascular prostheses.

By using the results of researches, which were obtained at Lviv Polytechnic National University in the Department of Chemical Technology of Plastics Processing, the technology was developed of obtaining the tubular hydrogel products based on copolymers polyHEMA-gr-PVP, which are characterized by elasticity, resilience, sufficient porosity, high chemical and biological inertness, antithrombogenicity, that provides the perspective of their use as materials for the production of vascular prostheses [1]. At the same time, the original HEMA/PVP compositions are characterized by high fluidity, which ensures their ability to be processed into tubes by the method of casting or centrifugal molding [2]. The polymerization of HEMA/PVP compositions have been carried out at the presence of iron (II) sulfate. The molding process takes place at the air, at high speed, without the use of sophisticated equipment.

Hydrogel tubular products were obtained in polymerization form, the main elements of which are the matrix and the punch (Fig. 1). In order to facilitate a product removal from the mold, the outer molding surface (matrix) was made of polypropylene, because of the adhesion of polyHEMA-gr-PVP copolymers to it was the lowest.

The main physico-mechanical properties that determine the suitability of the polymer material for the production of vascular prostheses are strength, elasticity and resilience [3]. The strength of the hydrogel samples was characterized on the basis of the study results of their tensile strength during the bursting and the hardness number. Resilience was estimated by the resilience index, and elasticity by percentage elongation at bursting.

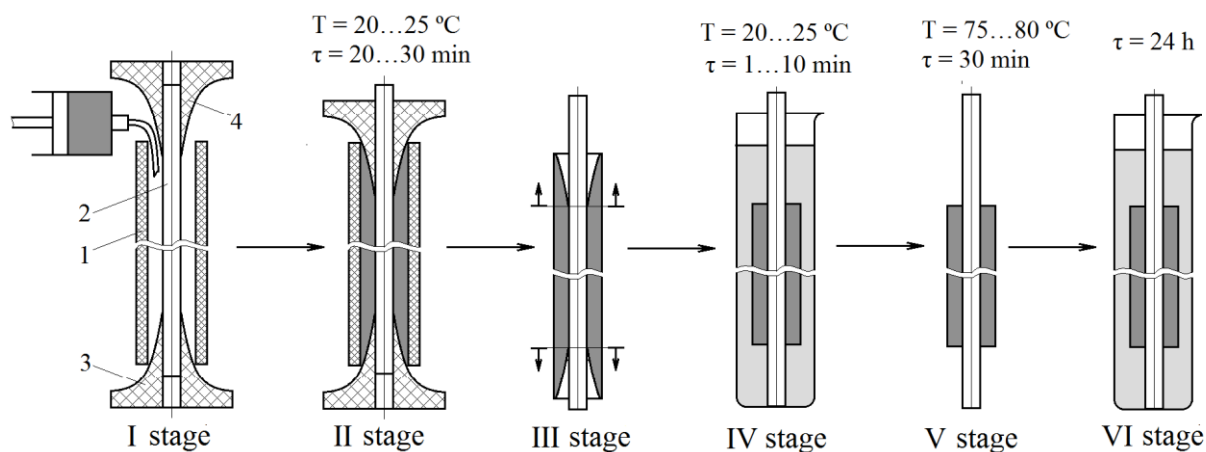


Fig. 1. Schematic diagram of two-layer hydrogel tubes obtaining. Stages: I – dosage of the composition (1 – matrix; 2 – punch; 3, 4 – calibration insert); II – polymerization; III – trimming the edges; IV – application of the modifying layer; V – evaporation of the solvent; VI – hydration

The optimal properties of the hydrogels are ensured by the water content in the original composition within 75 mass parts. Thus, the hydrogel tubes were formed by using the original polymer-monomer composition of the formula HEMA:PVP:H₂O = 80:20:75 mass parts and an initiation system based on iron sulfate (II).

To increase physico-mechanical properties of the tubular products based on the polyHEMA-gr-PVP hydrogels, they were modified with a thin layer of the PA-6/PVP mixture, which was obtained from the formate solution by the precipitation of hydrogel free water. The studies were carried out by using film samples. Certainly, the holding time of the sample in the modifying solution will affect on the characteristics of the modifying layer and the composite in total. It was established that holding the samples in the modifying solution positively affect on the strength of the composite hydrogel. However, after 5 minutes of modification, the resilience and elasticity of the composites deteriorate sharply. At the same time, it was investigated that the holding duration of the hydrogel film samples in the modifying solution has a positive effect on the surface adsorption value of the mixture PA-6 with PVP.

It was found that the adsorption of the reinforced layer to the hydrogel substrate increases straight-linearly during the first 5 min of holding the hydrogel sample in the modifying solution, after which the value of adsorption changes slightly.

Accordingly, on the basis of the conducted researches it is possible to distinguish the following main stages of the forming process of composite two-layer hydrogel tubular products (Fig. 1): dosage of the composition; polymerization; mechanical processing (trimming the edges); application of the modifying layer; evaporation of the solvent; hydration of the hydrogel tube.

On the basis of the obtained results, and by the use of the designed laboratory equipment, tubular hydrogel samples with different formulation of the original polymer-monomer composition were formed. The strength of tubular products suitable for use as vascular prostheses, further characterize the ability to withstand internal pressure. For this purpose, the studies of the resistance of the obtained hydrogel tubes to the internal pressure were carried out (Fig. 2). To study the resistance to the internal pressure of the hydrogel tubular samples, a laboratory unit was constructed and a method was developed, the essence of which is the liquid pressure fixation under which the sample bursting.

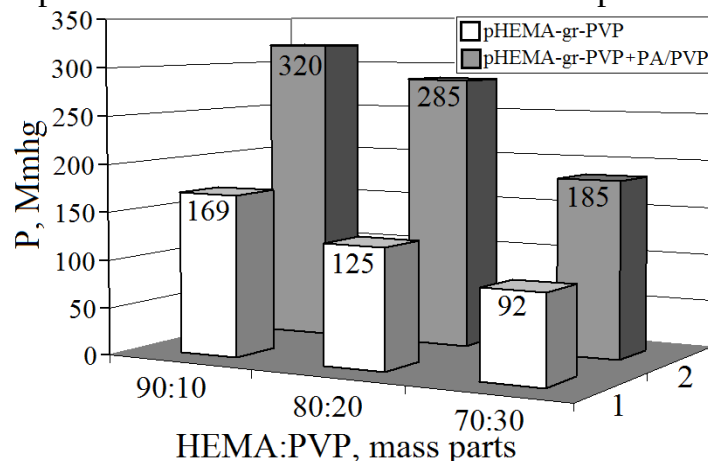


Fig. 2. Dependence of maximum bursting pressure (P) on the original formula composition (Composition:water = 1:1, mass parts): 1 – a hydrogel tubular sample based on a copolymer polyHEMA-gr-PVP; 2 – hydrogel tubular sample based on a copolymer polyHEMA-gr-PVP +(PA/PVP)

The results showed that the resistance to breakthrough from the internal pressure of the modified samples is almost two times higher than the strength of the unmodified ones and is within the permissible limits of blood vessel exploitation.

The obtained composite double-layer hydrogel tubes with increased strength are recommended for further preclinical studies for the possibility of use as blood vessel prostheses.

References

1. O. Suberlyak, O. Grytsenko, N. Baran, G. Yatsulchak, B. Berezhnyy. Formation Features of Tubular Products on the Basis of Composite Hydrogels / Chemistry & Chemical Technology. – 2020. – Vol. 14, No. 3. – pp. 312–317.
2. B. Berezhnyy, O. Grytsenko, O. Suberlyak, N. Baran, M. Kushnirchuk. The development of perspective technologies of high efficient hydrogel medical bandages formation // Львівські хімічні читання – 2021 (м. Львів, Травень 31- Червень 2, 2021р.). – 2021. – С. У32.
3. Chlupác J. Vascular prostheses: 50 years of advancement from synthetic towards tissue engineering and cell therapy / J. Chlupác, E. Filová, L. Bacáková // Rozhledy. – 2010. – №89. – P. 85–94.

INFLUENCE OF COMPONENTS ON POLYMER COMPOSITION

A. V. Kudryavtsev

e-mail: bmw755ix@gmail.com

SHEI "Ukrainian State Chemical and Technological University"

Ukraine, Dnipro

Additives can be present in the polymer composition in the form of a new phase or thermodynamically combined with the polymer base without changing its phase structure.

Most often, additives form their own phase, transforming the polymer composition into a heterophase system. Materials consisting of several components and having a heterophase structure with a phase interface are called composites. Composites, or composite materials can be created on polymer, metal and ceramic bases. Composite materials having a polymer continuous phase as a matrix and one or more dispersed phases are called polymer composites.

We can safely say that modern mechanical engineering and other industries are inconceivable without composite materials. It is not surprising that the science of composite materials has also been intensively developing in recent decades. Modern materials science is largely devoted to the study of composite materials.

A large number of different composites can be created on the basis of one polymer. Their diversity is determined by the chemical nature, size, shape and amount of the dispersed phase, as well as the nature of the phase interaction at the interface. The dispersed phase in the polymer composite material can be solid (in the form of powder or fibers), liquid or gaseous.

In addition, there are polymer composites that are mixtures of thermodynamically incompatible polymers.

The possibilities for creating composites are practically inexhaustible, since there is a large number of combinations that can be made from a huge number of components suitable for their preparation. Moreover, this number of combinations should be multiplied by the number of different structures of components that can be obtained by controlling their formation by changing the technology of manufacturing materials.

It is easy to imagine that the properties of various composite materials vary depending on their composition and structure in a wide range, allowing material scientists to design materials taking into account the problems to be solved.

In a number of composite materials based on metal and ceramic matrices, the polymer can be in a dispersed phase. Thus, when porous metal casting is impregnated with anaerobic monomeric materials or oligomeric resins, metal-polymer composite materials are obtained after their polymerization.

Composites are widely known in which the continuous phase is a ceramic. Porous ceramics impregnated with heat-resistant polymers are tough, impact-resistant and heat-resistant. Concrete impregnated with polymer is known.

Wood impregnated with a monomer, after its polymerization, also becomes a composite with high strength properties, in which the polymer is in the form of a discrete phase dispersed in a continuous polymer phase - cellulose, which forms the basis of the wood.

The properties of polymer composites are largely determined by the properties of the polymer matrix. The dispersed phase, which can be solid, liquid and gaseous, also has a very large effect on the properties of polymer composites. The creation of polymer composites can increase strength, stiffness, heat resistance, impact strength, oil and petrol resistance, improve manufacturability, reduce density and cost, and change other properties of the base polymer. This is the main way to create polymer materials with desired properties.

The science of polymer composites is based on the knowledge gained by scientists in various fields of fundamental sciences: chemistry, physics, polymer mechanics, solid state physics, theoretical and applied mechanics, etc. Today it is possible to calculate the properties of polymer composites and products made from them, design and design materials and products with specified properties.

Polymer composite materials are one of the most important and widely used classes of modern structural materials. Their consumption is constantly growing and in developed countries amounts to more than 100 kg per year per inhabitant.

Creation of polymer materials with special properties Above, we have already talked about the practically inexhaustible possibilities that materials scientists and technologists have provided by mixing polymers with various additives.

Knowledge of the laws governing the effect of additives makes it possible to create compositions with desired properties that the original polymer does not have.

This section will discuss ways of imparting special properties to polymeric materials.

List of Victory Literature

1. Кржижановский В.К. Пластмассовые детали технических устройств. / В.К. Кржижановский – М.: Научные основы и технологии, 2013. – 456 с.
2. Михайлин Ю.А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике. / Ю.А. Михайлин – М.: Научные основы и технологии. 2013 – 752 с.

РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ МАЙОНЕЗНОГО СОУСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ДОБАВОК

Голуб Л. С.¹, Левченко О.П.¹, Страшкіна Н.В.², Свириденко Л.В.²

1) ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,

2) Дніпровський політехнічний коледж

Україна, Дніпро

Сучасна концепція здорового харчування базується на науково обґрунтованому підході до удосконалення складу, властивостей і технологій харчових продуктів, які повинні не тільки задовольняти потреби організму людини в основних харчових речовинах і енергії, а й сприяти профілактиці захворювань, зберігаючи здоров'я і забезпечуючи довголіття. Серед асортименту харчових продуктів олійно-жирової галузі значне місце посідають майонези, в яких рослинна олія знаходиться у диспергованому стані, що підвищує її харчову цінність та засвоюваність [1,2].

Зацікавленість у розширенні досліджень технології майонезів зумовлена пред'явленням високих вимог до якості компонентів жирової фази. Особливо важливим є використання натуральних (природних) емульгуючих компонентів, рослинних олій з вираженими харчовими та біологічними властивостями та добавок, що мають корисні для здоров'я людини функціональні властивості.

У зв'язку з цим виникає завдання розширення асортименту майонезів та удосконалення існуючих технологій, що зберігають корисні властивості жирів та інших компонентів.

Традиційно до складу майонезних соусів та майонезів входять рослинні олії, найчастіше використовують дезодоровану рафіновану соняшникову олію. Така олія не принесе багато користі організму, адже процес очищення та рафінації, який використовується для виробництва соняшникової олії, руйнує антиоксиданти і корисні рослинні сполуки. Аналіз сучасного рівня існуючих розробок показує необхідність використання нетрадиційної рослинної сировини при виробництві жировмісних продуктів для збільшення їх стійкості при зберіганні та надання їм функціональних та антиоксидантних властивостей [2].

Основною особливістю майонезу є можливість корегування складу рецептурних компонентів та отримання продукції, що максимально відповідають фізіологічним потребам організму. Крім того, вживання рослинних рідких жирів у вигляді дрібнодисперсної водно-жирової емульсії зменшує навантаження на ендокринну систему, сприяє стабілізації фізіологічних функцій шлунково-кишкового тракту [3].

Авторами раніше розроблено склад майонезу, в якому частину рафінованої дезодорованої соняшникової олії замінено на суміш

конопляної та обліпихової олій холодного віджиму, що зберігають більшість антиоксидантів і вітамінів [4].

Запропоновано в рецептурному складі майонезної продукції частину рафінованої дезодорованої соняшникової олії замінити на олію з зародків пшениці. Олія пшеничних зародків має високу харчову, а також біологічну цінність. У складі олії є незамінні амінокислоти, жирні поліненасичені кислоти, водо- і жиророзчинні вітаміни, які мають протизапальні властивості, алантоїн, який має високу антиоксидантну активність, сквален (2-3%), октакозанол, близько 20 різних макро- і мікроелементів. Дана олія має високий вміст «вітаміну молодості» токоферолу (Е), а також вітаміну D, що грає вкрай важливу роль в засвоєнні кальцію і фосфору - мінералів, що «відповідають» за здоров'я зубів, суглобів і кісток. У олії зародків пшениці також присутній бета-каротин, який в організмі перетворюється на вітамін А. Крім того, ця олія є джерелом вітамінів групи В. Відрізняється вона і досить високим вмістом цинку, який бере участь в жировому, білковому, вуглеводному обмінах і кровотворенні, в синтезі травних ферментів і інсуліну. Дана олія нормалізує ліпідний і вуглеводний обмін, а значить, може застосовуватися людьми з надлишковою вагою.

В якості емульгатора в рецепті майонезного соусу використовували ізолят білку насіння соняшнику. Дефіцит білків у організмі людини призводить до розпаду власних білків організму. Рослинні білки позитивно впливають на органолептичні показники їжі: вигляд, колір, смак і текстуру. Згідно з цим визначається характер застосування рослинних білків, вибір конкретних їх видів і відсотковий рівень використання в продукті.

Список використаної літератури

1. Скирда, О.Є., Товарознавчі аспекти якості майонезів та практичні підходи до надання їм антиоксидантних властивостей [Текст] / О. Є. Скирда, Н.І. Черевична // Молодий вчений. - 2016. - №3 (30). – С.272-277
2. Сова, Н.А., Використання конопляної олії у технології майонезу. [Текст] / Н.А. Сова, М.В., Луценко А.О.Лобанова, Н.В Грекова // Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – 2019. – №5(1330). -С.152-159 doi:10.20998/2413-4295.2019.05.20.
3. Ткаченко, Н. А. Нові види майонезів оздоровчого призначення [Текст] / Н. А. Ткаченко, О. П. Некрасов, Т. В. Маковська // Матеріали міжнародної наукової конференції MicroCAD. URL: http://www.kpi.kharkov.ua/archive/microcad/2016/S12/file_285.pdf.
4. Голуб, Л.С. Нові функціональні харчові продукти з використанням нетрадиційної сировини [Текст] / Л.С. Голуб, Є.П. Левченко // International scientific and practical conference «Science, engeneering and technologe: global trends, problems and solutions»: Prague, Conference proceedings. – 2021. – P.141

УТИЛІЗАЦІЯ ГУМОВИХ ВІДХОДІВ МЕТОДОМ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПІРОЛІЗУ

Гринишин К.О., Скорохода В.Й.

e-mail: xeniagrynn@gmail.com

Національний університет «Львівська політехніка»

Львів, Україна

Раціональне використання відходів є однією з найважливіших екологічних і технологічних проблем сучасності. Серед значної кількості відходів слід виділити зношені автомобільні шини та інші гумові вироби, термін експлуатації яких закінчився. Щороку в світі таких відходів накопичується понад 10 млн. тонн. У численних дослідженнях доведено, що неконтрольоване накопичення шин та інших гумових відходів на звалищах призводить до забруднення і деградації ґрунтів, в тому числі і важкими металами [1]. В Україні річний приріст зношених шин та інших гумових відходів складає 250–300 тис. т. Рівень їх утилізації в нашій країні, за різними оцінками, не перевищує 10 %, натомість у більшості розвинутих країн світу переробляють 70–90 % таких відходів [2].

Відомо декілька методів утилізації гумових відходів. Частину гумових відходів спалюють для одержання теплової енергії. Однак, в результаті горіння гуми утворюються канцерогенні речовини, які спричиняють серйозну загрозу для навколишнього середовища та здоров'я людини [3]. Крім цього в продуктах горіння гуми є також оксиди сірки, які також є загрозою для довкілля. Ще один спосіб переробки зношених шин – це їх подрібнення з утворенням гумової крихти різних розмірів, яку в подальшому можна використовувати у будівництві, для покращення властивостей нафтових бітумів [4,5] тощо. Процес газифікації (або високотемпературного піролізу) ведуть за температур 800-1200°C. За таких умов утворюється велика кількість газоподібних продуктів, які можна використовувати як паливний газ, та твердий залишок – пірокарбон.

На особливу увагу заслуговує процес низькотемпературного піролізу гумових відходів. Його здебільшого ведуть на установках періодичної дії за температури 450-500°C. При цьому утворюється рідкий продукт – піроконденсат, газ піролізу, металокарбон та твердий залишок – пірокарбон. Піроконденсат піролізу здебільшого використовують як пічне паливо. Такий спосіб використання є економічно не вигідним, враховуючи порівняно низьку вартість цього виду палива. Тому важливим завданням є детальне дослідження складу та властивостей піроконденсату, що дало б змогу запропонувати нові напрямки його використання, зокрема у виробництві товарних бензинів і дизельних палив.

Процес низькотемпературного піролізу гумових відходів проводили в температурному інтервалі 480-550°C на промисловій установці. Одержано такі продукти: гази піролізу (15-20 % мас.); піроконденсат (30-

40% мас.); пірокарбон (25-35% мас.); металокард (10-15% мас.). Вихід продуктів змінювався залежно від режиму піролізу та типу гуми, яка надходить на переробку. Одержаний піроконденсат розділяли на окремі фракції в лабораторних умовах. Вихід бензинової фракції становив 30-35% мас., дизельної – 45-55% мас., залишку – 15-20% мас.

Бензинова фракція, виділена з піроконденсату піролізу гумових відходів – це прозора рідина темно-коричневого кольору з температурними межами википання 80-205°C та густиною 0,837 г/см³. Висока температура початку кипіння цієї фракції зумовлює низький тиск насиченої пари – 5,2 кПа. Вміст сірки складає 0,7 % мас., вміст ненасичених вуглеводнів – 19% мас.

Дизельна фракція, виділена з піроконденсату піролізу гумових відходів, це рідина темно-коричневого кольору з осадом та помутнінням. Вона характеризується такими показниками: густина 0,910 г/см³; температура застигання – менше ніж мінус 15°C; температура спалаху в закритому тиглі 85°C; зольність 0,87 %мас.; вміст сірки 3,7 % мас.; вміст ненасичених вуглеводнів – 17 % мас.

Залишок після розділення піроконденсату – це високов'язкий продукт чорного кольору з температурою спалаху у відкритому тиглі 115°C та вмістом сірки 3,7 % мас.

Вуглеводневі фракції з такими характеристиками не можуть використовуватися як товарні моторні палива. Їх доцільно використовувати як сировину для виробництва палив. Для цього їх потрібно додавати до відповідних нафтових фракцій і переробляти з ними на промислових установках вторинної переробки нафти.

Список використаної літератури

1. Horner J. M. (1999). Environmental Health Implications of Heavy Metals Pollution From Car Tyres. Rev. Environ. Health Journal. 11(4). 175-178.
2. Kutova J. (2012). Problemy utylizacii vidhodiv. Retrieved from <https://sites.google.com/site/smittaustitaukrai/eni/home/> [in Ukrain].
3. Sergienko M.I., Vasylychenko M.P., Veremenko M.P. (2009). Problema utylizacii avtomobilnyh shyn ta shlahy ii vyrishennja. Zbirnyk naukovykh prac NTK «Energetyka. Ekologiya. Ljudyna», rozdil «Ingenerna ekologiya». 338-341. [in Ukrain].
4. Andriy Nagursky, Yuriy Khlibyshyn, Oleg Grynysyn. (2017). Bitumen compositions for cold applied roofing products. Chemistry & Chemical Technology. 11 (2). 226-229.
5. Grynysyn O.B., Khlibyshyn J.Y., Nagursky A.O., Nagursky O.A. (2015). Metody oderzannja bitumiv z zalyshkiv pererobky vazkyh naft. Technologicheskyy audit i rezervy proizvodstva. 25(5/4). 45-48. [in Ukrain].

АДИТИВНЕ ВИРОБНИЦТВО ЕЛАСТИЧНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ ПВХ ПЛАСТИЗОЛЮ

Дебелій Б.С., Савченко Б.М., Слепцов О.О.

e-mail: Bohdan9509@gmail.com

*Київський національний університет технологій та дизайну,
Київ, Україна*

Аддитивне виробництво – це революційний процес створення тривимірних об'єктів шляхом послідовного додавання матеріалу – наприклад, пластику, металу, кераміки, композиту або чогось іншого – цементу, шоколаду, біоактивних речовин [1].

Існує багато технологій адитивного виробництва, які ґрунтуються на різних принципах. Найпростішою і найпоширенішою вважається технологія струменевого друку – ФДМ технологія – моделювання за допомогою наплавлення. Суть технології полягає в тому, що екструзійна головка з контрольованою температурою розігріває до напіврідкого стану полімерну нитку, і з високою точністю подає отриманий термопластичний моделюючий матеріал тонкими шарами на робочу поверхню 3D принтера. Шари наносяться один на одного, з'єднуються між собою і тверднуть, поступово формуючи готовий виріб [2].

Незважаючи на велику кількість переваг даної технології, вона має свої обмеження в галузі створення виробів високої еластичності.

Метою роботи було вдосконалення ФДМ технології адитивного виробництва для можливості створення виробів з використанням рідких витратних матеріалів на основі ПВХ.

Для досліджень було використано стандартний 3д принтер типу Prusa I3, який вдосконалили шляхом модернізації пристрою подачі матеріалу для можливості роботи з рідкими витратними матеріалами, подача яких забезпечується високоточним дозуючим насосом з кроковим двигуном.

Витратний матеріал – це рідка полімерна композиція на основі ПВХ, які містить суміш пластифікаторів та термостабілізаторів, так званий ПВХ пластизол. Рецептурний склад ПВХ пластизолу представлений в таблиці 1.

Таблиця 1

Рецептурний склад ПВХ пластизолу

№	Назва компоненту	Вміст, мас.ч.
1	ПВХ емульсійний ПВХ-E85	100
2	Пластифікатор полімерний	50-100
3	Пластифікатор складно-ефірний	50-125
4	Стабілізатор барій-цинковий	3-5

В процесі адитивного виробництва відбувається процес перетворення ПВХ пластизолу в ПВХ пластикат шляхом нагрівання першого до температури 165-205°C в термокамері екструдеру 3д принтеру.

Визначали міцність при розриві за ISO 527-2:2012 та твердість за шкалою Шор А за ISO 2039-1:2001. Результати досліджень представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Властивості дослідних зразків

№	Властивості	Значення при вмісті пластифікатору, мас.ч.			
		150	175	200	225
1	Міцність при розриві, МПа (паралельно напрямку формування)	4,5	4,0	3,4	2,6
2	Відносне видовження при розриві, %	300	340	390	480
3	Твердість Шор А, од.	50	48	24	19

Шляхом зміни співвідношення компонентів композиції вдалось досягти зміни значень міцності при розриві та твердості отриманих сформованих виробів. Збільшення вмісту пластифікатору зумовлює зменшення міцності при розриві та зростання відносного видовження.

На наступному етапі роботи було досліджено можливість створення еластичних виробів на основі ПВХ пластизолу, наповнених мінеральним наповнювачем – карбонатом кальцію. Введення від 20 до 40 мас.ч. наповнювача дозволяє регулювати в'язкість системи без суттєвого зниження еластичності кінцевих виробів, що суттєво впливає на якість готового виробу.

Можливою сферою застосування створеної технології є виготовлення ущільнень, звукоізолюючих матеріалів, поглиначів ударів та вібрацій та елементів дизайну, одягу та взуття. Швидкість адитивного виробництва ПВХ пластизолу перевищує типові значення для технології пошарового наплавлення нитки на 20-50%.

Створена технологія дозволяє стабільно формувати м'які та еластичні вироби з твердістю за шкалою Шор А від 5 до 90 од., котрі мають складну просторову конфігурацію, з рідких витратних матеріалів (пластизолів). Вироби, які можна одержати за цією технологією, за твердістю та еластичністю значно перевищують ті, які можливо одержати за технологією пошарового наплавлення нитки.

Список використаної літератури

1. Popescu D., Zapciu A., Amza C. G. FDM process parameters influence over the mechanical properties of polymer specimens: A review. Polymer Testing. 2018. 69.
2. Gibson, I; Rosen, D W; Stucker, B. Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. 2010. Boston, MA: Springer.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДО МИТТЯ ТА ОЧИСТКИ ІНТЕР'ЄРНОЇ ВОДНО-ДИСПЕРСІЙНОЇ ФАРБИ

Димура В.В., Голуб Л. С.

e-mail: vika13dymura@gmail.com

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

На теперішній час все більшого значення набувають водно-дисперсійні лакофарбові матеріали, виробництво і застосування яких не пов'язане з використанням токсичних і пожежонебезпечних органічних речовин. До їх основних переваг відносяться низька токсичність, швидке висихання, можливість фарбувати вологі поверхні і проводити фарбувальні роботи при підвищеній вологості повітря.

Використання таких матеріалів виключає використання токсичних та пожежонебезпечних розчинників, крім того, в промисловості при роботі з цими матеріалами знижуються вимоги до охорони праці, пожежо- та вибухонебезпечності фарбувальних робіт, не потрібно застосовувати обладнання для виробництва та нанесення лакофарбового покриття у вибухозахисному виконанні [1,2].

Останнім часом водно-дисперсійні лакофарбові матеріали широко застосовують в будівництві для зовнішньої і внутрішньої обробки. Такі матеріали повинні вирішувати завдання не тільки декоративного оздоблення будівель і споруд, а й захищати споруди від дії вологи, сонячного світла, механічних або хімічних пошкоджень. Найбільш поширені в цьому відношенні фарби на основі полівінілацетату. Перевага їх обумовлена легкістю виготовлення водної дисперсії полімеру і відносною дешевизною мономеру [2,3].

Найбільш поширеними плівкоутворювачами, що використовуються в рецептурах лакофарбових матеріалів, є водні дисперсії акрилових сополімерів (чисті акрилати), акрилстирольних сополімерів (стирол - акрилати), а також гомо- і сополімерів вінілацетату (з етиленом, ефірами акрилової або метакрилової кислоти) [4].

Акрилова фарба – це швидковисихаючий сучасний оздоблювальний матеріал, переважно універсального призначення. Практично необмежена сфера його застосування обумовлена високими технічними властивостями і експлуатаційними характеристиками [5].

Нами запропоновано склад лакофарбової композиції для інтер'єрного покриття з підвищеною вологостійкістю, в якій полімерною основою є акрилова дисперсія.

Акрилова дисперсія NeoCryl ХК-237 є дисперсією самозшиваючого типу і являє собою результат полімеризації акрилової кислоти з додаванням стабілізаторів та емульгаторів. В рецептурі використовується біоцид, який має в своєму складі активну речовину – суміш

хлорметилізотіазолінону та метилізотіазолінону. В якості загущувача використовується неіонний уретановий модифікатор реології, розроблений для складання рецептур широкого діапазону фарб, призначених для внутрішнього/зовнішнього застосування.

Розроблена екологічно чиста лакофарбова композиція, яка має підвищену стійкість до дії вологи, стійкість до впливу продуктів метаболізму бактерій та утворення грибової мікрофлори. Лакофарбове покриття на основі розробленого складу не має негативного впливу на здоров'я людини та негативного впливу на оточуюче середовище, володіє хімічно, термо-, морозо-, вогнестійкістю, підвищеною вологостійкістю.

Список використаної літератури

1. Гетьманчук Ю.П., Братичак М.М. Хімія та технологія полімерів [Текст] / Ю.П. Гетьманчук. – Львів: Бескид Біт, 2006. – 495 с.
2. Кузьменко, М.Я. Технологія виробництва та перероблення високомолекулярних сполук. Синтетичні смоли та полімери (синтез, властивості, застосування) [Текст] : Книга 2: Підручник / М.Я. Кузьменко, М.В. Бурмістр, Ю.М. Кобельчук. – Д.: ДВНЗ УДХТУ, 2015. – 489 с.
3. Санжаровский, А. Т. Физико-механические свойства полимерных и лакокрасочных покрытий [Текст] / А. Т. Санжаровский. – М.: Химия, 1978. – 184 с.
4. Карякина, М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий [Текст] / М. И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
5. Сморчек, В. А. Сиккативы для лакокрасочных материалов [Текст] / В. А. Сморчек // Лакокрасочные материалы. – 2010. – № 2. – С. 36 – 40.

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ МОДИФІКАТОРІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ НА ТЕХНОЛОГІЧНЕ СТАРІННЯ БІТУМУ

Донченко М.І.

e-mail: myroslava.i.donchenko@lpnu.ua

Національний університет «Львівська політехніка»

Україна, Львів

Досліджуючи бітум, як основний в'язучий компонент асфальтобетонного покриття, особливу увагу слід приділити зміні його властивостей внаслідок процесів старіння. На сьогодні відомо, що погіршення властивостей в'язучого розпочинається ще на стадії приготування та продовжується протягом всього терміну роботи дорожнього покриття [1]. Інтенсивність старіння на початкових етапах визначається технологією виробництва бітуму, в той час, як при подальшій експлуатації вирішальним є вплив світла, тепла та води. Наслідком такого впливу є те, що використання немодифікованого бітуму на даний момент практично не здійснюється, через нетривалий термін служби покриття, а введення до складу в'язучого добавок, які б покращили його властивості є просто необхідним.

Таким чином, широкого застосування на сьогодні знайшли полімерні добавки, що застосовують самостійно чи в комплексі з іншими додатками (адгезійними, пластифікуючими, антиоксидантами тощо), гумова крихта, нафтополімерні смоли з різними групами, сірка, важка смола піролізу тощо. В зв'язку із цим, було прийнято рішення провести зістарювання зразків бітуму із переліченими модифікаторами та дослідити їх вплив на процеси старіння. За оптимальну кількість прийнято 5% добавки, що дозволяє зробити початкові припущення щодо впливу модифікатора на процеси, які відбуваються з бітумом під час старіння. У якості базового компоненту використовувався дорожній бітум марки 60/90 виробництва ПАТ «Укртатнафта». Старіння здійснювали за допомогою печі RTFO за температури 163°C та впродовж 75 хв., згідно [2].

В такий спосіб було проведено зістарювання зразків із модифікаторами: ГК (гумова крихта діаметром 0-1 мм.); комплексний модифікатор, що складається із 5% ФІКС-Ф, 1,5% Calprene 501М (СБС) та 4% гудрону [3]; сіркою S; НПС з гідроксильними (Г) та карбоксильними (К) групами, а також важкою смолою піролізу (ВСП). За отриманими результатами було встановлено, що в зразка, в який додавали гумову крихту після старіння залишкова пенетрація не відповідала вимогам та складала 36% замість зазначених у вимогах 75%, як і зміна температура розм'якшення, що вдвічі перевищувала вказані норми (10,9°C замість допустимих 5,0°C). Втрата маси зразка для даного типу модифікатора не нормується. У комплексного модифікатора, як і в нафтополімерних смол з гідроксильними та карбоксильними групами залишкова пенетрація також не відповідала встановленим вимогам та була вдвічі, а то і в тричі (для НПС(К)) нижчою, з наступними значеннями – 39,0% (комплексний

модифікатор); 36,0% – НПС(Г) та 27,0% – в зразка з НПС(К). Для зразка, в який додавали сірку S незадовільними були як значення глибини проникності голки після старіння (24,0%), так і зміни температури розм'якшення, що становила 13,0°C, замість 5,0°C згідно стандарту. Зістарювання зразка, модифікованого важкою смолою піролізу дозволило одержати наступні результати: залишкова пенетрація – 43% та зміна температури розм'якшення 2,2°C.

