

**II МІЖНАРОДНА  
НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**«СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ОДЕРЖАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ  
ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ»**

**ЗБІРНИК  
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

**06–08 листопада 2019 р.  
Львів**

**ТГРМ – 2019**

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Люблінський технологічний університет (Польща)  
Технічний університет Кошице (Словаччина)  
Інститут хімії високомолекулярних сполук Національної академії наук України

Ministry of Education and Science of Ukraine  
Lviv Polytechnic National University  
Lublin University of Technology (Poland)  
Technical University of Kosice (Slovakia)  
Institute of Macromolecular Chemistry National Academy of Sciences of Ukraine

II МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

**«СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ  
ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ»**

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

Львів, 06–08 листопада 2019 р.

II INTERNATIONAL SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE

**«THE MODERN TECHNOLOGIES OF POLYMER MATERIALS  
OBTAINING AND PROCESSING»**

**BOOK OF ABSTRACTS**

Lviv, November 06–08, 2019

**Львів  
РАСТР-7  
2019**

**УДК 678**  
**ББК 35.71**  
**С 91**

**Редакційна колегія:**

О. Суберляк (відповідальний редактор), В. Красінський (відповідальний секретар),  
Е. Спішак, В. Скорохода, О. Бровко, В. Анісімов, О. Більдюкевич, Е. Боцьонга, М. Братичак,  
А. Бурбан, М. Бурмістр, Т. Джумаділов, Ф. Грешковіч, Т. Клепка, В. Левицький,  
Д. Нейгебауер, В. Свідерський, Я. Сікора, П. Стухляк, А. Трохимчук, О. Черваков

**Editorial Board:**

O. Suberlyak (editor), V. Krasinskyi (secretary),  
E. Spišák, V. Skorokhoda, O. Brovko, V. Anisimov, A. Bilyukevich, E. Bociąga, M. Bratychak,  
A. Burbán, M. Burmistr, T. Jumadilov, F. Greškovič, T. Kleпка, V. Levytskyi, D. Neugebauer,  
V. Sviderskyi, J. Sikora, P. Stukhliak, A. Trochimczuk, O. Chervakov

**С 91** II Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні технології одержання та переробки полімерних матеріалів»: зб. тез доповідей. – Львів: Растр-7, 2019. – 101 с.

**ISBN 978-617-7726-89-9**

До збірника увійшли тези доповідей II Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні технології одержання та переробки полімерних матеріалів» (ТРМ-2019). В них відображено сучасний стан та перспективи розвитку в галузі синтезу та перероблення полімерних композиційних матеріалів в Україні та інших країнах світу.

У текстах тез доповідей, опублікованих у цьому збірнику, збережено оригінальний авторський стиль у поданні матеріалу і написанні формул хімічних сполук, рівнянь реакцій та пояснень до них.

**УДК 678**  
**ББК 35.71**

The present compilation contains abstracts of II International Scientific Conference "The modern technologies of polymer materials obtaining and processing" (TRM-2019). The collection discuss current state and prospects of development in the field of synthesis and processing of polymer composites in Ukraine and other countries.

Original authors' style including interpretation, formulae of chemical compounds, reaction schemes and explanations are preserved.

*Відповідальний за випуск – В. Красінський*

**ISBN 978-617-7726-89-9**

© Національний університет  
"Львівська політехніка", 2019  
© Видавництво «Растр-7», 2019

**ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ**  
**PLENARY PRESENTATIONS**

# REACTIVE EXTRUSION IN ENVIRONMENTALLY-FRIENDLY POLYMERIC MATERIALS TECHNOLOGIES

*Józef Haponiuk<sup>1,\*</sup>, Krzysztof Formela<sup>1</sup>, Aleksander Hejna<sup>1</sup>,  
Marta Przybysz-Romatowska<sup>1</sup>, Agnieszka Tercjak<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Department of Polymer Technology, Faculty of Chemistry, Gdansk University of Technology,  
Gdansk, Poland

<sup>2</sup>Group 'Materials Technologies' (GMT), Department of Chemical and Environmental  
Engineering, Polytechnic School, University of the Basque Country (UPV/EHU), Plaza Europa  
1, 20018 Donostia-San Sebastián, Spain

e-mail: [jozef.haponiuk@pg.edu.pl](mailto:jozef.haponiuk@pg.edu.pl)

Waste management of plastic and rubber materials has become a huge environmental, economic, and social problem. Recent development in this field can be categorized into two main approaches: preparation of bio-based blends and composites and efficient recycling technologies of polymeric wastes.

Reactive extrusion enables a designed chemical reaction between the used components can be successfully applied during in-situ polymerization of bio-degradable polymers, modification/functionalization of natural fibers/fillers or modification and compatibilization of biodegradable or bio-based polymer blends and composites.

In this work, the results of projects realized on Department of Polymer Technology, Faculty of Chemistry, Gdansk University of Technology focused on environmentally-friendly polymeric materials obtained via reactive extrusion were presented and discussed.

1. K. Formela, A. Hejna, J. Haponiuk, A. Tercjak, In situ processing of biocomposites via reactive extrusion in Biocomposites for High-Performance Applications, Woodhead Publishing, 2017, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100793-8.00008-9>.

2. K. Formela, Ł. Zedler, A. Hejna, A. Tercjak - eXPRESS Polymer Letters Vol.12, No.1 (2018) 24–57, <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2018.4>

3. M. Przybysz, M. Marć, M. Klein, M. R. Saeb, K. Formela, Structural, mechanical and thermal behavior assessments of PCL/PHB blends reactively compatibilized with organic peroxides, Polymer Testing, 67 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.03.014>.

4. Przybysz, M.; Hejna, A.; Haponiuk, J.; Formela, K. Structural and Thermo-Mechanical Properties of Poly( $\epsilon$ -Caprolactone) Modified by Various Peroxide Initiators. Polymers 2019, 11, 1101.

# SYNTHESIS, PROPERTIES, AND APPLICATION OF AMPHIPHILIC INVERTIBLE POLYMERS

*Ananiy Kohut,<sup>1</sup> Stanislav Voronov,<sup>1</sup> Andriy Voronov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Lviv Polytechnic national University, Department of Organic Chemistry

<sup>2</sup>North Dakota State University, Department of Coatings and Polymeric Materials

E-mail: [ananiy.m.kohut@lpnu.ua](mailto:ananiy.m.kohut@lpnu.ua)

Interest in nanomaterials derived from self-assembling amphiphilic polymers has dramatically increased over the past few years. Nanosized micellar structures based on the macromolecules of amphiphilic polymers have been studied in a broad range of applications that include surface modification for biocompatibility, control of particle aggregation in solution, drug delivery, etc.

We describe here new classes of amphiphilic invertible polymers that form micelles and self-organize into micellar assemblies in response to changes in polarity of environment, polymer concentration, and structure. The amphiphilic invertible polymers are composed of the hydrophilic, poly(ethylene glycol), and hydrophobic, polytetrahydrofuran or aliphatic dicarboxylic acid moieties, alternately distributed along the main backbone. The macromolecules of the amphiphilic invertible polymers build micelles, self-assemble by increasing concentration and are capable of accommodating otherwise insoluble substances in both aqueous and organic media. Varying the chemical structure of the fragments enables an efficient control over the self-assembly of the macromolecules in solutions and development of hierarchical micellar structures of a well-defined structure. The presence of oxygen atoms in the polymer chain greatly enhances macromolecular flexibility. Due to relatively low molecular weight of the lipophilic and hydrophilic fragments and macromolecular flexibility, these amphiphilic polymers rapidly respond to changes in medium polarity by changing their conformation and, hence, exhibit invertible properties. The micellar nanostructures from the amphiphilic polymers can undergo inverse conformational changes and are functional in polar and non-polar environments, giving potentially broad use in many applications.

The self-assembled amphiphilic invertible polymers have been applied as nanoreactors for a size-controlled synthesis of metal nanoparticles. The advantages of the employed methodology are in fast spontaneous formation of nanoparticles at room temperature, synthesis of a ready-to-use colloidal solution with an enhanced metal nanoparticle content, and formation of surface-modified nanoparticles dispersible in both polar and non-polar media.

The unique ability of the amphiphilic invertible polymers to invert the molecular conformation depending on the polarity of the environment can be a decisive factor in establishing the novel stimuli-responsive mechanism of solubilized drug release that is induced just in response to a change in the polarity of the environment. The micellar assembly capability to solubilize lipophilic drugs and deliver and release the cargo molecules by conformational inversion of polymer macromolecules in response to a change of the polarity of the environment has been demonstrated by loading the micellar assemblies with a phytochemical drug, curcumin. It has been revealed that micellar vehicles based on different amphiphilic invertible polymers are capable of delivering the curcumin from water to an organic medium (1-octanol, which resembles the properties of lipid bilayer membranes) by means of a unique mechanism: polymer conformational inversion in response to changing polarity from polar to non-polar.

In summary, the amphiphilic invertible polymers composed of the poly(ethylene glycol) hydrophilic and polytetrahydrofuran/dicarboxylic aliphatic acid constituents in the main backbone build micelles and self-assemble in both aqueous and organic media by increasing concentration. The resulting micellar assemblies undergo inverse conformational changes and are functional in both polar and non-polar environments, giving them potentially broad use in many applications including pharmaceutical industry, cosmetics, nanoparticle synthesis, and so forth.

# СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ БІОДЕГРАДАБЕЛЬНИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Володимир Левицький, Андрій Масюк*

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

E-mail: vlevytskyj@gmail.com

Сьогодні підвищена увага приділяється біосумісним, біодеградабельним та одержаним із відновлювальної сировини полімерним матеріалам. Зокрема, до таких матеріалів відноситься крохмаль, хітозан, лігнін, целюлоза, полілактид (ПЛА), полігідроксибутират і його похідні тощо. Найбільше зацікавлення як в науковому, так і практичному плані викликає полілактид – продукт поліконденсації молочної кислоти, який являє собою лінійний аліфатичний біодеградабельний поліестер, одержаний з відновлювальної сировини (картопляного або кукурудзяного крохмалю).

При цьому ПЛА є термопластичним полімером з температурою плавлення в діапазоні 170-180 °С, що відкриває можливості його перероблення відомими промисловими методами: литтям під тиском, екструзією, термовакуумформуванням, 3D друком тощо. Виявлено, що реологічні властивості полілактидних матеріалів у значній мірі залежать від молекулярної маси, ступеня кристалічності, стереорегулярності, присутності наповнювачів органічної і неорганічної природи. Зокрема показник текучості розплаву полілактидних матеріалів знаходиться в широкому діапазоні – 4-80 г/10 хв. Встановлено, що введення різних додатків сприяє зміні характеру кривих течії розплавів ПЛА, зокрема спостерігається підвищення в'язкості та зміщення області аномальної в'язкості.

Полілактид є біорозкладаний полімер, який під дією мікроорганізмів повністю розкладається на воду і вуглекислий газ. Встановлена можливість регулювання біодеградабельних властивостей ПЛА введенням полімерних додатків: термопластичного крохмалю, полікапролактону, які відзначаються зменшеним часом біорозкладу, кінцевими продуктами деструкції, а також зміною умов біодеградації.

У цей же час, експлуатаційні (міцність під час розривання, модуль пружності, поверхнева твердість, теплостійкість тощо) та технологічні характеристики полілактиду суттєво залежать від його морфології. Зокрема, полілактид проявляє оптичну активність, тобто існує у вигляді двох L- і D- стереоізомерів. Виявлено, що зміна відносного вмісту цих ізомерів у ПЛА суттєво впливає на ступінь кристалічності кінцевого матеріалу. Найвищі значення кристалічності досягаються під час змішування чистого L-ПЛА і D-ПЛА. Окрім цього, встановлено активний вплив на морфологію і властивості ПЛА нуклеаторів як органічної (калієва сіль диметил 5-сульфоізопталаїнової кислоти, фталамід, бензоат натрію), так і неорганічної (тальк, воластоніт) природи.

Для модифікування властивостей полілактидних матеріалів були також використані такі неорганічні наповнювачі як крейда, гідроксиапатит, шаруваті глини. Зокрема, введення цих наповнювачів дозволяє підвищити міцність, твердість, ударну в'язкість, теплостійкість ПЛА та здешевити виробу на його основі.

ПЛА і матеріали на його основі використовуються для виробництва біодеградабельного пакування, плівки, одноразового посуду, засобів особистої гігієни, а також в медицині для хірургічних ниток, штифтів, імплантатів, в системах контрольованого вивільнення ліків.

# ORGANO-MONTMORILLONITE MODIFIED BY POLYIONENES FOR POLYMER COMPOSITES

*Mykhailo Sukhyi, Vitaliy Tomilo, Kostyantyn Sukhyi*

State Higher Education Institution «Ukrainian State University of Chemical Technology»,  
8 Gagarine ave., 49005 Dnipro, Ukraine, [ksukhyi@gmail.com](mailto:ksukhyi@gmail.com)

Global trends of miniaturization indicate objects of science and technology to be decreased up to nano-size because of depletion of miniaturization possibilities with traditional technologies.

Nano-phase materials science is differed from traditional materials science by developing of innovative materials, their functional parameters being determined not only by microdomain properties but processes occur to be on atomic and molecular level in monolayers and nanovolumes.

Montmorillonite obtained from bentonite BR ('Dashukov bentonites Ltd', Cherkassy minefield, Ukraine) is studied in present work. Bentonite is grey powder consisted about of 85 % of montmorillonite.

Polyionene based on epoxide diene resin ED-20 is synthesized by known techniques. Solutions in isopropyl alcohol of both 10 % ED-20 and dimethylaminehydrochloride are mixed up in equimolar ratio. The reaction mixture was incubated at 25°C during two hours when stirred continuously. Then, polyionene is synthesized with chromamine obtained by addition polymerization. The reaction mixture is incubated at 60°C during six hours.

Montmorillonite surface lamens modification involves the next steps: elutriation, lamens surface activation polyionene modification. Elutriation was carried out to separation of montmorillonite fraction from bentonite. Lamens surface was activated for transformation of  $\text{Ca}^{2+}$  montmorillonite into  $\text{Na}^+$ -montmorillonite by cation exchange in interlayer surface of montmorillonite because of cationic activity of  $\text{Na}^+$  montmorillonite exceeds by degree of order cationic activity of  $\text{Ca}^{2+}$  montmorillonite and  $\text{Mg}^{2+}$  montmorillonite that resulted in exceeding efficiency exchange reaction of  $\text{Na}^+$  and  $\text{N}^+(\text{R}_3)$ . Montmorillonite modification with polyionene concerns with substitution of exchangeable cation on polyionene cation.

To determine optimal parameters of montmorillonite modification processes influence of temperature and equivalence ratio on process kinetic of polyionene sedimentation on surface of crystal layers (lamens) is studied.

Found that the optimal conditions sorption montmorillonite polyionens molecules observed when these parameters: the concentration of aqueous dispersion of montmorillonite - 1%, the temperature of the reaction medium is 40 °C, the ratio% - polyionic 3:1, the processing time - 24 hours.

WAXS data for montmorillonite allow to estimate a rate of crystallinity of montmorillonite and to reveal a periodicity of montmorillonite crystalline layers (lamens) order, it being resulted in determination both of distance between montmorillonite layers and their dimension and as a consequence in identification of nanosized modified montmorillonite.

Obtained montmorillonite modified by polyionens. Shown that the macromolecular polymer intercalation of a quaternary ammonium salt of montmorillonite intercrystalline space accompanied with increased interlayer distances 1.08 nm to 1.67 nm. The technique of synthesis of modified montmorillonite by polyionens. Found that the optimal conditions sorption montmorillonite polyionens molecules observed when these parameters: the concentration of aqueous dispersion of montmorillonite - 1%, the temperature of the reaction medium is 40 °C, the ratio% - polyionic 3:1, the processing time - 24 hours.



# ENVIRONMENTALLY FRIENDLY POLYMER COMPOSITES: OUR PAST, ONGOING STUDIES AND FUTURE PERSPECTIVE

Yasin Kanbur<sup>1</sup>, Umit Tayfun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Metallurgical and Materials Engineering, Karabuk University, 78050, Karabuk, Turkey  
[yasinkanbur@karabuk.edu.tr](mailto:yasinkanbur@karabuk.edu.tr)

<sup>2</sup>Inovasens Ltd., Technopark Izmir, 35430, Izmir, Turkey  
[umit.tayfun@inovasens.com](mailto:umit.tayfun@inovasens.com)

Increasing environmental concerns and plastic waste problems are the key factors that lead to research and pay attention to develop environmentally friendly composites (green composites) worldwide. The interest for biomass source containing polymer composites has increased in recent years due to their advantageous points of bio-degradability, recyclability, low weight and cost-effective characteristics. These advantages open ways to green composites on potential replacement for conventional composite materials in several application areas from packaging to automobile parts [1-3]. Among these application areas, automotive industry is the biggest market and is expected to retain its leadership for a long time according to the latest report [4]. There is an increasing trend for the use of natural fibers filled polymer composites in production of automotive parts mainly in door panels, seat backs, trunk liners and package trays [5]. Despite these advantages, the existing problems such as their low thermal stability, poor interfacial adhesion to polymeric matrices and moisture uptake limit their wider application [6].