Таким чином можна стверджувати, що попри високі вихідні показники модифікованих зразків, процеси, які протікають у них при старінні значно погіршують їх властивості, внаслідок чого, одержані зразки вже не відповідають вимогам стандарту. Фактично, жоден із модифікаторів не може використовуватись без подальшого додавання інших компонентів, які б дозволили на належному рівні підтримувати ті показники, що явно не відповідають вимогам нормативних документів. Це можуть бути як різноманітні пластифікатори, так і антиоксиданти, або ж поєднання з іншими видами модифікаторів для створення комплексів, що відповідатимуть всім встановленим вимогам.

Поруч із тим, важливо вдосконалювати також самі технології виготовлення бітумів, оскільки, навіть незначне зменшення технологічних температур при виготовленні окиснених бітумів дозволяє суттєво покращити їхні подальші експлуатаційні характеристики та використовувати меншу кількість модифікатора для створення товарного продукту [4]. З іншої сторони важливим є також підбір мінеральної частини для приготування асфальтобетонних сумішей, враховуючи, що відповідний хіміко-мінералогічний склад компонентів та тип гранулометрії здатні зі своєї сторони покращувати або погіршувати характеристики дорожнього покриття.

Список використаної літератури

1. Донченко, М. І., Гринишин, О. Б., Кочубей, В. В., & Хлібишин, Я. (2020). Особливості старіння окисненого нафтового бітуму марки БНД 60/90 ПАТ “Укртатнафта”. *Chemistry, Technology and Application of Substances*, 1 (3), 2020, (1), 83-89.
2. ДСТУ Б EN 12607-1:2015 Бітум та бітумні в'язучі. Визначення опору до твердіння під впливом теплоти та повітря. Частина 1. Метод RTFOT (EN 12607-1:2014, IDT).
3. Demchuk, Y., Gunka, V., Pyshyev, S., Sidun, I., Hrynychuk, Y., Kucinska-Lipka, J., & Bratychak, M. (2020). Slurry surfacing mixes on the basis of bitumen modified with phenol-cresol-formaldehyde resin. *Chemistry & Chemical Technology*, 2 (14), 2020, 14(2), 251-256.
4. Oleg Grynyshyn, Myroslava Donchenko, Yurii Khlibyshyn, Olga Poliak. (2021). Investigation of Petroleum Bitumen Resistance to Aging. *Chemistry & Chemical Technology*, 3 (15), 2021, 15(3), 438-442.

ТЕРМОСТАРІННЯ ТРИАЦЕТАТЦЕЛЮЛОЗНИХ ПЛІВОК В ПРИСУТНОСТІ ОЛІГОУРЕТАНДІОЛІВ

Жилічева А.О., Кузьменко М.Я., Шапка В.Х., Кузьменко О.М.

e-mail: sapkavasiliij2@gmail.com

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, Дніпро

У даній роботі досліджено вплив модифікуючих добавок – олігоуретанів на індивідуальних діолах та на олігомерних простих етерах з різною молекулярною масою – на властивості плівок на основі триацетату целюлози на знос та термостабільність. Вони не мають у структурі вільних функціональних ($-\text{OH}$ або $-\text{NOC}$) груп і тому будуть виконувати функції пластифікатора. Оскільки в складі композиції розчину застосовують дибутилфталат, то викликає інтерес замінити один тип пластифікатора на інший та дослідити як змінюються і властивості розчинів ТАЦ–композицій.

В роботі вивчено вплив тривалості старіння плівки на фізико-механічні властивості досліджуваних ТАЦ–плівок. У дослідях були використані плівки, які були відлиті з ТАЦ–композицій, модифікованих добавками продуктів, наведених у таблиці 1. Плівки після витримки в термошафі при температурі $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тривалістю старіння від 0 до 20 год, піддавали наступним випробуванням: визначення межі міцності при розриві та відносного подовження на розривній машині FP–10, визначення відносної твердості на маятниковому приладі 2124 ТМЛ.

Після обробки результатів та отримання графіків, зроблені певні висновки щодо зміни властивостей із часом старіння. При збільшенні часу старіння плівка деформувалась, жовтіла, спостерігався специфічний запах.

Збільшення кількості частки кисню в ланцюзі речовини добавок №4 та №5 приводить до того, що твердість модифікованих ними плівок підвищується порівняно із твердістю базової ТАЦ–композиції. Також це відбувається за рахунок підвищення фізичної взаємодії між уретановими та простими ефірними групами.

Найвище значення, тобто найбільший вплив на показник твердості, має добавка продукту №4 концентрацією $0,1\%$ мас. від маси ТАЦ – твердість збільшується у 1,5 рази по відношенню до базового зразку. Проте при збільшенні концентрації цієї добавки у складі композиції до 1% мас. від маси ТАЦ відбувається падіння твердості, але починаючи із 3% мас. значення твердості трохи підвищується внаслідок протікання окислювальних процесів та структурування макромолекули [1].

При додаванні малих концентрацій введеної добавки, вона працює як пластифікатор між надмолекулярними утвореннями, тому відбувається незначне зростання показника відносного подовження.

Таблиця 1
Структурні формули модифікуючих добавок

№	Структурна формула	M	n _D	Вміст -NCO груп, % мас	Вміст уретанових груп, % мас
1	2	3	4	5	6
1		714,4	1,4858	0,0	33,04
2		758,4	1,498	0,0	31,12
3		803,42	1,497	0,0	29,38
4		868,34	1,4582	0,0	27,18
5		1018,34	1,493	0,0	23,18
M – молекулярна маса n _D – коефіцієнт заломлення (показник рефракції)					

Найбільший вплив на відносне подовження має продукт добавки № 2 при концентрації 0,5% мас. від маси ТАЦ – збільшення показника приблизно у 1,5 рази відносно базового зразку, але більш стабільний показник протягом усього часу прискореного термостаріння показала концентрація 0,1% мас. від маси ТАЦ.

На початку термостаріння відбувається термозакалка та додаткова сшивка макромолекул – збільшується кількість зв'язків просторової сітки полімеру, за рахунок чого можемо спостерігати зростання значень міцності, зокрема показника межі міцності при розриві [2].

Найбільше цю властивість покращує спеціальна добавка № 4 – приблизно у 1,4–1,5 рази. Це пояснюється тим, що у довжині ланцюга олігомерних добавок збільшується кількість поляризованих оксипропіленових ланок, вони взаємодіють із продуктами деструкції, що призводить до підвищення міцнісних характеристик досліджуваних зразків [3].

Втрата маси більше там, де відбуваються більші деструктивні процеси і продукти деструкції не зв'язуються в макромолекулах, а випаровуються. Було з'ясовано, що досліджені у ході роботи добавки знижують втрату ваги під час термостаріння внаслідок утворення більш міцних та стійких зв'язків сполук, у порівнянні з базовою композицією розчину [4].

Плівки з добавкою № 2 зі збільшенням концентрації злегка мутніли та мали пухирці та інші дефекти при їх формуванні. Що свідчить про несумісність модифікатора з триацетатом.

Список використаної літератури

1. Кузьменко, С. Н. Производные трис [три [(бутокси) титанокси]-борана и полифторсодержащего спирта в качестве пластификаторов триацетатцеллюлозных композиций [Текст] / С.Н. Кузьменко, В.Х. Шапка, К.М. Сухой, Д.С. Шаповал, О.В. Бублик. – Polymer Journal (18181724). – 2020, – Vol. 42 Issue 1, – p 44–51. 11p.

2. Ершова О. В., Чупрова Л. В. Способы химической модификации целлюлозы с целью создания новых композиционных материалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 10-3. – С. 359–362

3. Павлов, Н. Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях. – М.: Химия. – 1982. – 224 с., ил.

4. Модификация ацетатов целлюлозы [Текст]: монография / Б. О. Полищук, Н. П. Шевелёва, Н. В. Зонова, Т. В. Мезина. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 184 с.

ВПЛИВ ПРИСАДОК РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ НА НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ ПАЛИВА

Замікула К.О., Тertiшна О.В.

e-mail: zamikula_1994@ukr.net, elenateert@gmail.com

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, Дніпро

Проблема стійкості нафтових дисперсних систем продовжує залишатися одним з центральних питань при їх зберіганні. Серед відомих фізичних і хімічних методів впливу на стабільність паливної сировини набуває значення використання інгібіторів парафіноутворення як природного, так і синтетичного походження. Невирішеною є проблема підбору ефективних депресорних присадок, які повинні знижувати температуру утворення твердої фази в нафтових дисперсних системах, сповільнювати процес формування відкладів при низьких температурах, давати бажаний ефект при невисоких їх концентраціях (до 1% об.), бути нетоксичними і, насамперед, мати невелику вартість. Лише невелика кількість речовин задовольняє перерахованим вимогам. Аналіз наявної ситуації свідчить про певні невирішені питання, зокрема: налаштованість на емпіричний підбір ефективних додатків-компонентів без урахування залежності «склад – будова – функціональні властивості»; орієнтація на композиції декількох речовин, функції яких слабо скореговані і оптимізовані.

Існують різні точки зору на механізм дії депресорних присадок. У роботах [1, 2] механізм впливу присадок на утворення кристалів парафіну пояснюється одночасним зародженням кристалів парафіну та присадки. Висока молекулярна маса присадки підштовхує кристалічне ядро до самозбірки в міцелоподібний агрегат. В роботі [3] доведено, що адсорбція парафінових молекул на поверхні присадки запобігає росту кристалів і змінює схему їх формування за рахунок утворення міцелевого ядра.

Для гальмування процесу кристалізації молекули присадки мають взаємодіяти з розчиненим парафіном у нафтовому дисперсному середовищі. Наявність функціональних груп присадки разом із бічними ланцюгами потенційно перешкоджає процесу кристалізації парафіну та знижує температуру застигання. Вони разом кристалізуються у парафін довголанцюгового типу і створюють стеричні бар'єри, які перешкоджають приєднанню нових вхідних молекул парафіну [4].

Використання поверхнево-активних речовин може зменшити ріст кристалів парафіну в дизельних оливах, але їх можливості у парафіністих та важких сирих нафтах вивчені лише нещодавно [5, 6].

Мета дослідження – розробка ефективних композицій депресорних присадок до нафтопродуктів з точки зору термодинамічних фазних

переходів у нафтових дисперсних системах (НДС), експериментальне встановлення оптимальної робочої концентрації.

В якості об'єктів досліджень використано мазут та його суміші з присадками, отриманими, або синтезованими із сировини рослинного походження.

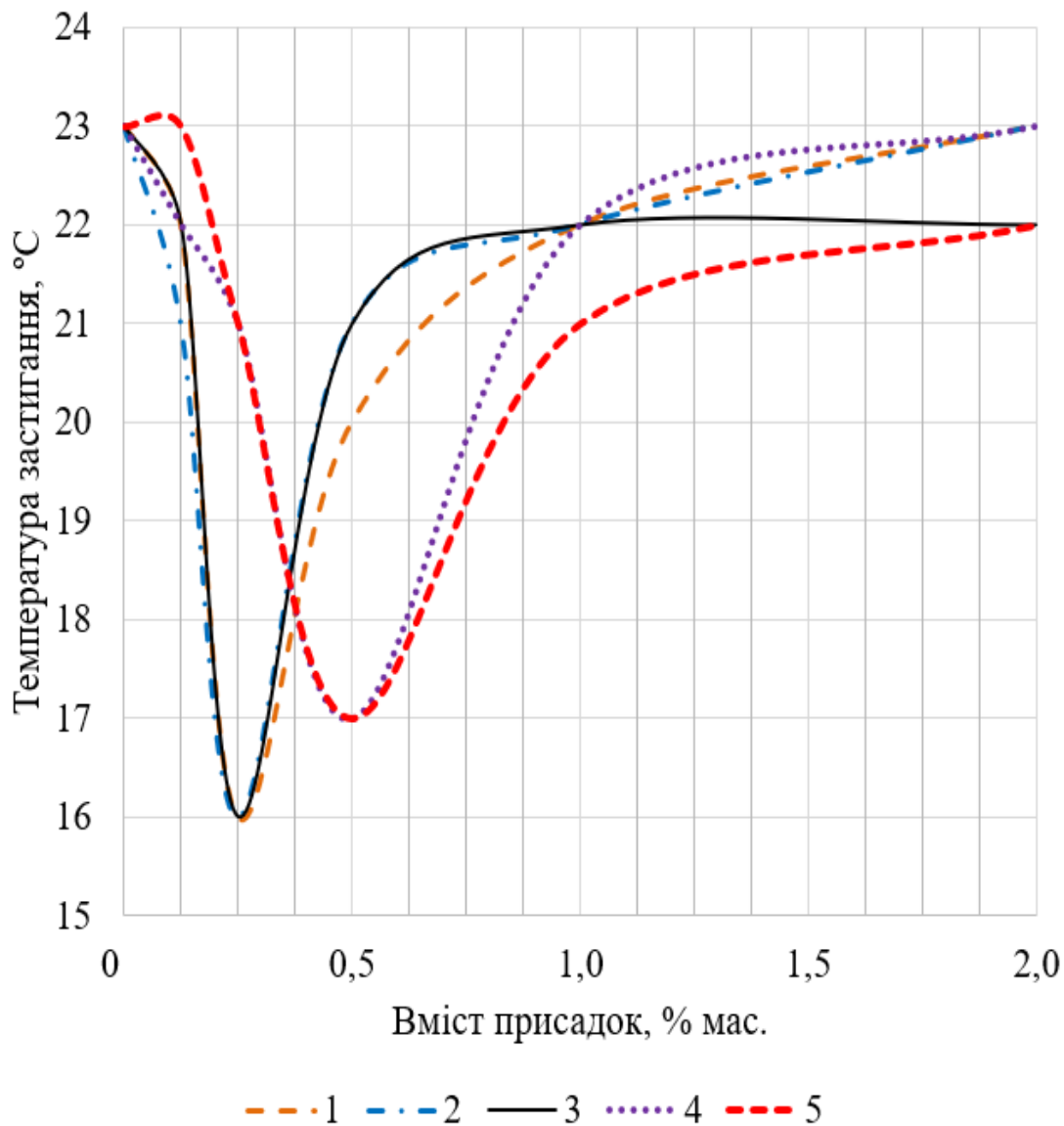
Попередні дослідження [7] показали, що ефективність депресорних присадок залежить від характеристик і концентрації дисперсних частинок нафтопродуктів, визначається природою добавки та складом дисперсійного середовища, а найбільш ефективними депресорними присадками є речовини або їх суміші, які мають значно менший, ніж у дисперсних компонентів вихідного палива, параметр розчинності. Такими речовинами можуть бути моно-, дигліцериди, диетаноламід, жирних кислот, сульфосукцинати на їх основі, а також фосфоліпіди.

Для розрахунку параметрів розчинності використана методика Ван-Кревелена [8]. Порівняння параметрів розчинності депресорних присадок на основі вищенаведених речовин із параметрами розчинності вуглеводнів наведене в таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри розчинності вуглеводнів мазуту та депресорних присадок

	Компонент (суміш)	Параметр розчинності компонента, δ (кДж/м ³) ^{0,5}	
		у рідкій фазі	у твердій фазі
	н-С ₁₈ H ₃₈	16,31	28,54
	н-С ₂₂ H ₄₆	16,55	30,91
	н-С ₃₀ H ₆₂	16,93	34,57
	н-С ₄₀ H ₈₂	17,28	37,96
Зразок присадки	Співвідношення складових компонентів суміші		
№1	Суміш дигліцереїдів та диетаноламідів жирних кислот 2:1	10,59	15,88
№2	Суміш моногліцереїдів та диетанол-амідів жирних кислот 1:1	13,19	19,79
№3	Суміш моно- та дигліцереїдів жирних кислот 1:1	11,61	17,41
№4	Сульфосукцинат натрію на основі моно- та дигліцереїдів жирних кислот 1:1	9,62	14,43
№5	Фосфатидний концентрат – суміш лецитину та ріпакової олії 1:1	7,63	11,45

Для визначення робочих концентрацій депресорних присадок проведено серію дослідів з визначення температури застигання мазуту із додаванням присадок у кількості 0,125, 0,25, 0,5, 1 та 2 % мас. Результати експерименту наведені на рисунку 1 [9].



Зразки мазуту із додаванням присадки №1, №2, №3, №4 і №5.

Рисунок 1 – Вплив присадки на температуру застигання зразків мазуту

Як видно з рисунку, при використанні присадок на основі моно- та дигліцеридів жирних кислот, а також їх діетаноламідів кращі результати отримані при їх додаванні у концентрації 0,25% мас. Для присадок на основі сульфосукцинатів гліцеридів жирних кислот та фосфатидного концентрату ефективною концентрацією виявилась 0,5% мас.

Отримані результати дозволили зробити висновок, що ефективність дії депресорних присадок не може бути в повному обсязі охарактеризована

значенням параметру розчинності їх компонентів, оскільки речовини із мінімальними їх значеннями (фосфоліпіди та сульфосукцинати) впливають на температуру застигання мазуту при більш високих концентраціях в порівнянні із іншими присадками. Це свідчить про вплив стеричного фактору при адсорбції молекул присадки на поверхню кристалів парафіну і підтверджує адсорбційний механізм їх дії.

Також визначено вплив додавання робочої концентрації кожної з присадок на такі ряд експлуатаційних показників мазуту (таблиця 2).

Таблиця 2 – Фізико-хімічні характеристики дослідних зразків мазуту з присадками

Зразок	Густина при 20°C, кг/м ³ [10]	В'язкість умовна за температури 80°C [11]	Температура спалаху у відкритому тиглі, °C [12]
Мазут (контрольний зразок)	940,0	2,95	163
Мазут +0,25% мас. присадки №1	937,9	2,82	134
Мазут +0,25% мас. присадки №2	940,1	2,88	132
Мазут +0,25% мас. присадки №3	940,2	2,91	140
Мазут +0,5% мас. присадки №4	939,9	2,93	135
Мазут +0,5% мас. присадки №5	935,3	2,69	128
Мазут М100	900-1100	Не більше 16,0	Не нижче 110

Відповідно до результатів випробувань одержаний мазут із додаванням присадок задовольняє вимогам ДСТУ 4058-2001 [13] до котельного палива.

Список використаної літератури

1. Yang, F., Zhao, Y., Sjöblom, J., Li, C., & Paso, K. G. (2015). Polymeric wax inhibitors and pour point depressants for waxy crude oils: A critical review. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 36(2), 213–225.
2. Naiya, T. K., Banerjee, S., Kumar, R., & Mandal, A. (2015, November). Heavy crude oil rheology improvement using naturally extracted surfactant. In *SPE Oil and Gas India Conference and Exhibition*. Mumbai, India.

3. El Mehad, N. (2017). Efficiency of n-decyl-n-benzyl-n-methylglycine and n-dodecyl-n-benzyl-n-methylglycine surfactants for flow improvers and pour point depressants. *Journal of Molecular Liquids*, 229, 609–613.
4. Ridzuan, N., Adam, F., & Yaacob, Z. (2015). Effects of shear rate and inhibitors on wax deposition of malaysian crude oil. *Oriental Journal of Chemistry*, 31(4), 1999–2004.
5. Sahai, M., Singh, R. K., Kukrety, A., Kumar, A., Ray, S. S., Chhibber, V. K., & Kumar, S. (2018). Application of triazine-based gemini surfactants as viscosity reducing agents of tar sand derived bituminous crude. *Energy and Fuels*, 32(3), 3031–3038.
6. Ahmed, S. M., Khidr, T. T., & Ismail, D. A. (2017). Effect of gemini surfactant additives on pour point depressant of crude oil. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 39(8), 1160-1164.
7. Tertyshna O., Zamikula K., Tertyshny O., Zinchenko O., Topilnytskyi P. (2021). PHASE EQUILIBRIUM OF PETROLEUM DISPERSION SYSTEMS IN TERMS OF THERMODYNAMICS AND KINETICS. *Chemistry and Chemical Technology*, Vol. 15, No. 1, pp. 132–141
8. Miller-Chou B.A., Koenig J.L. (2003). A review of polymer dissolution. *Progress in Polymer Science* Volume 28, Issue 8, Pages 1223-1270
10. ГОСТ 20287-91. Нафтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания [Чинний від 13.05.1991]. – М.: Издательство стандартов, 2016. – 9 с.
11. ГОСТ 3900-85 (СТ СЭВ 6754-89) Нафта і нафтепродукты. Методы визначення щільності [Чинний від 1987.01.01] – М.: Издательство стандартов, 2003. – 36с.
12. ГОСТ 6258-85. Нефтепродукты. Метод определения условной вязкости: [Чинний від 23.05.1986]. – М.: Издательство стандартов, 2006. – 8 с.
13. ДСТУ ГОСТ 4333:2018 Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле [Чинний від 2018.21.09] – М. Стандартинформ, 2015, 21с.
14. ДСТУ 4058-2001. Паливо нафтове. Мазут. Технічні умови. [Чинний від 2015.01.11] – Київ, 2001, 29с.

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ МОДИФІКАЦІЇ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ПАЛИВ СИЛОВИМИ ПОЛЯМИ

Зінченко Р.О., Матвєєва О.Л.

e-mail: zinrboxer@gmail.com, mollvovna12@gmail.com

ДВНЗ «Національний авіаційний університет»,

Україна, Київ

На сьогоднішній день спостерігається постійний розвиток автомобільної галузі у напрямку модернізації продукції для мінімізації впливу на навколишнє природне середовище. В свою чергу також підвищується екологічна обізнаність людей, що підтверджується контролем існуючих екологічних стандартів (Євро-1-5) та впровадженням нових (Євро-6, 7).

Якщо нові автомобілі у повній мірі мають відповідати і відповідають цим стандартам при виході із конвеєру, то для забезпечення виконання цих же вимог власникам автомобілів, що були вироблені у минулі роки, необхідно виконувати відповідні заходи: модифікація паливної системи, системи випуску та управління двигуном.

В даному питанні важливу роль займає паливна система та паливо. При забезпеченні умов більш повного згорання палива в двигуні, в комплексі з іншими заходами можливо виконання існуючих екологічних стандартів без зменшення потужності та скорочення строку експлуатації двигуна.

В наших попередніх роботах [1-4] вже розглядалася можливість модифікації магнітним полем вуглеводневого палива. При стендовому випробуванні впливу магнітного поля постійних неодимових магнітів на вуглеводневі палива, та дослідженні модифікованих зразків в лабораторії було підтверджено вплив магнітного поля на палива та встановлено неможливість використання одного пристрою модифікації для всіх видів вуглеводневих палив.

Таким чином, враховуючи результати попередніх дослідження [1, 2], нами запропоновано принципову модель пристрою, що створено на базі програмного забезпечення ELCUT – програми моделювання кінцевими елементами, яка вирішує задачі електромагнітних, ланцюгово-польових, теплових і механічних завдань. На рис. 1-2 зображені силові лінії магнітного поля та їх вектори під час впливу магнітного поля на вуглеводневі палива. За допомогою моделювання цього процесу було визначено індукцію магнітного поля в кожній точці робочої зони пристрою.

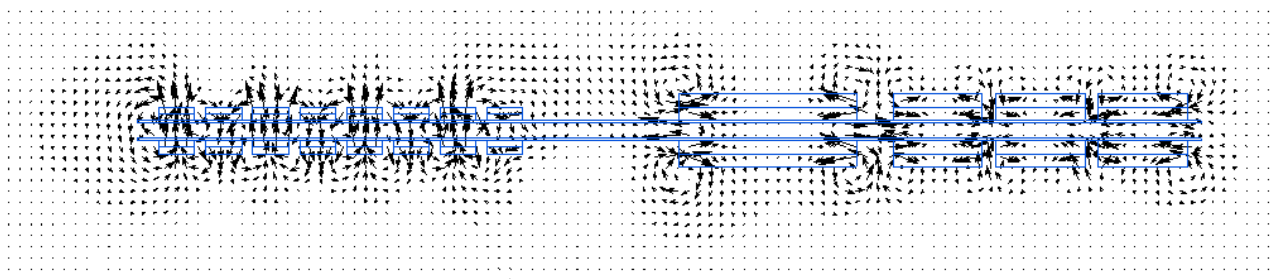


Рис. 1. Напрямок силових ліній магнітного поля у магнітному модифікаторі

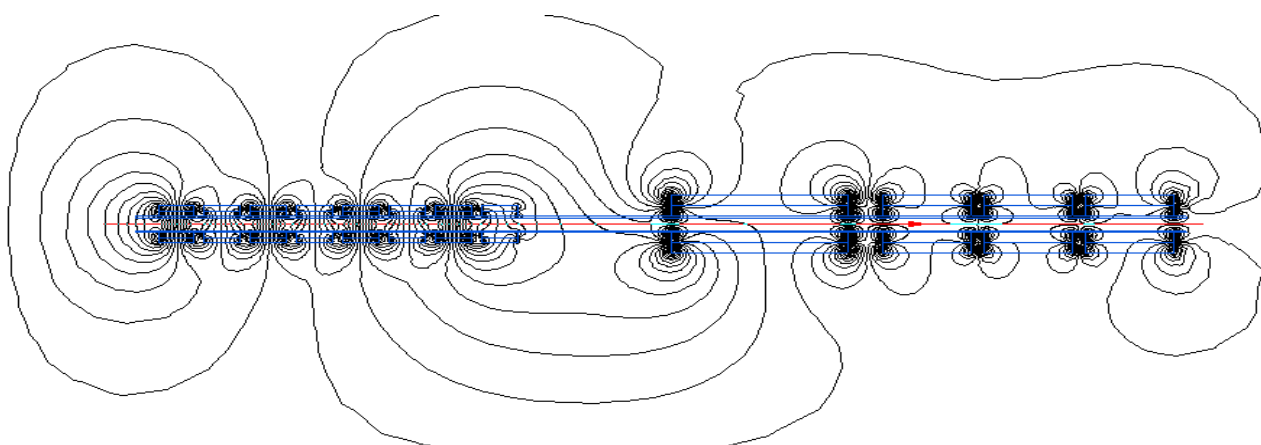


Рис. 2. Силові лінії магнітного поля пристрою

По червоній лінії, яка зображена на рис. 2, знімалися основні дані для аналізу та дослідження параметрів магнітного поля. В цьому ж напрямку перекачувалось вуглеводневе паливо.

Проаналізувавши отримані результати ми припускаємо, що саме неоднорідність магнітного поля призводить до зміни фізико-хімічних властивостей вуглеводневих палив. Щоб отримати підтвердження цього, було розроблено три нових модифікації пристрою, в яких закладена різна ступінь неоднорідності магнітного поля: мала, середня та висока. Магнітна індукція становить від 0,01 до 0,45 Тл.

Випробування проектних магнітних модифікаторів та аналіз отриманих результатів дадуть можливість оцінити вплив неоднорідності магнітного поля на вуглеводневі палива.

Використання магнітного модифікатора для кожного з видів палив у комплексі з іншими заходами під час експлуатації автотранспорту є перспективним та ефективним напрямом щодо зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище.

Список використаної літератури

1. Зінченко Р.О. Матвєєва О.Л. Модифікація фізико-хімічних властивостей вуглеводневих палив силовими полями // XIX Міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів "Політ. Сучасні проблеми науки". Збірник тез. – К.: НАУ. – 2019.
2. Зінченко Р.О., Матвєєва О.Л. Покращення екологічних властивостей світлих нафтопродуктів методами магнітної обробки // Екологічна безпека держави: тези доповідей XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, м. Київ, 23 квітня 2020 р. – К.: НАУ. – С. 10.
3. Ruslan Zinchenko, Matvyeyeva Olena "Modification of aviation fuels by force fields" // The Ninth World Congress "AVIATION IN THE XXI-st CENTURY", National Aviation University, Liubomyra Husara Ave. 1, Kyiv, Ukraine.
4. Зінченко Р.О., Матвєєва О.Л. Екологічні аспекти модифікації автомобільних моторних палив силовими полями // Екологічна безпека держави: тези доповідей XV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, м. Київ, 22 квітня 2021 р. – К.: НАУ. – С.7.

КОМПЛЕКСНІ СУМІШІ ЕМУЛЬГАТОРІВ ДЛЯ КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Земелько М.Л., Голуб Л. С.

e-mail: kushnir2609@gmail.com, man-shan@ukr.net

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Серед кондитерських виробів особливе місце займають глазуровані кондитерські вироби та шоколад, основними компонентами яких є какао-масло і какао терте, які одержують з імпортової сировини – какао-бобів. При виробництві глазурей для кондитерських виробів особливу увагу приділяють зниженню в'язкості композицій і зменшенню витрати какао продуктів і, в першу чергу, какао-масла. Глазур уповільнює процеси окислення, черствіння, попадання вологи, тим самим продовжуючи термін придатності виробу, а також забезпечує зовнішню привабливість, композиційну завершеність і смакову палітру продукту. Глазурі для кондитерських виробів є багатокомпонентними сумішами. В розплавленому стані, при якому здійснюються всі технологічні процеси, вони являють собою дисперсні системи. Глазур для кондитерських виробів являє собою тонкодисперсну суміш, що складається з какао-порошку, какао-масла і цукрової пудри. Крім цих основних компонентів, в глазур для кондитерських виробів вводять смакові та ароматичні добавки. В якості добавок найбільш широко застосовують сухе молоко, сухі вершки, терті ядра горіхів і т. д. В якості ароматизатора у глазур для кондитерських виробів вводять ванілін або ванільну есенцію. Для розрідження глазурі в неї додають невелику кількість лецитину.

Останнім часом поряд з лецитином у рецептурі кондитерських виробів застосовують фосфатидний концентрат – побічний продукт рафінації соєвої та соняшникової олій. У складі фосфатидних концентратів міститься: фосфатидів 61-62%; олії 37-38%; води 0,4-0,5%. Вони повинні мати при 20°C текучу консистенцію. Харчовий фосфатидний концентрат повинен мати жовтий або світло-коричневий колір, запах і смак, властивий олії, з якого він отриманий. Вміст фосфоліпідів має бути не менше 50%, вологи не більше 4%. Кислотне число олії, виділеного з нього, повинно бути не менше 18 мг КОН; кольорове число, мг йоду, не більше 8.

Фосфатиди не розчиняються у воді, а розчиняються в гарячих жирах і оліях, є хорошими емульгаторами [1,2]. Фосфатидний концентрат є поверхнево-активним агентом. Він добре працює на поверхні розділу фаз різних субстанцій. У присутності двох незмішуваних рідких фаз, фосфатидний концентрат знижує поверхневий натяг і діє як емульгатор. При взаємодії між твердою і рідкою фазами фосфатидний концентрат діє як змочувальний і диспергуючий агент.

Загально відомими емульгаторами для кондитерської промисловості є фосфатиди. Вони ефективно втримують надлишок води в шоколадних

глазурах, тим самим, дозволяючи отримати гладку глянсову поверхню шоколадних покриттів і приємний смак. У всьому світі фосфатиди застосовуються у всіх рецептурах гіркового, молочного та білого шоколаду для встановлення бажаних в'язкісних властивостей шоколадних мас, а також для усунення псування жиру. Вміст фосфоліпідних продуктів при виробництві шоколаду складає 0,1 – 0,7 % [3].

Фосфатиди виконують такі багатофункціональні завдання під час виробництва шоколадних виробів:

- зниження в'язкості;
- хороші властивості тягучості в процесі темперування;
- хороші властивості в процесі формування цукерок і шоколаду;
- підвищення властивостей плинності при покритті.

Актуальним є розробка рецептури глазури з використанням емульгаторів, компонентами яких є сировина вітчизняного виробництва [4]. В роботі розглянута можливість використання продуктів переробки тваринного жиру, а також тропічної олії, наявність якої збільшується в нашій країні з кожним роком.

З метою розширення асортименту емульгаторів в роботі показана можливість застосування комбінацій фосфатидного концентрату з сумішшю моно- і дигліцеридів тваринного жиру, а також з сумішшю моно-дигліцеридів тропічної олії. Дана комбінація компонентів застосовувалася в якості емульгаторів в рецептурі глазури для кондитерських виробів.

На підставі проведених досліджень встановлено, що оптимальним та економічно вигідним є додавання комбінації фосфатидного концентрату та суміші моно- та дигліцеридів тваринного жиру до глазури для кондитерських виробів в кількості 0,4%. Саме це дозування призводить до зменшення в'язкості та не впливає на органолептичні показники готової продукції. Дослідження в напрямку розробки емульгаторів для кондитерської промисловості триває і надалі та потребує додаткового вивчення.

Список використаної літератури

1. Глух И.С., Школа О.И., Ключкова В.Е. и др. Аспекты применения подсолнечного лецитина в пищевой промышленности. *Ч.2. Наукові праці*. Одеса: АСТ. 2009. 179 с.
2. Ерешко С. А., Константинов В. Е., Сердюк Л. И. и др. Получение и тенденции применения растительных фосфолипидов. *Научно-технический журнал*. Краснодар: Краснодар. политехн. ин-т. Изв. вузов. Пищ. технологии. 2000. № 3–4. С. 34–36.
3. Harris T.L. Surface active lipids in foods. *Society of Chemical Industry*. London № 32. 1968. С.74
4. Земелько М. Л., Черваков О. В., Манк В. В. Вплив поверхнево-активних речовин на реологічні властивості шоколадних глазурей. *Харчова промисловість*. 2015. №. 17. С. 35–39.