Our research activities based on green polymeric composites aim to sustain systematic investigation on eco-friendly materials which include performing proper surface modification methods on reinforcing material for improvement its interfacial adhesion to polymer matrix, production of composites using conventional processing methods, and tuning mechanical, physical, thermal and morphological behaviours of eco-composites. Our past and ongoing studies about green composites cover broad range of scientific and technological research works which provide sustainability and high potential for large scale fabrication. In these studies, Eco-grade thermoplastic polyurethane (TPU) and the trending bio-degradable polymer, poly (lactic acid) (PLA), were used as matrix materials. Several natural additives were compounded with TPU and PLA matrices including natural fibers such as flax fiber [7-10], jute fiber [11,12], coconut fiber [13], wood flour [14], agricultural waste products such as rice straw [15,16], date palm seed [17], mussel shell powder [18], and natural minerals such as zeolite [19], diatomite [20], pumice [21] and huntite hydromagnesite [22-25]. All of the composites were fabricated by melt mixing technique using lab-scale micro-extruder and test specimen were shaped using injection-moulding process.

As follow up works, we have performed several surface treatments for agricultural residues such as black cumin pulp, mussel shell powder and olive pulp in order to improve their compatibility with PLA and TPU matrices. The same polymer processing methodologies with our previous studies will be used. In long term, our ultimate aim is to develop novel green composites with combinations of new commercial bio-polymer matrices such as poly (butylene succinate) and poly (hydroxybutyrate) and the reinforcement materials compose of mainly agricultural by-products. Our focus related with evaluating of these versatile eco-composites would be expanded with new characterization methods including anti-microbial analysis, bio-degradation and aging performances for their outdoor applications.

1. Mohanty A.K., Misra M., Drzal L.T. *Natural fibers, biopolymers and biocomposites*. Taylor&Francis, Boca Raton, 2005.

2. Fuqua M.A., Hou S., Ulven C.A. *Natural fiber reinforced composites*. Polymer Reviews, 52(3-4): 259, 2012.

3. Puglia, D., Biagiotti J., Kenny J.M. *A review on natural fibre-based composites-Part II*. Journal of Natural Fibers, 1(3): 23–65, 2005.

4. Faruk O., Bledzki A.K., Fink H.P., Sain M. *Progress report on natural fiber reinforced composites*. *Macromolecular Materials and Engineering*, 299: 9–26, 2014.
5. Mohanty A.K., Misra M., Drzal L.T. *Sustainable bio-composites from renewable resources opportunities and challenges in the green materials world*. *Journal of Polymers and the Environment*, 10(1-2): 19-26, 2002.
6. Dicker M.P.M., Duckworth P.F., Baker A.B. et al. *Green composites: A review of material attributes and complementary applications*. *Composites Part A Applied Science and Manufacturing*, 56: 280-289, 2014.
7. Tayfun U., Dogan M., Bayramli E. *Investigations of the flax fiber/thermoplastic polyurethane eco-composites: Influence of isocyanate modification of flax fiber surface*. *Polymer Composites*, 38(12): 2874, 2017.
8. Tayfun U., Dogan M., Bayramli E. *Influence of surface modifications of flax fiber on mechanical and flow properties of TPU based eco-composites*. *Journal of Natural Fibers*, 13(3), 309, 2016.
9. Tayfun U., Dogan M., Bayramli E. *Improvement properties of flax fiber reinforced TPU bio-composites*. *SPE Plastics Research Online*, 10.1002/spepro.006290, 2016.
10. Esselini N., Tirkes S., Akar A.O., Tayfun U. *Production and characterization of poly(lactic acid) based bio-composites filled with basalt fiber and flax fiber hybrid*. *Journal of Elastomers & Plastics* (Accepted).
11. Dogan S.D., Tayfun U., Dogan M. *New route for modifying cellulosic fibers with fatty acids and its application to polyethylene/jute fiber composites*. *Journal of Composite Materials*, 50(18), 2475-2485, 2016.
12. Salem T.F., Akar A.O., Tirkes S., Tayfun U. *Improvement basic properties of jute fiber reinforced TPU based bio-composites by applying surface treatments on fiber surface*. *International Conference on Materials and Nanomaterials (MNs-19)*, Paris, France, 2019.
13. Hacıoglu F., Akar A.O., Tayfun U., Dogan M. *Influence of the isocyanate modification of coconut fiber in terms of mechanical and physical performance of polyurethane elastomer/coconut fiber eco-composites*. *International Rubber Congress (RubberCon 2018)*, Istanbul, Turkey, 2018.
14. Kilinc K., Kanbur Y., Tayfun U. *Mechanical, thermo-mechanical and water uptake performance of wood flour filled polyurethane elastomer eco-composites: Influence of Surface treatment of wood flour*. *Holzforschung*, 73(4): 401-408, 2019.
15. Tayfun U., Dogan M., Bayramli E. *Effect of surface modification of rice straw on mechanical and flow properties of TPU-based green composites*. *Polymer Composites*, 37(5), 1596, 2016.
16. Tayfun U., Dogan M., Bayramli E. *Investigating agricultural waste-reinforced polyurethane elastomer green composites*. *SPE Plastics Research Online*, 10.1002/spepro.005729, 2015.
17. Sismanoglu S., Tayfun U., Kanbur Y. *Effects of alkaline and silane Surface treatments of date palm seed on mechanical and physical behaviours of thermoplastic polyurethane/date palm seed eco-composites*. *Journal of Thermoplastic Composite Materials* (Accepted).
18. Lap M.O., Kanbur Y., Tayfun U. *The use of mussel shell as an additive for poly (lactic acid) based green composites*. *2nd Scientific-Practical International Conference "The modern technologies of polymer materials obtaining and processing" (TPM-2019)*, Lviv, Ukraine, 2019.
19. Yilmaz G., Sismanoglu S., Kanbur Y., Tayfun U. *Effect of different silane treatments of natural zeolite on mechanical and physical properties of thermoplastic polyurethane/zeolite composites*. *XIV Ukrainian Conference on Macromolecules*, Kyiv, Ukraine, 2018.
20. Kanbur Y., Tayfun U. *Comparisons of silane coupling agents as surface modifier for improvement of mechanical and physical properties of polyurethane elastomer/diatomite composites*. *5th International Conference on Engineering and Natural Science (ICENS 2018)*, Kyiv, Ukraine, 2018.

21. Tayfun U., Kanbur Y. *Mechanical, physical and morphological properties of acidic and basic pumice containing polypropylene composites*. Sakarya University Journal of Science, 22(2), 333-339, 2018.
22. Dike A.S., Tayfun U., Dogan M. *Influence of zinc borate on flame retardant and thermal properties of polyurethane elastomer composites containing huntite&hydromagnesite mineral*. Fire and Materials, 41(7), 890-897, 2017.
23. Kanbur Y., Tayfun U. *Mechanical, physical and morphological properties of polypropylene/huntite composites*. Sakarya University Journal of Science, 21(5), 1045-1050, 2017.
24. Savas L.A., Deniz T.K., Tayfun U., Dogan M. *Effect of microcapsulated red phosphorus on flame retardant, thermal and mechanical properties of thermoplastic polyurethane composites filled with huntite&hydromagnesite mineral*. Polymer Degradation and Stability, 135, 121-129, 2017.
25. Guler T., Tayfun U., Dogan M., Bayramli E. *Effect of expandable graphite on flame retardant, thermal and mechanical properties of thermoplastic polyurethane composites filled with huntite & hydromagnesite mineral*. Thermochimica Acta, 647, 70-80, 2017.

**УСНІ ДОПОВІДІ**  
**ORAL PRESENTATIONS**

# НОВІ ІНДЕН-КУМАРОНОВІ СМОЛИ З ФУНКЦІЙНИМИ ГРУПАМИ

Михайло Братичак

Національний університет «Львівська політехніка»,

вул. С.Бандери, 12, Львів 79013, Україна

mbratychak@gmail.com

Відомі інден-кумаронові смоли (полімери) є продуктами полімеризації кумарону, індену, стиrolу та їх гомологів, що містяться в сирому бензолі, фенольній фракції кам'яновугільної смоли, тощо [1]. Каталізаторами процесу є концентрована сульфатна кислота, трифлуор бору, фосфатна кислота та інші. Враховуючи наявність і низьку вартість вищевказаних смол, вони широко використовуються в лакофарбовій, будівельній промисловості, а також для дорожнього будівництва [2]. Незважаючи на задовільні характеристики продуктів, що містять інден-кумаронові смоли, вони мають деякі недоліки; зокрема, смоли погано поєднуються з іншими полімерами.

Останніми роками у Національному університеті «Львівська політехніка» (Україна) було проведено ряд досліджень щодо одержання інден-кумаронових смол з різними функційними групами (ІКСФ).

Як сировину для одержання ІКСФ використовували легку фракцію кам'яновугільної смоли (ЛФКС). Вона містить кумарон (1,30–5,75 %мас.), інден (3,90–44,45 %мас.) і стиrol (1,2–3,5 %мас.). ІКСФ синтезували ініційованою полімеризацією. Як ініціатори використовували 2,2'-азо-біс-(2-метилпропіонітрил) і пероксидну похідну дигліциділового етеру діоксидифенілпропану (ПП). Для збільшення виходу ІКСФ і введення відповідних функційних груп до її структури, до вихідної сировини додатково вводили стиrol, гліцидилметакрилат або метакрилову кислоту.

Встановлено вплив кількості ініціатора, температури та часу реакції на вихід і характеристики ІКСФ. Було синтезовано смоли з епоксидними [3] й карбоксильними [4] групами та метакриловими фрагментами [5]. Структура отриманих продуктів підтверджена хімічними і спектральними методами. Запропоновано використовувати ІКСФ як добавки для виробництва бітум-полімерних сумішей.

1. Соколов В.: Инден-кумароновые смолы. Металургия, Москва 1978.
2. Pyshyev S., Grytsenko Y., Bilushchak H. *et al.* Production of indene-coumarone resins as bitumen modifiers. *Petroleum & Coal*, 2015, p. 303-314.
3. Astakhova O., Shved M., Zubal O. *et al.* Obtaining of coumarone-indene resins based on light fraction of coal tar. 4. Bitumen-polymer blends with participation of coumarone-indene resins with epoxy groups. *Chem. Chem. Technol.*, 2019, p.112-120.
4. Bratychak M., Astakhova O., Shyshchak O. *et al.* Obtaining of coumarone-indene resins based on light fraction of coal tar. 1. Coumarone-indene resins with carboxy groups. *Chem. Chem. Technol.*, 2017, p. 509-516.
5. Bratychak M., Astakhova O., Prysiazhnyi Yu. *et al.*: Obtaining of coumarone-indene resins based on light fraction of coal tar. 3. Coumarone-indene resins with methacrylic fragments. *Chem. Chem. Technol.*, 2017, p. 379-385.

# МОДИФІКАЦІЯ ГУМОНАПОВНЕНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ БЕЗФУНКЦІОНАЛЬНИМИ, ЕПОКСИДВМІСНИМИ ТА ГІДРОКСИЛВМІСНИМИ НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНИМИ КАУЧУКАМИ

*В.Д. Мишак, В.В. Семиног, В.В. Мужев*

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України

Київ, 02160, вул. Харківське шосе, 48, Україна

e-mail: myshak\_vd@ukr.net

Аналіз літературних даних і патентних джерел показав, що створення полімерних композитів на основі відходів термопластів і дисперсних відходів гуми є одним із пріоритетних напрямів розв'язання проблеми рециклінгу полімерних відходів. Композиційні матеріали на основі вторинних термопластів і відходів еластомерів набувають все більшого застосування, приймаючи до уваги той факт, що відходи і поліетилену і гуми складають 70 – 80 % у загальній масі відходів термопластів і еластомерів. Однак у своїй більшості такі композити характеризуються низькими фізико-механічними показниками і це на сьогодні являється актуальною проблемою, пов'язаною із забезпеченням сумісності поліолефінової та еластомерної фаз.

З метою одержання полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) з покращеними характеристиками на основі вторинного поліетилену (ВПЕ) та відпрацьованої гумової крихти (ГК) були синтезовані компатибілізатори на основі рідких каучуків (РК) з епоксидними групами. Для їх отримання використовували безфункціональні промислові РК марок СКДН-Н і ПБН-Н. Функціоналізацію каучуків проводили методом епоксидування за реакцією Прилежаєва. З цією метою каучуки оброблялися надкислотами, що утворюється реакцією *in situ*, при взаємодії органічної кислоти і перекису водню (ПВ). Як органічну кислоту використовували мурашину. В результаті окиснення подвійних зв'язків каучуку системою ПВ - мурашина кислота утворюється продукт, який містить епоксидну групу, що було підтверджено методами ІЧ-спектроскопії та титрування.

Для визначення впливу природи функціональної групи на властивості ПКМ, були використані як компатибілізатори вихідні і функціоналізовані каучуки СКДН-Н і ПБН, що містять в своєму складі кінцеві епоксидні групи, а також, гідроксилвмісний каучук марки Krasol LBH-3000 для модифікації сумішей на основі ВПЕ і дисперсної ГК при створенні ПКМ. Вміст компатибілізаторів складав 1, 2, 5, 10 % мас. ПКМ отримували методом екструзії з подальшим формуванням зразків методом пресування для визначення їх властивостей.

За результатами проведених досліджень встановлено, що ефективність дії компатибілізаторів на структуру і властивості отриманих ПКМ залежить від хімічної природи кінцевої групи і її реакційної здатності, що визначає оптимальну кількість введення компатибілізатора в систему. Наявність у складі ПКМ 10% мас. олігодієна з кінцевими гідроксильними групами приводить до зростання відносного видовження майже в 5 раз в порівнянні з ПКМ без компатибілізатора. Використання як компатибілізатора більш реакційноздатного олігодієну з епоксидними групами при оптимальному вмісті 1% приводить до збільшення міцності при розриві на 14 %, відносного видовження в 1,5-2 рази в порівнянні з системою без компатибілізатора. Методом рентгененографії встановлено, що всі композити є аморфно – кристалічними системами, ефективний розмір кристалітів для всіх одержаних композиційних матеріалів дорівнює приблизно 7,4 нм.

Одержані результати свідчать про перспективність використання синтезованих компатибілізаторів при створенні ПКМ на основі системи ВПЕ-ГК і можуть бути застосовані в практичних процесах, пов'язаних зі створенням нових технологій по утилізації і рециклінгу ГК та ВПЕ.

# ПОЛІМЕРНИЙ КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ З МОЛІБДЕНОВИМ ГЕТЕРОПОЛІКОМПЛЕКСОМ СТРУКТУРИ ДОУСОНА ЯК СЕНСОР НА ВІДНОВНИКИ

Галина Петрушина<sup>1</sup>, Андрій Вишнікін<sup>2</sup>, Костянтин Варлан<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дніпровський державний аграрно-економічний університет

<sup>2</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

petrushyna.h.o@gmail.com

Гетерополіаніони (ГПА) структури Доусона завдяки поєднанню окисно-відновних і кислотно-основних властивостей широко використовуються як в кислотному, так і в окисно-відновному каталізі, зокрема при синтезі органічних сполук [1]. Завдяки високим ред-окс властивостям вони можуть бути використані як аналітичні реагенти для визначення відновників і окисників. Крім того, реакція молібденового ГПА структури Доусона 18-молібдодифосфату (18-МДФК) з різними відновниками відбувається при різній кислотності розчинів, що підвищує селективність і дозволяє визначати кілька речовин при сумісній присутності [2]. Високі окисно-відновні властивості 18-МДФК, протікання відновлення без руйнування структури ГПА, тобто оборотність відновлення, зумовлюють перспективність використання його як компонента електродів сенсорів. Тому інтерес представляє розробка електрода, що містить 18-МДФК як реагент, і його застосування для потенціометричного визначення аскорбінової кислоти у фруктових соках і фармацевтичних препаратах.

Нами запропоновано новий потенціометричний сенсор для визначення аскорбінової кислоти (АК). Його основою був електрод, що містить 18-МДФК у складі поліуретанового композиційного матеріалу (КМ). Вивчено властивості і аналітичні характеристики сенсора, показана його ефективність для потенціометричного визначення аскорбінової кислоти у фруктових соках і фармацевтичних препаратах. Як полімерну матрицю використовували поліуретан (ПУ). До переваг ПУ при його використанні для модифікації електродів можна віднести високу адгезію полімеру до поверхні електрода і його високі фізико-механічні властивості. Крім того, полімери, які використовуються для створення електродів повинні бути хімічно інертними по відношенню до реагенту і визначуваних речовин, мати високу електропровідність і достатню стабільність. ПУ не взаємодіє з 18-МДФК, але електропровідність ПУ є невисокою. Електропровідність КМ підвищували додаванням графіту. Оптимальним є додавання дрібнодисперсного графітового порошку в кількості, що відповідає 50% від загальної маси КМ.