**ЗНЕВОДНЕННЯ ВИСОКОСМОЛИСТОЇ НАФТИ
БУГРІВАТІВСЬКОГО РОДОВИЩА НАФТОРОЗЧИННИМИ
КОМПОЗИЦІЯМИ ДЕЕМУЛЬГАТОРІВ**

Іващенко Р.В, Топільницький П.І.
e-mail: ruslana.ivashchenko.mnxt.2020@lpnu.ua

*НУ «Львівська політехніка»,
Львів Україна*

Запаси важких нафт значно перевищують запаси легких і малов'язких нафт і, за оцінками фахівців, вони складають від 650 млрд т до 1 трлн.т [1]. Однією з найбільш складних завдань, що виникають при підготовці свердловини продукції родовищ важких високосмолистих нафт, є руйнування їх водонафтових емульсій [2]. Для цього широко застосовуються різні деемульгатори. Особливо актуальними залишаються питання пошуку нових (більш ефективних) деемульгаторів, що застосовуються в процесах зневоднення нафти, а також пошук альтернативних методів фізичного впливу на емульсії.

Для визначення ефективності деемульгаторів були взяті відомі імпорتنі концентрати деемульгаторів типу «Диссольван», виробництва фірми Clariant (Швейцарія). Їх характеристика представлена в табл. 1.

Таблиця 1
Характеристика активних основ деемульгуючих композицій

Найменування деемульгатору	Хімічна речовина	Густина за 20°C, кг/м ³	Кінематична в'язкість за 20 °C, мПа с
Диссольван 3359	суміш блок-кополімерів і оксіалкільованих смол	890	123
Диссольван 5023	блоккополімер оксидів етилену та пропілену	920	41
Диссольван 3431	дієпоксидні смоли	920	30
Диссольван 3144-2	суміш блокколімерів і епоксидних смол	900	42
Диссольван 4411	блоккополімер оксидів етилену та пропілену	944	62

З даних деемульгаторів були приготовлені нафторозчинні композиції з різними пропорціями активних основ з додавання сольвенту та ізопропілового спирту, всього 18 композицій.

Об'єктом дослідження була емульсія бугриватівської нафти, характеристика наведена в табл. 2.

Таблиця 2

Фізико-хімічна властивості бугриватівської нафти

Густина за 20°C, кг/м ³	Мас. частка сірки, %	Мас. частка води, %	Мас. частка мех. домішок, %	Температура застигання, °C	В'язкість умовна за 50°C
940	1,75	19	0,15	+6	3,01

Для визначення ефективності деемульгуючих композицій завантажували зразок емульсії об'ємом 100 мл в екстрактор, обладнаний водяною сорочкою. Проби емульсії витримували при температурі 60°C протягом 15 хв. Потім мікропіпеткою подавали деемульгуючу композицію, що застосовується в вигляді 5%-ного розчину в сольвенті. Зразки емульсій після додавання деемульгатора перемішують мішалкою протягом 5 хв. Після перемішування емульсію залишали відстоюватися 3 год. Кількість деемульгатора, що додавали в емульсію – залежно від поставлених умов. Воду, що виділилась під час відстоювання емульсії, відділяли та заміряли об'єм. Для перевірки балансу по воді визначали залишковий вміст води в емульсії.

Результати зневоднення представлено в табл.3.

Таблиця 3

Зневоднення бугриватівської нафти

№ композиції	Ступінь зневоднення, %	№ композиції	Ступінь зневоднення, %	№ композиції	Ступінь зневоднення, %
1	84,4	7	82,2	13	88,6
2	91,5	8	93,8	14	53,6
3	84,4	9	40,0	15	76,2
4	84,5	10	41,9	15	56,0
5	0	11	93,3	17	28,6
6	55,2	12	60,7	18	56,3

Встановлено, що важкі емульсії, утворені високосмолистими, високосірчистими нафтами, необхідно руйнувати за вищих температур, що сприяє збільшенню різниці густин води та нафти, зменшенню в'язкості нафти та зменшенню міцності захисних шарів глобул води. Зі збільшенням температури підвищується розчинність емульгаторів в нафті, крім того підсилюється дія деемульгаторів. Збільшення витрати деемульгаторів сприяє збільшенню кількості відстоюної води.

Список використаної літератури

1. World Oil Review. Volume 1/ 2018. Режим доступу: https://www.eni.com/docs/en_IT/enicom/company/fuel-cafe/WORLD-OIL-REVIEW-2018-Volume-1.pdf
2. Topilnytskyy, P., Paiuk, S., Stebelska, H., Romanchuk, V., Yarmola, T. Technological features of high-sulfur heavy crude oils processing / Chemistry and Chemical Technology Volume 13, Issue 4, 2019, P. 503-509.

ВІДХОДИ ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ ЯК ПЕРСПЕКТИВНІ МАТЕРІАЛЬНІ РЕСУРСИ

Івахненко О.М., Філінська Т.Г., Філінська А.О.

e-mail: f1l1nskaya@ukr.net

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, Дніпро

Екологічна безпечність виробництв пов'язана зі зменшенням відходів і впровадженням ресурсозберігаючих технологій. Переведення виробництва на замкнуті цикли розглядається як один з фундаментальних напрямків у вирішенні питань раціонального використання природно-сировинних ресурсів та охорони навколишнього середовища.

Впровадження ресурсозберігаючих технологій в будь-якій галузі виробництва має за мету: виробництво продукції з мінімальним споживанням палива та інших енергоносіїв, а також сировини і матеріалів; використання вторинних ресурсів, утилізацію відходів; рекуперацію енергії, замкнуту систему водопостачання та ін. Це дозволяє економити природні ресурси і запобігає забрудненню навколишнього середовища. Не є виключенням і олійно-жирова галузь, підприємства якої відносяться до матеріаломістких виробництв зі значною кількістю відходів та побічних продуктів.

Зростання виробництва соняшникової олії в Україні за останні роки має позитивну динаміку (табл. 1). Відповідно до даних табл. 1 в період 2016 – 2020 років виробництво нерафінованої олії зросло більш ніж на 30% [1].

Таблиця 1 – Виробництво нерафінованої соняшникової олії в Україні

Олія соняшникова та її фракції (крім хімічно модифікованих)	Кількість виробленої промислової продукції (валове виробництво) за рік, т				
	2016	2017	2018	2019	2020
Нерафінована	4423980	5354832	5148606	5836206	6084416

Збільшення обсягів виробництва цільової продукції збільшує і кількість відходів, які утворюються на підприємствах. Основним відходом виробництва пресової олії є лушпиння. В Україні значну його кількість спалюють (в 2019 році – 413134 т, в 2020 році – 409994 т) [2], частину лушпиння вивозять на звалища, а також спрямовують на виробництво твердого палива, яке одержують гранулюванням.

Постійно зростаюча кількість відходів лушпиння потребує впровадження технологій комплексного перероблення і розширення галузей застосування. Наприклад, можливо використовувати лушпиння

соняшника як наповнювач для виробництва композиційних матеріалів на основі епоксидної смоли [3], а золу з лушпиння соняшника – як сировину для керамічних виробів [4]. Лушпиння соняшника знаходить застосування як добриво для покращення властивостей ґрунту, при вирощуванні грибів, для одержання рослинного воску, як сировина для виробництва деревно-волокнистих плит і як кормова добавка до раціону великої рогатої худоби. З лузги соняшника одержують ефективний біосорбент для очищення стічних вод [5].

Переробка соняшникового лушпиння дає змогу розв'язувати екологічні проблеми, що пов'язані з органічним розкладанням відходів після вивезення на звалища.

Впровадження у виробництво інноваційних технологій, спрямованих на ефективне використання лушпиння як вторинного матеріального ресурсу виробництва соняшникової олії для одержання продуктів, що мають товарну і споживчу цінність, суттєво підвищить ефективність виробничо-господарської діяльності підприємств олійно-жирової галузі і при цьому сприятиме зменшенню негативного впливу на довкілля.

Список використаної літератури

1. Виробництво промислової продукції за видами. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2016/pr/vr_rea_ovpp/vr_rea_ovpp_u/arh_vppv_u.html
2. Утворення відходів за класифікаційними угрупованнями державного класифікатора відходів. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/uv_zaklass/arch_uv_zaklass_u.htm.
3. Barczewski M., Sałasińska K., Szulc J. Application of sunflower husk, hazelnut shell and walnut shell as waste agricultural fillers for epoxy-based composites: A study into mechanical behavior related to structural and rheological properties. *Polymer Testing*. 2019. Vol. 75. P. 1-11.
4. Quaranta N. Ash from sunflower husk as raw material for ceramic products. *Ceramics International*. 2011. Vol. 37. P. 377-385.
5. Saleh M.E., El-Refaey A.A., Mahmoud A.H. Effectiveness of sunflower seed husk biochar for removing copper ions from wastewater: a comparative study. *SOIL AND WATER RESEARCH*. 2016. Vol. 11. P. 53-63.

ОЛИВИ ТА УМОВИ ЇХ РОБОТИ У СИСТЕМІ ЗМАЩУВАННЯ ГЕЛІКОПТЕРІВ

Калмикова Н. Г., Єфименко В. В.

e-mail: kalmykova82@ukr.net, e.valerij.ua@gmail.com,

Національний авіаційний університет

Україна, Київ

Україна, здійснюючи інтеграцію у світове та європейське співтовариство, виконуючи свої зобов'язання перед своїми стратегічними партнерами, придбала 8 гелікоптерів фірми «Airbus Helicopters» для потреб Міністерства внутрішніх справ України з метою оперативного реагування на нестандартні ситуації та використання їх у цілях екстреної медичної допомоги. Планується подальше розширення аеромобільного парку.

В авіаційній техніці для змащування газотурбінних двигунів (ГТД) і агрегатів гелікоптерів використовуються турбінні оливи. За сферами використання оливи для двигунів літальних апаратів (ЛА) умовно поділяють на оливи для поршневих і газотурбінних двигунів, а також для змащування редукторів, деталей, вузлів і агрегатів гелікоптерів. Для масляної системи двигунів «Airbus Helicopters» застосовують оливу Mobil Jet Oil 254 [1].

Як відмічалось в роботі [2], що у процесі експлуатації відбувається як кількісна, так і якісна зміна показників якості оливи. В результаті випаровування легких фракцій через дренажну систему, а також витоку оливи через ущільнюючі пристрої зменшується її кількість у двигуні. Якісні зміни пов'язані зі старінням оливи та з хімічними перетвореннями вуглеводнів, попаданням в оливу продуктів зносу деталей та води. Зменшення кількості і погіршення якості працюючої оливи в умовах високої інтенсивності роботи сучасних двигунів потребує детальному аналізу їх роботи в двигунах та оптимізації термінів заміни. У якості основних показників, що характеризують властивості працюючої оливи, слід назвати: в'язкість, густину, лужне число, вміст нерозчинних продуктів забруднення і води.

Погіршення якості олив у процесі експлуатації відбувається внаслідок механічного та хімічного впливу: роботи під високим тиском, окиснення в результаті контакту з повітрям, спінювання при потраплянні повітря і вологи [1].

Підвищена температура і кисень повітря, з яким контактує олива, викликають окиснення і окиснювальну полімеризацію її молекул. числа, а асфальтенові сполуки, що є основою для утворення лаків. Такі продукти окиснення вуглеводнів, як смоли, органічні кислоти, присутні в оливі в розчиненому стані, відкладаються на деталях змащувальної системи, впливаючи на тепловідвід [1]. Ще одна група продуктів окиснення – дрібна стійка механічна суспензія – є джерелом утворення нагару і шламу.

Продукти глибокої окисної полімеризації, що відкладаються в зонах високої температури і надходять назад в картер, погіршують показники якості оливи [2].

На інтенсивність забруднення оливи в працюючому двигуні впливають різні фактори, основні з них – якість палива і оливи, тип і конструкція двигуна, його технічний стан, умови експлуатації, режим роботи [2].

Нагрівання оливи в умовах експлуатації до температур понад 100°C за наявності кисню зменшує термоокиснювальну стабільність вуглеводнів і призводить до виникнення осаду і смол, які змінюють, в першу чергу, колір оливи, її кислотне число, зольність, забруднюють фільтри та канали подачі оливи до вузла тертя, накопичуються на деталях у вигляді лакових відкладень.

Обсяг контролю та обслуговування систем змащування включає в себе огляди з перевіркою стану агрегатів, очищення і промивання фільтрів, заправних робіт, перевірки працездатності під час випробування двигуна і при виконанні регламентних робіт. Мінімальна кількість оливи в системі змащування, при якому допускається запуск двигунів, визначається технічними умовами (ТУ) теплового режиму опор двигуна і вказується в інструкції з його експлуатації [3]. Перед заправкою перевіряється кондиційність оливи за паспортом, її колір, чистота заправної горловини і стан заправного агрегату. Перевірка відсутності води і механічних домішок в оливах проводиться шляхом відбору проб оливи з відстійників [1].

Із удосконаленням техніки, більш теплонавантаженої роботі двигунів, вузлів і агрегатів системи змащування, виникла необхідність у періодичному контролі зміни показників якості оливи та більш детальному аналізу їх роботи в змащувальних системах для забезпечення надійності і довговічності їх роботи та безпечності польотів.

Список використаної літератури

1. Krantz TL, Kahraman A. An experimental investigation of the influence of the lubricant viscosity and additives on gear wear NASA/TM—2005-213956, 2005.

2. Єфіменко В. В., Калмикова Н. Г., Єфіменко О. В. Оцінка якості моторних оливи у процесі їх експлуатації // X Міжнародна науково-технічна конференція «Поступ у нафтопереробній та нафтогазовій промисловості», 18-23 травня 2020, Львів, Україна: – 2020. – С. 71-74.

3. Helicopter MGB oil system failure analysis using influence diagrams and random failure probabilities / H.S.J. Rashid, C.S. Place, D. Mba, R. Lim, A. Healey, W. Kleine-Beek, M. Romano. Engineering Failure Analysis. 2015. DOI:10.1016/j.engfailanal.2014.12.013.

НОВИЙ АНТИФРИЗ БЕЗПЕЧНИЙ ДЛЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Кенюх Д.В., Плахотин К.О., Банник Н.Г., Ковальов С.В.

Державний вищий навчальний заклад

«Український державний хіміко-технологічний університет»,

Дніпро, Україна

Антифризи (від грецької *ἀντι-* – приставка, що означає протидію, та *англ. freeze-* – заморожуватись) або незамерзаючі рідини відомі людству вже протягом більш ніж 200 років. Переважно їх використовують в системах охолодження автомобілів з двигунами внутрішнього згорання для охолодження та запобігання руйнування при низьких температурах навколишнього середовища.

Вода має найкращі теплотехнічні властивості для використання у системах охолодження, проте вона має і суттєві недоліки, основні з яких, це корозія сталевих частин автомобіля та збільшення об'єму води при замерзанні, з наступним руйнуванням системи охолодження двигуна автомобіля. Якщо швидкість корозії можливо зупинити додаванням інгібіторів, то з розширенням води при низьких температурах боротися не можливо.

На сьогоднішній день проблема вирішена тим, що використовують антифриз – суміш води і етиленгліколю, яка не замерзає при низьких температурах та має задовільні теплофізичні характеристики. Але є й недоліки, основним з яких є: токсичність етиленгліколю, здатність збільшувати швидкість корозії. Проте останній недолік виправляють додаванням інгібіторів корозії, одержуючи ще більш токсичний розчин. Кожен рік, замінюючи етиленгліколевий антифриз в автомобілях, людство викидає тисячі тонн отруйних речовин на смітник, катастрофічно забруднюючи навколишнє середовище.

В роботі пропонується замінити етиленгліколь на гліцерин. Ця рідина не замерзає при низьких температурах і є нешкідливою для навколишнього середовища. Відомо, що гліцерин переробляється бактеріями, що містяться в ґрунті протягом 48 годин. Тому гліцериновий антифриз, після його експлуатації в автомобілях, можливо використовувати в якості добрива. Крім того, виробництво гліцерину у Європі збільшується, тому що він є побічним продуктом виробництва біопалива. Проблема з корозією вирішується додаванням харчового інгібітору корозії. Переваги запропонованого антифризу:

- не забруднює навколишнє середовище,
- не замерзає при температурах до -25°C ,
- не викликає корозії.

Враховуючи все вищезазначене пропонуємо використовувати антифриз на основі гліцерину.

СРІБЛОВМІСНІ ОСТЕОПЛАСТИЧНІ НАНОКОМПОЗИТИ

Кисіль Х.В., Дудок Г.Д., Семенюк Н.Б., Скорохода В.Й.

e-mail: galyna_lukan@ukr.net

Кафедра хімічної технології і переробки пластмас,

Національний університет "Львівська політехніка"

Україна, Львів

Нанотехнології надають значні можливості у розробленні та впровадженні в медичну практику нових лікарських засобів з широким спектром протимікробних властивостей [1]. Одним із пріоритетних напрямків розробки протимікробних препаратів є створення лікарських форм, які містять у своєму складі наночастинки благородних металів. Найперспективнішими є наночастинки срібла з розміром 5–60 нм. Тому розроблення нових методів синтезу стабільних наночастинок з метою створення на їхній основі нових препаратів з антимікробною дією є актуальною.

Метою роботи було дослідити вплив технологічних чинників на закономірності одержання наночастинок срібла з використанням полівінілпіролідону (ПВП) та встановити їх вплив у складі композитів на протимікробні властивості останніх.

З метою дослідження закономірностей відновлення срібла полівінілпіролідонем реакційну суміш, яка складалась з водного або водно-спиртового розчину ПВП та солей аргентуму (у дослідженнях використовували аргентуму ацетат та аргентуму нітрат), перемішували на магнітній мішалці до повного розчинення компонентів і витримували без перемішування в темряві за температури 20...80°C. Якісно підтверджує утворення наночастинок срібла забарвлення розчину у кольори від світло-сірого до темно-коричневого (забарвлення залежить від кількості утворених наночастинок та їх розмірів та форми), що свідчить про утворення стабільних колоїдів срібла. Такі розчини за кімнатної температури не розшаровуються, а утворені наночастинки не агломерують, що засвідчує утворення стабільних колоїдів срібла. Розчини з більшою молекулярною масою ПВП дають інтенсивніше забарвлення, що є непрямым підтвердженням впливу молекулярної маси ПВП на утворення наночастинок срібла.

Однак ПВП виявився не тільки ефективним відновником йонів аргентуму, але й добрим стабілізатором утворених наночастинок срібла.

Кінетику відновлення срібла вивчали за зменшенням концентрації його йонів в розчині потенціометричним методом з використанням цифрового іоніміра AI-125 у режимі вимірювання електрорушійної сили (ЕРС), діапазон вимірювання від -2400 до 2400 мВ. Було проведено ряд досліджень впливу температури та співвідношення реагентів на закономірності реакції відновлення.

Утворення наночастинок срібла відбувається вже на початкових стадіях і досить швидко – реакція відновлення відбувається переважно в перші 10...15 хв і практично завершується через 30 хв. Різке зменшення концентрації йонів аргентуму відповідає стадії росту наночастинок і суттєво залежить від температури реакційного середовища. За кімнатної температури спостерігається лише незначне зменшення концентрації йонів аргентуму, а за температури 70°C уже через 15 хв концентрація зменшується удвічі.

Встановлено вплив температури і концентрації йонів аргентуму на кінетику їх відновлення. Виявлено, що полівінілпіролідон є не тільки ефективним відновником йонів аргентуму, але й добрим стабілізатором утворених наночастинок срібла.

Розроблений метод одержання наночастинок срібла був використаний для надання фунгібактерицидних властивостей полімерним композитам біомедичного призначення, зокрема, композиційним пористим та плівковим [2].

Виявлено, що пористі композити з мінеральним наповнювачем гідроксіапатитом, які рекомендовані для використання у процесах остеогенезу для заміщення кісткової тканини [3], що містять наночастинок срібла, проявляють високі фунгібактерицидні властивості. Композити, які не містили наночастинок срібла, таких властивостей не проявили.

Розроблені срібловмісні пористі композити рекомендовані до використання у медицині для заміщення пошкодженої кісткової тканини у процесах остеогенезу.

Список використаної літератури

1. Rai, M., Yadav, A. Gade, A. (2009). Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials *Biotechnology Advances.*, 27(1), 76–83.
2. Скорохода, В., Семенюк, Н., Дзяман, І. (2018). Вплив природи кальцієвмісного наповнювача на закономірності одержання та властивості остеопластичних пористих композитів. *Вопросы химии и химической технологии.* 2(117), 101-108.
3. Skorokhoda, V., Dziaman, I., Dudok, G. (2019). The ultrasonic effect on obtaining and properties of osteoplastic porous composites. *Chemistry and Chemical Technology.* 13(4), 429-435.

СТРУКТУРА ТА ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛОВОГО СПИРТУ ТА МОНТМОРИЛОНІТУ

Красінський В.В., Іванух О.О.
e-mail: vkrasinsky82@gmail.com

*Національний університет «Львівська політехніка»
Україна, Львів*

Полівініловий спирт (ПВС) застосовується в промислових, комерційних, медичних та продовольчих секторах для виробництва багатьох кінцевих продуктів, таких як лаки, смоли, хірургічні нитки та упаковки харчових матеріалів, які часто знаходяться в контакті з їжею. Тому покращення механічної та хімічної стійкості ПВС є актуальною проблемою, яку можна успішно вирішити, поєднавши ПВС з шаруватими силікатами.

Наноккомпозити на основі ПВС і шаруватого силікату володіють покращеними характеристиками, що пояснюється утворенням нової кристалічної структури.

Попередніми дослідженнями [1,2] розроблено спосіб одержання наноккомпозитних плівок на основі ПВС з використанням ММТ, який інтеркальований полівінілпіролідом (ПВП). В роботі [3] за допомогою X-ray і ДТА аналізів обґрунтовано утворення інтеркальованої структури ММТ під час модифікації його ПВП у водному розчині за допомогою ультразвуку. Інтеркальований за допомогою ПВП монтморилоніт (монтморилоніт-полівінілпіролідонова суміш (МПС)) легко розподіляється в об'ємі водного розчину ПВС, не утворюючи агломератів. Показано, що оптимальною з точки зору міцності та водостійкості плівок є композиція складу ПВС:МПС=12:1 [4].

Метою даної роботи було дослідити за допомогою диференційної сканувальної калориметрії (ДСК) структуру та теплофізичні характеристики розроблених наноккомпозитів на основі ПВС залежно від складу композиції і умов одержання плівок.

Для одержання плівок використовували ПВС марки SUNDY PVA 088-20 китайської фірми "Sinoprec Sichuan Vinyllon Works" (PVA 088-20 – 23 мПа·с). Використовували 8 %мас. розчини ПВС у воді. Розчинення проводили за температури 60°C, перемішуючи за допомогою магнітної мішалки впродовж 2-3 годин. До одержаних розчинів ПВС додавали МПС (ММТ:ПВП=1:5), одержаний за методикою [3], у кількості, щоб співвідношення елементарних ланок ПВС до елементарних ланок ПВП в системі становило 12:1. Одночасно готували композиції на основі ПВС з аналогічною кількістю немодифікованого ММТ. Одержані суміші піддавали обробці ультразвуком частотою 22 кГц на апараті "Волна УЗТА-0,4/22-ОМ" впродовж 3 хвилин. З метою одержання водонерозчинних плівок до цих розчинів додавали акрилову кислоту у кількості 5 %мас. до маси ПВС та попередньо розчинений в ній ініціатор полімеризації (FeSO₄) у кількості 0,5 %мас. Для одержання плівок

суміш виливали у спеціальні форми з поліетиленовою підкладкою. Після формування плівки сушили на повітрі за кімнатної температури. Готові плівки відділяли від форми та піддавали термообробці у термошафі за температури 110°C впродовж 30 хвилин. Досліджували поведінку одержаних плівок у воді. Водонерозчинною є лише термооброблена плівка, що містить акрилову кислоту. Її водопоглинання становить 68 %.

Термічні дослідження здійснювали на диференційному сканувальному калориметрі марки SDT Q600 фірми TA Instruments (США).

Отже, в роботі за допомогою ДСК досліджено структуру і теплофізичні характеристики розроблених нанокompозитів на основі ПВС та інтеркальованого полівінілпіролідом монтморилоніту залежно від складу композиції і умов одержання. Встановлено, що модифікування ПВС інтеркальованим ММТ знижує ступінь кристалічності одержаних нанокompозитів, але суттєво підвищує їх термостійкість. Зразки композитів з немодифікованим ММТ, які термооброблені за температури 110°C, мають найвищий ступінь кристалічності. Показано, що під дією ультразвуку інтеркальований ММТ повністю розподіляється в розчині ПВС з утворенням монокристалічної структури, про що свідчить відсутність подвійних піків плавлення на кривих ДСК одержаних нанокompозитів. Зразки композитів, що містять інтеркальований ММТ, характеризуються вищою на 21°C термостійкістю і меншою втратою маси порівняно із вихідним ПВС (температура термоокисної деструкції ПВС – 237°C), а також у порівнянні з композитами, що містять неінтеркальований ММТ. Термооброблення одержаних нанокompозитів за температури 110°C практично не впливає на їх термостійкість.

Встановлено, що плівки на основі ПВС з інтеркальованим ММТ, структуровані за температури 110°C в присутності 5 %мас. акрилової кислоти та 0,5 %мас. ініціатора, мають однорідну зшити структуру, яка утворена внаслідок хімічного та фізичного зшивання.

Список використаної літератури

1. Krasinskyi, V., Suberlyak, O., Viktoria, A., & Jachowicz, T. (2017). Rheological Properties of Compositions Based on Modified Polyvinyl Alcohol. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 11(3), 304-309.
2. Khamula, N., Antoniuk, V., Krasinskyi, V., Suberlyak, O., & Dulebova, L. (2017). Investigation of the impact of modified montmorillonite on the viscosity of the solutions of polyvinyl alcohol. 2017 IEEE 7th International Conference Nanomaterials: Application & Properties (NAP).
3. Krasinskyi, V., Suberlyak, O., Dulebová, L., & Antoniuk, V. (2017). Nanocomposites on the Basis of Thermoplastics and Montmorillonite Modified by Polyvinylpyrrolidone. *Key Engineering Materials*, 756, 3-10.
4. Krasinskyi, V., Suberlyak, O., Viktoria, A., & Jachowicz, T. (2017). Rheological Properties of Compositions Based on Modified Polyvinyl Alcohol. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 11(3), 304-309.

ОСОБЛИВОСТІ МОРФОЛОГІЇ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ БІОДЕГРАДАБЕЛЬНИХ ПОЛІЛАКТИДНИХ МАТЕРІАЛІВ

Куліш Б.І., Кечур Д.І., Масюк А.С., Левицький В.Є.

e-mail: kulishbozhena@gmail.com

Національний університет

«Львівська політехніка»

Україна, Львів

Великий інтерес спостерігається до використання полімерних матеріалів з підвищеною біодеградабельністю, які б були синтезовані на основі відтворювальних природних ресурсів. Насамперед це пов'язано із забрудненням навколишнього середовища відходами полімерних матеріалів та виробами на їх основі, а також вичерпанням і постійним зростанням ціни на природні ресурси, зокрема нафту, вугілля, природний газ, які широко використовуються для виробництва синтетичних полімерів. У зв'язку з цим, підвищена увага приділяється таким біодеградабельним полімерам, як полілактиди (ПЛА) і матеріали на їхній основі.

Слід відзначити, що сучасні перспективи виробництва і використання полілактиду і матеріалів на його основі наступні: зростання виробництва ПЛА; нові технологічні рішення щодо здешевлення ПЛА; нові рішення щодо регулювання структури ПЛА під час синтезу; збільшене використання ПЛА, особливо в пакувальній індустрії і для виробів одноразового застосування; розроблення композитів ПЛА з нанонаповнювачами; створення сумішей ПЛА з іншими біодеградабельними полімерами.

Поряд з цим, є ряд проблем, які пов'язані з переробкою і використанням полілактиду: висока вартість порівняно з традиційними полімерами, труднощі переробки у виробі на стандартному обладнанні зі збереженням необхідних експлуатаційних показників і біодеградабельності, підвищені вимоги до умов переробки і їх впливу на морфологію і властивості, підвищення теплофізичних властивостей зі збереженням необхідної біодеградабельності.

Для встановлення впливу термічної обробки та наповнювача на надмолекулярну структуру полілактиду були проведені рентгеноструктурні дослідження. Слід відзначити, що для всіх зразків полілактиду спостерігаються піки за кутів дифракції 2θ : $15-17^\circ$ (кристалографічна площа 110 і 200) і $18-19^\circ$ (кристалографічна площа 201), які характеризують кристалічну структуру стереорегулярного L-полілактиду. Надмолекулярна структура полілактиду суттєво залежить від умов його переробки та наявності додатків. Найбільше значення ступеня кристалічності (46%) характерне для термообробленого зразка полілактидного матеріалу, а найменше відповідно для вихідного

ненаповненого полілактиду (22 %). При цьому, введення наповнювача-кальцію фосфатів сприяє деякому зростанню ступеня кристалічності на 4-6 %, що, очевидно, обумовлено тим, що частинки наповнювача виступають центрами зародкоутворення кристалітів полілактиду.

Виявлено, що характер термомеханічних кривих полілактидних матеріалів залежить від надмолекулярної структури полімеру, а також від природи і вмісту наповнювачів. Термомеханічні криві полілактидних композитів, незалежно від природи дрібнодисперсного наповнювача є характерними для полімерів з частково кристалічною структурою. Слід відзначити, що найбільші значення температури топлення і теплостійкості отриманих матеріалів є характерними для наповнених термооброблених зразків, які відзначаються найбільшим ступенем кристалічності. При цьому, природа наповнювача не впливає на характер термомеханічних кривих полілактидних матеріалів.

Одним із суттєвих недоліків полілактидних матеріалів є низька теплостійкість, що значно зменшує потенційні області застосування таких матеріалів. Введення кальційвмісних наповнювачів незначно підвищує теплостійкість за Віка розроблених матеріалів. При цьому додаткове термооброблення суттєво впливає на значення теплостійкості, зокрема відзначається зростання теплостійкості за Віка. Такі зміни, очевидно, пов'язані із зростанням ступеня кристалічності полілактидних матеріалів і підсилюючою дією частинок наповнювача.

Підтвердженням впливу кальцію фосфатів і додаткового термооброблення на структуру полілактиду є одержані результати досліджень поверхневої твердості полілактидних матеріалів. Додаткове термооброблення сприяє значному зростанню поверхневої твердості полілактидних матеріалів незалежно від природи наповнювача. Найбільшими значеннями твердості відзначаються термооброблені впродовж 10 хв за 120°C наповнені полілактидні матеріали. При цьому, спостерігається однотипний вплив наповнювача на значення поверхневої твердості незалежно від природи кислотного залишку кальційвмісного наповнювача. Слід відзначити, що композити з $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ відзначаються дещо більшими значеннями поверхневої твердості, ніж композити наповнені CaHPO_4 .

На підставі проведених досліджень виявлено, що розроблені ПЛА композити відзначаються технологічністю під час переробки у вироби литтям під тиском; надмолекулярну структуру ПЛА композитів можна направлено регулювати введенням наповнювачів та умовами термооброблення; максимальні значення теплостійкості за Віка – 122-125°C та поверхневої твердості 295-298 МПа спостерігаються для термооброблених зразків з вмістом кальцію фосфатів 2% мас.

ОДЕРЖАННЯ МЕТАЛОНАПОВНЕНИХ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛХЛОРИДУ

Кучеренко А.М., Нікітчук О.Г.

anastasiia.m.kucherenko@lpnu.ua, olena.nikitchuk.mnxt.2020@lpnu.ua

Національний університет «Львівська політехніка»

Україна, Львів

Головним завданням сучасної науки є створення нових матеріалів та розробка на їхній основі композитів з мультифункціональними властивостями для потреб техніки. Поряд з цим необхідним є теоретичне обґрунтування цілеспрямованого пошуку та пояснення взаємозв'язку склад-структура-властивості-функція нових матеріалів. Полімерні композиційні матеріали мають широке практичне використання в різних галузях, що викликано комплексом цінних властивостей і здатністю одержувати вироби без великих затрат на високопродуктивному обладнанні. Перспективними наповнювачами для створення нових полімерних композитів можна вважати метали. Присутність металевих частинок в полімерній матриці сприяє більш високій густині, створює бар'єр для високочастотного випромінювання та забезпечує наявність магнітних властивостей. Існує велика кількість технологій, які дозволяють ввести металевий наповнювач в полімерну матрицю, кожна з яких має як свої переваги так і недоліки. Нами запропоновано вводити метал в полімерну матрицю за рахунок попередньої металізації полімерних частинок. Результатом металізації є одержання шару металу на полімерній поверхні. Металевий шар на полімерній поверхні одержуємо в результаті хімічного відновлення іонів металу в розчині хімічного осадження. Така полімерна сировина, у вигляді гранул, з сформованою на них металевою оболонкою може бути безпосередньо перероблена у вироби. Таким чином, введення металу в полімерну матрицю буде відбуватися в результаті руйнування металевої оболонки під час в'язкої течії розтопу полімеру або його деформування [1].

Очевидно, що одним з основних чинників, які мають вплив на процес металізації, в запропонованій технології, є площа полімерної поверхні, що контактує з розчином хімічного осадження і на якій відбувається відновлення металу. У свою чергу, площа поверхні гранул залежить від їх розмірів. Для дослідження впливу площі поверхні було використано гранули полівінілхлориду різного початкового розміру. Одержані кінетичні закономірності металізації гранул різної площі показали, що швидкість відновлення іонів міді в значній мірі залежить від їх початкового розміру і зростає при зменшенні розміру гранул. Оскільки в усіх випадках для проведення металізації використовували однакову початкову масу полімеру площа поверхні гранул зростає при зменшенні їх розміру. Саме зростанням площі, що контактує з розчином хімічного осадження і на якій відбувається взаємодія між реагентами, можна пояснити зростання швидкості відновлення іонів міді на поверхні гранул при зменшенні їх розмірів.

Використана технологія металізації полімерних гранул пропонується, як один з етапів створення металонаповнених композитів, тому становило інтерес дослідити можливість одержання матеріалів з різним вмістом металу. Використання розчину хімічної металізації дозволяє осадити на полімерній поверхні лише визначену кількість металу, оскільки збільшення концентрації солі з якої відбувається відновлення металу вище граничного значення призводить до втрати стабільності розчину. Збільшення кількості металу на поверхні металізованих гранул полівінілхлориду можна досягти або зменшенням кількості полімеру, який металізується, або проведенням повторних металізацій. Дослідження кінетики відновлення іонів міді на гранулах полівінілхлориду і їх повторної металізації показує, що як у випадку першої металізації активованих цинком гранул, так і повторних металізацій швидкість процесу залишається високою. Необхідно відзначити, що у випадку повторних металізацій каталітично активним металом в реакції відновлення іонів міді з розчину хімічного осадження виступає попередньо осаджена мідь і можна було очікувати відмінності в швидкості реакції відновлення. Однак, суттєвої різниці в швидкості металізації, як початкової сировини так і наступних металізацій немає. Досліджуючи кількість металу, яку можна одержати на гранулах ПВХ методом повторних металізацій показало, що ефективність відновлення міді залишається високою і такий метод є виправданим для одержання високонаповнених металом композитів. Також необхідно відзначити, що використання гранул різного розміру ніяк не впливає на кількість металу, який осаджується на них, що є логічним, оскільки, використання запропонованого розчину хімічного осадження дозволяє осадити практично усю, теоретично можливу, кількість міді.

Використання гранул різного початкового розміру також буде впливати на характеристики одержаного на їх поверхні шару металу, зокрема, на його товщину. Оскільки, при використанні гранул меншого розміру сумарна площа поверхні, що піддається металізації буде зростати, зрозуміло, що товщина шару металу на таких гранулах буде меншою, порівняно з гранулами більшого розміру. Таким чином, можна одержати металізовану полімерну сировину з різними властивостями і за однакового вмісту металу на гранулах полівінілхлориду товщина шару металу буде різною. Зрозуміло, що властивості композитів одержаних переробкою такої сировини будуть суттєво відрізнятися, що можна використати для одержання матеріалів з необхідними властивостями.

Список використаної літератури

1. Kucherenko, A.N., Mankevych, S.O., Kuznetsova, M.Ya., Moravskiy, V.S. (2020). Peculiarities of metalization of pulled polyethylene. Chemistry, technology and application of substances, 3(2), 140-145.

КОАЛЕСЦЕНТИ ВОДНОДИСПЕРСІЙНИХ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ІОНОГЕННИХ ПОХІДНИХ ДІЕТАНОЛАМІН БОРАТУ

Левченко Є.П., Сverdліковська О.С., Черваков Д.О., Черваков О.В.
e-mail: theleva7@gmail.com, ochervakov@ukr.net

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»
Україна, Дніпро*

Лакофарбові матеріали (ЛФМ) широко застосовуються у всіх галузях економіки: у промисловості, будівництві, побуті, виробництві виробів різного призначення тощо. Основне призначення ЛФМ – створення захисних та декоративних покриттів виробів із металу, дерева, пластмас та інших матеріалів. За століття використання людством було розроблену значну кількість ЛФМ різних видів, проте найбільшого поширення набули дві великі групи – органорозчинні (ОР ЛФМ) та воднодисперсійні (ВД ЛФМ).

Протягом двох останніх десятиліть воднодисперсійні ЛФМ набули значної популярності на ринку завдяки ряду переваг над органорозчинними ЛФМ, а саме завдяки швидкості висихання, відсутності у складі значної кількості летких органічних сполук (ЛОС), простоті прибирання розливів тощо [1].

Для задоволення запиту споживачів на ВД ЛФМ з кращими захисними властивостями покриттів виробники були змушені використовувати водні дисперсії полімерів з мінімальними температурами плівкоутворення (МТП) вищими за діапазон допустимих температур нанесення ЛФМ на їх основі. Для забезпечення плівкоутворення у таких ЛФМ за низьких температур до їх складу додають спеціальні добавки – коалесценти [2].

У різний час для використання в якості коалесцентів було запропоновано значну кількість летких сполук різного складу. З часом вимоги до вмісту ЛОС у покриттях стали жорсткішими, тому було запропоновано використання в якості коалесцентів сполук з більш високими температурами кипіння. З метою вирішення низки екологічних проблем є необхідним і актуальним розробка нелетких коалесцентів та пластифікаторів для ЛВМ. З огляду на стан хімічної промисловості України розроблені добавки мають бути сполуками низької вартості з доступної сировини і простими у виробництві.

Зважаючи на ці вимоги та аналіз доступної сировини, перспективною видається розробка коалесцентів ВД ЛФМ на основі естеру борної кислоти та діетаноламіну, синтез якого наведено у роботі [3].

Процеси, що протікають при розчиненні діетаноламін борату, досліджено у [4]. Показано, що при розчиненні у воді борат зазнає гідратації за схемою, показаною на рис. 1:

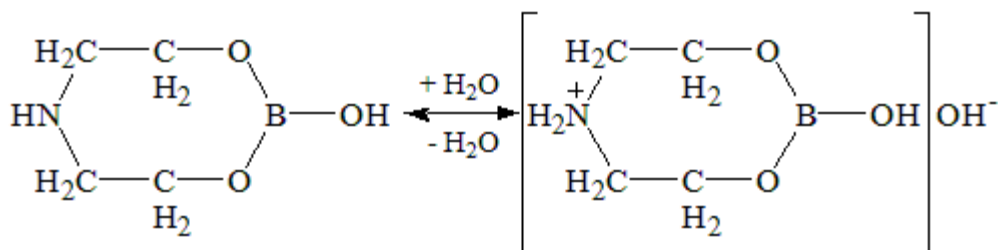


Рисунок 1 – Схема гідратації борату діетаноламіну

Синтез іоногенних коалесцентів проводили нейтралізацією 10% водного розчину діетаноламін борату 10% водними розчинами мінеральних кислот за схемою:

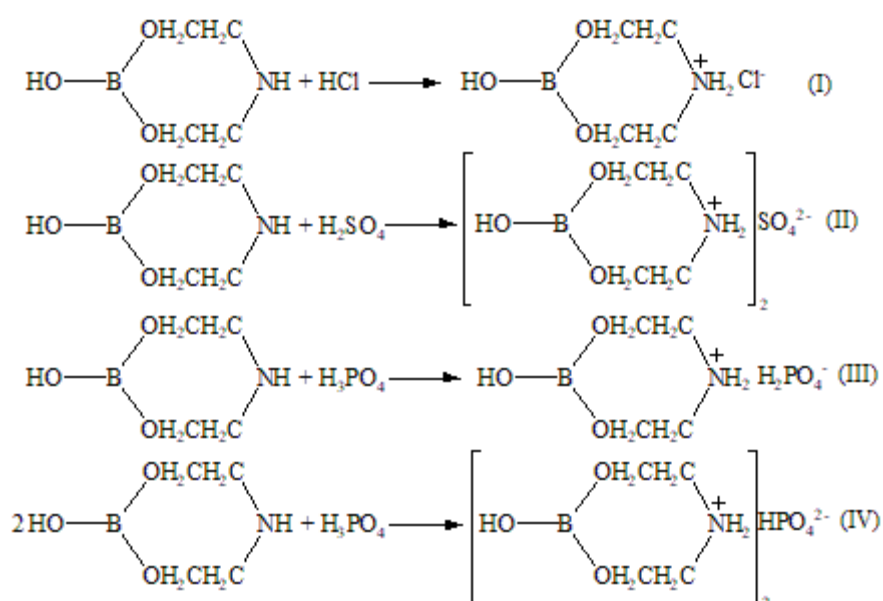


Рисунок 2 – Схема синтезу іоногенних модифікаторів ВД ЛФМ на основі діетаноламін борату

Вплив іоногенних модифікаторів на властивості плівок ВД ЛФМ досліджували на дисперсіях марок Неорас Е-106, Joncryn НУВ 6336 та Tritex SA-50 та на зразку художньої фарби на основі Tritex SA-50. Модифікацію ЛФМ синтезованими сполуками проводили шляхом додавання до ЛФМ 10%-го розчину модифікатора по краплях при перемішуванні.

Кількість розчину модифікатора обирали так, щоб кількість 100%-го модифікатора складала 0,5%, 07%, 0,9% та 1% від сухого залишку дисперсії у складі ЛФМ. При додаванні розчинів модифікаторів до водних дисперсій сполуки (I), (II) та (IV) не виявляли ознак порушення стабільності, проте при додаванні (III) дестабілізація дисперсій спостерігалася одразу після введення розчину незалежно від порції.

Плівки ВД ЛФМ отримували за допомогою аплікатора на скляних пластинках згідно з ГОСТ 8832-76, твердість плівок визначали згідно з ДСТУ ISO 1522:2015, а блиск – згідно ДСТУ ISO 2813:2015.

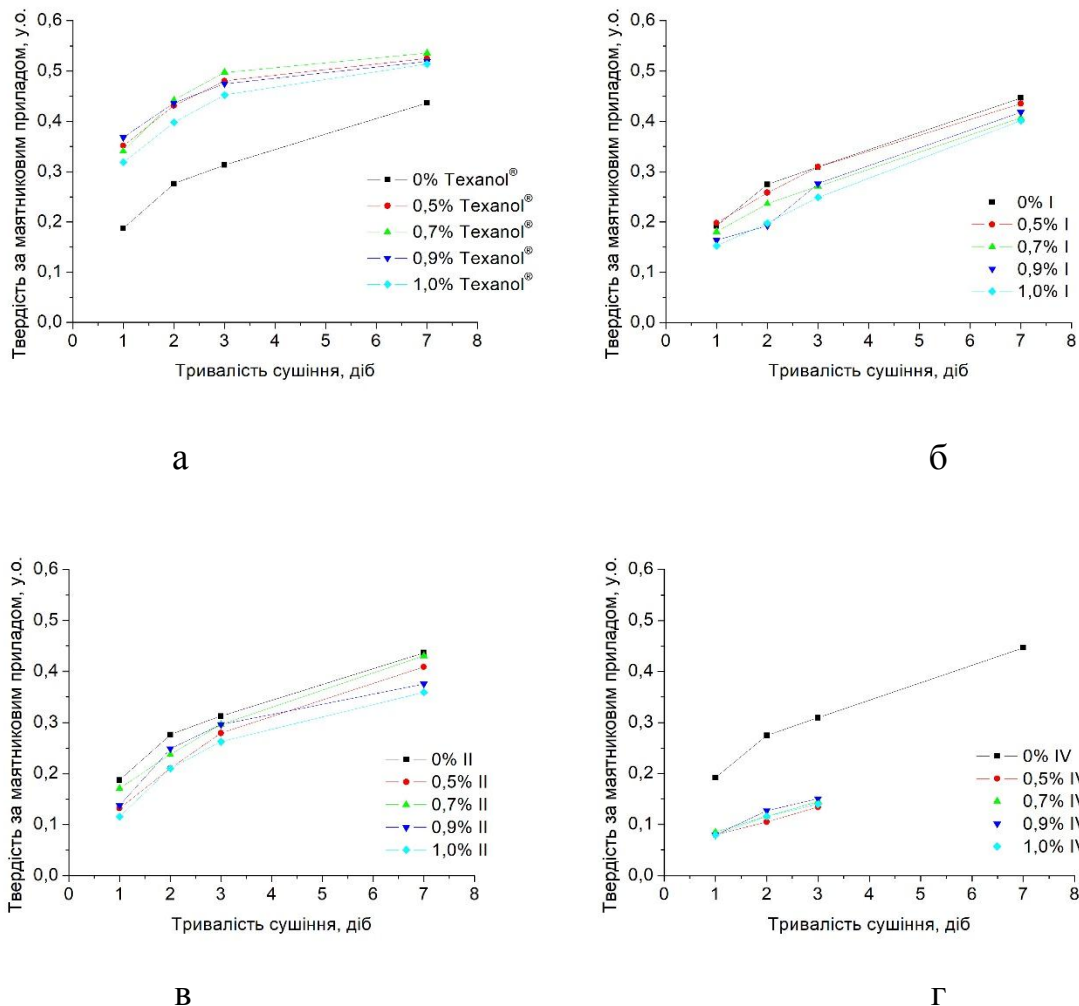


Рисунок 3 – Залежність твердості плівок дисперсії Неорас Е-106 від вмісту модифікаторів: а – Texanol, б – I, в – II, г – IV

З рисунка 3 видно, що при введенні до складу дисперсії Тексанолу твердість покриттів підвищувалася у всьому діапазоні концентрацій, тоді як при введенні іоногенних модифікаторів спостерігалось зниження твердості. При цьому найбільша твердість спостерігалася при введенні 0,5% I та 0,7% II.

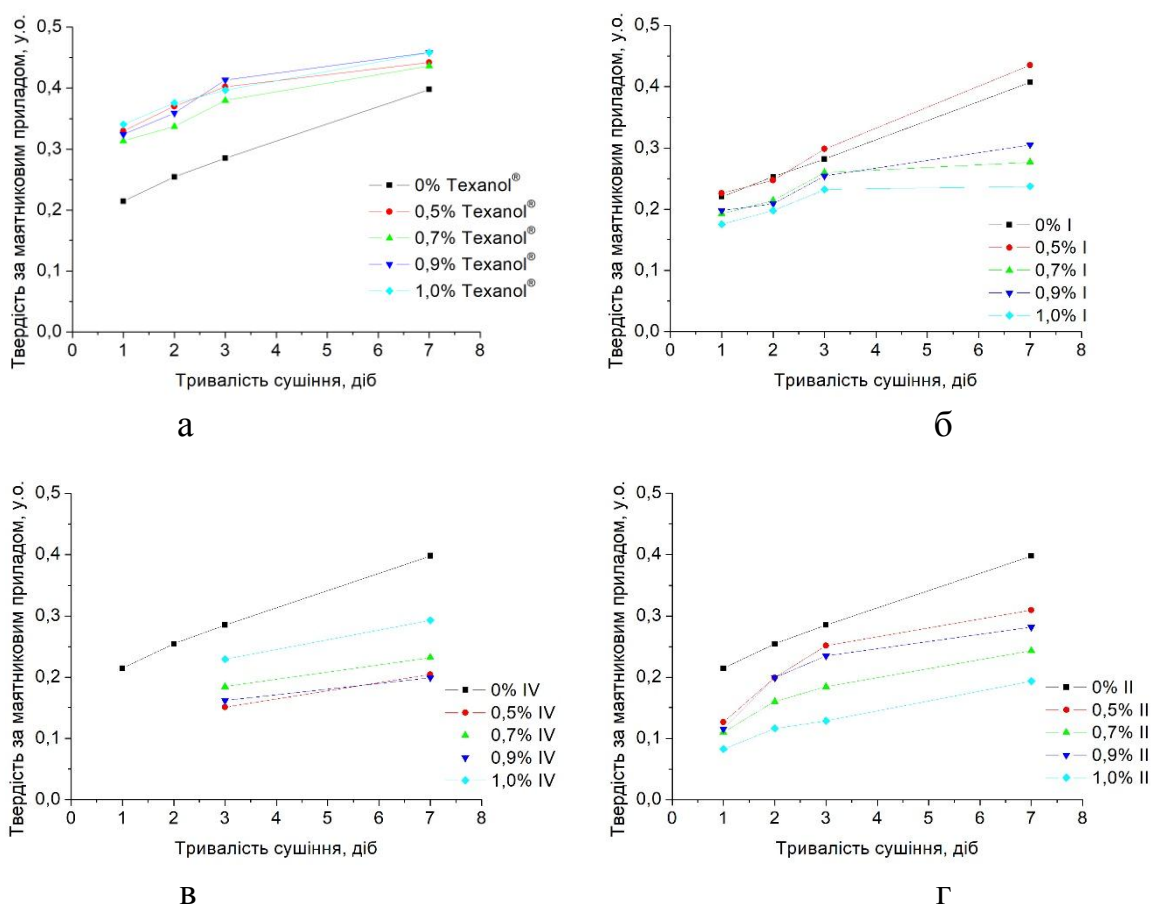


Рисунок 4 – Залежність твердості плівок суміші дисперсій Неорас Е-106 та Joncryl НУВ 6336 (70:30 мас. %) від вмісту модифікаторів: а – Texanol, б – I, в – II, г – IV

На рисунку 4 показана зміна відносної твердості плівок суміші дисперсій Неорас Е-106 та Joncryl НУВ 6336 (70:30 мас. %) залежно від вмісту Тексанолу (2,2,4-триметил-1,3-пентандіол моноізобутирату) та продуктів нейтралізації діетаноламін борату мінеральними кислотами I, II, IV.

Покриття, отримані з суміші, модифікованої Тексанолом та I були прозорими та не мали дефектів, а покриття, що містили понад 0,7% II та понад 0,5% IV частково мутніли, що може свідчити про обмежену сумісність полімерів дисперсій з модифікатором. При цьому при збільшенні концентрацій іоногенних модифікаторів твердість плівок знижувалася

Підвищення твердості плівки покриття за додавання 0,5% модифікатора I можна пояснити зниженням МТП полімеру, що входить до складу Joncryl НУВ 6336, плівки якої вирізняються високою твердістю та стійкістю до стирання.

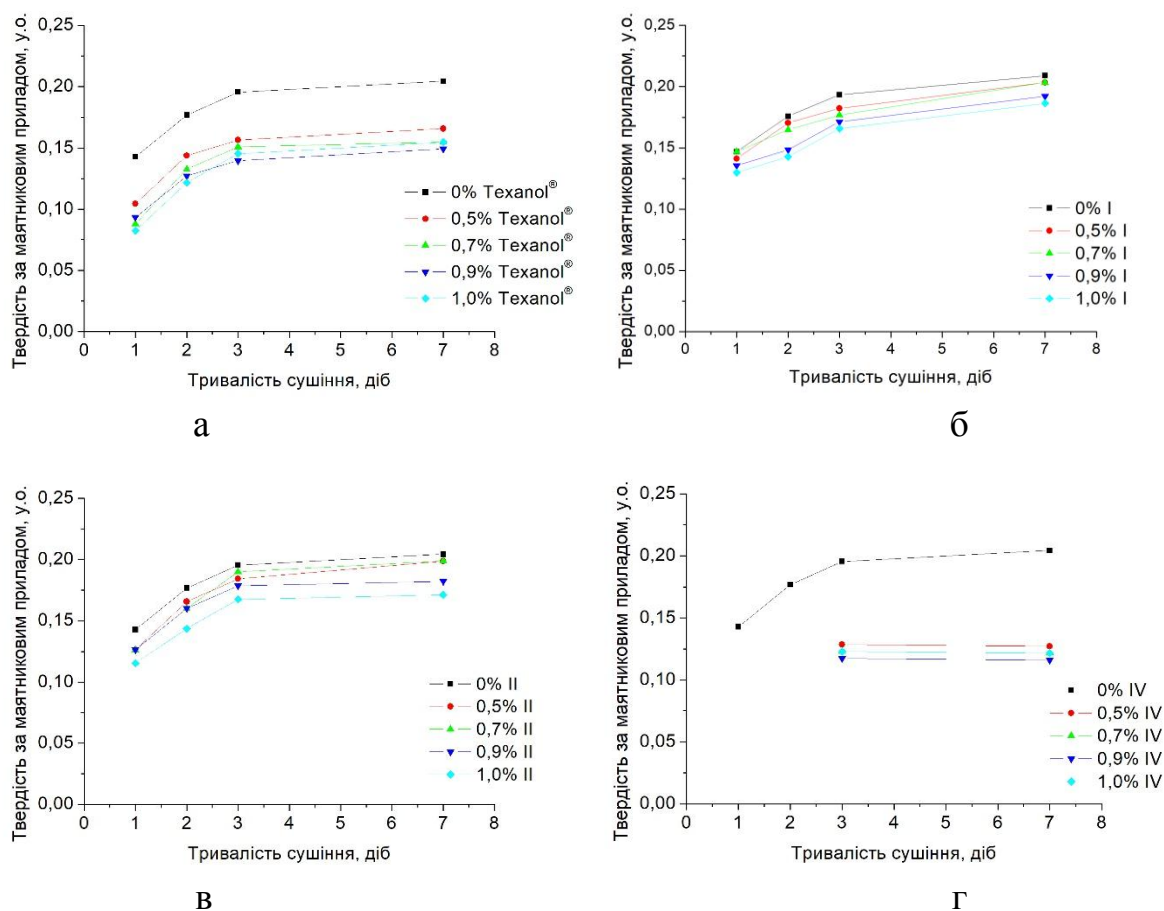


Рисунок 5 – Залежність твердості плівок дисперсії Tritex SA-50 від вмісту модифікаторів: а – Texanol, б – I, в – II, г – IV

З рис. 5 (а) видно, що при додаванні до дисперсії Тексанолу твердість плівки покриття знижувалася, причому зниження твердості корелювало зі збільшенням кількості доданого коалесцента. Це може свідчити про інший характер взаємодії Тексанолу з полімером цієї дисперсії, а саме про пластифікацію плівкоутворювача Тексанолом. У той же час введення до складу дисперсій продуктів нейтралізації діетаноламін борату хлоридною та сульфатною кислотами (рис. 2 I та II) також приводило до певного зниження твердості покриття, однак отримані плівки все ж вирізнялися більшою твердістю.

Покриття, отримані з дисперсії, модифікованої Тексанолом та I були прозорими та не виявляли помутніння, а покриття, що містили понад 0,7% II та понад 0,7% IV були дещо мутними. Покриття не виявляли ознак липкості незалежно від вмісту модифікатора.

Для модифікації пігментованого ЛФМ було обрано продукти I і II в обсязі 0,5% та 0,7% від сухого залишку водної дисперсії у складі пігментованого ЛФМ та Тексанол у кількості, зазначеній виробником (2,4%). Основні властивості зразків немодифікованої художньої фарби та фарби, модифікованої іоногенними сполуками, наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика зразків художньої фарби

№	Показник	Немодифікована фарба	Фарба з 0,5% І	Фарба з 0,7% ІІ	Нормативний документ, за яким здійснюється контроль
1	2	3	4	5	6
1	Зовнішній вигляд покриття	Однорідна поверхня без кратерів та зморшок			ISO 4628-1
2	Колір	В межах допустимого			ISO 3668
3	Масова частка нелетких речовин	50,49	49,2	49,0	ISO 3251
4	Час висихання до ступеня 3, год	2	2	2	ДСТУ ISO 9117-1, ДСТУ ISO 9117-3, ДСТУ ISO 9117-6
5	Ступінь перетирання, мкм	25	25	25	ДСТУ ISO 1524
6	Твердість покриття за маятниковим приладом, у.о.	0,19	0,20	0,18	ДСТУ ISO 1522-2015
7	Блиск покриття, %	72	70	69	ISO 2813:2014

Як видно з таблиці 1, при заміні традиційного леткого коалесцента на іоногенні сполуки І та ІІ суттєво не впливає на декоративні, захисні та технологічні властивості лакофарбового матеріалу, що дозволяє зробити висновок щодо можливості та доцільності застосування іоногенних модифікаторів у складі ВД ЛФМ у ролі коалесцентів.

Список використаної літератури

1. Dehan, V., Bourgeat-Lami, E., D'Agosto, F., Duffy, B. (2017). High-performance water-based barrier coatings for the corrosion protection of structural steel. *Steel Construction*, 10 (3), 254–259. doi: <https://doi.org/10.1002/stco.201710034>
2. Zarras, P., Soucek, M., Tiwari, A. (Eds.) (2020). *Handbook of Waterborne Coatings*. Elsevier. doi: <https://doi.org/10.1016/c2017-0-00208-2>
3. Котенева, И. В., Сидоров, В. И., Мясоєдов, Е. М. (2013). О взаимодействии борной кислоты с моно- и диэтаноламинами. *Химическая промышленность сегодня*, 8, 35–40.
4. Олігомерні та низькомолекулярні іонні рідини на основі продуктів взаємодії амінів з неорганічними кислотами. Полімерні іонні рідини та іонні рідини іоненового типу : монографія / Сverdліковська О.С. та ін. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2020. 199 с.

БАЗАЛЬТОПЛАСТИКИ З ПІДВИЩЕНИМ РІВНЕМ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Лесич А.В., Кузьменко М.Я., Баштаник П.І.

e-mail: bashtanyk@i.ua

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Прискорення науково-технічного прогресу в галузі науки і техніки не можливе без інтенсивного використання полімерних та полімерних композиційних матеріалів (ПКМ). Серед крупнотоннажних полімерів особливий інтерес викликає поліпропілен завдяки комплексу його механічних та теплофізичних властивостей. Для підвищення механічних властивостей (міцності, жорсткості) поліпропілен армують волокнами різної природи, зокрема базальтовими, які характеризуються низькою вартістю, підвищеною жорсткістю, теплостійкістю, хімічною стійкістю. Для підвищення комплексу фізико-механічних властивостей базальтопластиків необхідна модифікація армуючих волокон, зокрема обробка їх модифікуючими сполуками (апретами), які формують у композитах хімічні зв'язки між армуючим наповнювачем і поліпропіленовою матрицею, що набагато міцніші у порівнянні з фізичними [1].

У даному дослідженні як полімерну матрицю для ПКМ використано поліпропілен марки 201030, який є кристалічним термопластом з підвищеною жорсткістю, стійкістю до динамічних навантажень, та характеризується наступними властивостями: показник текучості розплаву – 2,0-4,0 г/10 хв, міцність при розтязі - 30,7 МПа, ударна в'язкість за Шарпі – 44,9 кДж/м². Як модифікуючі системи для базальтових волокон було використано продукти переетерифікації тетрабутоксититану акриловою кислотою при різному ступені заміщення бутоксигруп біля атома титану на акрилатацилоксильні групи. Активацію базальтового волокна проводили 1 н розчином NaOH, що призводило до появи на його поверхні додаткових мікронерівностей, які збільшували площину контакту між полімерною матрицею і волокном та підвищували загальну силу фізичної взаємодії між полімером і наповнювачем. Модифікацію базальтових волокон проводили розчином апрету в бутиловому спирті. Вміст модифікуючих систем на волокні змінювали від 0,00 до 1,00 мас. % з кроком 0,25 мас. %.

Встановлено, що при збільшенні кількості апрету на поверхні базальтових волокон від 0,25 до 0,75 мас. % зростає ряд властивостей базальтопластиків (міцність при розтязі композитів, ударна в'язкість за Шарпі, теплостійкість за Віка). Нанесення модифікатора на активовані базальтові волокна більше 0,75 мас. % є надлишковим, бо призводило до зниження фізико-механічних показників базальтопластиків. Таким чином, раціональна концентрація модифікаторів на базальтових волокнах є 0,75 мас. %. Також встановлено, що із збільшенням вмісту у структурі

модифікуючої системи кількості акрилатацилоксигруп біля атома титану всі показники композитів зростають, досягаючи максимальних значень при використанні у якості модифікатора тетра(акрилатацилокси)титану, у якому всі бутоксигрупи заміщені на акрилатацилоксильні.

У таблиці наведено властивості базальтопластиків на основі поліпропілену та активованих базальтових волокон, що модифіковані тетра(акрилатацилокси)титаном.

Таблиця

Властивості базальтопластиків на основі поліпропілену (ступінь наповнення 30 мас. %) від концентрації тетра(акрилатацилокси)титану

Властивості	Концентрація тетра(акрилатацилокси)титану на активованих базальтових волокнах, мас. %				
	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
Густина, кг/м ³	984	988	992	1005	1009
Міцність при розтязі, МПа	40,7	60,2	66,4	68,0	64,8
Відносне видовження при розриві, %	92	108	120	124	119
Ударна в'язкість за Шарпі, кДж/м ²	44,9	57,3	61,8	64,0	60,4
Теплостійкість за Віка, °С	160	167	170	172	168

Аналізуючи дані таблиці, можна зробити висновок, що найвищі механічні властивості має ПКМ на основі поліпропілену, що армований базальтовими волокнами, які апретовані 0,75 мас. % тетра(акрилатацилокси)титану. Зростання механічних характеристик базальтопластиків можна пояснити як потенційною можливістю формування хімічних зв'язків між армуючим наповнювачем та поліпропіленовою матрицею [2], так і реалізацією додаткових, більш міцніших за водневі, координаційних взаємодій між атомами титану і оксидної форми наповнювача або оксидних форм продуктів деструкції поліпропілену. Також формування таких зв'язків блокує посилення деструктивних процесів у поліпропілені при переробці базальтопластиків.

Список використаної літератури

1. Берлин А.А. Принципы создания композиционных полимерных материалов / А.А. Берлин, С.А. Вольфсон, В.Г. Ошмян, Н.С. Ениколопов. – М.: Химия, 1990. – 237 с.
2. Баштаник П.І. Композиційні матеріали на основі поліпропілену, армованого апретованим базальтовим волокном / П.І. Баштаник, М.Я. Кузьменко, С.М. Кузьменко, Г.М. Ігоніна, Я.І. Євтушенко, А.В. Шпатакова // Вопросы химии и хим. технологии. – 2014. – № 1. – С. 57-61.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІН ЯКОСТІ СВІТЛИХ НАФТОПРОДУКТІВ В УМОВАХ ДОВГОТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ

¹Матвєєва О.Л., ²Вовк Ю.О., ³Нілов О.Є.

e-mail: ¹mol@nau.edu.ua; yuliiaovovk@gmail.com; nilow_ae@ukr.net

¹Національний авіаційний університет, Україна, Київ

²Національний авіаційний університет, Україна, Київ

³Український науково-дослідний інститут «Ресурс», Київ

Створення в Україні системи мінімальних запасів нафти та нафтопродуктів та управління нею відповідно до Директиви 2009/119/ЄС стосовно зобов'язання держав-членів підтримувати мінімальний рівень резервів сирової нафти та нафтопродуктів вимагає утримання державних запасів, якість яких повинна відповідати нормативним вимогам.

Гарантійний термін зберігання палива довготривалого зберігання в резервуарах згідно ДСТУ 8705:2017 та ДСТУ 8704:2015 становить 3 роки. Таке паливо поставляється для створення запасів нафтопродуктів. В інших випадках гарантійний термін зберігання визначається ДСТУ і зазвичай не перевищує 1 року для дизельного палива (ДСТУ 7688:2015) і 6 місяців для бензину (ДСТУ 7687:2015). При таких термінах зберігання палива можуть залишатися стабільними навіть після закінчення гарантійного терміну зберігання.

Основні вимоги до умов тривалого зберігання нафтопродуктів – низька температура, запобігання потраплянню прямих сонячних променів на ємності і герметичність резервуарів зберігання. При виборі способу зберігання бензину автомобільного необхідно враховувати його високу здатність до випаровування та окиснення, для дизельного та реактивного палива – гігроскопічність.

Під час виробництва палив використовується різна нафтова сировина, внаслідок чого воно може відрізнятися хімічним складом, що може впливати на їх фізико-хімічні та експлуатаційні властивості. Тому наукове дослідження та обґрунтування критеріїв оцінки зміни якості палив під час їх тривалого зберігання становить актуальну науково-прикладну задачу і дозволить забезпечити їх кондиційність у майбутньому.

Зміна якості палива під час зберігання обумовлена фізико-хімічними процесами: випаровуванням, забрудненням механічними домішками, обводненням, корозією з утворенням нерозчинних продуктів, окисненням з утворенням смол і осадів та забрудненням мікроорганізмами, що завжди присутні в навколишньому середовищі. Ці процеси відбуваються у складному взаємозв'язку, з різною швидкістю і залежать від компонентного складу палив, рівня заповнення резервуарів, запиленості і вологості повітря, типів і кількості антиокислювальних та антикорозійних присадок, технології зберігання та інших факторів [1].

В результаті постійно діючих процесів надходження із атмосфери через системи дренажу твердої дисперсної фази, утворення продуктів корозії технологічного обладнання, а також високомолекулярного окиснення вуглеводнів, при зберіганні палив в ємностях утворюються осади. Їх інтенсивність значно залежить від температури, концентрації механічних домішок, кисню та вологи атмосферного повітря. Це призводить до порушень працездатності відповідних технічних агрегатів та зниження їх ресурсу. При цьому, слід особливо зазначити на те, що в результаті вищезазначених процесів змінюються показники якості палив, що в багатьох випадках, особливо при тривалому їх зберіганні, призводить до відбракування значної їх кількості. Відомо також, що значний вміст в паливах твердої дисперсної фази призводить до підвищеного зносу ряду агрегатів, вузлів паливної системи двигуна тощо [1-2].

Гігроскопічність палив сприяє накопиченню вільної води, яка є сприятливим середовищем для розвитку в ній мікроорганізмів. Це також зумовлює зростання інтенсивності окиснення вуглеводнів [3]. Водна фаза, як дисперсна (емульсія), так і її відокремлений шар на дні резервуару, рН якого знижується активністю мікроорганізмів, також є потенційною причиною корозії конструкційних матеріалів резервуарів та технологічного обладнання нафтобаз.

При тривалому зберіганні мікробіологічне забруднення дизельних та реактивних палив створює серйозні проблеми, пов'язані із збільшенням твердих речовин (грибкової та дріжджової біомаси), біополімерів (шлам, пов'язаний із ростом бактерій) та підвищеною корозійністю через сульфат-відновлюючі бактерії (SRB) [4].

Наукові дослідження [5] показують, що при тривалому зберіганні бензинів найбільшою мірою можуть змінюватися такі показники якості палива як: октанове число (за моторним та дослідним методами), вміст смол, тиск насичених парів та фракційний склад. Також в даній роботі показано, що після тривалого зберігання дизельного палива можуть змінюватися такі показники як: кислотність, стійкість до окислення, вміст смол.