Потенціометричне визначення аскорбінової кислоти проводили в водному розчині з рН 4. Градувальна залежність є лінійною в інтервалі  $4 \cdot 10^{-6}$  -  $4 \cdot 10^{-4}$  М АК ( $R^2 = 0,999$ ) з нахилом  $0,098 \pm 0,002$  В, межа виявлення складала  $3,7 \cdot 10^{-6}$  М АК, час відгуку не перевищує 1 хв. Електрод має високу селективність по відношенню до великого числа неорганічних іонів і органічних речовин. Визначенню АК не заважають органічні кислоти, глюкоза, фруктоза, сахароза, які можуть перебувати у фруктових соках в досить великих кількостях, а також N-ацетил-p-аминофенол (парацетамол), який міститься в деяких фармацевтичних препаратах спільно з АК. Розроблена нова методика визначення АК була успішно апробована при аналізі соків і фармацевтичних препаратів. Правильність результатів була підтверджена порівнянням з результатами, отриманими йодометричним титруванням. Складна матриця об'єктів аналізу істотно не впливає на результати визначення АК з використанням запропонованого сенсора.

1. Li G., Ding Y., Wang J., Wang X., Suo J. New progress of Keggin and Wells-Dawson type polyoxometalates catalyze acid and oxidative reactions. J. Molec. Catal. A. 2007, V. 262, p. 67-76.

2. Al-Shwaiyat M.K.E.A., Miekh Y.V., Denisenko T.A., Vishnikin A.B., Andruch V., Bazel Y.R. Simultaneous determination of rutin and ascorbic acid in a sequential injection lab-at-valve system. J. Pharm. and Biomed. Anal. 2018, V.149, p. 179-184.

# CFD SIMULATION OF ROTATIONAL BARREL SEGMENT MIXING PERFORMANCE IN SINGLE SCREW EXTRUDER

Ivan Gajdoš<sup>1</sup>, Ján Slota<sup>1</sup>, Janusz Sikora<sup>2</sup>, Volodymyr Krasinskyi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Technical University of Košice, Department of CAx Technologies, Košice, Slovak Republic

<sup>2</sup>Lublin University of Technology, Department of Polymer Processing, Lublin, Poland

<sup>3</sup>Department of Chemical Technology of Plastics Processing, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine.

e-mail: ivan.gajdos@tuke.sk

Introducing a new element rotational barrel segment (RBS) into construction of single screw extruder (SSE), significantly changes the kinematic of motion in SSE. Main goal of incorporating RBS into SSE construction is to improve output and mixing capabilities. To evaluate three types of RBS geometries, CAE analysis was performed with ANSYS POLYFLOW® software. Evaluation of three different RBS geometries at three different movement states (static, screw co-rotating and screw counter-rotating) provided detailed insight in flow phenomena occurring in melted polymer during passing through RBS. CFD simulation of melt flow in SSE allows analyzing various processing conditions, screw geometries and even complicated kinematic couples as screw-RBS.

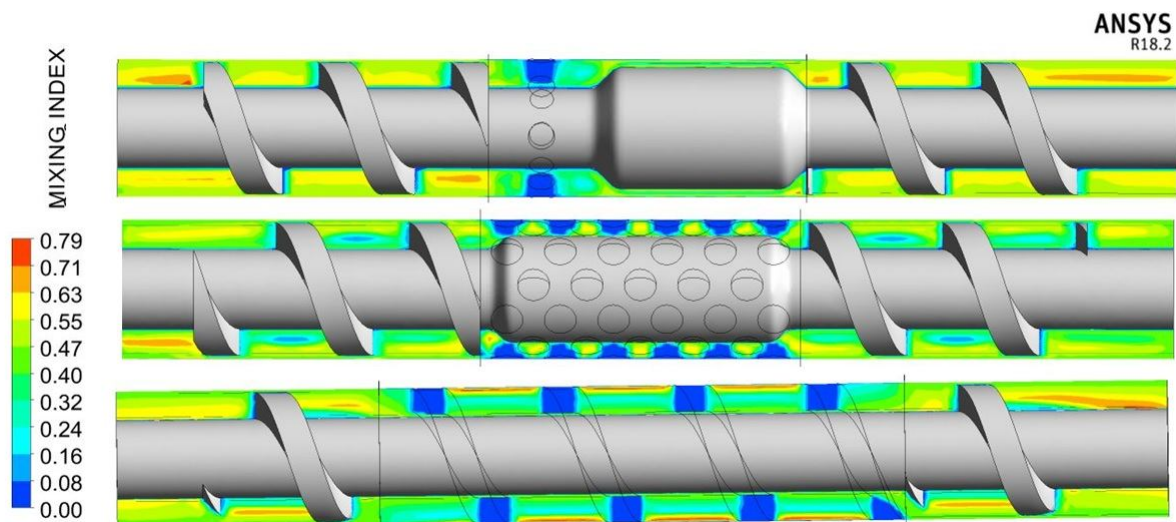


Fig.1. Mixing index in flow domain calculated for counter-rotating RBS

## Acknowledgment:

The emergence of this article was supported by scientific grant VEGA 1/0259/19

The project leading to this application has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No734205”.



1. Rios, A.C., Gramman, P.J., Stan@eld, E., Osswald, T.A.: SPE Antec Tech. Papers 1, p. 222 (1998)

2. Gajdoš,I.,Spišák,E.,Sikora,J.,Krasinskyi,V.: Utilization of mesh superposition technique for simulation of single screw extruder, PRO-TECH-MA 2019 proceedings, ISBN: 978-80-553-3357-1 Herľany, Slovakia (2019)

3. Gajdoš,I.,Sikora,J.,Dulebová,L.,Varga,J.: 3D Finite Elements Simulation of the Single Screw Extruder with Rotational Barrel Segment, EUROGEN 2019 proceedings, Guimaraes, Protugal (2019)

4. ANSYS Polyflow 2019 R2® online help - <http://ansyshelp.ansys.com>



# DESIGN OF NEW PRODUCTS WITH COMPLEX SHAPES USING THE POLYMER PROCESSING METHODS

*Tomasz Klepka<sup>1</sup>, Sebastian Białasz<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Lublin University of Technology, Lublin, Poland

Tomasz Klepka: t.klepka@pollub.pl

Designing acceptable products requires behavioral knowledge of plastics that includes their advantages and disadvantages (limitations) and some familiarity with processing methods. Until the designer becomes familiar with processing, a qualified fabricator must be taken into the designer's confidence early in development and consulted frequently during those early days. The successful design and fabrication of good plastic products requires a combination of sound judgment and experience. The fabricator and mold or die designer should advise the product designer on materials behavior and how to simplify processing. Understanding only one process and in particular just a certain narrow aspect of it should not restrict the designer. Using the calculated shrinkage theory we can dictate how much oversize to cut the tool (mold or die) if a product has a relatively simple shape. For other shapes some critical key dimensions of the product will, more often than not, not be as predicted from the shrink allowance, particularly if the item is long, complex, or require tight tolerance.

The important factors that influence the shrinkage of a specific plastic in using a specific machine, such as injection molding, by causing it to vary and not follow the values like those in are flow direction, wall thickness, flow distance, and the presence of reinforcing fibers.

Determining shrinkage involves more than just applying the appropriate correction factor from a material's data sheet. Shrinkage is caused by a packing pressure and volumetric change in a plastic as it cools from a molten to a solid form. Shrinkage is not a single event but occurs over a period of time. Most of it happens in the mold or die, but it can continue for up to twenty-four to forty eight hours after being molded. This so-called postmold shrinkage may require a constraining cooling fixture. Additional shrinkage can occur when frozen-in stresses are relieved by annealing or exposure to high service temperatures. The main considerations in mold or die design affecting shrinkage are to provide adequate cooling (required temperature control), and structural rigidity. Cooling conditions is the most critical especially for crystalline plastics. The cooling system must be adequate for the heat load. Slow cooling increases shrinkage by giving plastic molecules more time to reach a relaxed state. In crystalline types, having longer cooling time leads to a higher level of crystallinity, which in turn accentuates shrinkage.

Polymer extrusion instabilities can come as a result of many reasons. They may come as a result of improperly prepared feedstock, solids conveying problems, insufficient melting and or mixing capacity, barrel temperature fluctuations, improper screw design, melt temperature and viscosity non-uniformities in the die region, as well as improperly designed or operating ancillary downstream equipment. Melt fracture may be described as a severe distortion of the extrudate which is capable of being caused by a variety of reasons. There tends to be agreement that the primary cause of melt fracture comes as a result of the imparted shear stress onto the polymer exceeds the critical shear stress value for that particular polymer.

Tooling design for plastic tubing, hose and wire insulation jacketing requires an understanding of the relationship between the dimensions of the tooling and the dimensions of the final product. It is required that both the extruding manufacturer and the tooling designer or builder need to understand and be able to communicate that relationship.