Таким чином, аналізуючи і узагальнюючи вищенаведене можна зазначити, що погіршення якості палива при тривалому зберіганні залежить від таких чинників:

- фізико-хімічні властивості палива (хімічний склад, відсотковий вміст ароматичних сполук);
- атмосферні умови (тиск, температура, вологість);
- наявність сполук, які інгібують/активують окиснення;
- стан та якість внутрішнього антикорозійного покриття резервуару зберігання палива;
- мікробіологічне ураження палива/технологічного обладнання.

Експериментальне дослідження динаміки змін якості палив проводилося на базі Українського науково-дослідного інституту «Ресурс» за період від закладання на зберігання (2017-2019) по листопад 2021 р. Досліджувалися палива: бензин автомобільний (Євро) А-92-Євро-5-Е5 і паливо дизельне ДП-Арк-Євро5-В0. Проби відбиралися з одного резервуару зберігання для кожного типу палива протягом обраного часу. Періодичний контроль якості палив проводився згідно вимог ДСТУ. Результати досліджень наведені на рис. 1-3.

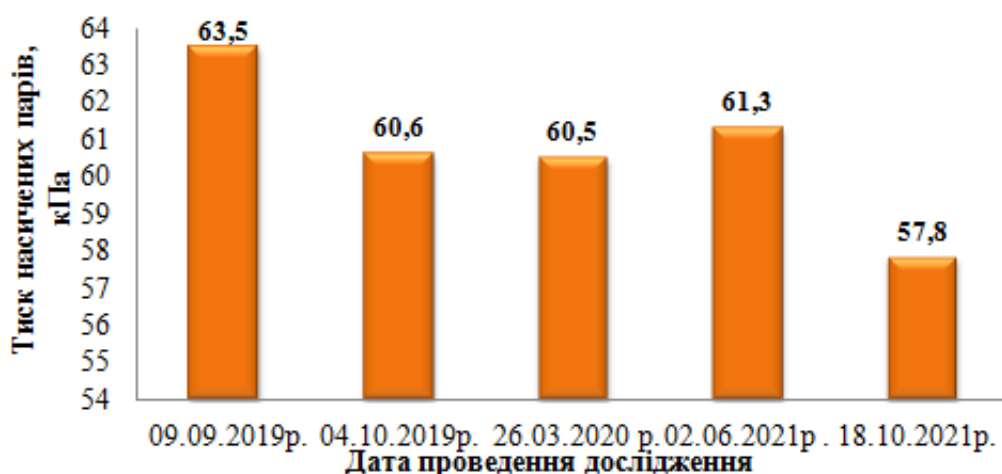


Рис. 1. Динаміка зміни тиску насиченої пари при тривалому зберіганні

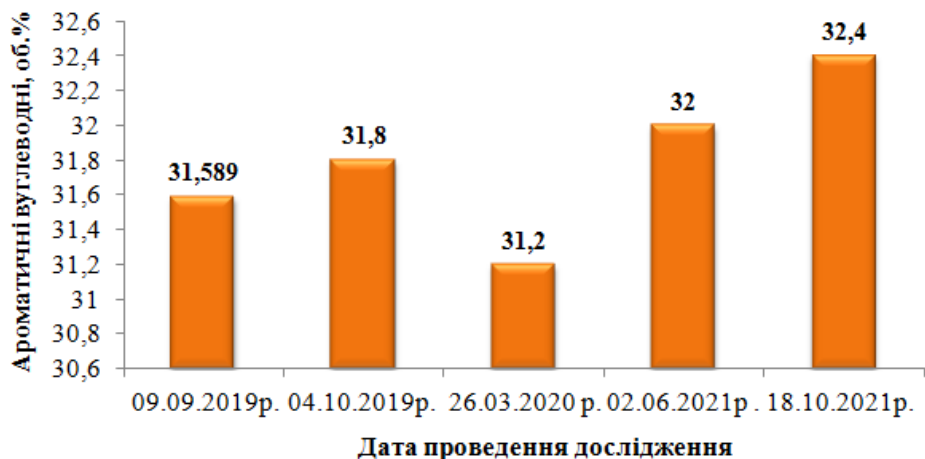


Рис.2. Зміна об'ємної частки ароматичних вуглеводнів при тривалому зберіганні

Бензини автомобільні. Для дослідження обрано бензин автомобільний А-92-Євро5-Е5 згідно ДСТУ 7687:2015 «Бензини автомобільні ЄВРО. Технічні умови», однієї партії. Виробництва ПАТ «Укртатнафта». Дата виготовлення – серпень 2019 р. Аналіз отриманих

даних показав, що за період зберігання бензину автомобільного змінилися такі показники якості як: тиск насиченої пари, вміст ароматичних вуглеводнів та фракційний склад. Отримані результати не є кінцевими оскільки бензин ще зберігається в державному резерві.

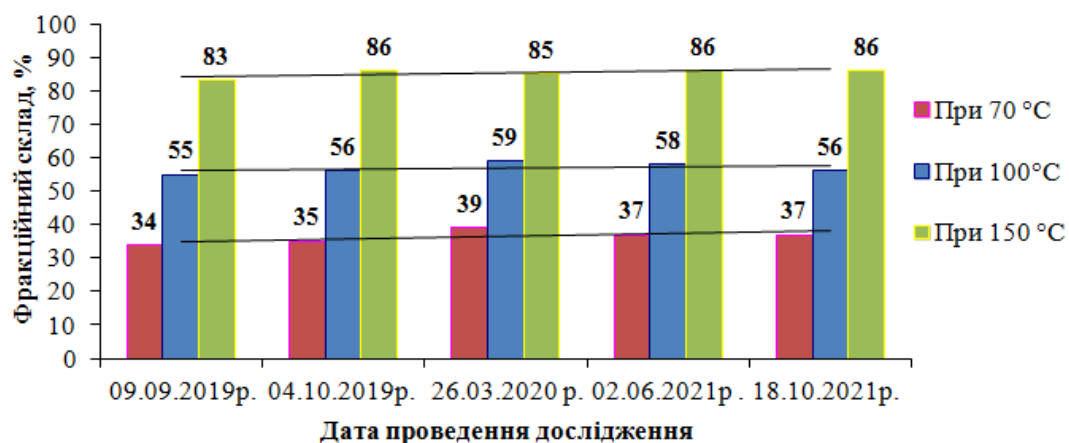


Рис. 3. Зміна фракційного складу бензину автомобільного при тривалому зберіганні

Дизельне паливо. Для дослідження використовували паливо дизельне марки ДП-Арк-Євро5-В0 згідно ДСТУ 7688:2015 «Паливо дизельне Євро. Технічні умови», однієї партії, виробництва ПАТ «Укртатнафта». Дата виготовлення - лютий 2017 р.

Отримані дані показують, що за період зберігання дизельного палива найбільшою мірою змінилися такі показники якості як: окиснювальна стабільність, фракційний склад, масова частка домішок та води, коксівність, змащувальна здатність.

Динаміка зміни показників якості палив свідчить, що за час зберігання в період від дати виготовлення по листопад 2021 року, змін його якості, які би мали вплив на придатність до подальшого зберігання, не відбулося.

Зафіксовані зміни показників якості досліджуваних палив не досягли критичних показників і знаходяться в межах відповідності ДСТУ 7687:2015, ДСТУ 7688:2015.

Висновки. Аналіз експериментальних даних показав, що при тривалому зберіганні бензину автомобільного та дизельного палива спостерігаються зміни показників якості, що свідчить про перебіг окиснення, випаровування легких фракцій, а також хімічної взаємодії з механічними домішками атмосферного і техногенного походження та мікробіологічного ураження палив.

Це підтверджує актуальність проведення науково-прикладних досліджень динаміки змін якості палив, що знаходяться на довготривалому зберіганні в системі державного резерву.

Список використаної літератури

1. Матвеева Е. Л. Микробиологическое поражение авиационных топлив / Е. Л. Матвеева, О. А. Васильченко, Д. А. Демянко // Системи озброєння і військова техніка. – 2011. - № 2. – С. 152-156. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2011_2_37.
2. Матвеева О. Л. Особливості хімічних змін в паливах при зберіганні / О.Л. Матвеева, С.Л. Столінець // Матер. V Міжн. науково-техн. конф. “Авіа 2003”. – 2003.– Т. IV. – С. 41.117-41.120.
3. Матвеева О. Л. Вплив забруднення на процеси окиснення вуглеводневих палив / О. Л. Матвеева // Системи озброєння і військова техніка. – 2013. – № 1. – С. 100-102. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2013_1_27.
4. Matvyeyeva, O., Vovk, Y., & Nilow, O. (2021). Microbiological contamination of motor fuels: analysis and identification in fuelling companies. Proceedings of the National Aviation University. – 2021. – 86(1), 49-56. <https://doi.org/10.18372/2306-1472.86.15444>
5. Marlena Owczuk and Krzysztof Kołodziejczyk (February 4th 2015). Liquid Fuel Ageing Processes in Long-term Storage Conditions, Storage Stability of Fuels, Krzysztof Biernat, IntechOpen, DOI: 10.5772/59799.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІЛАКТИДУ

Науменко О.О., Кабат О.С.

e-mail: amber_UDHTU@i.ua

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, Дніпро

Полімери та полімерні матеріали в сучасному світі використовуються людиною у всіх сферах життєдіяльності. Впродовж життєвого циклу виробу з пластиків виконують покладанні на них функції і на даному етапі розвитку суспільства повністю задовольняють людство. Однак після використання виробу із полімерів у більшості випадків не підлягають повторній переробці і накопичуються на звалищах та потрапляють у навколишнє середовище, зокрема водойми. Раніше вважалося, що 15 відсотків пластиків знаходиться на пляжах, 15 відсотків - у морі, а 70 відсотків - на морському дні. Однак зараз вчені припускають, що на дні знаходиться 90 відсотків пластмаси. Причина цього - відсутність можливості переробки більшості видів відходів з пластиків, значна частина яких не переробляється, а потрапляє у навколишнє середовище.

Щоб боротися з цією масштабною проблемою ми пропонуємо використовувати у побуті біодеградабельні полімери, які розкладаються у навколишньому середовищі до екологічно-безпечних речовин під дією сонячного випромінювання, мікроорганізмів у ґрунті тощо. В якості такого полімеру пропонуємо використовувати полілактиди, які завдяки достатній міцності та досить високому рівню екологічної безпеки для людини можуть широко використовуватися в якості матеріалу для побутових виробів та у майбутньому замінити такі полімери, які традиційно для цього використовуються (поліетилен, поліпропілен та інш.).

Полілактид - це термопластичний біодеградабельний полімер, який синтезується з молочної кислоти(з'єднання, яке виробляється людським організмом). Саме завдяки повній біосумісності з організмом людини, цей полімер не викликає алергічних реакцій, відторгнень, не накопичуються в тканині і вільно виводяться з організму. Вироби з полілактиду мають рівень міцності достатній для використання їх у побуті. Зважаючи на те, що цей полімер є безпечним для організму людини та підлягає біодеструкції (розкладається до води та вуглецевого газу) при компостуванні впродовж 20-90 днів його можна використовувати в якості пакувального матеріалу, основи для виготовлення одноразового посуду тощо.

В роботі запропоновано використовувати полілактид для виготовлення саме одноразового посуду, який здатний виконати свої безпосередні функції і після використання розкластися на екологічно-безпечні для людини та навколишнього середовища речовини.

В якості матричного полімеру було вибрано полілактид марки PLA, виробництва Devil Design Sp. J. (Poland). Вироби з даного полімеру отримували за допомогою 3D принтеру марки Ender 3 Pro, виробництва Creality 3D (China). Визначення оптимальних параметрів переробки полілактиду відбувалося за допомогою механічних досліджень (ударна в'язкість) отриманих виробів. Ударну в'язкість (a_n) вихідних полімерів визначали відповідно до ISO 179 на маятниковому копрі МК-30.

Основним технологічним параметром переробки полілактиду у виріб є температура переробки. Відповідно до довідникової літератури вона знаходиться в інтервалі від 180 до 230°C. Визначення оптимальної температури переробки відбувалося за допомогою знаходження максимальних значень ударної в'язкості дослідженого матеріалу. Результати досліджень приведені на рисунку 1.

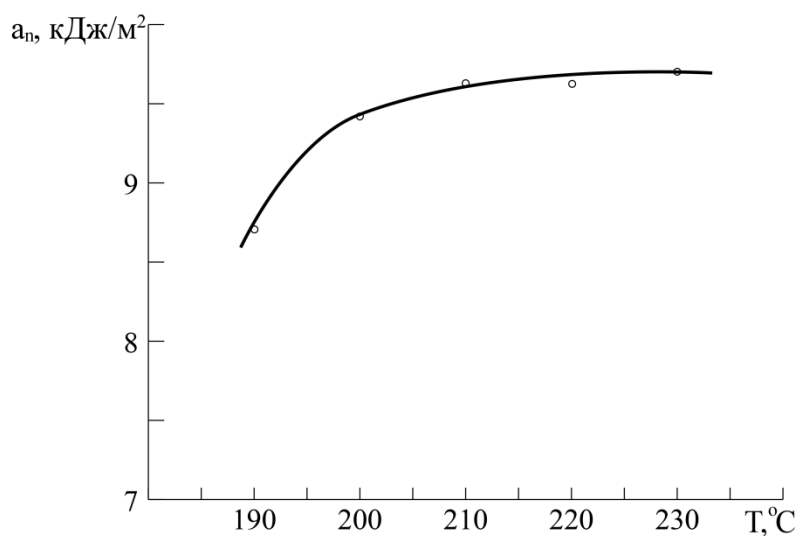


Рисунок 1 – Залежність ударної в'язкості (a_n) від температури переробки зразків з полілактиду (при 20% заповненні зразків)

Відповідно до проведених досліджень із збільшенням температури переробки з 190 до 230°C спостерігається підвищення ударної в'язкості досліджених зразків. Причому в інтервалі температур 190-210°C спостерігається інтенсивне збільшення цього параметру, з подальшою його стабілізацією починаючи з температури 210°C. Відповідно до проведених досліджень оптимальною температурою переробки полілактиду у вироби можна вважати 210°C. Внаслідок того, що при цій температурі спостерігаються максимальні значення ударної в'язкості зразків отриманих з полілактиду.

ВУГЛЕЦЕВИЙ ЗАЛИШОК ПРОЦЕСУ ПІРОЛІЗУ ЯК НАПОВНЮВАЧ ГУМОВИХ ВИРОБІВ

Осташко І. О., Ілющенко А. А., Ягольнік О. В.

*ДВНЗ "Український державний хіміко-технологічний університет"
м. Дніпро, Україна*

У гумовій промисловості одним з основних наповнювачів еластомерів є технічний вуглець. Цей інгредієнт є цінним і водночас дорогим, оскільки сировиною для його отримання виступають енергоносії (паливо та газ). Тому пошук альтернативних наповнювачів гумотехнічних виробів не втрачає своєї актуальності.

Мета даної роботи є визначення впливу дисперсності подрібненого твердого залишку піролізу (ТЗП) на фізико-механічні властивості гуми та ефективність його використання як наповнювача гумотехнічних виробів.

З метою встановлення ефективності використання подрібненого ТЗП як аналогу технічного вуглецю, проведено серію експериментів з виготовлення та випробування гумових зразків для яких за наповнювач використано ТЗП різної крупності. За наповнювач взято ТЗП після подрібнення у лабораторному відцентровому млині з помольної камери, циклону та рукавного фільтру.

Як еталонний зразок виготовлено гуму з наповнювачем технічним вуглецем (ТВ) П-803. Результати випробувань зазначених зразків за основними показниками представлені у таблиці 1

Таблиця 1

Основні фізико-механічні показники гумових зразків з використанням наповнювачів ТЗП та ТВ П-803

Параметр гумових зразків	Наповнювач			
	ТЗП $d_{cp}=46$ мкм	ТЗП $d_{cp}=16$ мкм	ТЗП $d_{cp}=9$ мкм	ТВ П-803
Умовний опір розриву, МПа	7,48	7,6	7,72	8
Опір роздиранню, кгс/см ²	14,2	14,6	14,8	14,5
Еластичність	0,13	0,13	0,14	0,12
Умовне напруження, МПа	4,3	4,6	5,2	5,6
Відносне подовження, %	390	375	370	380

Дослідження на модельній рецептурі показали залежність якості гумових виробів від ступеня дисперсності подрібненого ТЗП, та яскраво виражену нелінійну залежність показників якості гуми від середнього діаметру частинок наповнювача.

При підвищенні дисперсності часток ТЗП від середнього діаметра 63 мкм до 11 мкм спостерігається, що еластичність та опір розриву практично не залежить від дисперсності наповнювача; умовне напруження та опір роздеру має нелінійну зворотну залежність; відносне подовження пряму нелінійну залежність.

По такому показнику як опір роздеру гума з наповнювачем ТЗП навіть при дисперсності 21 мкм перевищує гуму з наповнювачем П 803.

СИНТЕЗ ТА ВЛАСТИВОСТІ ДЕКСТРАНМЕТАКРИЛАТНИХ ГІДРОГЕЛІВ

Панченко Ю.В., Лапіна А.М., Дончак В.А.

e-mail: yurpanchenko1@gmail.com

Національний університет “Львівська політехніка”,
Україна, Львів

Створення штучних і синтетичних гідрогелів як полімерних матеріалів з унікальними властивостями (біосумісністю, біодеградабельністю, еластичністю), стимулювало науковий і технічний прогрес в області високих технологій (біо- та нанотехнологій, біоелектроніці, фармацевтиці тощо). Застосування гідрогелів уможливило розробку систем цілеспрямованої та контрольованої доставки ліків, ефективних біокаталізаторів на основі іммобілізованих клітин мікроорганізмів та ферментів, біосенсорів, а також біоматеріалів нового покоління. Крім того, дослідження властивостей гідрогелів створили фундамент для появи нового класу полімерів, так званих “розумних” матеріалів (smart або intelligent materials), які здатні реагувати на зміну параметрів зовнішнього середовища [1-3].

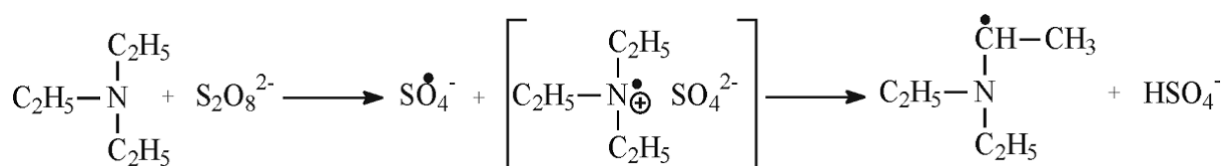
Декстран є водорозчинним бактеріальним полісахаридом, який складається з фрагментів α -D-глюкопіранози, з'єднаних між собою, в основному, α -1,6-глюкозидними зв'язками. Хороша біосумісність декстрану та його похідних робить їх перспективними для використання як компонентів полімерних біоматеріалів [1, 2]. Особливо цікаві похідні декстрану, що містять полімеризаційноздатні функціональні групи. Такі похідні (макромономери) можуть застосовуватись у різних галузях сучасної техніки і, в першу чергу, для отримання активних гідрогелів.

Мета роботи. Створення біосумісних гідрогелів з новими та покращеними властивостями на основі нових метакрилатних похідних декстрану для їх застосування як полімерних біоматеріалів.

Декстранметакрилати одержували ацилюванням декстрану метакрилоїлхлоридом за методикою [4].

Структурування декстранметакрилату ініціювалось ред-окс системою $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 - \text{Et}_3\text{N}$. В роботі [5] запропоновано механізм ініціювання такою системою, в якій триетиламін прискорює гомолітичний розпад персульфату із утворенням бісульфатного вільного радикалу. Додатково утворюються вільні радикали триетиламіну (Схема 1). Генеровані радикали ініціюють процес структурування ДМА за метакрилатними фрагментами.

Схема 1



При структуруванні декстранметакрилату зі ступенем заміщення 0,41 через 20 год. конверсія подвійних зв'язків в отриманому гідрогелі становила 89 %. При структуруванні декстранметакрилату зі ступенем заміщення 1,22 гідрогель формувався вже при 10 %-ній конверсії. Залишкові 90 % метакрилатних фрагментів можуть приймати участь в інших типах реакцій, наприклад приєднувати низькомолекулярні реагенти, лікарські препарати, виступати центрами графт-кополімеризації тощо.

Результати досліджень текучості синтезованих гідрогелів свідчать про те, що вони не є суцільно зшитими структурами, а складаються із макромолекулярних конгломератів, які можуть порівняно вільно переміщуватись один відносно одного при прикладеному навантаженні.

Проведення процесу структурування декстранметакрилату в присутності суспензії дріжджів дало можливість отримати гідрогель із іммобілізованими в його об'ємі клітинами.

Присутність дріжджів у системі інгібує структурування декстранметакрилату. Так, розчин декстранметакрилату без додавання суспензії досягав точки гелеутворення менше ніж за 1 годину, в той же час після додавання суспензії дріжджів розчин декстранметакрилату цієї ж концентрації в присутності такої ж кількості ініціатора сформував гідрогель лише через 1,5 години. Незважаючи на збереження зимазної активності іммобілізованих дріжджів, її величина є значно меншою ніж у вихідних пресованих дріжджів. Таке зниження зимазної активності може бути пояснене не лише відмиранням клітин в процесі структурування декстранметакрилату, а й появою нового дифузійного бар'єру – об'єму гідрогеля, який необхідно подолати глюкозі та мінеральним солям перед тим як бути включеними в процес метаболізму клітини дріжджів. Понизити цей бар'єр можна шляхом зменшення ступеня зшивки гідрогеля.

Список використаної літератури

1. Polymer of Biological and Biomedical Significance //ACS Symposium Series 540, American Chemical Society, Washington, DC. 1994.
2. Schacht E. Modification of Dextran and Application in Prodrug Design // Ind. Polysaccharides // Genet. Eng. Struct. – 1987. – p. 389-400.
3. Chai Q., Jiao Y., Yu X. Hydrogels for biomedical applications: their characteristics and the mechanisms behind them // Gels. – 2017. – 3(6). – p. 1-15.
4. Пат. 53390А України, МПК С 08 L 005/02. Водорозчинний ненасичений дериват декстрану та спосіб його отримання / Воронов С.А., Дончак В.А., Панченко Ю.В., Юр'єв Р.С. / Національний університет "Львівська політехніка"; Заявл. 14.05.2002; Опубл. 15.01.2003. - Бюл.№1.
5. R.J.H. Stenekes, W.E. Hennink. Polymerization kinetics of dextran-bound methacrylate in an aqueous two phase system // Polymer. – 2000. – 41, (15). – p. 5563-5569.

КІНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВУЛКАНІЗАЦІЇ ПОЛІДІЄНІВ

Панфілова О.А., Соколова Л.О., Овчаров В.І.

e-mail: olexandra.panfilova@gmail.com

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Вулканізація це технологічний процес, під час якого гумова суміш у результаті утворення вулканізаційної сітки перетворюється на гуму – носій цінних фізико-механічних і експлуатаційних властивостей [1, 2]. Найбільш поширений тип вулканізації – сірчана вулканізація, що є різновидом міжмакромолекулярних хімічних реакцій. Для отримання гум масового використання на основі дієнових каучуків використовують різні комбінації сірки з прискорювачами і активаторами. До цих інгредієнтів вулканізувальних груп згодом додалися уповільнювачі вулканізації та модифікатори [3].

З практичної точки зору бажано проводити вулканізацію за якомога коротший проміжок часу, щоб забезпечити високу продуктивність обладнання. В той же час для отримання вулканізата (гуми, гумового виробу) з найкращими властивостями необхідно забезпечити умови для формування в ньому оптимальної вулканізаційної структури. Тому вивчення кінетики вулканізації являється основою не лише при дослідженні механізму хімічних процесів вулканізації полідієнів, але й напрямком оптимізації промислових технологічних процесів. В даній роботі нами зосереджено увагу на аналізі сучасного стану поглядів на процеси сірчаної вулканізації еластомерних композицій з точки зору формальної кінетики.

Якщо розглядати залежність модуля гумової суміші від тривалості вулканізації (рис. 1), можливо встановити чотири стадії: індукційний період (початок вулканізації), формування вулканізувальної сітки (недовулканізація), оптимум (плато) вулканізації, перевулканізація (реверсія). В залежності від складу сірчаної вулканізувальної системи процес вулканізації полідієнів може здійснюватися з практично відсутнім індукційним періодом (рис. 1, крива 1), з тривалим індукційним періодом (рис. 1, крива 2), з постійним зростанням модуля (рис. 1, крива 3), з реверсією за межами плато вулканізації (рис. 1, крива 4). Дивлячись на те, наскільки швидко настає реверсія, говорять про вузьке або широке плато вулканізації. В роботі [4] німецький вчений Werner Hofmann ще в 1968 році стверджував, що реверсія зумовлена накладанням одна на одну реакцій двох типів: реакції утворення поперечних зв'язків або, в окремих випадках, циклізації і реакції деструкції під впливом температури (рис. 2).

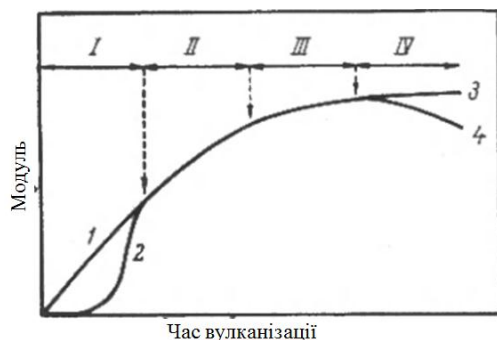


Рис. 1. Стадії вулканізації:
I – початок вулканізації; II – недовулканізація; III – оптимум; IV – перевулканізація;
1 – еластомерна композиція зі швидким початком вулканізації; 2 – еластомерна композиція з уповільненим початком вулканізації; 3 – еластомерна композиція з постійним зростанням модуля; 4 – еластомерна композиція з реверсією [4]

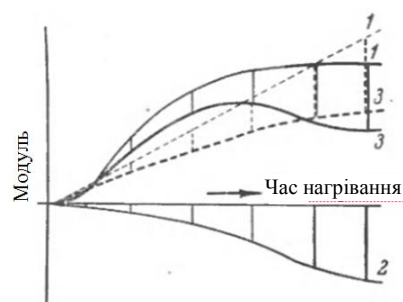


Рис. 2. Криві вулканізації при використанні прискорювачів різної активності. Реверсія і зростаюча характеристика за модулем.

==== еластомерна композиція з термічно лабільними прискорювачами;
----- еластомерна композиція з термічно стабільними прискорювачами;
1 – загальне число всіх утворених вузлів сітки; 2 – крива деструкції вузлів сітки; 3 – ефективне число вузлів сітки (криві вулканізації) [4]

Виходячи з вищезазначеного, складний процес вулканізації, в якому приймають участь не лише інгредієнти сірчаної вулканізуючої системи, а й макромолекули каучуків, залежить не лише від напрямку базових реакцій (прямий чи зворотній), але й від їх швидкості протікання [5]. Після індукційного періоду та до досягнення плато вулканізації (далеко від своєрідної рівноваги процесу) послідовні і паралельні хімічні реакції процесу утворення поперечних зшивок протікають через сукупність проміжних елементарних реакцій, які в даних умовах забезпечують найвищу швидкість [3].

Важливим з теоретичної і практичної точки зору та формальної кінетики процесу вулканізації еластомерів є визначення індукційного періоду, швидкості, константи швидкості, порядку та енергії активації за даними експериментальних досліджень методом вулканетрії [6, 7]. На підставі аналізу науково-технічної інформації, стандартизованих методик, досліджень авторів даної роботи здійснено порівняльну оцінку визначення перелічених вище характеристик з метою пошуку найбільш об'єктивних та простих за отриманням.

Список використаної літератури

1. Блох Г.А. Органические ускорители вулканизации и вулканизирующие системы для эластомеров. Ленинград, Химия, 1978. 240 с.
2. Махлис Ф.А., Федюкин Д.Л. Терминологический справочник по резине: справочник. Москва, Химия, 1989. 400 с.
3. Догадкин Б.А., Донцов А.А., Шершнев В.А. Химия эластомеров. Изд. 2-е, перераб и доп. Москва, Химия, 1981. 376 с.
4. Гофман В. Вулканизация и вулканизирующие агенты. Ленинград, Химия, 1968. 464 с.
5. Панченков Г.М., Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ. Изд. 2-е, перераб и доп. Москва, Химия, 1974. 592 с.
6. Реологические и вулканизационные свойства эластомерных композиций / Новаков И.А. и др.; под ред. И.А. Новакова. Москва, ИКЦ «Академкнига», 2006. 332 с.
7. Свойства резиновых смесей и резин: оценка, регулирование, стабилизация / В.И. Овчаров, М.В. Бурмистр, А.Г. Смирнов и др.; под ред. В.И. Овчарова. Москва, Изд. дом «САНТ-ТМ», 2001. 400 с.

ПОКРАЩЕННЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОЛИВ ДЛЯ ФОРСОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ДВИГУНІВ

Поліщук В.В.¹, Тертишна О.В.²

e-mail: pvv@berdyansk.biz

¹ТОВ «Українсько-Британське спільне підприємство AZMOL Брімінг Петрокемікалс», Україна, Бердянськ

²ДВНЗ Український державний хіміко-технологічний університет, Україна, Дніпро

Істотною вимогою для військової техніки є необхідність забезпечення пуску холодного двигуна при температурах до мінус 25°C без попереднього розігріву оливи та охолоджувальної рідини і до мінус 40°C з використанням спеціальних заходів та пристроїв для полегшення пуску двигуна з мінімальними витратами часу на підготовку [1].



Для полегшення та прискорення пуску двигуна рекомендується застосування малов'язких моторних та трансмісійних олив з високим значенням індексу в'язкості.

Протягом багатьох років у двигунах військово-гусеничних машин застосовувалася олива М-16ИХП-3 [2] та зимовий варіант М-8В₂С.

В останній час для змащування форсованих транспортних двигунів в якості основної моторної оливи рекомендовано АЗМОЛ Гарант М-4042ВТ. Високі експлуатаційні властивості цієї оливи підтверджено результатами тривалих стендових випробувань у двигунах та багаторічним досвідом експлуатації. АЗМОЛ Гарант М-4042ВТ має кращі низькотемпературні властивості, порівняно з оливою М-16ИХП-3, але вони значно відрізняються від вимог, що висуваються до зимової оливи М-8В₂С, табл.1.

Таблиця 1. Експлуатаційні показники дослідних зразків олив

Найменування показників	М-16ИХП-3	АЗМОЛ Гарант М-4042ВТ	М-8В ₂ С
В'язкість кінематична за 100°C, мм ² /с, не менш	15,5-16,5	15,3-16,3	8,0
Індекс в'язкості, не менш	90	95	115
Лужне число, мг КОН/г, не менш	4,0	6,0	4,2
Температура застигання, °C не вище	мінус 25	мінус 30	мінус 50
В'язкість кінематична за мінус 20°C, мм ² /с	—	41330*	—
мінус 40°C, мм ² /с	—	—	36740*

*Фактичне значення для партії олив

Оливу моторну північну М-8В₂С розроблено для покращення пускових властивостей двигуна та рекомендована для зимової експлуатації. Даний тип оливи не виробляється, у зв'язку з припиненням виробництва присадок. В якості базової оливи в ньому використовувалася суміш мінеральної АСВ-5 і синтетичної оливи МАС14Н.

У роботі досліджено варіанти використання базових сумішей оливи. Низькотемпературні властивості оцінювали в імітаторі холодного пуску (ССS) та міні-роторному віскозиметрі (MRV), які застосовуються для класифікації в'язкості моторних оливи за стандартом SAE J300 (табл. 2 та 3).

Таблиця 2. Склад зразків моторної оливи

Найменування компонента	Зразок №1, %	Зразок №2, %	Зразок №3, %
Пакет присадок	14	14	14
VII			0,5
VHVI-4	—	17	—
ПАО 8	62	40	43,5
ПАО 40	14	21	13
ДОС	10	8	10
BS	—	—	19

Таблиця 3. Порівняльна оцінка дослідних зразків з оливою М-8В₂С

Найменування показника	М-8В ₂ С	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3
В'язкість кінематична за 100°C, мм ² /с	8,15	10,65	10,27	16,5
Індекс в'язкості, не менш	133	142	143	154
Температура застигання, °C	мінус 50	мінус 55	мінус 52	мінус 42
ССS за мінус 25°C, мПа*с	3920	5360	6160	8360
MRV за мінус 30°C, мПа*с	7650	4250	11970	25490
Випаровування за Noack 1 год за 250°C, %	10,8	3,8	5,6	4,94
Стабільність за індукційним періодом осадоутворення, год	20 годин витрим.	50 годин витрим.	50 годин витрим.	50 годин витрим.
Змащувальні властивості на чотиришариковій машині:				
-індекс задиру, Н	353	419	501	622
-діаметр зносу 20кг 1 год, мм	0,3	0,3	0,32	0,32

Всі зразки оливи виготовлені з урахуванням рекомендацій виробників двигунів і мають більшу в'язкість при 100°C, ніж олива

М-8В₂С. При цьому зразок 1 на поліальфаолефіновій олії має найкращі низькотемпературні властивості, але за змащувальними характеристиками показав результати дещо нижчі, ніж оливи, де використовувалася в складі гідрокрекінгова або мінеральна олива. Всі зразки мають більш високу окисну стабільність, ніж олива М-8В₂С, що можна пояснити, як складом пакета присадок, так і вищим рівнем базових олив.

У всіх зразках для забезпечення розчинності присадок необхідне використання ефіру. За складом зразок 3 можна віднести до всесезонної оливи.

Список використаної літератури

1. Смоляков В.А., Кудров В.М., Михедейкин Н.В., Переяслов А.С., Ревенко Г.В., Климов В.Ф. Применение молекулярных емкостных накопителей энергии в составе ВГМ // Интегрированные технологии и энергосбережение 2'2006 стр. 107.