# ANALYSIS OF THE TENSILE STRENGTH OF CARBON/EPOXY COMPOSITE LAMINATE USING SIMULATION AND TENSILE TEST

*Ludmila Dulebová, Emil Spišák, Ján Varga, Ivan Gajdoš*

Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Engineering Technologies and Materials, Masiarska 74, 040 01 Kosice, Slovakia

[ludmila.dulebova@tuke.sk](mailto:ludmila.dulebova@tuke.sk), [emil.spisak@tuke.sk](mailto:emil.spisak@tuke.sk), [jan.varga@tuke.sk](mailto:jan.varga@tuke.sk), [ivan.gajdos@tuke.sk](mailto:ivan.gajdos@tuke.sk)

The need for high-strength lightweight materials is now very important in the construction of the car. As the strength and stiffness of the material increases, consequently the weight of the material required for the particular load is reduced. Composite materials are extending the horizons of designers in all branches of engineering. These materials consist of two completely different materials - Thermoset resin and suitable (Glass, carbon, aramid, boron etc.) fabric. Integration of both materials offers excellent mechanical properties compared to individual materials used.

In this paper several types of composite materials were prepared. Subsequently composite consisting from carbon cloth/epoxy resin and carbon nanotubes was prepared to prove the improvement of mechanical properties. This study presents tensile strength of carbon composites made from bisphenol A epoxy resin and 160 g/m<sup>2</sup> plain weave carbon cloth and 220 g/m<sup>2</sup> twill carbon cloth as a reference and three-composite system that consists from carbon fiber reinforced epoxy matrix and 1% of multi-wall carbon nanotubes dispersed in epoxy resin. Orientation of layers of prepared specimens was 0° - 45° - 0°. Used hardener H507 was based on cycloaliphatic polyamine with absence of nonylphenol. Samples were also tempered at 80 °C (for 12 hours) for improvement of their thermal resistance. Tested hand laid-up material was cut to the shape of sample for tensile test according to STN EN ISO 527:5:2009. The tensile test was performed on a TIRAtest 2300 testing machine. The tensile strength ( $\sigma_m$ ) of epoxy (E) / twill carbon cloth (TC) and epoxy/plain (PC) before and after addition of carbon nanotubes (CNT) and tempered of tested materials measured during the tensile test was -  $\sigma_m$  reference: E/TC 512 MPa; E/TC/CNT 589 MPa; E/PC 391 MPa; E/PC/CNT 468 MPa and  $\sigma_m$  tempered: E/TC 466 MPa; E/TC/CNT 517 MPa; E/PC 380 MPa; E/PC/CNT 422 MPa. The presence of carbon nanotubes in carbon cloth/epoxy system improves its strength at one directional tensile test. At twill carbon composite the improvement of tensile strength was 15 % and at plain carbon composite the improvement was 19,7 % at addition of only 1 wt% of carbon nanotubes dispersed in epoxy resin. Samples that were not exposed to elevated temperatures for quicker drying showed increased tensile strength due to slow curing of composite samples. Samples gained greater toughness, the breach of samples were at the interface of resin and matrix. The pulling out of fibers from epoxy matrix was observed, while at baked samples brittle fracture observed. In this study, simulation of composite part at programme NX8 with Nastran solver of tested material was used. The creation of composite material in the NX8 is possible by two different ways – application of layers of the composite to volume model or to surface model. In this case, the basic model will be created as honeycomb consisting of fibers and resin. Element type CQUAD4 was at size 0.625 mm at 2D mesh. The tensile strength ( $\sigma_m$ ) of tested materials obtained by simulation: material E/TC 756 MPa; material E/PC 709 MPa. Real test showed, that the difference between strength measured values and values obtained by simulation is considerable. This may be as a result of microscopic air bubbles in the samples, which reduced the strength of composite. These bubbles can be removed by usage of stronger autoclave or by selecting other method of preparation, for example Resin transfer molding, Same Qualified Resin Transfer Molding or Vacuum assisted RTM (VARTM).

## Acknowledgments

This paper is the result of the project implementation VEGA No. 1/0441/17.

# PROCESSING OF SELECTED PROPERTIES OF EXTRUDED RECYCLED PLASTICS

*Tomasz Garbacz<sup>1</sup>, Ludmila Dulebova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Lublin University of Technology, Lublin, Poland

<sup>2</sup> Technical University of Kosice, Kosice, Slovakia

Tomasz Garbacz: t.garbacz@pollub.pl

Recycled plastics find more and more applications. In addition to recycled bulky products, the number and type of products also being used in polymer sands composites based on recycled PVC.

In the studies polyvinyl chloride (PVC) Alfavinyl GFM/4-31, was used in the study. This plastic has density of 1230 kg/m<sup>3</sup> and hardness of 80 Sh° A. In the experiments, various types of chemical blowing agents were used: Expancel 950 MB80 manufactured by Akzo Nobel. Expancel is a mixture that contains 65 % microspheres in the copolymer of ethylene and vinyl acetate (EVA). The decomposition products of the applied blowing agents mainly include carbon dioxide CO<sub>2</sub>, a small amount of water H<sub>2</sub>O and nitrogen N<sub>2</sub>.

The extrusion process was conducted at the following parameters: temperature of heating zones of the plasticating system respectively 120, 130, 140,150°C, temperature of the extruder head 145°C.



Fig.1. An example of a plastic sample after the comminution process and view of technological line section for recycled plastics

The technology for producing the recycled composition is based on the extrusion and compression technology of the compositions obtained. The study of selected physical properties was produced. The research on the structure of manufactured materials, melt flow rate MFR, mechanical strength, impact resistance and hardness are presented. The macroscopic structure of the produced cellular tapes was examined, example in fig. 2.

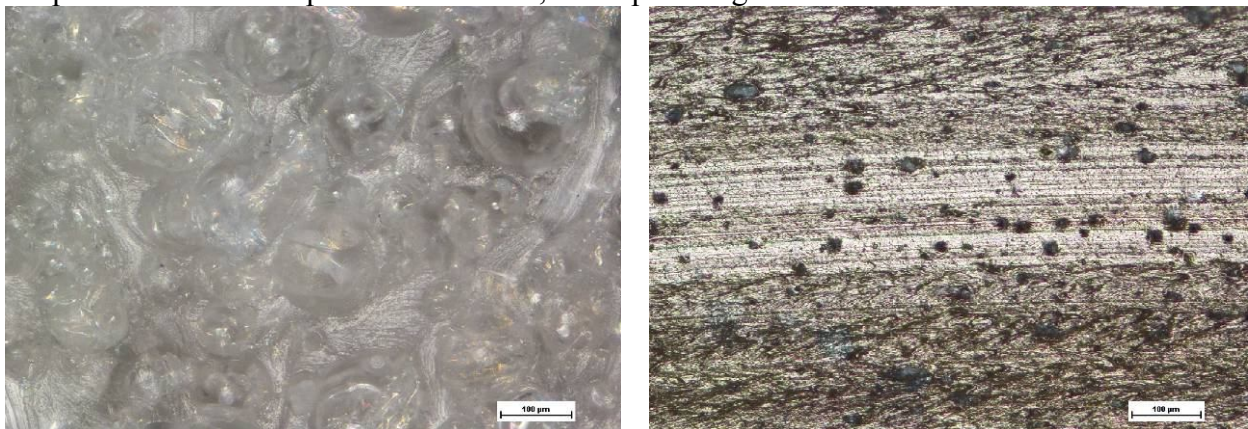


Fig. 2. Fragment of the cross section of the PVC and recycled PVC with 2.0% microspheres

## МОНОМЕРИ НА ОСНОВІ РОСЛИННИХ ОЛІЙ: СИНТЕЗ, ПОЛІМЕРИЗАЦІЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

*Василина Кір'янчук<sup>1</sup>, Зоряна Демчук<sup>2</sup>, Андрій Воронов<sup>1</sup>, Станіслав Воронов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Національний університет "Львівська політехніка", кафедра органічної хімії

<sup>2</sup>Державний університет Північної Дакоти, кафедра покриттів та полімерних матеріалів

У зв'язку з вичерпанням нафтових джерел, що ускладнене економічними й політичними чинниками, надзвичайно актуальним завданням для хіміків-синтетиків є пошук альтернативної сировини. Вирішенням цього може бути використання поновлюваних реакційноздатних сполук. Протягом останніх двох десятиліть зростаючу увагу дослідників привертають мономери на основі рослинних олій. Характерною особливістю таких мономерів та полімерів є їх високогідрофобні властивості. Їх доступність та широкий асортимент дозволяє задовільнити потреби сучасної промисловості.