2. Суховерхов В.Д., Стахурский А.Д., Македонский О.А., Алёхин С.А., Клименко Н.В., Щербаненко Г.В., Моторное масло для форсированных транспортных двигателей // Двигатели внутреннего сгорания 2'2009 стр.83.

ОЦІНКА МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ТА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ

Попитайленко Д.В., Шевченко О.Б., Кузьминський В.В.

e-mail: darinapory@gmail.com, elshevchenko7@gmail.com

*ДВНЗ Український державний хіміко-технологічний університет,
Україна, Дніпро*

Скорочення запасів нафти, а також потреба вирішення сучасних екологічних проблем вимагає пошуку альтернативних джерел енергії. Це пов'язано не тільки з необхідністю зниження забруднення навколишнього середовища, але також важливістю переходу від викопного палива до відновлюваних ресурсів. В даний час інтенсивно використовується паливо, основу якого складають метилові ефіри жирних кислот (МЕЖК).

МЕЖК мають близьку до дизельного палива теплотворну здатність, в'язкість і щільність. В якості раціонально використовувати жиромістні відходи промислових підприємств, що частково дозволить вирішити проблему утилізації відходів і охорони навколишнього середовища.

Однією з основних переваг перед традиційним паливом є біорозкладність. Біорозкладність МЕЖК є перевагою в контексті біоремедіації, але є недоліком для якості палива при тривалому зберіганні. Сумішеві дизельні палива мають більшу швидкість та повноту розкладання, оскільки мікроорганізми використовують жирні кислоти як джерело енергії.

Паливо заражається при транспортуванні та ручній очистці паливних резервуарів, тому спори можуть залишатися непомітними впродовж значного періоду часу, чекаючи на потрібні умови.

Проблема мікробіологічного ураження палива та матеріалів паливних систем, які експлуатуються в різноманітних кліматичних зонах є актуальною, оскільки життєдіяльність мікроорганізмів прискорює розкладання палива та інтенсифікує корозію матеріалів. На сьогоднішній день відомо 200 видів мікроорганізмів, в тому числі 30 сімейств, які можуть використовувати вуглеводні палива в якості джерела енергії.

Всі мікроорганізми можна розділити на три групи: активні деструктори (мікроорганізми, які активно ростуть в паливі), потенційні деструктори (штами з середньою активністю росту) та частково адаптовані до середовища чи випадкові мікроміцети (штами, які практично не ростуть в паливі, тобто не використовують вуглеводні в якості джерела енергії).

Метод визначення ступеня мікробіологічного ураження моторного палива вимагає виявлення активних культур мікроорганізмів та оптимальних умов дослідження, а також надійного способу виявлення мікроорганізмів. На даний час використовуються індикаторні та гравіметричні способи визначення мікробіологічного забруднення, але дані методи мають ряд недоліків [1].

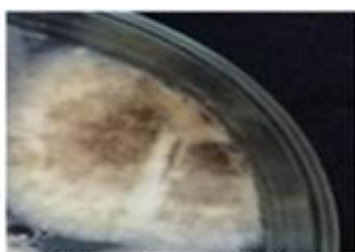
В даному дослідженні був використаний метод культивування на щільних середовищах. Підготовлене паливо сіялося в стерильних умовах в Чашки Петрі з щільним живильним середовищем та витримувалося в оптимальних умовах протягом терміну інкубації. Визначення бактеріологічного забруднення проводилося після терміну інкубації 48 годин, мікологічного – 7 днів.

В результаті дослідження було визначено, що зразки дизельного палива і МЕЖК з соняшникової олії мають середнє забруднення спорами грибів, а зразок МЕЖК з ріпакової олії - сильне забруднення, при цьому всі зразки палива мають сильне забруднення бактеріями.

Мікробіологічні ізоляти охарактеризовані морфологічно. Оцінка морфолого-культуральних характеристик мікроорганізмів проводилася на щільному середовищі (рис. 1, 2).



№1, *Rhizopus* sp



№2, *Aspergillus baeticus*



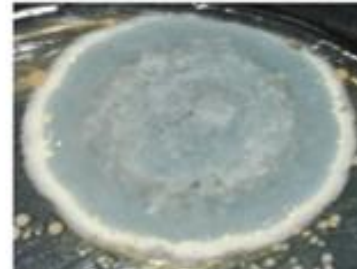
№3, *Aspergillus niger*



№4, *Aspergillus candidus*



№5, *Aspergillus baeticus*



№6, *Cladosporium*



№7, *Aspergillus niger*



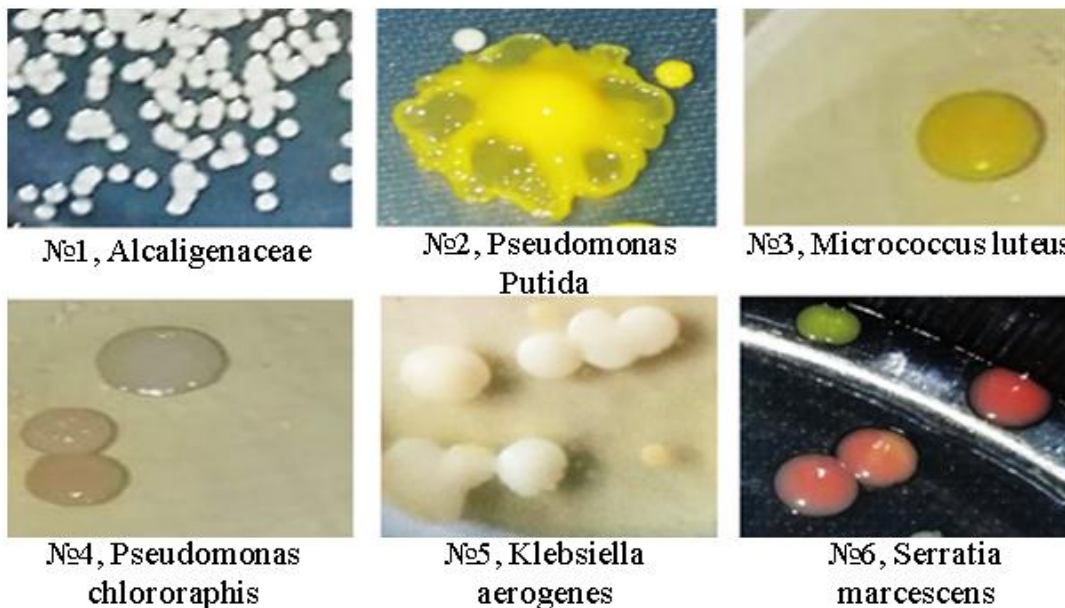
№8, *Penicillium commune*



№9, *Aspergillus candidus*

Зразки №№1-3 – види грибів, присутні в дизельному паливі, зразки №№4-5 – види грибів, присутні в МЕЖК з соняшникової олії, зразки №№6-9 – види грибів, присутні в МЕЖК з ріпакової олії

Рисунок 1 – Зовнішній вигляд грибкових ізолятів палива



Зразок №1 – бактерії, присутні в дизельному паливі, зразки №№2-4 – види бактерій, присутні в МЕЖК з соняшникової олії, зразки №№5-6 – види бактерій, присутні в МЕЖК з ріпакової олії

Рисунок 2 – Зовнішній вигляд бактеріальних ізолятів палива

З рисунків видно, що всі зразки заражені бактеріями роду *Pseudomonas*, що не роблять істотного впливу на експлуатаційні характеристики палива. У дизельному паливі присутній гриб *Cladosporium Resinae*, в МЕЖК з ріпакової олії - *Cladosporium Resinae* та *Aspergillus*. Обидва роди грибів здійснюють руйнівний вплив на паливо і конструкційні матеріали паливної системи, крім того, гриби роду *Aspergillus* є патогенними.

Біоцидні добавки є основним заходом для запобігання виникнення мікробіологічного забруднення. Основними недоліки існуючих добавок є висока вартість та складність у використанні, оскільки такі добавки при додаванні в паливо викликають появу осаду та впливають на експлуатаційні характеристики [2].

Однією з задач даного дослідження був підбір біоцидної добавки для захисту моторних палив від мікробіологічного забруднення, яка забезпечує високу ефективність пригнічення росту. Вивчення ефективності запропонованої біоцидної добавки до палива проводили методом культивування на щільних живильних середовищах. Для кожного виду палива були приготовлені суміші з різною концентрацією добавки: 1%, 3%, 5%, 7% та 10%. Протягом інкубації та після неї оцінювали ступінь ураження мікроорганізмами.

Ступінь мікробіологічного забруднення різних палив з додаванням різної кількості біоцидної добавки наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Обробка результатів випробування добавки

Композиція	Концентрація біоцидної добавки, %	Мікробіологічне ураження
МЕЖК з соняшникової олії	-	+
МЕЖК з ріпакової олії	-	+
Дизельне паливо	-	+
МЕЖК з соняшникової олії + біоцидна добавка	1	+
	3	+
	5	Частковий ріст
	7	-
	10	-
МЕЖК з ріпакової олії + біоцидна добавка	1	+
	3	+
	5	Частковий ріст
	7	-
	10	-
Дизельне паливо + біоцидна добавка	1	+
	3	+
	5	-
	7	-
	10	-

Як видно з таблиці 1 в більшості випадків добавка повністю придушувала зростання бактерій та спорів грибів при мінімальній концентрації 5 % мас.

Список використаної літератури

1. Shkilniuk, I. . Investigation of the microbiological stability of traditional and alternative aviation fuels / I. Shkilniuk // 1st International Symposium on Sustainable Aviation: abstract book of International Simposium (Istanbul, Turkey, 2015). – Istanbul (Turkey), 2015. - P.4.
2. Матвеева, Е. Л. Микробиологическое поражение авиационных топлив / Е.Л. Матвеева, О.А. Васильченко, Д.А. Демянко // Системи озброєння і військова техніка. – 2011. – № 2. – С. 152-156.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ НАПІВСИНТЕТИЧНИХ МОТОРНИХ ОЛИВ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ АВТОМОБІЛІВ РЕГУЛЯРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Прокоп Р.І., Романюк Т., Червінський Т.І.

e-mail: taras.i.chervinskyi@lpnu.ua

Національний університет «Львівська політехніка»

Україна, Львів

На сьогоднішній день, коли вітчизняний автомобільний ринок все більше наповнюється автомобілями закордонних виробників, окреме місце посідають автомобілі вітчизняного виробництва та країн ближнього зарубіжжя. Усі сучасні автомобілі закордонного виробництва вимагають використання виключно синтетичних змащувальних олиव, водночас старші за віком виробництва автомобілі, сільгосптехніка та автомобілі регулярних перевезень працюють на мінеральних або напівсинтетичних моторних оливах. У випадку використання синтетичних олив у двигунах вище зазначених автомобілів може призвести до руйнування ущільнюючих прокладок, сальників і в кінцевому випадку – до капітального ремонту двигуна.

Для забезпечення надійної роботи двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) моторні оливи повинні виконувати три важливі вимоги, зокрема: змащувати й охолоджувати навантажені вузли тертя та очищати їх від залишків зношення деталей. В процесі експлуатації моторної оливи у ДВЗ вона зазнає певних термічних й хімічних перетворень у її вуглеводневому складі, що призводить до змін експлуатаційних властивостей: контактує із гарячими деталями ДВЗ, киснем повітря, зазнає каталітичну дію металів, обводнюється, розбавляється залишками незгорілого палива, накопичує у своїй товщі пил, продукти зношення деталей та розкладу присадок тощо.

Для продовження терміну безремонтного використання ДВЗ, відпрацьовану оливу замінюють на нову. Найбільш пагубний вплив на зміну експлуатаційних властивостей оливи має дія високих температур у ДВЗ при її контакті з гарячими деталями циліндро-поршневої групи та кривошипно-шатунного механізму тощо. За таких умов зростає токсичність вихлопних газів, або ж має місце утворення нагарів та лакових відкладів, що призводить до місцевого перегріву деталей ДВЗ, появи некерованого самозаймання й детонаційного згорання палива. Водночас, втрати моторної оливи від згорання є найбільшими й неминучими. Саме тому, для визначення її термічної стійкості та значення втрати маси слід здійснити термо-дериwатографічні дослідження до та після її експлуатації в дизельному ДВЗ автомобіля комерційного класу.

У роботі вивчено термічну стабільність вихідної (свіжої) та відпрацьованої напівсинтетичної оливи марки Castrol 10W-40 для

дизельних ДВЗ автомобілів регулярних перевезень. Дослідження термічної стійкості зразків олив і груп вуглеводнів, які входять до їх складу, здійснювали на дериватографі Q-1500D системи “Паулік-Паулік-Ердей” з реєстрацією аналітичного сигналу втрати маси та теплових ефектів за допомогою комп’ютерної програми. Зразки аналізували в динамічному режимі зі швидкістю нагрівання 10°C/хв. в атмосфері повітря. Еталонною речовиною був алюмінію оксид.

На основі отриманих результатів проведених досліджень, поданих у табл. 1, встановлено, що термічна стійкість нової і відпрацьованої оливи Castrol 10W-40 відрізняються між собою.

Таблиця 1

Результати термічних досліджень зразків вихідної та відпрацьованої моторної оливи Castrol 10W-40

Зразок	Стадія	Температурний інтервал, К	Втрата маси, % мас.	Максимум екзотермічного ефекту, К
Зразок 1 Свіжа олива Castrol 10W-40	I	293-423	0,20	–
	II	423-683	90,10	607
	III	683-823	6,07	719
Зразок 2 Відпрацьована олива Castrol 10W-40	I	293-408	0,70	–
	II	408-639	85,13	594
	III	639-703	6,94	693
	IV	703-823	5,89	729

Як бачимо з табл. 1 свіжа олива характеризується вищою термічною стійкістю та меншою втратою маси. Її термоліз відбувається впродовж трьох стадій з найбільшою втратою маси за 423-683 К. Це можна пояснити наявністю у її складі протиокисних присадок, відсутності продуктів розкладу присадок та відсутністю залишків незгорівшого палива.

Водночас, термоліз відпрацьованої оливи Castrol 10W-40 відбувається впродовж чотирьох стадій, значення яких подано у табл. 1. Слід відзначити, що початок розкладу відпрацьованої оливи починається за таких самих умов, як у вихідній оливі, однак втрата маси починається за нижчої температури, ніж у вихідної. Такі результати пояснюються розкладом присадок, результатом перебігу процесів окиснення, термічного розкладу, поліконденсації, полімеризації тощо, що призвело до змін вуглеводневого складу та експлуатаційних властивостей.

Вивчення термічної стійкості відпрацьованих олив дозволяє правильно обрати технологію їх регенерації й подальшого залучення у повторне використання у різних галузях промисловості та народного господарства.

ФУНКЦІОНАЛЬНІ ДОБАВКИ З ПЛОДІВ АВОКАДО

Проніна М.С., Філінська Т.Г., Філінська А.О.

e-mail: f1l1nskaya@ukr.net

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, Дніпро

У світі виробляється близько 6 млн. т авокадо на рік і за прогнозами аналітиків до 2030 року збільшиться вдвічі. Плоди авокадо традиційно використовуються для кулінарних цілей та виробництва рослинної олії. Цей фрукт має високий вміст калію і вітамінів К, В6, В5, В9 і Е. Він також є джерелом мононенасичених жирів, що робить його ефективним продуктом для вегетаріанців або людей, що не мають доступу до м'ясних і молочних продуктів. Низький вміст цукру робить авокадо незамінним рекомендованим компонентом в раціоні діабетиків.

Підвищений попит на авокадо, зростання його виробництва і споживання призводять до появи великої кількості побічних продуктів, таких як насіння, шкірка і знежирена м'якоть. Вони становлять приблизно 30% маси плоду і зазвичай викидаються. Плоди авокадо і його побічні продукти є багатими джерелами поживних і фітохімічних речовин, які можуть використовуватися в харчовій, фармацевтичній, косметичній та інших галузях промисловості. Побічні продукти авокадо мають антипроліферативну та протизапальну дію, насіння авокадо покращує вуглеводний і ліпідний обмін. Крохмаль і харчові волокна з побічних продуктів авокадо можуть використовуватися в якості біоматеріалів. Високий вміст крохмалю робить плоди авокадо потенційною сировиною для виробництва біопластика [1].

Як їстівну частину, так і відходи (шкірка і насіння) можна використовувати для виробництва біогазу в процесі твердофазної ферментації. З використанням олії насіння авокадо можна одержувати біодизельне паливо. Багато досліджень підкреслюють, що насіння авокадо є сировиною для виробництва пігментів. Найбільший відсоток пігментів вилучається разом з олією, проте, значна їх кількість залишається в м'якоті і шкірці авокадо. Побічні продукти авокадо мають високий вміст поліфенолів, що мають антиоксидантну і протимікробну дію та можуть бути ефективними добавками при консервуванні харчових продуктів для збільшення терміну зберігання та запобігання ферментативного потемніння [2]. Навіть висушений розпиленням порошок відпрацьованої води, що утворюється у великих кількостях при промисловому виробництві олії авокадо холодного віджиму, проявив властивості інгібітора окислення ліпідів в свинячих ковбасах [3].

Досліджено вологоутримуючу здатність побічних продуктів авокадо: шкірки, насіння та насінневої оболонки. Досліджувані частини авокадо були висушені, подрібнені і розділені на фракції різного розміру.

Відповідно до результатів дослідження (табл.1) встановлено, що досліджувані зразки побічних продуктів перероблення авокадо можуть використовуватися в якості вологоутримуючих агентів (речовин з гігроскопічними властивостями, які здатні регулювати кількість води в продуктах).

Таблиця 1 – Вологоутримуюча здатність побічних продуктів авокадо

Досліджуваний зразок	Розмір частинок зразка, мм	Вологоутримуюча здатність, %
Шкірка	0,0-0,5	277
	0,5-1,0	342
	1,0-2,0	435
Насіння	0,0-0,5	212
	0,5-1,0	217
	1,0-2,0	182
Насіннєва оболонка	0,5-1,0	431

Ефективність вологоутримувачів збільшується із збільшенням їхньої гігроскопічності (здатності поглинати воду). Для порівняння вологоутримуюча здатність соєвого борошна 350 – 410%, екструдата кукурудзи ~ 256%.

Список використаної літератури

1. Salazar-López N. Avocado fruit and by-products as potential sources of bioactive compounds. *Food Research International*. 2020. Vol. 138, Part A.
2. Baidhe E., Kiggundu N., Banadda N. The Bioprocessing Quick Wins from Avocado Fruit in Uganda. *Advances in Bioscience and Biotechnology*. 2020. Vol.11, 15 p.
3. Permal R. Converting industrial organic waste from the cold-pressed avocado oil production line into a potential food preservative. *Food Chemistry*. 2020. Vol. 306.
4. Ластухін Ю.О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості. Навч. посібник. – Львів: Центр Європи, 2009. – 836 с.

СТВОРОЕННЯ БІОРОЗКЛАДАНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТИВ НА ОСНОВІ ПОЛІБУТИЛЕНАДІПАТЕРЕФТАЛАТУ

Пушкар'юв Д.В., Савченко Б.М., Сова Н.В.

e-mail: global23412@gmail.com

*Київський національний університет технологій та дизайну,
Україна, Київ*

Ідея створення біорозкладаних матеріалів знаходиться в центрі уваги вчених усього світу вже більше 30 років, однак найбільш інтенсивні дослідження в цій області почали проводитися в останнє десятиліття. Якщо раніше зусилля дослідників були спрямовані на створення матеріалів, стійких до впливу факторів навколишнього середовища, то сьогодні виник новий підхід до розробки полімерних матеріалів – отримати полімери, які зберігають експлуатаційні характеристики тільки протягом періоду споживання, а потім зазнають фізико-хімічні та біологічні перетворення під дією факторів навколишнього середовища і легко включаються в процеси метаболізму природних біосистем. Це один з перспективних напрямків вирішення глобальної екологічної проблеми, пов'язаної із забрудненням навколишнього середовища відходами полімерних матеріалів.

Біорозкладаний пластик повністю розкладається під дією мікроорганізмів в аеробних або анаеробних умовах на діоксид вуглецю, метан, воду, біомасу і неорганічні сполуки. Компостовані пластики є різновидом біодеградабельних пластиків і піддаються біорозкладу в аеробних умовах компостування і протягом відносно невеликого періоду часу – до 2х місяців [1].

Полібутиленадіпаттерефталат (ПБАТ) – термопластичний співполіефір – адіпінової кислоти, бутандіолу та терефталевої кислоти. Через свою невпорядковану структуру ПБАТ не здатен кристалізуватись, володіє широким діапазоном температур переробки, високою гнучкістю та низькою жорсткістю, в значній мірі за властивостями подібний до поліетилену низької густини. ПБАТ є повністю біорозкладаним пластиком в умовах компостування [2]. Висока вартість пластику зумовлює розвиток досліджень в напрямку створення полімерних композитів на його основі, що здатні конкурувати з існуючими аналогами як за властивостями, так і в технологічному та економічному аспектах.

Було проведені дослідження зі створення та випробування полімерних композитів на основі ПБАТ, наповнених крохмалем та карбонатом кальцію в кількості від 10 до 30% мас кожного. Визначали основні фізико-механічні властивості дослідних зразків – міцність та відносне видовження при розриві (ISO 527-2:2012) і густину (ISO 1183-1:2019). Результати досліджень представлені в таблиці 1.

Вихідний ПБАТ володіє високими значення відносного видовження, що не завжди є перевагою при виготовленні пакувальних матеріалів. Введення крохмалю в ПБАТ дозволяє отримувати композити, які здатні до біорозкладу та володіють задовільними фізико-механічними властивостями, зокрема спостерігається незначне зростання густини композиту.

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості полімерних композитів на основі ПБАТ

№ п/п	Склад композиту	Міцність, при розриві, МПа	Відносне видовження при розриві, %	Густина, кг/м ³
1	ПБАТ	32	750	1250
2	ПБАТ+10% мас. крохмалю	26	610	1280
3	ПБАТ+20% мас. крохмалю	24	450	1320
4	ПБАТ+30% мас. крохмалю	20	320	1360
5	ПБАТ+10% мас. карбонату кальцію	31	670	1310
6	ПБАТ+20% мас. карбонату кальцію	29	560	1355
7	ПБАТ+30% мас. карбонату кальцію	25	490	1390

Застосування як наповнювача карбонату кальцію забезпечує вищу міцність та відносне видовження при розриві композиту, проте дещо вищу густину, порівняно з крохмалем.

З економічної сторони, карбонат кальцію значно дешевше за крохмаль, що суттєво позначається на кінцевій собівартості створеного композиту. З технологічної точки зору, процес введення крохмалю в ПБАТ є більш складним, оскільки вимагає застосування пластифікаторів для попереднього змочування крохмалю. Крім того, переробка таких композитів повинна здійснюватися без застосування води. У випадку застосування карбонату кальцію, є можливість застосовувати технологію компаундування для створення високонаповнених концентратів карбонату кальцію на основі ПБАТ, що суттєво спрощує подальше введення наповнювача при створенні плівкових матеріалів різного призначення.

Список використаної літератури

1. ISO 20200:2004 Plastics – Determination of the degree of disintegration of plastic materials under simulated composting conditions in a laboratory-scale test.

2. Dafu Wei, Huining Xiao. Non-leaching antimicrobial biodegradable PBAT films through a facile and novel approach. Materials Science and Engineering. 2016. С 58:986-991. DOI:10.1016/j.msec.2015.09.023.

СТВОРЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ ГІБРИДНИХ СТРУМОПРОВІДНИХ ПОКРИТТІВ

Свістільнік Р.Ф., Савченко Б.М., Федорів Т.Р.

e-mail: global23412@gmail.com

*Київський національний університет технологій та дизайну,
Україна, Київ*

Полімерні матеріали за своєю природою є в основному діелектриками. Введення в полімер струмопровідних наповнювачів дозволяє створювати струмопровідні полімерні композити, які знаходять широке застосування в залежності від рівня своєї провідності та фізико-механічних властивостей. Струмопровідні наповнювачі можуть бути двох видів – металеві та вуглецеві. Серед вуглецевих наповнювачів найбільш відомі – це сажа та графіт. Сьогодні значної популярності набувають новітні вуглецеві наповнювачі – це нанотрубки та струмопровідні сажі – сажа, яка допована металами. Ці новітні наповнювачі відрізняються високою питомою поверхнею, що забезпечує отримання в результаті високого рівня провідності при не великих вмістах наповнювачів.

Як полімерну основу для створення експериментальних зразків покриттів використовували полівінілбутираль, який попередньо розчиняли в ізопропіловому спирті з отриманням 10% розчину. Для досліджень було використано традиційні струмопровідні вуглецеві наповнювачі – сажу марки N220 та графіт марки C0. Також новітні струмопровідні наповнювачі – струмопровідну сажу марки Black pearls 2000 та вуглецеві нанотрубки - Nanosyl NC7000. Додатково використовувався мінеральний наповнювач – карбонат кальцію марки Omia Smartfill.

Вимірювання поверхневого електричного опору здійснювали за допомогою стандартної комірки згідно з ASTM 257. Результати вимірювань наведено в таблиці 1.

В результаті аналізу отриманих експериментальних даних встановлено, що для композитів з різними видами наповнювачів значення питомого поверхневого електричного опору знаходиться в межах одного порядку при абсолютно різних концентраціях цих наповнювачів. Якщо звичайна сажа дозволяє досягти значення питомого опору в $50 \cdot 10^3$ при її вмісті 26%, то аналогічний рівень провідності у випадку електропровідної сажі вдалось досягти при її вмісті 8%, а у випадку вуглецевих нанотрубок – всього 2,2%. Таке суттєве зниження концентрації наповнювачів зумовлено їх високою питомою поверхнею.

Комбінування двох видів наповнювачів, один з яких струмопровідним, а інший - мінеральний наповнювач – карбонат кальцію привело до зниження питомого опору для досліджуваних систем на 15-30%.

Таблиця 1

Питомий поверхневий електричний опір дослідних зразків

№ п/п	Вид наповнювача	Вміст наповнювача, % мас	Питомий поверхневий електричний опір, $1 \cdot 10^3$ Ом*см
1	Сажа N220	26,0	50
2	Графіт С0	60,0	102
3	Нанотрубки Nanocyl NC7000	2,2	250
4	Сажа Black pearls 2000	8,0	290
5	Сажа T220 + карбонат кальцію	26,0+20	42
6	Графіт С0 + карбонат кальцію	60,0+20	80
7	Нанотрубки Nanocyl NC7000 + карбонат кальцію	2,2+20	180
8	Сажа Black pearls 2000 + карбонат кальцію	8,0+20	200

Така особливість зміни провідності полімерних гібридних композитів зумовлена підвищенням концентрації струмопровідного наповнювача за рахунок зменшення частки полімерного діелектричного компоненту в композиті за рахунок заміни його на мінеральний наповнювач. Крім того, частинки карбонату кальцію здатні концентрувати на своїй поверхні частинки струмопровідного наповнювача забезпечуючи тим самим кращий контакт між ними.

Отримані результати досліджень вказують на перспективність даного напрямку і створюють передумови для проведення нових експериментів в даному напрямку, що будуть спрямовані на вдосконалення складу полімерних гібридних композитів для отримання струмопровідних покриттів.

Список використаної літератури

1. Kuryptya Y., Savchenko B., Slieptsov A., Plavan V., Sova N. Design of electrically conducting polymer hybrid composites based on polyvinyl chloloride and polyethelene. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 3/6 (81). С. 26 – 31.

2. Сова Н. В., Слепцов О. О., Федорів Т. Р., Мартиненко А. О., Кудлай М. Р., Іскандаров Р. Ш. Вплив параметрів адитивного формування на електричні властивості графітонаповненого композиту на основі полілактиду. *Вісник КНУТД. Серія Технічні науки*. 2020. № 5. С. 93 – 102.

КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ТЕРМОСТІЙКИХ ПОЛІМЕРІВ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Ситар В.І., Кабат О.С., Пікула І.І., Кудрявцев А.В.

e-mail: V.Sytar@ua.fm, Amber_UDHTU@i.ua, I.Pikula54@gmail.com

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,

Дніпро, Україна

Розвиток сучасного машинобудування у значній мірі залежить від наявності матеріалів здатних до експлуатації в екстремальних умовах. Саме цим вимогам відповідають композитні матеріали на основі термостійких полімерів таких як кремнійорганічні полімери, фторопласти, фенолоформальдегідні смоли, поліаміди та інші. Серед них значну перспективу уявляють ароматичні поліаміди, які за основними показниками властивостей наближаються до металів, в той же час їм притаманні типові позитивні властивості пластмас, такі як низька густина, гарні триботехнічні, електроізоляційні та антикорозійні властивості. Однак вони мають деякі недоліки, які обмежують їх широке застосування у промисловості. Так висока в'язкість розплаву при переробці у вироби створює суттєві перешкоди для застосування прогресивних методів таких як лиття під тиском та екструзія. При застосуванні ароматичних полімерів у якості триботехнічних матеріалів встановлено, що вони мають високі значення зносостійкості та низький коефіцієнт тертя. Однак у режимі тертя без змащування коефіцієнт тертя достатньо високий, що приводить до суттєвого підвищення температури на поверхні тертя і як наслідок розігріву деталей вузлів машин і механізмів.

Враховуючи значну перспективу для запровадження у промисловість в якості конструкційного матеріалу ароматичних поліамідів нами проведені дослідження по розробці багатокомпонентних систем на їх основі. Визначено взаємний вплив компонентів у полімерній системі з метою направленою регулювання властивостей і отримання матеріалів, що відповідають вимогам машинобудування. Для покращення реологічних властивостей в склад полімерів вводили кремнійорганічні добавки такі як олігодиметилсилоксани, олігометилфенил силоксани тощо. Встановлено, що додання модифікаторів у склад полімеру сприяє зменшенню його в'язкості на порядок і значення її знаходяться на рівні таких полімерів як полістирол та полінівінілхлорид. Одночас введення кремнійорганічних сполук сприяє підвищенню таких показників як ударна в'язкість та зносостійкість.

Застосування ароматичних поліамідів, у якості антифрикційного матеріалу, висуває вимоги підвищення зносостійкості і зменшення коефіцієнту тертя. З цією метою проведені дослідження по виявленню

впливу твердих шаруватих матеріалів та триботехнічні властивості полімеру. В якості останніх вибрано порошкоподібний графіт, бетоніт, модифікований силікагель та інші.

Встановлено, що введення у склад полімеру шаруватих наповнювачів сприяє підвищенню триботехнічних властивостей, як при терті зі змащенням так і у сухому режимі. Це відкриває можливості для переводу вузлів тертя машин і агрегатів на роботу без змащування, що дозволить дати економію дефіцитних змащувальних матеріалів.

Однак введення твердих дрібнодисперсних наповнювачів у склад композицій сприяє деякому пониженню механічних властивостей. Для усунення цієї проблеми проведені дослідження по розробці трьохкомпонентних систем складу “полімер-модифікатор-дрібнодисперсний наповнювач”. Встановлено механізм впливу компонентів у полімерній композиції і виявлено оптимальне співвідношення її компонентів у залежності від умов експлуатування.

Гарний комплекс властивостей матеріалів на основі ароматичних поліамідів послугував підставою для розробки функціональних багатоцільових покриттів на його основі. Ці полімери відрізняються недостатньою адгезією до металевої поверхні. З метою покращення адгезійних і триботехнічних властивостей у склад полімеру вводили мідьвмісні комплексні сполуки. Встановлено, що введення у склад розчину полімеру до 1% цих сполук покращує адгезію та стійкість до зношування триботехнічних покриттів. Таки покриття можуть бути застосовані як у вузлах тертя, так і у якості антикорозійного захисту і електроізоляційних матеріалів в умовах експлуатації при підвищених температурах.

Сучасне машинобудування відчуває гостру потребу у термостійких теплоізолюючих матеріалах. Це ракетно-космічна галузь машинобудування, військово-промисловий комплекс, металургія та інші. Виходячи з цих уявлень проведені дослідження по розробці газонаповнених полімерів на основі ароматичних поліамідів. У якості пороутворювачів обрано матеріали, що розкладаються з виділенням газоподібних продуктів при температурах переробки їх у виробі. У якості останніх хлористий амоній, полівініловий спирт та карбонат магнію. Встановлено, що найбільш ефективнішим пороутворювачем, який суттєво зменшує теплопровідність і теплоємність полімеру є карбонат магнію.

Таким чином на основі ароматичних поліамідів розроблені багатокомпонентні композиційні матеріали і покриття, які мають перспективу для застосування у машинобудуванні у якості триботехнічних тепло – і електрозахисних та антикорозійних матеріалів.

ОЦІНЮВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНЬОГО ПРОДУКТУ ПРОЦЕСУ ВІНТЕРИЗАЦІЇ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ В ЕЛАСТОМЕРАХ

Скрипкіна М.Д., Соколова Л.О., Овчаров В.І.

e-mail: mary.scripkina31@gmail.com

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Україна як промислово-аграрна країна останні роки має статус світового лідера з експорту соняшникової олії. Проте проблемою стає екологічна ситуація зі шкідливими відходами її виробництва, зокрема, відпрацьованим гідрофобізованим фільтрувальним мінеральним порошком – адсорбентом після стадії вінтеризації соняшникової олії. Тому актуальним є пошук технічних рішень процесів отримання цільових матеріалів із супутніх продуктів виробництва соняшникової олії, наприклад, як складників (інгредієнтів) еластомерних композицій, оскільки перспективним є розширення асортименту вітчизняних нетоксичних біоінгредієнтів на основі рослинної сировини.