Мономери на основі рослинних олій (оливкової та соєвої) одержані через реакцію перестерифікації тригліцеридів N-гідроксиетилакриламідом. Молекули нових мономерів містять вінільну групу та ацили жирних кислот з різною ненасиченістю. Хімічна будова мономерів підтверджена методами ПМР та ІЧ-спектроскопії. Визначено фізико-хімічні характеристики цих мономерів (йодне число, густина, водорозчинність). Низька розчинність нових мономерів у воді, вказує на їх високогідрофобні властивості.

Досліджено вплив хімічної структури мономерів на здатність до гомо- та кополімеризації. Полімери, отримані на основі мономеру з оливкової олії, характеризуються вищою швидкістю полімеризації, а відтак і вищою молекулярною масою та нижчим показником полідисперсності, порівняно з полімерами на основі соєвого мономеру. Визначено константи кополімеризації зі стиреном, розраховані Q-е параметри.

З використанням емульсійної та мініемульсійної полімеризації акрилових мономерів з стиреном або метилметакрилатом одержані стабільні водні дисперсії полімерів з розмірами частинок латексу 40-210 нм. Вміст ланок мономерів у складі макромолекул латексних полімерів складає 5-60% мас. Середньочисельна молекулярна маса одержаних кополімерів знаходиться в діапазоні значень 30000-391500. Досліджено, що присутність ацилів жирних кислот в макромолекулах латексних полімерів надає їм гнучкості, збільшує гідрофобність латексних плівок та підвищує водостійкість. Збільшення вмісту ацильних залишків жирних кислот в макромолекулах забезпечує наявність пластифікаційного ефекту і відповідне зниження температури склування латексних кополімерів, що дозволяє одержувати гнучкі полімерні покриття з регульованими фізико-механічними властивостями.

# МЕТОД ОТРИМАННЯ ТЕРМОСТІЙКИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СУМІЩЕННЯ IN SITU ВИХІДНИХ КОМПОНЕНТІВ

*Кабат О.С., Черваков О.В., Ситар В.І.*

ДВНЗ “Український державний хіміко-технологічний університет”

[Amber\\_UDHTU@i.ua](mailto:Amber_UDHTU@i.ua)

Сучасні машини та механізми працюють при високому рівні навантажень і температур. Надійна їх робота забезпечується за рахунок використання у найбільш відповідальних вузлах деталей з сучасних матеріалів спеціального призначення. Одним із таких матеріалів є термостійкі полімери з високим рівнем фізико-механічних властивостей. До таких матеріалів відносяться ароматичні поліаміди і фенольні смоли. У вихідному вигляді ці полімери практично не використовуються в якості конструкційних матеріалів і у більшості випадків їх наповнюють дисперсними і волокнистими наповнювачами різної природи і морфології. Одним із найбільш перспективних наповнювачів для цих полімерів є діоксиди кремнію. Завдяки їх розвиненій поверхні та активним силанольним групам на ній вдається отримати полімерні композиційні матеріали (ПКМ) з рівнем міцності до 240 МПа, тепло- і термостійкості до 290 та 380°C відповідно.

Одним із основних недоліків цих матеріалів є їх складна та енерговитратна технологія переробки у вироби. Тому актуальним завданням є її спрощення, що призведе до значного здешевлення готових виробів із даних ПКМ.

Отримання виробів із ПКМ на основі ароматичних поліамідів, фенольних смол та діоксиду кремнію відбувається у 3 етапи: підготовчий, основний та заключний. На підготовчому етапі отримується полімерна композиція за рахунок механічного суміщення вихідних компонентів і її таблетування. На основному етапі відбувається переробка отриманої таблетки у виріб методом компресійного пресування у формах з підігрівом. На заключному етапі відбувається фінішна механічна обробка отриманих виробів для придання їм необхідного зовнішнього вигляду.

Нами було запропоновано спростити метод отримання полімерної композиції на основі ароматичних поліамідів, фенольних смол та діоксиду кремнію за рахунок in situ суміщення вихідних дисперсних частинок полімерів з наповнювачем в процесі його синтезу і виключити за рахунок цього операцію механічного суміщення вихідних компонентів полімерної композиції на підготовчому етапі переробки. Це дозволило зменшити собівартість виробів з досліджених ПКМ та отримати більш якісне розподілення наповнювача в об'ємі полімеру. Що, у свою чергу, сприяє покращенню рівня фізико-механічних та теплофізичних властивостей отриманих ПКМ. В таблиці приведено порівняльний аналіз властивостей ПКМ отриманих з використанням методу суміщення in situ вихідних компонентів та матеріалів отриманих по стандартному методу

Таблиця – Фізико-механічні та теплофізичні властивості досліджених ПКМ

Показник властивостей	Метод отримання полімерної композиції	
	стандартний	суміщення in situ
Густина, кг/м <sup>3</sup>	1350	1400
Напруження при межі текучості при стисканні, МПа	266	275
Твердість, МПа	200	230
Температура розм'якшення за Віка	282	291

Відповідно до отриманих результатів можна зробити висновок, що використання методу суміщення in situ вихідних компонентів полімерної композиції дозволяє не тільки спростити та здешевити технологію отримання виробів з досліджених матеріалів, а і отримати ПКМ з більш високим рівнем властивостей ніж по стандартній методиці.

# НАНОМОДИФІКУВАННЯ ТЕРМОПЛАСТІВ І ВИСОКОМОДУЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Олег Суберляк, Володимир Красінський*

Кафедра хімічної технології переробки пластмас, Національний університет "Львівська політехніка"

e-mail: [suberlak@polynet.lviv.ua](mailto:suberlak@polynet.lviv.ua)

Одержання полімерних нанокompatитів на сьогоднішній день є одним з пріоритетних завдань полімерної технології. Зазвичай як нанорозмірні неорганічні наповнювачі для полімерів використовують глинисті мінерали – монтморилоніт, сапоніт, гекторит та ін. Монтморилоніт (ММТ) – шаруватий алюмосилікат, має особливу матричну структуру, яка забезпечує його унікальні властивості як нанонаповнювача полімерних матриць. Для створення полімер-силікатних нанокompatитів використовується здатність ММТ інтеркалювати у міжшаровий простір мономерів і полімерів з подальшим розшаруванням (ексфоліацією) частинок наповнювача на моношари товщиною 1 нм. Основну увагу в області створення шарувато-силікатних полімерних нанокompatитів приділяють досягненню високого рівня ексфоліації нанорозмірних частинок в полімерній матриці, що визначає досягнення високих експлуатаційних властивостей. Тому актуальною проблемою є підбір ефективних модифікаторів шаруватого силікату, що забезпечує високу адгезію наповнювача з полімерною матрицею. Відомі дослідження для досягнення сумісності монтморилоніту з полярними полімерами, зокрема з поліамідом-6 (ПА-6), які полягають у інтеркаляції ММТ низькомолекулярними амінокислотами чи олігомерними четвертинними амонієвими солями за підвищених температур впродовж тривалого часу. Для підвищення розшарування ММТ в поліолефінових і стирольних нанокompatитах найчастіше використовуються кополімери малеїнової кислоти і етилену та вуглеводневі блок-кополімери, які містять функційні групи амінів, ангідридів, кислот і епоксидних смол. Змішування термопластичних полімерів з модифікованим монтморилонітом забезпечує підвищення термостійкості, вогнестійкості, жорсткості, твердості і механічної міцності композиту.

Нами запропонований спосіб інтеркаляції ММТ під дією ультразвуку у водному середовищі за допомогою полівінілпіролідону (ПВП), який, крім того, сприяє утворенню однорідних полімерних сумішей на основі амфіполярних полімерів. Зокрема, суміш ПВП з ПА-6 характеризується високим ступенем кристалічності та вищою температурою кристалізації. Завдяки фізичній взаємодії поліаміду з ПВП на основі водневих зв'язків зменшується полярність обох полімерів, що дає можливість змішувати його з поліпропіленом (ПП), без використання компатибілізаторів складної хімічної будови.

Внаслідок системних досліджень розроблено наномодифікатор нового типу для термопластів на основі ММТ та ПВП, методами ДТА, ДТГ, ТГ та рентгенографічного аналізів показано, що за умов змішування водних розчинів ПВП та ММТ в ультразвуковому полі між ними відбувається фізична взаємодія з утворенням композиту з підвищеною на 60°C термостійкістю порівняно з вихідним ПВП. Технологічною для використання як наномодифікатор є композиція складу ММТ:ПВП = 1:5, в якій інтеркаляція ММТ відбувається найповніше.

Показано, що модифікування в розтопі полікапроаміду-6 композитом на основі ММТ/ПВП сприяє підвищенню міцнісних, теплофізичних та електроізоляційних властивостей полікапроаміду, хоча суттєво знижується його деформативна здатність. Позитивний ефект модифікування монтморилоніт-полівінілпіролідиновою сумішшю проявляється в області концентрацій ММТ 5-7 %мас. до ПА-6. Зокрема міцність та модуль пружності під час згинання зростають більше, ніж у 2 рази, твердість – у 3 рази, теплостійкість за Віка збільшується на 20 °С, питомий об'ємний електричний опір зростає на порядок.