Раніше [1, 2] нами було визначено характеристики та вплив на властивості еластомерних композицій на основі карболанцюгових дієнових каучуків загального призначення мінераловмісного супутнього продукту після вінтеризації соняшникової олії та фільтрування у двох формах: 1) після відмивання органічними розчинниками; 2) після відмивання органічними розчинниками та додаткового прокалювання при 800⁰С. Показано, що очищена (відмита) форма продукту після вінтеризації і фільтрації є мінеральним наповнювачем напівпосилуючої дії, яка надає гумовим сумішам покращені технологічні властивості. При введенні термообробленого продукту як наповнювача забезпечуються збалансовані кінетичні параметри процесу сірчаної вулканізації гумових сумішей та високий рівень зшивання гум.

Дана праця має на меті охарактеризувати в якості функціонального інгредієнта гумових сумішей шинного типу органічного складника відпрацьованого гідрофобізованого фільтрувального порошку на основі перліту виробництва соняшникової олії на ПрАТ «Олейна» (м. Дніпро). Органічний складник супутнього продукту виробництва соняшникової олії (в подальшому – продукт ОССО) мав наступні характеристики: температура тужавлення – нижче 45⁰С; температура краплення – 35⁰С; показник заломлення при 20⁰С – 1,475; середня молекулярна маса (кріоскопічний метод визначення) – 1325,68 а.о.м. За даними ІЧ-спектроскопії нами встановлено, що продукт ОССО містить у своєму складі вуглеводневі радикали та функціональні карбоксилівмісні групи. В роботі оцінювалась ефективність біоінгредієнта продукту ОССО в якості пластифікатора-пом'якшувача гумових сумішей для виготовлення бігової

частини протектора шин, стабілізатора гуми для виготовлення боковини шин, адгезійно активної добавки гумових сумішей для виготовлення брекера шин. В залежності від його досліджуваної функції в еластомерній композиції продукт OCCO використовувався в дозуванні рівному традиційним інгредієнтам відповідного спрямування.

Оцінювання технологічних характеристик гумових сумішей і гум в оптимумі вулканізації здійснено у відповідності до діючих міжнародних стандартів та актуальних методик [3]. Зокрема, визначення реологічних, вулканізаційних, динамічних і релаксаційних властивостей еластомерних композицій за міжнародними стандартами DIN 53 529, ASTM D 6204, ASTM D 6601, ISO 13145 виконано з застосуванням безроторного реометра MDR 3000 Professional виробництва німецької компанії Mon Tech з використанням програмного забезпечення Mon Control.

Дослідження технологічних властивостей наповненої гумової суміші на основі каучуків загального призначення для виготовлення протектора шин за наявності продукту OCCO в якості пластифікатора-пом'якшувача в температурному діапазоні від 70 до 165⁰С показали, що дослідний біоінгредієнт при дозуванні 11,0 мас.ч. на 100,0 мас.ч. каучукової основи має менш позитивний вплив на їх технологічні характеристики, ніж серійне нафтохімічне мастило марки Nytex 4700 при рівномасовому дозуванні. Але позитивною дією дослідного продукту є підвищення когезійної міцності гумової суміші в 1,5 рази в порівнянні з промисловим мастилом (рис. 1).

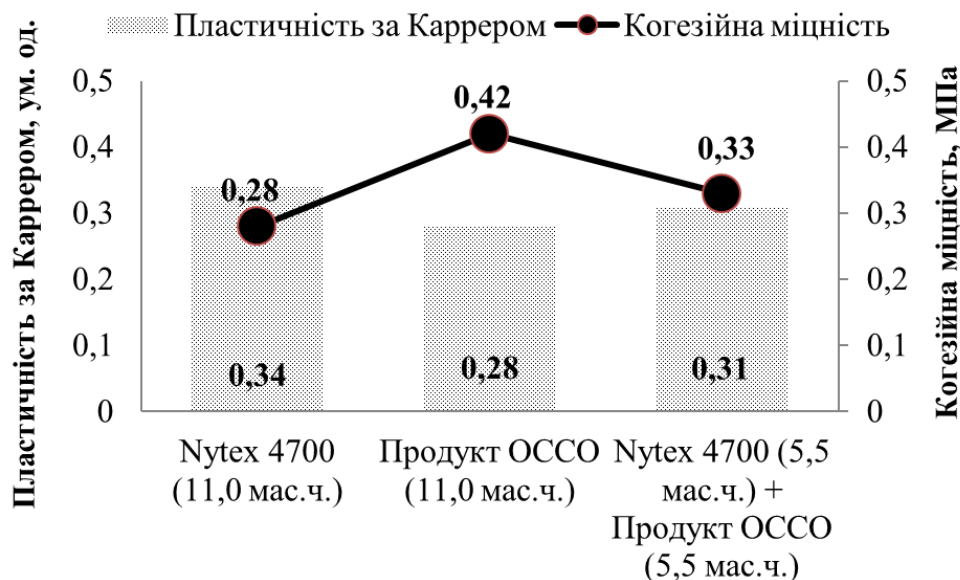


Рис. 1. Вплив типу та вмісту досліджуваних сполук на показники пластичність за Каррером та когезійну міцність гумової суміші

Методом вулканетрії на реометрі MDR 3000 при 155⁰С і 165⁰С (рис. 2) еластомерних композицій протекторного типу з дослідним

біоінгредієнтом встановлено відмінності процесу їх сірчаної вулканізації відносно гумової суміші з промисловим пом'якшувачем, пов'язані з ініціюванням продуктом ОССО сірчаної вулканізації на початковій стадії утворення вулканізаційних зв'язків, забезпеченням вищого на 10% ступеню поперечного зшивання, підвищенням в 1,1-1,3 рази стійкості до реверсії.

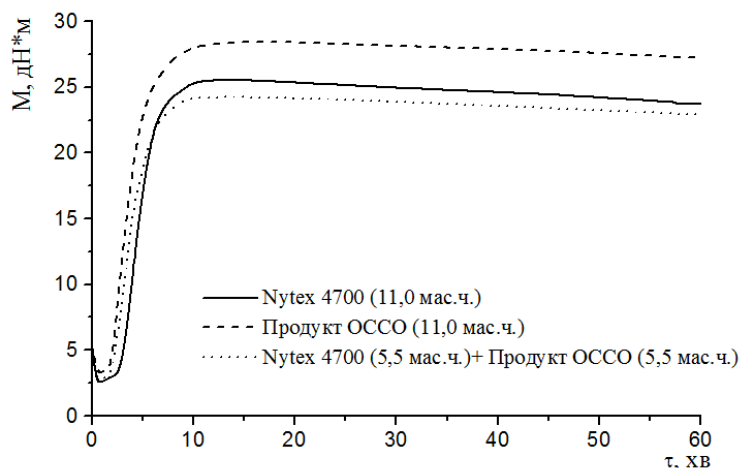


Рис. 2. Кінетичні криві сірчаної вулканізації ($T=165^{\circ}\text{C}$) еластомерних композицій на основі комбінації бутадієнового і бутадієн- α -метилстирольного каучуків за наявності різних типів та вмісту досліджуваних сполук

Визначення динамічних і релаксаційних властивостей еластомерних композицій протекторного типу на плато вулканізації відносно дії промислового пом'якшувача Nytex 4700 показано, що за наявності 11,0 мас.ч. продукту ОССО вулканізати характеризувалися більш високим (до 30%) рівнем показників модуля пружності при зсуві, модуля втрат, тангенсом кута динамічних та механічних втрат, на третину вищим показником ефекту Пейна, кращою (на 40%) стійкістю до релаксаційних процесів.

Використання біоінгредієнта ОССО у якості пом'якшувача еластомерних композицій для виготовлення протектора шин індивідуально та спільно з традиційним мастилом-пом'якшувачем, в цілому, забезпечує фізико-механічні властивості гум за різних режимів та умов випробувань на рівні гуми з нафтохімічним мастилом Nytex 4700 та у відповідності до показників нормативно-технічної документації.

Оскільки дослідний продукт ОССО має в своєму складі воскову фракцію, нами було досліджено його вплив на властивості еластомерної композиції для виготовлення боковини сільськогосподарської шини. Саме гума цього призначення традиційно включає антиозонант фізичної дії – захисний віск у дозуванні 2,0 мас.ч. на 100,0 мас.ч. каучукової основи із комбінації каучуків загального призначення. Показано, що за впливом на

технологічні властивості еластомерної композиції продукт ОССО не поступається промисловому нафтохімічному інгредієнту віск ЗВС, але має певний ініціювальний вплив на кінетику та глибину вулканізації та призводить до підвищення значення параметра Пейна і рівня показника тангенс кута динамічних втрат гум. За фізико-механічними і динамічними властивостями гума при вмісті продукту ОССО 2,0 мас.ч. за нормальних умов випробувань, при 100⁰С, після теплового старіння загалом не поступається гумі з рівномасовим вмістом промислового інгредієнта віск ЗВС. Встановлено, що дослідний продукт ОССО за своєю дією не може бути віднесений до класу антиозонантів.

Додаткове введення 2,0 та 4,0 мас.ч. продукту ОССО до складу брекерної гумової суміші на основі синтетичного ізопренового каучуку для обгумовування металокорду, крім позитивного впливу на мінімальний момент крутіння за даними реометрії (відповідно, покращення технологічності композицій при температурах їх переробки у виробі), не викликає змін вулканізаційних характеристик еластомерної композиції та фізико-механічних властивостей вулканікатів, але суттєво підвищує міцність зв'язку гуми з металокордом за різних умов випробувань (рис. 3).

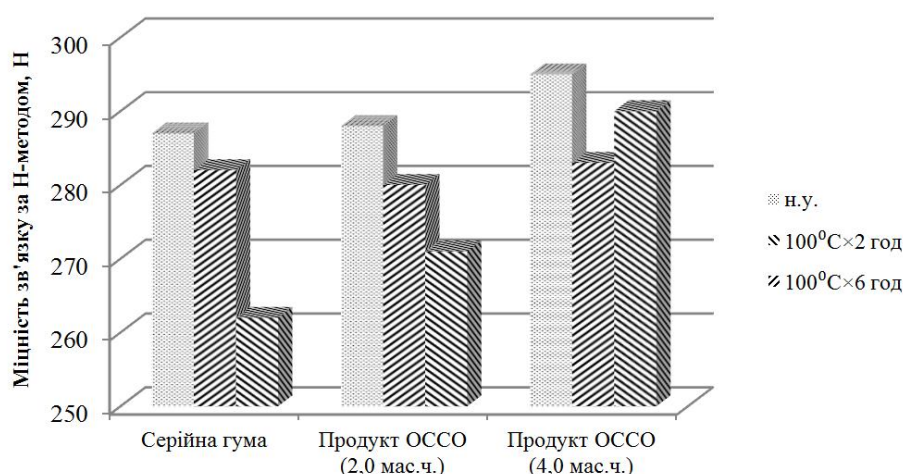


Рис. 3. Вплив додатково введенного біоінгредієнта на міцність зв'язку брекерної гуми на основі СКІ-3 з металокордом марки 3 Л 30 за різних умов випробувань

Отже, дослідженнями технологічних, вулканізаційних, динамічних, фізико-механічних, адгезійних властивостей еластомерних композицій шинного типу за наявності біоінгредієнта – органічного складника супутнього продукту після вінтеризації соняшникової олії, встановлено перспективність використання досліджуваного продукту ОССО (вірогідно, і його похідних) у якості технологічної активної добавки багатоцільової дії.

Автори виказують подяку працівникам ТОВ «РОСАВА ТАЙЕРС» м. Біла Церква за допомогу в проведенні експериментальних досліджень.

Список використаної літератури

1. Оцінка можливості використання вторинної мінеральної сировини виробництва соняшникової олії у складах еластомерних композицій / В.І. Овчаров та ін. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2019, 2, pp. 99-105.
2. Застосування продуктів очищення і відпалювання використаного адсорбенту очищення соняшникової олії як наповнювача еластомерних композицій / В.І. Овчаров та ін. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2020, 5, pp. 53-62.
3. Свойства резиновых смесей и резин: оценка, регулирование, стабилизация / В.И. Овчаров, М.В. Бурмистр, А.Г. Смирнов и др. Москва: Изд. дом «САНТ-ТМ», 2001. 400 с.

БІОДЕГРАДАБЕЛЬНИЙ ПОЛІМЕР НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛОВОГО СПИРТУ ТА КРОХМАЛЮ

Стельмашук В.М., Кабат О.С., Ситар В.І.

vladstelmaschuk2003@gmail.com , amber_UDHTU@i.ua , v.sytar@ua.fm

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, Дніпро

Проблема захисту навколишнього середовища на сьогодні набуває глобального характеру, зокрема, серйозне занепокоєння викликає швидке й практично некероване зростання споживання синтетичних полімерів у багатьох галузях виробництва, що призводить до різкого збільшення відходів. Як наслідок, питання підвищення якості, надійності та довговічності одержуваних з них виробів, їх утилізації після закінчення терміну експлуатації мають істотне значення. Одним із найприйнятніших способів вирішення таких питань є використання біодеградабельних матеріалів. Отож створення та дослідження нових біодеградабельних полімерних матеріалів - важлива й актуальна задача.

Одним із методів створення біодеградабельних полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) є суміщення неорганічних та органічних полімерів. Неорганічний полімер виконує роль матриці, вироби з якої мають високий рівень експлуатаційних властивостей, а органічний є чинником, який пришвидшує їх деструкції та покращує асиміляцію у навколишнє середовище.

В якості полімеру було вибрано полівініловий спирт (ПВС), який добре розчиняється у водному середовищі та має схильність до руйнування під дією мікроорганізмів. Здатність ПВС розкладатися під дією мікроорганізмів різко збільшується при введенні у полімерну матрицю полісахаридів. Тому в якості органічного полімеру нами було обрано полісахарид крохмаль, який здатен покращити фізико-механічні та теплофізичні властивості ПВС.

Суміщення водяного розчину ПВС із крохмалем відбувалося в апараті з механічною швидкохідною мішалкою лопатевого типу. Якість суміщення оцінювали візуально. Отримання плівок із розробленого матеріалу відбувалося наливним способом на скляній поверхні з подальшою обробкою при температурі 60°C у термошафі. Зразки для досліджень мали форму прямокутника з розмірами 10×50 мм. Біодеструкція зразків відбувалася у відкритому ґрунті. Дослідження властивостей зразків після експозиції у ґрунті відбувалося за допомогою візуального (на оптичному мікроскопі МБР-1Е) та фізико-механічного методу (визначення міцності при розтягуванні на розривній машині F-1000). Обробка кукурудзяних зерен розробленим матеріалом відбувалася

крапельним шляхом. Їх пророщування та зріст відбувався у кімнатній теплиці ТКР-1 при температурі 25-27°C та відносній вологості 80-90% .

Для подальших досліджень було вибрано два напрямки використання розробленого ПКМ: в якості матеріалу для пакувальної тари; в якості матеріалу для обробки зерен сільськогосподарських культур.

Матеріал для пакувальної тари

Сучасний матеріал для пакувальної тари повинен задовольняти наступним вимогам: бути дешевим, міцним та легко підлягати деструкції під дією мікроорганізмів. Розроблений матеріал на основі ПВС та крохмалю складається з дешевих та недефіцитних компонентів, вироби з якого отримують по простій технології. По міцністним властивостям він знаходиться на рівні сучасних матеріалів з яких виготовляють пакувальну тару (поліетилен, поліпропілен та інш). Схильність розробленого матеріалу до біодеструкції визначали за результатами міцністних досліджень.

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що із збільшенням терміну експозиції міцність при розтягуванні зразків з розробленого ПКМ зменшується. Це є наслідком протікання деструктивних процесів полімерних плівок під дією мікроорганізмів. Про їх наявність і кількість свідчать дані оптичних досліджень поверхонь зразків після деструкції у ґрунті протягом визначеного терміну експозиції.

Матеріал для обробки зерен сільськогосподарських культур

Розроблений матеріал розкладається під дією мікроорганізмів на з'єднання, які здатні виконувати функцію добрив при вирощуванні сільськогосподарської продукції. Для реалізації цього ефекту зерна кукурудзи обробляли водяним розчином ПКМ на основі ПВС та крохмалю. Дослідження впливу розробленого біодеградабельного полімеру на швидкості проростання та інтенсивності зростання кукурудзи. Відповідно до проведених досліджень встановлено, що зерна оброблені розробленим ПКМ швидше проросли та побіги з них більш інтенсивно розвивалися ніж не оброблені.

Розробили біодеградабельний ПКМ на основі ПВС і крохмалю та дослідили два напрямки його використання в якості матеріалу для пакувальної тари та для обробки зерен сільськогосподарських культур. Встановили, що розроблений матеріал по міцністним властивостям не поступається матеріалам з яких виготовляють пакувальну тару (поліетилен, поліпропілен та інш). Встановили, що зерна кукурудзи, оброблені розробленим біодеградабельним ПКМ швидше проростають та дають більш сильні побіги, ніж не оброблені.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСТРАКЦІЙНОГО ВИЛУЧЕННЯ РОСЛИННИХ ОЛІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОЛЯРНИХ РОЗЧИННИКІВ

Чижович Р.А., Іващук О.С., Семенишин Є.М., Кузьмінчук Т.А.

e-mail: roman.chyzhovych.mnxt.2020@lpnu.ua

Національний університет «Львівська політехніка»

Україна, Львів

Серед ключових експортних об'єктів України важливу роль займає олійна сировина через різноманітне використання в різних галузях промисловості. Останні кілька десятиріч років активно розвиваються технології використання рослинних олій не тільки в харчовій, фармакологічній, лакофарбовій та інших галузях, а й для виготовлення альтернативного екологічного палива [1, 2]. Передові позиції обсягів використання рослинних олій займають соєва, пальмова та ріпакова [3, 4, 5].

Промисловий видобуток олій з рослинної сировини реалізується шляхом пресування та екстрагування. Метод екстракції широко застосовується у світовій промисловості через високу ефективність вилучення олій не тільки із сировини з високим вмістом цільового компоненту, а й тих, де концентрація останнього не перевищує 5% [6, 7].

Зважаючи на те, що вилучення олії з рослинної сировини екстрагуванням включає як внутрішньо-молекулярне перенесення компонентів до поверхні фазового контакту, так і зовнішню дифузію від поверхні фазового контакту в основну масу розчинника, було досліджено вплив ступеня подрібнення на ефективність вилучення, як способу руйнування бар'єрів на шляху переміщення цільового компонента в зерні. Отримані дані свідчать про прямий вплив подрібнення на інтенсифікацію вилучення цільового компонента [8, 9, 10].

Важливо контролювати якість та склад екстрагованої олії. Основними показниками, що визначають властивості та якість олії є число омилення, йодне, кислотне та естерне числа. Також для контролю якості олійної сировини використовують методи рефрактометрії та різні типи спектроскопічного аналізу [11].

Дослідження екстракційного вилучення рослинних олій з використанням полярних розчинників, яке здійснювали у апараті Сокслета. Для експериментальних досліджень як сировину було використано насіння ріпаку та сої, вирощені на місцевих фермерських господарствах (Львівська область, Україна).

Як розчинники у процесі екстракції використовувались полярні розчинники: дихлорометан, етиловий, ізопропіловий та н-пропіловий спирти. Дихлорометан було обрано з огляду на те, що це найефективніший відомий полярний розчинник для екстракції ряду олій – ріпаку, амаранту та інших [12]. Етанол було обрано з огляду на його відносну екологічну

безпеку та невисоку ціну. Ізопропіловий та н-пропіловий спирти було обрано для паралельного порівняння дії спиртів на процес екстракції рослинних олій та їх відносну доступність для широкого використання.

Вихідна рослинна сировина була попередньо подрібнена та розподілена розсіюванням за допомогою ситового розподілу на фракції із різними розмірами частинок 0,2 мм, 0,5 мм, 1,0 мм та усереднену суміш подрібнених фракцій. Розділені фракції перед здійсненням процесу екстракції були висушені до вологості 2-5%.

Початкове співвідношення твердої речовини до розчинника становило $\approx 1:10$, так як для експерименту використовували 32 г подрібненої рослинної сировини та 320 мл екстрагенту відповідно [13,14]. Тривалість вилучення становила 8 год.

Відбір проби здійснювали кожні 2 години. Після закінчення експерименту розчинник було відігнано, здійснено концентрування екстракту. Залишки розчинника випарювали в сушильній шафі. За кінцевою масою було розраховано вихід продукту.

На ряду із визначенням ефективності вилучення за значеннями кінцевого виходу олії, не менш важливим є визначення якісних характеристик цільового компоненту, які дають підстави стверджувати, що екстрагована олія може успішно використовуватись не тільки для виготовлення біодизелю, а і в харчовій та інших галузях хімічної промисловості.

Серед важливих контрольованих параметрів згідно чинних ДСТУ, в ході експериментальних досліджень були визначені хімічні константи (кислотне число, йодне число, естерне число, число омилення тощо) згідно методик [15-17], а також оптичні та спектральні властивості методами рефрактометрії та UV-Vis-спектроскопії та ІЧ-спектроскопії, останні зокрема для підтвердження наявності основних функціональних груп та виявлення відхилень.

Визначення показника заломлення олії проводили за методикою [18]. Показник заломлення вимірювали на рефрактометрі типу Аббе, модель УРЛ МОДЕЛЬ-1 №74-1107, придатних для висірювання показник заломлення для олії, який знаходиться в межах 1,471-1,475 [19,20].

Дані ультрафіолетової спектроскопії (UV-Vis) [21], одержані на спектрофотометрі, модель ULAB 108UV Spectrophotometer, що працює в області 190 – 1100 нм.

ІЧ-спектроскопічне дослідження проводили на спектрофотометрі SPECORD M80 (Carl Zeiss Jena) у тонких плівках, діапазон $4000-400\text{см}^{-1}$.

Результати експериментальних досліджень екстрагування олії з насіння ріпаку та сої наведені відповідно у табл. 1 та табл. 2, та свідчать про те, що для кожного обраного розчинника накопичення цільового продукту зростає в часі.

Таблиця 1

Результати екстракції ріпакової олії полярними розчинниками

Полярні розчинники	ХМ	ЕТ	ІІ	І
Час Т, хв	С, г/л	С, г/л	С, г/л	С, г/л
120	39,6	6,8	17,8	18,2
240	47,59	11,46	25,18	24,24
360	51,66	12,87	28,56	26,99
480	51,75	14,29	29,86	29,64
Вихід олії W, %	44,56	9,94	30,75	29,75

Таблиця 2

Результати екстракції соєвої олії полярними розчинниками

Полярні розчинники	ХМ	ЕТ	ІІ	І
Час Т, хв	С, г/л	С, г/л	С, г/л	С, г/л
120	19,6	5	16,2	11,2
240	23,66	9,58	19,73	12,35
360	24,48	10,64	20,42	14,16
480	26,325	12,02	20,19	13,81
Вихід олії W, %	21,78	8,22	19,22	14,81

Результати вказують, що основне вилучення олії відбувається протягом перших 360 хв експерименту. Далі концентрація цільового продукту вже не змінюється так інтенсивно у реакційній суміші.

Що стосується впливу природи розчинника, то як видно з результатів (табл. 1, 2) в обох випадках – і для ріпакової, і для соєвої олії – спостерігається схожа картина у ефективності досліджених полярних рідин. Збільшення швидкості накопичення цільового продукту зростає у ряду:

$$ET < I < II < HM$$

В ході проведених експериментальних досліджень за умов, описаних вище, було виявлено певну візуальну відмінність у зразках ріпакової та соєвої олій, одержаних із фракцій різного початкового діаметру. З огляду на це, проводились аналітичні, оптичні та спектральні дослідження експериментальних зразків з метою встановити вплив способу одержання на якісні характеристики одержаної рослинної олії. Також для визначення

якісних характеристик екстрагованих олій проводилось визначення хімічних констант одержаного продукту – кислотного числа (КЧ), йодного числа (ЙЧ), ефірного числа (ЕЧ) згідно методик [22-24].

Порівняльний аналіз хімічних констант соєвої, а також ріпакової олій показав вплив подрібнення насіння сировини на якість отриманої продукції.

У зв'язку з тим, що зразки олії, отримані екстракцією різних фракцій, мали відмінності у своєму кольорі, оптичні властивості отриманих рослинних олій додатково вивчали за допомогою таких методів: рефрактометрія (визначення показника заломлення) та ультрафіолетова спектроскопія (отримання спектрів пропускання).

Таблиця 3

Результати рефрактометрії

Екстрагент - хлористий метилен	Показник заломлення			
	0,2 мм	0,5 мм	1 мм	суміш
Ріпак	1,4689	1,4720	1,4726	1,4719
Соя	1,4765	1,4753	1,4787	1,4761

Отримані показники заломлення (табл.3) близькі до еталонних даних [25, 26], хоча відмінності в отриманих результатах рефрактометрії вказують на оптичні відмінності отриманих олій.

Отримані спектри олій показали наявність основних характерних компонентам рослинних олій – тригліцеридів. Аналіз отриманих результатів ультрафіолетової спектрометрії досліджуваних зразків олій показав деякі відмінності у видимій області спектра (380-750 нм), що підтверджується рефрактометричним аналізом (табл. 3). Однак зауважимо, що в ультрафіолетовій області (220-380 нм) зміни майже відсутні [27].

Одержані ІЧ-спектри ріпакової та соєвої олій показали присутність алкільних залишків тригліцеридів, про що свідчать піки зі значенням хвильового числа близьким до 2900 см^{-1} . Проте також спостерігається незначні відмінності поглинання для груп C=O (1700 см^{-1}) та C-O (1200 см^{-1}) [28]. Це може означати, що в досліджуваних зразках міститься різна кількість сполук з вказаними функціональними групами.

Отримані спектри свідчать про те, що екстрагування призводить до вилучення з вихідної сировини в основному лише тригліцеридів та продуктів їх розкладу. Білок екстрагується лише у незначних кількостях.

В результаті досліджень було встановлено найефективніший екстрагент, який характеризується низькою температурою кипіння, що важливо для порівняно невисоких енерговитрат на нагрівання – хлористий метилен.

Пояснення природи походження зміни якісного складу, очевидно, стосується механізму вилучення в системі «тверде тіло – рідина» та різного ступеня проникнення розчинника та його розчинності у вмісті сировини. Питання про те, наскільки суттєві відмінності у складі отриманих масел вимагають додаткових ретельних досліджень – доцільно провести дослідження додаткового очищення отриманих олій і порівняти якісні характеристики отриманих продуктів очищення для порівняння змін функціональних груп отриманих зразків олії при подальших етапах переробки.

Список використаної літератури

1. Чучуй, В.П., Уминський, С.М., Інютін, С.В. (2015). Альтернативні джерела енергії: Навч.посібн. для студ.вищ.учб.закл.Одеськ. держ. аграрн. ун-т., 495.
2. Антонов, В.М. (2018). Альтернативна енергетика в Україні: комп'ютерні акме-еколого-економічні енергетичні комплекси. Монографія. Київ: Agrar Media Group, 260.
3. Роженко, В., Марченко, В., Балабуха, С., Роженко, І. Технології виробництва біодизеля. Веб-ресурс: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/885-tekhnolohii-vyrobnytstva-biodyzelia.html>. Дата публікації: 20 жовтня 2011 р.
4. Юрчук, Н.П. (2011). Перспективи виробництва та переробки на біопаливо ріпаку в Україні. Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Економічні науки №1 (48), 59-64.
5. Ковальчук, С.Я. (2010). Розвиток мотиваційних механізмів виробництва біологічних видів палива. Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету, 42(1), 125-130.
6. Harish, N., Anil Kumar, K., D. Srinivas & Sivala Kumar. (2017). Review on Oil Extraction Techniques. International Journal of Agricultural Science and Research (IJASR), 567-576
7. Semenyshyn, Ye., Atamanyuk, A., Rymar, T. et al. (2020). Mass transfer in the solid-liquid system: mechanism and kinetics of the extraction. Chemistry and Chemical Technology, 14 (1), 121-128.
8. Семенишин, Е.М., Троцкий, В.И., Боднар, П.Н. (1993). Экстракционное извлечение целевых компонентов из растительного и минерального сырья. Журн. приклад. хим., 10(66), 2311–2314.
9. Семенишин, Є.М., Троцький, В.І., Федорчук-Мороз, В.І. (2003). Кінетика екстрагування олії з насіння щириці загнutoї. Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 488, 200–205.
10. Щокін, А.Р., Колесник, Ю.В., Кудря, С.О. (2001). “Технологія виробництва біодизельного палива”. Пр. міжн. конф. “Енергетична безпека

Європи. Енергозбереження та високоефективність”. Українські енциклопедичні знання, 221–225.

11. Семенишин, Є.М., Іващук, О.С., Римар, Т.І. (2018). Дослідження кінетики екстрагування олії з рослинної сировини обмеженими розчинниками, Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 177-183.

12. Семенишин, Є.М., Стадник, Р.В., Троцький, В.І., Федорчук-Мороз, В.І. (2011). Вплив дисперсності насіння амаранту на механізм екстрагування олії. Наук. Пр. Одес. Нац. акад. харчових технологій, 39(2), 159-163.

13. Myriam Lorena Melgarejo Navarro Cerutti, Antonio Augusto Ulson de Souza, Selene Maria de Arruda Guelli Ulson de Souza. (2012). Food and bioproducts processing 90, 199–204.

14. Троценко, З.Г. (2009). Соя – джерело покриття білкового дефіциту № 1. Вісник Полтавської державної аграрної академії, 125-126. УДК 633.34

15. Zhao, M., Xu, M., Monono, E., Rao, J. and Chen, B., 2020. Unlocking the potential of minimally processed corn germ oil and high oleic soybean oil to prepare oleogels for bakery application. Food & Function, 11(12), 10329-10340.

16. Кос, А. (2011). Soybeans Processing for Biodiesel Production. Soybean: Applications and Technology, 19-30.

17. Edser, C. (2019). Focus on Surfactants. Global low foam surfactants market 2019-2024: opportunities in the growth of bio-based surfactants & growing niche applications (9), 4.

18. Resources, M. and Soybeans, U., 2021. Uses of Soybeans - North Carolina Soybeans. [online] North Carolina Soybeans. Available at: <<https://ncsoy.org/media-resources/uses-of-soybeans/>> [Accessed 28 April 2021].

19. Kafarov, V.V. (1982). Osnovy massoperedachy. M.: Vysshaya shkola, 655

20. Kolianovska, L.M, Bandura, V.M, Zhehaliuk, O.V. (2012). Zastosuvannya teorii podobnosti v modeluvanni protsesu ekstrahuvannya pid vplyvom mikrokhvyloвого polia. Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu, 274-275

21. Semenishyn, Ye.M., Trotskyi, V.I., Yatchyshyn, Yu.Y., Kovalska, Yu.V. (2008). Kinetyka ekstrahuvannya olii z nasinnia ripaku pid chas kypinnia rozchynnyka. Naukovyi zhurnal «Khimiia, tekhnolohiia rechovyh ta yikh zastosuvannya». Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika". 215-218.

22. Ананьева, А.Р. (1986). Государственная фармакопея СССР, 11 издание, выпуск 1, Медицина, Москва, 191.

23. Сорокин, М.Ф., Лялюшко, К.А. (1985). Практикум по синтетическим полимера для лаков. Высшая школа, 180.
24. Кичигин, В.П. (1976). Технология и технохимический контроль производства растительных масел. Пищевая промышленность, 323.
25. Rowe, R.C., Shesky, P.J., Owen, S.C. (2006). Handbook of Pharmaceutical, London–Chicago, 683.
26. Franca, A.S., Nollet, L.M.L. (2018). Spectroscopic Methods in Food Analysis. CRC Press, 664.
27. Ivashchuk, O., Hlukhaniuk, A., Semenyshyn, Ye., Chyzhovych, R., Kuzminchuk, T. & Khomyak, S. (2021). Influence of extraction conditions on qualitative composition of vegetable oils. Chemistry & Chemical Technology, 15(2), 233-238.
28. А.Р. Глуханюк, О.С. Іващук, С.В. Хом'як, Р.А. Чижович, Т.А. Кузьмінчук, Є.М. Семенишин. Визначення якісних характеристик соєвої та ріпакової олії методом інфрачервоної спектроскопії // «Хімія, технологія речовин та їх застосування» Vol. 4, № 1, 2021. – Львів, Україна. – С. 138-144.

ВИРОБНИЦТВО БІОДИЗЕЛЮ ШЛЯХОМ ПЕРЕЕСТЕРИФІКАЦІЇ БІОМАСИ ВОДРОСТЕЙ РОДУ *ZOSTERA* ТА *CHLORELLA*

Шипілова А.Ю.

e-mail: shipilova091198@gmail.com

Національний авіаційний університет

Україна, Київ

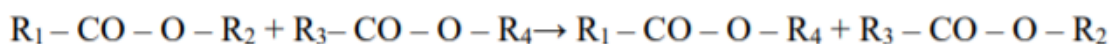
Відповідно до концепції Державної цільової економічної програми з енергоефективності та розвитку відновлюваних джерел енергії на 2022-2026 роки пошук та впровадження технологій переробки водоростевої біомаси є перспективним та економічно вигідним напрямком [1]. Як альтернатива рідкому органічному паливу можуть розглядатися ефіри жирних кислот (ЕЖК), одержувані з рослинної сировини. Перспективною сировиною для виробництва ЕЖК є мікроводорості із підвищеним вмістом ліпідів. Створення таких виробництв гальмується складністю та недостатньою вивченістю механізмів та кінетики процесів концентрування суспензії мікроводоростей внаслідок малого розміру клітин, екстракції та етерифікації ліпідів мікроводоростей, низьким виходом ліпідів (4-5 % масових) при традиційному проведенні стадії екстракції через наявність міцної клітинної стінки.

Внаслідок цього вивчення властивостей і режимів технологічного процесу отримання ЕЖК з мікроводоростей, дослідження механізмів та кінетики дезінтеграції клітинних стінок, екстракції та етерифікації ліпідів, а також інтенсифікація та вдосконалення апаратурного оформлення стадій виробництва ЕЖК з мікроводоростей на основі використання сучасних машин та апаратів є актуальними не лише в технологічному напрямку, а й в економічному, що дасть змогу частково чи повністю перейти на біопаливо.

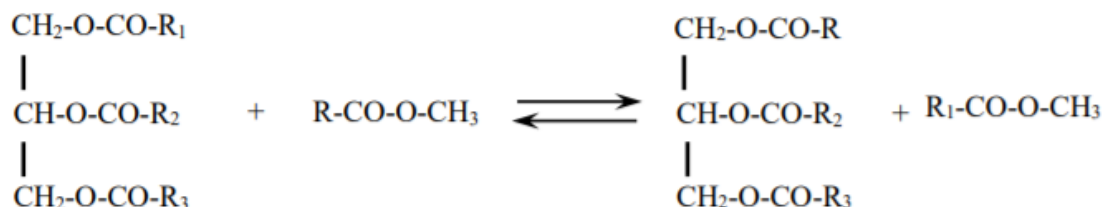
Використання біомаси водоростей привернуло увагу багатьох вчених – Brown L.M., Velasquez-Orta, S. B, Fuhs H., Guo, Y., Темнов М. С., Мещерякова Ю. В. [2-8], у роботах яких розглядаються проблеми виділення ліпідів з водоростей, способи збільшення виходу олії, специфічні умови проведення переестерифікації. У якості сировини частіше за все використовують біомасу мікроводоростей родів *Chlorella sp*, *Spirulina Platensis*, *Dunaliella*, *Scenedesmus*.

Метою дослідної роботи було отримати біодизель з біомаси водоростей родів *Zostera* та *Chlorella* шляхом попередньої екстракції та подальшої переестерифікації отриманих ліпідів.

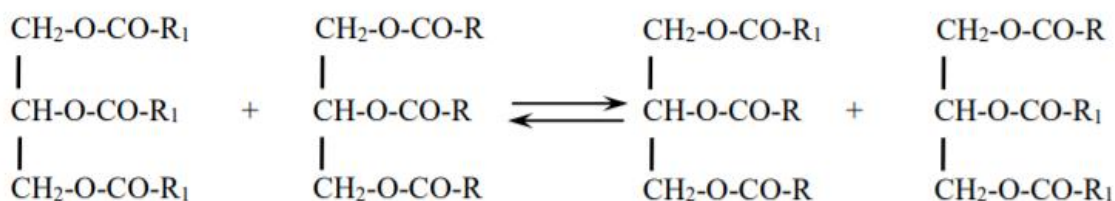
Відомо, що переестерифікація – це реакція обміну ацильними групами при взаємодії двох різних естерів, причому розрізняють два види переестерифікації – між- та внутрішньо молекулярну. Загальна схема процесу переестерифікації естерів, що відрізняються складом своїх жирних кислот виражено формулою:



Переестерифікація такого типу можлива між молекулами складних естерів багатоатомного спирту (гліцерину) та молекулами одноатомного спирту (напр. метанолу) за схемою:



Між молекулами тригліцеридів різного складу вона відбувається наступним чином:



Без каталізатору переестерифікація протікає з достатньою швидкістю лише за температури 250°C та вище. Зазвичай вона супроводжується більшим чи меншим термічним розкладом естерів. Каталізатори ж прискорюють переестерифікацію та дозволяють провести її за нижчої температури, знижуючи чи навіть запобігаючи розпаду. В якості каталізаторів зазвичай використовують сірчану кислоту, сульфокислоти, луги, алкоголяти, деякі метали, такі як цинк, олово, їх мила. Найбільш сильну дію мають алкоголяти лужних металів, що застосовуються у кількості 0,1–0,25% від маси попередньо висушених естерів. У присутності алкоголятів лужних металів, особливо при проведенні переестерифікації у розчинниках, у низці випадків вона може здійснюватися з великою швидкістю та за температури близько 0°C.

В загальному вигляді технологія виробництва біодизелю виглядає наступним чином. До олії додають спирт (метанол, або етанол) у присутності каталізатора (KOH або NaOH) та нагрівають при змішуванні до температури 70–90°C протягом 1–2 годин. На виході отримують гліцерин та біодизель, які відстоюють та розділяють. Далі біодизель підлягає очищенню. Схематично процес виробництва біодизелю подано на рис. 1.

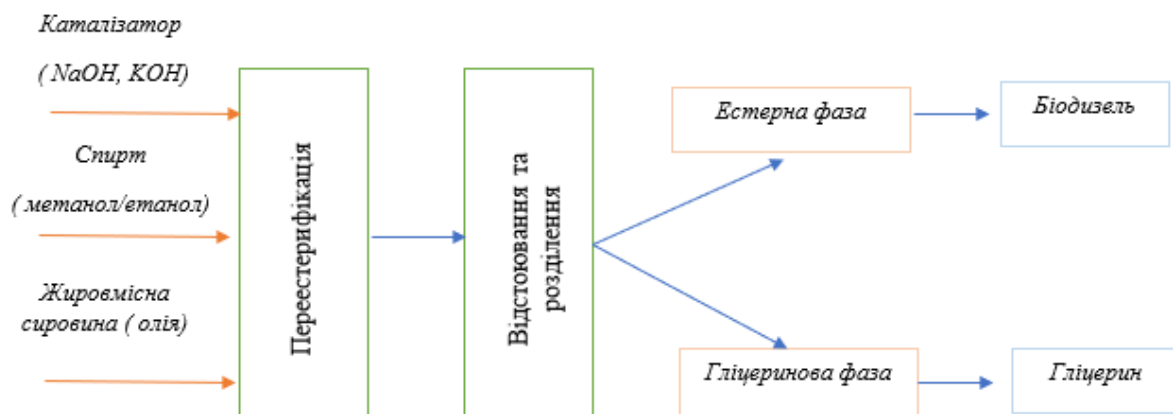


Рис. 1. Технологічна схема отримання біодизелю

Основними етапами виробництва є: підготовка вихідної сировини, підготовка реагенту та каталізатора, власне переестерифікація, відстоювання, очистка естерового шару та подальша переробка гліцерину.

Сировиною для виробництва виступає біомаса водоростей, яку було зібрано, очищено та підготовлено до процесу екстракції. Зовнішній вигляд установки для екстракції та олійсту рідини виділену з біомаси наведено на рис 2.



Рис. 2. Виділення ліпідної складової з водоростей: а) установка для проведення екстракції; б) зовнішній вигляд олійстої рідини виділеної з водоростей

Виділення ліпідної складової з водоростей проводили в апараті Сокслета за допомогою петролейного ефіру (40-65⁰С) протягом 40-60 хвилин при співвідношенні сировина : петролейний ефір – 1:9.

Було встановлено, що при контакті сухої біомаси водоростей роду *Zostera* з петролейним ефіром в апараті Сокслета вихід отриманого продукту становив 0,85%. При попередньому замочуванні біомаси в воді температурою 14⁰С вихід продукту збільшився на 17,65%, що свідчить про певну залежність між ступенем розкриття пор та продуктивністю екстракції. Під час екстрагування олійстої рідини з водоростей роду *Chlorella* вихід становив 39,5% при використанні сухої порошкоподібної сировини.

За досвідом вчених-попередників [4-8] було вирішено використовувати в якості реагенту для переестерифікації метиловий спирт та гідроксид калію в якості лужного каталізатору. Процес екстракції тривав годину від початку кипіння метилового спирту. Після закінчення процесу реакційну суміш залишають охолонути після чого переносять у ділільну воронку для відстоювання та розшарування шару метилових естерів та гліцерину як побічного продукту реакції.

Вихід метилових ефірів жирних кислот з біомаси водоростей роду *Zostera* та *Chlorella* становить відповідно 7,05 та 82,6 %. Це дає можливість стверджувати, що використання цих водоростей в якості сировини для отримання біопалива є рентабельним та одночасно трудомістким, так як потребує застосування багатьох етапів виробництва. Дана технологічна схема може бути скорочена шляхом вилучення стадії екстракції ліпідів, що дозволить скоротити енерговитрати на виробництво та можливо підвищити вихід готового продукту.

Підводячи підсумок щодо викладеного варто також наголосити, що біомаса водоростей роду *Zostera* нині використовується в Україні як сировина для виробництва утеплюючих матеріалів і утворюється безпосередньо природним шляхом без додаткових методів вирощування. Аналізуючи отримані результати дослідження можна розглядати використання біомаси водорості роду *Zostera* як альтернативної сировини для виробництва біопалива в Україні.

Список використаної літератури

1. Державна цільова економічна програма з енергоефективності та розвитку відновлюваних джерел енергії на 2022-2026 роки[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/news/pidvishchennya-energoefektivnosti-nacionalnoyi-ekonomiki-koncepciya-novoyi-cilovoyi-programi-na-2022-2026-roki>

2. Shypilova A.Y., Matvyeyeva O.L. The Prospect Of Using Algae Of The *Zostera Marina* L. Type To Produce 3rd Generation Biofuels/

A.Y. Shypilova, O.L. Matvyeyeva // Polit. Challenges of science today. Environmental safety, engineering and technologies: Abstracts of XX International conference of higher education students and young scientists, Kyiv, 2020, National Aviation University/ Editorial board: Isaienko V. [and others]. – K.: NAU, 2020. – 73-74 p.

3. Shypilova Anastasia, Matnyeyeva Olena / Microalgae fuel: opportunities and recommendations for production in Ukraine / Anastasia Shypilova, Olena Matvyeyeva // Abstracts of Eighth World Congress “AVIATION IN THE XXI-st CENTURY” – “Safety in Aviation and Space Technologies”, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, September 22-24, 2020. (International Symposium on Electric Aviation and Autonomous Systems).

4. Brown L.M. Biodiesel from aquatic species, Project Report: FY 1993/ L.M. Brown, S. Sprague, E.E. Jarvis, T.G. Dunahay, P.G. Roessler, K.G. Zeiler// National Renewable Energy Laboratory. – Colorado. – 1994

5. Velasquez-Orta, S. B., J. G. M. Lee, and A. Harvey. 2012. Alkaline in situ transesterification of *Chlorella vulgaris*. Fuel 94: 544-550.

6. Guo, Y., T.Yeh, W.Song, D.Xu, and S. Wang.2015. A review of bio-oil production from hydrothermal liquefaction of algae. Renewable and Sustainable Energy Reviews 48:776-790.

7. Темнов М. С. Кинетика и аппаратурно-технологическое оформление процессов получения эфиров жирных кислот: дис. канд. техн. наук : 05.17.08 / Темнов Михаил Сергеевич – Москва, 2017. – 223 с.

8. Мещерякова Ю. В. Разработка технологического процесса получения биодобавок из липидных компонентов микроводоросли хлорелла для улучшения свойств дизельного топлива: дис. канд. техн. наук : 05.20.01 / Мещерякова Юлия Владимировна – Мичуринск, 2016. – 174 с.

ШЛЯХИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА АЛКІДНИХ ЕМАЛЕЙ

Шищенко О. С., Голуб Л. С.

e-mail: Olga99zorya@gmail.com

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Лакофарбові матеріали широко застосовуються для покриттів. Вони захищають метали від корозії, дерево від гниття та інших цілей. Лакофарбові матеріали використовують для фарбування приміщень, будівель і споруд, виготовлення друкарських фарб, а також для художньої живопису. Ефективність лакофарбових покриттів в значній мірі визначається якістю застосовуваних лакофарбових матеріалів. Лакофарбова промисловість використовує різноманітні вихідні речовини і технологічні процеси для створення лакофарбових матеріалів з заданим комплексом експлуатаційних властивостей [1,2].

Сучасна лакофарбова промисловість використовує широкий асортимент мінеральних наповнювачів, які дозволяють досягти бажаних властивостей лакофарбових покриттів і контролювати рівень собівартості продукції.

Швидкий розвиток лакофарбової промисловості передбачає все більш широке використання нових видів сировини і зокрема багато чисельних і всіляких синтетичних плівкоутворюючих речовин[3].

Алкідна емаль – це продукт синтезу алкідних лаків і органічних розчинників з додаванням спеціальних наповнювачів. Але поряд з цим до складу включені і інші добавки – це пігменти, а також антисептичні матеріали, функція яких – протистояння розвитку грибкових спор, цвілі. У складі деяких фарб можна зустріти й антикорозійні добавки - ці склади використовують для фарбування металевих поверхонь.

Емалі алкідного типу добре підійдуть і для зовнішніх робіт на відкритому повітрі – фарба легко витримує різкі температурні перепади. Вона не втрачає своїх якостей при температурі від -50° до + 60°С. Матеріал добре витримує і інші атмосферні впливи – снігопади, дощі, іній.

Основними перевагами алкідних фарб є:

- доступна ціна, завдяки чому такі суміші дуже популярні на вітчизняному будівельному ринку. Особливо низька ціна на товар допомагає заощадити чимало фінансів при фарбуванні великих площ.
 - простота роботи з фарбою. Тут не знадобиться інструкція, щоб провести роботи самостійно. Суміш слід розводити за допомогою певних
 - розчинників, однак спеціальні пристосування не знадобляться.
- Досить просто використовувати валик і кисть.

- великий вибір колірних відтінків, за рахунок чого Ви знайдете колір собі по душі. Особливою перевагою є яскравість і насиченість кольорів, за рахунок чого пофарбована поверхня буде міцною і красивою.

- швидке висихання, так як первісна полімеризація відбувається всього за годину, а набір максимальних характеристик відбувається за дві-три доби. Після цього поверхня готова до застосування і буде відрізнятися стійкістю до несприятливих факторів навколишнього середовища [4,5].

Нами було розроблено новий склад алкідної емалі, в якому замість лаку ПФ-060 запропоновано використовувати лак Renokyd ®

Для досягнення необхідних фізико-механічних показників емалі запропоновано замінити реологічну добавку Bentone на новітню, модифіковану та високоактивну реологічну добавку GDGEL- 282. Для покращення часу висихання емалі сикатив Октахім 1.2.4 замінено на модифікований октоатний безсвинцевий сикатив «Octa Soligen 69», який має у своєму складі суміш металів на основі марганцю та барію.

Найбільш енергозатратною стадією при виробництві алкідних емалей є стадія диспергування, для досягнення необхідного ступеня перетиру нами змінено існуючий режим диспергування на новий, який складається з сорока хвилин диспергування на дисольвері, а вже потім двадцять хвилин на горизонтальному бісерному млині.

Таким чином, алкідна емаль, з розробленою рецептурою, має фізико-механічні показники на рівні з контрольною при зменшенні витрат на виробництво.

Список використаної літератури

1. Войтович, В. А. Краски для дома [Текст] / В. А. Войтович. – М.: Химия, 1986. – 141 с.
2. Санжаровский, А. Т. Физико-механические свойства полимерных и лакокрасочных покрытий [Текст] / А. Т. Санжаровский. – М.: Химия, 1978. – 184 с.
3. Карякина, М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий [Текст] / М. И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
4. Сморчек, В. А. Сиккативы для лакокрасочных материалов [Текст] / В. А. Сморчек // Лакокрасочные материалы. – 2010. – № 2. – С. 36 – 40.
5. Сапгира, И. Н. Лакокрасочные материалы. Сырье и полупродукты [Текст]: справочное пособие / И. Н. Сапгира. – М.: ГХИ, 1961. – 506 с.

НАПОВНЕНІ КОМПОЗИЦІЙНІ ПЛІВКИ НА ОСНОВІ ТРИАЦЕТАТУ ЦЕЛЮЛОЗИ

Федорчук Н.П., Шапка В.Х.

e-mail: sapkavasiliy2@gmail.com

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, Дніпро

Фізико-хімічна (композиційна) модифікація здійснюється введенням в полімери або співполімери спеціальних добавок наповнювачів, пластифікаторів молекулярного і структурного типу, поверхнево-активних речовин, суміщених з олігомерними і полімерними продуктами. Наповнювачі – органічні та неорганічні речовини, вводяться в термо- і реактопласти для спрямованої зміни їх технологічних і експлуатаційних властивостей, а також з метою зниження вартості виробів на їх основі. Від хімічної природи і хімічної активності поверхні, будови і форми наповнювача залежать механічні, електричні та хімічні властивості, водо- і теплостійкість полімерів [1]. Загальні вимоги до наповнювачів: добре поєднання з полімером та диспергування в ньому з утворенням однорідних композицій, хороша змочуваність розплавом або розчином полімеру, стабільність властивостей при зберіганні [1].

В роботі вивчено вплив на фізико-механічні властивості триацетатцелюлозних (ТАЦ) плівок діоксиду титану, графіту, сажі, пудри алюмінію. Добавки додавались до розчину ТАЦ під час його приготування в кількості 1 ÷ 80% масових від маси ТАЦ. Отримана композиція поливалась на фотопластинки, висушувалась до утворення плівок. Плівки відокремлювались від скла і піддавались дослідженням за відомими методиками на електропровідність на тераометрі Е6-13А, на відносну твердість на маятниковому приладі 2124 ТМЛ, визначались межа міцності при розтязі та відносне подовження на розривній машині FP-10, а також теплопровідність на приладі ИТ-λ – 400. ТАЦ плівки після додавання зазначених вище речовин ставали непрозорими і змінювали колір. В присутності діоксиду титану вони ставали білими, сажі і графіту – чорними, пудри алюмінію – сріблястими. Електричний опір плівок при додаванні 7-15% мас. від маси ТАЦ зменшувався у 150 – 200 разів і далі зменшувався дуже повільно до 80% мас. від маси ТАЦ для всіх добавок.

Аналіз фізико – механічних властивостей : границі міцності при ротягу та відносної твердості триацетатцелюлозних плівок в присутності зазначених вище добавок свідчить про те, що структура полімера суттєво змінюється, руйнуються зв'язки між макромолекулами та їх фрагментами. Границя міцності при розтязі плівок зменшується спочатку швидко до 20% мас. від маси ТАЦ для вмісту добавок в ТАЦ композиції, а потім – повільно до 60 – 70% мас. від маси ТАЦ і далі майже не змінюється. Інтервал зміни цієї величини складає від 30 – до 5 МПа.

Відносна твердість теж зменшується на протязі всього інтервала концентрацій добавок, але рівномірно від 0,7 до 0,2. Плівка стає більш еластичною. Відносне подовження при розриві плівки збільшується на 3% для сажи (25% мас. від маси ТАЦ), на 2% для діоксиду титана (20% мас. від маси ТАЦ). Подальше збільшення вмісту добавок в ТАЦ композиції зменшує відносне подовження плівок, вони стають більш крихкими, ламаються при перегинанні [2].

Теплопровідність плівок в присутності добавок зменшується в 4 – 5 рази. Це обумовлено розгалуженням молекулярної структури плівки [3].

Пояснити зміни фізико-механічних і теплофізичних властивостей ТАЦ плівок можна з точки зору сучасних уявлень про формування надмолекулярних структур таких композицій. Введення у ТАЦ – композицію добавок приводить до дискретного розподілу між структурними утвореннями у системі, зниженню рівня взаємозв'язку між ними і підвищенню взаємної рухливості [4].

Отримані ТАЦ-плівки можна використовувати у різних напрямках у сучасному просторі вивчення ТАЦ-композицій вже багато, що описано і досліджено, але при введенні і змінненні складу композиції можна урізноманітнити широке коло їх використання.

Список використаної літератури

1. Кулезнев, В.Н. Физика и химия полимеров [Текст] / В.Н.Кулезнев, В.А.Шершнев – М.: Высшая школа, 1988. – 313 с.
2. Манушин, В.И. Целлюлоза, сложные эфиры целлюлозы и пластические массы на их основе [Текст] / В.И.Манушин, К.С.Никольский. Изд. 2-е. – Владимир, 2002. – 107с.
3. Ершова О. В., Чупрова Л. В. Способы химической модификации целлюлозы с целью создания новых композиционных материалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 10-3. – С. 359–362
4. Модификация ацетатов целлюлозы [Текст]: монография / Б. О. Полищук, Н. П. Шевелёва, Н. В. Зонова, Т. В. Мезина. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 184 с.

МОДИФІКАЦІЯ ТРИАЦЕТАТЦЕЛЮЛОЗНИХ КОМПОЗИЦІЙ ОЛІГОУРЕТАНДІОЛАМИ

Хотинець Б.О., Кузьменко М.Я., Шапка В.Х., Кузьменко О.М.

e-mail: sapkavasiliy2@gmail.com

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, Дніпро

Дослідження були націлені:

- на вивчення впливу кількості і структури використаного модифікатору на зміну в'язкості отриманого розчину ТАЦ-композиції;
- на дослідження отриманих з модифікованого розчину ТАЦ плівок з добавками модифікаторів № 8, 9, 10 (таблиця 1). Кількість модифікатору в розчині варіювали від 0,01% мас. до 5% мас., а саме від маси ТАЦ в розчині на 100% речовини та вивчення їх міцностних характеристик.

Всі добавки представляли собою олігодиуретандіізоціанати, і відносилися до одного і того ж гомологічного ряду (таблиця 1). Але концентрації уретанових груп в них, а, синхронно, і вільних ізоціанатних груп в них змінювались, що обумовлювалось зміною діольної складової і її молекулярної маси в структурі. Вплив природи, концентрації добавки на реологічні властивості розчинів ТАЦ аналізувався по концентраційним залежностям в'язкості, а також залежностям в'язкості від швидкості зсуву які визначались на віскозиметрі Реотест 2. Фізико-механічні характеристики плівок, отриманих з цих розчинів, а саме : межа міцності при розтязі оцінювалась на розривній машині FP-10; відносна твердість – на маятниковому приладі типу 2124 ТМЛ за існуючими методиками.

В діапазоні температур $18 \div 38^{\circ}\text{C}$ з підвищенням температури експерименту логарифм в'язкості базового зразка розчину ТАЦ знижується з величини $2,9 \text{ Па}\cdot\text{с}$ при 22°C до $1,2 \text{ Па}\cdot\text{с}$ при 38°C . Така поведінка розчину обумовлена руйнуванням частини, найбільш слабких водневих зв'язків як між молекулами ТАЦ в розчині, так і їх з розчинником і характерно практично як для розчинів, так і самих розчинників.

Інша картина зміни логарифма в'язкості базового розчину ТАЦ-композиції спостерігається в присутності модифікатора. Як приклад, вивчали зміну логарифма в'язкості базового розчину ТАЦ – композиції від кількості введенного модифікатора та його природи, при постійній величині зсуву $2,784 \text{ с}^{-1}$ і температурі 38°C ; тобто в умовах відливу плівок в промисловому виробництві. З введенням в базовий розчин олігодиуретандіола в кількості до 1% мас. від маси ТАЦ, величина логарифма в'язкості зростає від $0,8 \text{ Па}\cdot\text{с}$ до $2,5 \text{ Па}\cdot\text{с}$. Причому, основний стрибок приросту $\ln\eta$ спостерігається при введенні в композицію малих (0,01-0,1% мас. від маси ТАЦ) кількостей олігоуретандіолу, що обумовлено протіканням процесів дроблення надмолекулярних утворень під дією хлористого метилена і формування в розчині асоціатів ТАЦ з хлористим метиленом [1].

Таблиця 1. Олігоуретандіолі та їх властивості

№	Формула	Вихід, % мас.	η_{sp}^{20} на 25% р-ну	-NCO, % мас.		-ОН, % мас.		Мол. маса	Конц. уретанових груп в м-лі, % мас.
				Знайд.	Обчисл.	Знайд.	Обчисл.		
1		99,40	$T_{mp}=89?$	0,00		8,80		354,17	33,32
2		99,70		0,00		9,60		386,17	30,56
3		99,6	1,5307	0,02		6,72		506,17	23,32
4		99,8	1,5170	0,01		5,72		594,17	19,86
5		99,7	1,4891	0,00		4,90		694,69	17,00
6		99,8	1,4852	0,00		3,42		994,09	11,87

При малій кількості добавок в розчині відбувається міжпачечна пластифікація і в'язкість зменшується, при збільшенні концентрації добавки,

в'язкість зростає. Це пов'язано з тим що великі кристали (крупні надмолекулярні утворення) руйнуються. При збільшенні надлишку добавки, вона проникає в саму пачку і починається заміщення молекул. При збільшенні температури в'язкість ТАЦ – розчинів зменшується із-за розриву водневих зв'язків у всіх розглянутих в роботі випадках.

При концентраціях $3 \div 10\%$ мас. від маси ТАЦ добавки, добавка слугує як пластифікатор, вона має нижчу когезійну міцність. Концентрація уретанових груп падає, а концентрація простих оксіетиленових ланок, які володіють низькою когезійною взаємодією теж падає. Таким чином збільшується зниження когезійної взаємодії добавки, що обумовлює зменшення взаємодії між молекулами і тоді спостерігається зниження в'язкості. А коли вводимо оксіпропіленові ланки, за рахунок того, що в самій ланці існує диполь, концентрація полярних груп падає, але одночасно зростає концентрація оксіпропіленових. В присутності олігоуретандіолів відбувається зменшення твердості і міцності плівок, так як уретанові групи мають більш сильну когезійну взаємодію, ніж ефірні (дибутилфталат). Це впливає на межу міцності при розтязі та відносну твердість плівок, але при малих концентраціях (0,1 – 1% мас. від маси ТАЦ) добавки: збільшують твердість, тобто уретанові групи мають меншу когезійну взаємодію, ніж ефірні [2]. Спочатку концентрація найбільша, слабо полярних оксіетиленових ланок мало і сумарний вплив на властивості (в'язкість, підвищення твердості, міцності) здійснюють в основному уретанові групи. З ростом оксіетиленових ланок (аліфатичної ланки) взаємодія, яка здійснюється на кожен молекулу падає від полярних груп і спостерігається зменшення характеристик.

При аналізі ТАЦ плівок необхідно враховувати особливості структури, що виникають за рахунок зміни добавок. Головною задачею модифікації являється виявлення змін, які відбуваються під впливом добавок, що забезпечували сумісність з розчином ТАЦ, тобто вміст функціонально активних груп та створювали оптимальну структуру молекул. Також необхідно враховувати і метеорологічні параметри такі як тиск та температура [3].

Триацетатні плівки поглинають менше вологи, більш стабільні в розмірах, завдяки діелектричним властивостям та високій міцності. Вони можуть використовуватися в техніці, в народному господарстві, в будівництві, друкарстві, машинобудуванні, деревообробці та таке інше.

Список використаної літератури

1. Булгаков В.Я. Химическая модификация полимеров [Текст] / В.Я. Булгаков - 2010, с 67.
2. Ершова О. В., Чупрова Л. В. Способы химической модификации целлюлозы с целью создания новых композиционных материалов [Текст]: О. В. Ершова, Л. В. Чупрова. – Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 10-3. – С. 359-362.
3. Полищук Б. О. Модификация ацетатов целлюлозы: монография [Текст]: Б. О. Полищук, Н. П. Шевелёва, Н. В. Зонова, Т. В. Мезина. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 184.

ШЛЯХИ ПЕРЕРОБКИ ВАЖКИХ ВИСОКОСІРЧИСТИХ НАФТ УКРАЇНИ

Т.В. Ярмола, П.І. Топільницький, В.В. Романчук

e-mail: topoil@polynet.lviv.ua

Національний університет «Львівська політехніка»

Львів, Україна

Досліджено високов'язкі нафти 2-х свердловин Яблунівського родовища (Полтавська обл., Україна). Для зменшення кінематичної в'язкості нафти додавали газовий конденсат стабільний, визначали зменшення в'язкості. Встановлено, що додавання полімерних додатків та газового конденсату покращує реологічні властивості важких нафт та зменшує кінематичну в'язкість, що має практичне значення для полегшення їх видобутку та транспортування. Показано можливість одержання залишкових бітумів при переробці важких нафт.

На сьогоднішній день, у зв'язку з неухильним виснаженням запасів легких, малов'язких нафт, все більшого значення набуває необхідність введення в розробку родовищ важковидобувних запасів, таких як високов'язкі нафти і природні бітуми. Родовища нафт такого типу, як правило, характеризуються високою концентрацією металів і сірчистих сполук, високими значеннями густини і в'язкості, мають підвищену коксівність, зумовленими великим вмістом асфальтенів і смол [1,2]. Важливими параметрами продукції нафтових родовищ є реологічні властивості. Вивчення реологічних властивостей дозволяє обґрунтовувати і реалізувати ефективні комплексні технології підвищення нафтовіддачі при експлуатації певних об'єктів. Особливість реологічних властивостей важких нафт проявляється в мінливості їх динамічної в'язкості, що залежить від прикладеної напруги зсуву і швидкості руху рідини [3].

Мета досліджень – знайти шляхи зменшення в'язкості та напрямки переробки важких нафт. Методика проведення досліджень – для вивчення властивостей було використано високов'язку нафту Яблунівського родовища двох свердловин : проба 1 – нафта свердловини 88 густиною 977 кг/м³ при 20°C, проба 2 – нафта свердловини 337 густиною 972 кг/м³ при 20°C. Найбільш важливі фізико-хімічні властивості нафт представлено в табл. 1.

Таблиця 1. Фізико-хімічні властивості нафти

Властивість	Проба 1	Проба 2
Густина при 20°C, кг/м ³	977	972
Кінематична в'язкість при 50°C, мм ² /сек	326	386
Коксівність, %	9,8	7,3
Температура застигання, °C	14	8
Вміст води, %	4,9	5,6
Вміст хлористих солей, мг/дм ³	2900	6280
Вміст сірчаноокислотних смол, % об	16,9	14,8

Для досліджень використовували газові конденсати Шебелинського, Яблунівського та Ярівського ВПГ в кількості 30 % на нафту.

Аналізуючи розчинність нафт в ГК, встановили, що в ГК Яблунівського та Шебелинського ВПГ нафти розчинились погано, суміш була не однорідна. Ці ГК відрізняються по фракційному складу від ГК Ярівського ВПГ і очевидно містять в своєму складі алканові вуглеводні, які погано розчиняють асфальто-смолисті речовини. Газовий конденсат Ярівського ВПГ суттєво різниться від двох інших по температурі кінця кипіння, що вказує на присутність ароматичних вуглеводнів, які сприяють розчиненню асфальто-смолистих сполук. Тому для зниження в'язкості в подальшому був використаний газовий конденсат Ярівського ВПГ в кількості 30%. Показники в'язкості нафт свердловин 88 та 337 показано в таблиці 2.

Таблиця 2. Зміна в'язкості нафт при додаванні газового конденсату Ярівського ВПГ в кількості 30 %

Нафта	Кінематична в'язкість при 50°C, мм ² /сек	
	Без додавання ГК	З додаванням ГК
Проба 1	326	56,5
Проба 2	386	69,6

Отже, додавання газового конденсату Ярівського ВПГ знизило в'язкість нафт більше ніж в 5 разів.

Встановлювали технологічну можливість одержання залишкових бітумів з суміші нафт 88 та 337 свердловин Яблунівського родовища. Для цього попередньо було приготовлено суміш цих нафт у співвідношенні 1:1. Суміш зневоднили за температури 50°C з додаванням деемульгатора ПМ-1441 марки А виробництва ТзОВ «ЗТОС «Барва». Суміш розганяли на апараті Енглера для одержання фракцій в кількості, достатній для проведення аналізів. Аналіз даних розгонки показав, що вміст важких бензинових фракцій в перерахунку на суміш нафт складає 14%, дизельних фракцій – 43% і залишку – 43%.

Аналіз залишку після 330-350°C перевіряли на відповідність бітуму дорожнього БД 60/90. Залишок після відгонки буде високоякісним залишковим бітумом. Марка бітуму буде визначатись температурним режимом атмосферної колони. При відгоні дистилятних фракцій до 330°C можливе одержання бітуму БД 130/200, при більш глибокій відгонці фракцій – БД 90/130 або БД 60/90. Встановлення всіх показників згідно технічних вимог буде проведено в процесі подальших досліджень.

Список використаної літератури

1. Topilnytskyu, P., Paiuk, S., Stebelska, H., Romanchuk, V., Yarmola, T. Technological features of high-sulfur heavy crude oils processing / Chemistry and Chemical Technology Volume 13, Issue 4, 2019, P. 503-509
2. Гринишин О.Б. Характеристика и направления переработки тяжёлых высокосернистых нефтей / Гринишин О.Б., Мохаммад Шакир Абд Ал-Амери, Хлибишин Ю.Я. // Восточно-европейский журнал передовых технологий.– 2013.– №5/6.– С.27-31
3. Фарманзаде А.Р., Карпунин Н.А., Хромых Л.Н., Евсенкова А.О., Аль-Гоби Г. Исследование реологических свойств высоковязкой нефти пещерского месторождения / Международный научно-исследовательский журнал / Екатеринбург, №3 (45) 2016 Часть 2, с. 116-119 DOI:10.18454/IRJ.2227-6017.

Наукове видання

II том збірника тез доповідей X Ювілейної Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «**Хімія та сучасні технології**», що відбувалась 23-24 листопада 2021 р.

Набір здійснено з готових оригіналів-макетів, які були надані авторами доповідей в електронному вигляді. Відповідальність за зміст окремих публікацій, їх орфографію та якість рисунків несуть автори тез.

Оригінал-макет виготовлений РВВ ДВНЗ УДХТУ

Технічне редагування О.О. Зогаль
Комп'ютерна верстка Т.М. Кіжло

Редакційно-видавничий відділ ДВНЗ УДХТУ
49005, Дніпро, пр. Гагаріна, 8
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №5026 від 16.12.2015 р.

Підписано до друку 26.11.2021. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний № 1.
Друк різнограф. Гарнітура Times New Roman.
Облік.-видавн. арк. 7,73.
Тираж 300 прим. Зам. № 116.