# THE USE OF MUSSEL SHELL AS AN ADDITIVE FOR POLY (LACTIC ACID) BASED GREEN COMPOSITES

*Metehan Ogulcan Lap<sup>1</sup>, Yasin Kanbur<sup>2</sup>, Umit Tayfun<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Chemistry Dept., Izmir Institute of Technology, metehanlap@std.iyte.edu.tr

<sup>2</sup>Metallurgical and Materials Engineering Dept., Karabuk University,  
yasinkanbur@karabuk.edu.tr

<sup>3</sup>Inovasens Ltd., Technopark Izmir, umit.tayfun@inovasens.com

Eco-friendly composites have been gathering much more attention since environmental concerns and regulations are increasing nowadays. Eco-composites have several advantages including biodegradability, recyclability, low weight and cost-effectiveness. These properties open ways to green composites for potential replacement with petroleum based materials in several application areas from packaging to transportation [1-3]. Fabrication of composites using polymers derived from natural resources such as poly (lactic acid) (PLA) with agricultural wastes makes material eco-friendlier [4-8].

In this study, mussel shell powder (MS) was obtained by grinding of MS wastes. MS containing PLA based bio-composites were developed via melt blending using lab-scale micro-compounder. Filler loadings were in the range 10% between 40% by weight. Test samples were prepared by injection-moulding process. The effect of mussel shell additions on mechanical, melt-flow, water uptake and morphological properties of PLA based eco-composites were investigated by tensile, shore hardness and impact tests, melt flow index test, water absorption test and SEM technique, respectively.

According to test results, inclusion of MS to PLA matrix caused slight improvements for tensile strength and modulus parameters. The optimum concentration of MS was estimated as 30% according to mechanical test data. MFI value of unfilled PLA showed no obvious change with the addition of MS which indicates that processing of composites can be performed practically in scale-up step. Water uptake of composites were found as higher than PLA. Dispersion of MS powder was examined by SEM photographs and it was observed that formations of agglomeration increase for higher loading levels of MS.

1. A.K. Mohanty, M. Misra, L.T. Drzal, Sustainable Bio-Composites from Renewable Resources: Opportunities and Challenges in the Green Materials World, *Journal of Polymer and Environment*, 10, 19, 2002.

2. P.K. Bajpai, I. Singh, J. Madaan. Development and characterization of PLA-based green composites: A review. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 27: 52-81, 2012.

3. M.P.M.Dicker, P.F. Duckworth, A.B. Baker, et al. Green composites: A review of material attributes and complementary applications. *Composites Part A Applied Science and Manufacturing*. 56: 280-289, 2014.

4. U. Tayfun, M. Dogan, E. Bayramli, Influence of surface modifications of flax fiber on mechanical and flow properties of TPU based eco-composites, *Journal of Natural Fibers*, 13(3), 309, 2016.

5. K. Kilinc, Y. Kanbur, U. Tayfun, Mechanical, thermo-mechanical and water uptake performance of wood flour filled polyurethane elastomer eco-composites: Influence of surface treatment of wood flour, *Holzforschung*, 73(4), 401, 2019.

6. U. Tayfun, M. Dogan, E. Bayramli, Effect of surface modification of rice straw on mechanical and flow properties of TPU-based green composites, *Polymer Composites*, 37(5), 1596, 2016.

7. U. Tayfun, M. Dogan, E. Bayramli. Investigations of the flax fiber/thermoplastic polyurethane eco-composites: Influence of isocyanate modification of flax fiber surface. *Polymer Composites*, 38(12): 2874, 2017.

8. S.D. Dogan, U. Tayfun, M. Dogan. New route for modifying cellulosic fibers with fatty acids and its application to polyethylene/jute fiber composites. *Journal of Composite Materials*, 50(18):2477–2485, 2016.

## **ВИРОБНИЦТВО ПОПЕРЕДНЬОІЗОЛЬОВАНИХ ТРУБ З ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Андрій Найда*

ТОВ «Калуський трубний завод»

[najda@polyplastic.ua](mailto:najda@polyplastic.ua)

В останній час для монтажу мереж теплопостачання, як підземного так і надземного виконання, використовують полімерні попередньо ізольовані труби (ПІТ) на основі пінополіуретану. Ця ідея не нова. Ще в 1960-х роках здійснювались дослідні роботи по використанні поліетиленових труб і вспінених полімерних матеріалів для ізоляції підземних теплових мереж. Однак цей напрямок не отримав широкого розповсюдження через обмежене виробництво і високовартісні полімерні матеріали. І лише в останнє десятиліття вдалось досягти значних досягнень у виробництві ПІТ труб, впровадити їх в серійне виробництво.

Сама технологія виробництва ПІТ труб є нескладною. Підготовлена провідна труба на основі зшитого поліетилену чи поліетилену підвищеної термостійкості, в попередньо нагрітому стані, подається на вузол запінення. Даний вузол складається з пристрою, що одночасно в певних пропорціях подає такі компоненти як поліол і ізоціанат. Провідна труба обгортається плівкою і в простір між плівкою і провідною трубою подаються в рідкому стані поліол і ізоціанат, які в результаті взаємодії утворюють ізоляційний шар з пінополіуретану. Провідна труба з ізоляційним шаром поступає на гофратор, який задає необхідні розміри ізоляційній оболонці і подає провідну трубу з ізоляційною оболонкою на покривну голову, куди подається розплав екструдованого поліетилену і обгортає оболонку теплоізоляції. Надалі труба з допомогою тягнучого пристрою подається на намотування в бухти або барабани.

В Україні зараз чинними є такі нормативні документи на виробництво ПІТ труб:

- ДСТУ Б.В.2.5-31:2007, що поширюється на трубопроводи для зовнішніх мереж гарячого водопостачання та теплових мереж зі сталі або структурованого поліетилену РЕ-Х із захисною оболонкою кільцевого перерізу з поліетилену чи металу, стійкого до атмосферної корозії, об'єднаних в одне ціле тепловою ізоляцією зі спіненого жорсткого поліуретану;

- ДСТУ –Н Б В.2.5-81:2015, що поширюється на проектування, будівництво полімерних попередньо ізольованих труб, які складаються з провідної труби на основі поліетилену РЕ-Х, РЕ-RT тип 2, теплоізоляції з пінополіуретану і захисної оболонки з поліетилену.

ТОВ «Калуський трубний завод» освоїв технологію виробництва провідних труб на основі поліетилену РЕ-RT тип 2, армованого високомодульними арамідними кевларовими нитками виробництва компанії DUPONT (Великобританія), що дозволило до 40% зменшити матеріаломісткість провідних труб при незмінних експлуатаційних і міцнісних характеристиках за рахунок зменшення товщини стінок.

Дана технологія передбачає отримання трубної екструдованої заготовки на основі поліетилену РЕ-RT тип 2, її охолодження і подачі на модуль намотки арамідних волокон. В залежності від типу труби йде намотка під певним кроком арамідних волокон по зовнішній оболонці заготовки, після чого отримана конструкція проходить крізь покривну голову, де на неї наноситься шар поліетилену на основі поліетилену РЕ-RT тип 2. Отримана провідна труба охолоджується в ванні орошення і подається на пристрій намотування в бухти чи барабани.

Для виробництва вищевказаних труб ТОВ «Калуський трубний завод» розробив і затвердив наступні технічні умови:

- ТУ У В.2.7-22.2-35615975-004:2019 «Труби полімерні гнучкі для мереж холодного, гарячого водопостачання та теплових мереж»

ТУ У В.2.7-22.2-35615975-005:2019 «Труби полімерні гнучкі армовані із зшитого поліетилену для мереж холодного, гарячого водопостачання та теплових мереж»



# VITAMIN A AND ITS DERIVATIVE AS NEW ATRP BIOINITIATORS FOR LINEAR AND GRAFT COPOLYMERS USED AS MICELLAR CARRIERS OF ACTIVE SUBSTANCES

*Justyna Odrobińska, Katarzyna Niesyto, Dorota Neugebauer*

Silesian University of Technology, Gliwice, Poland

justyna.odrobinska@polsl.pl

Retinol (RET) belongs to the active substances indicating good penetration into the epidermis and recovery effect, especially with regard to skin disorders like wrinkles, acne and hyperpigmentation [1]. 4-*n*-Butylresorcinol (4nBRE), a derivative of RET, is also a bioactive substance with a scientifically confirmed brightening effect. Additionally, laboratory tests have shown much higher effectiveness of 4nBRE compared to other substances with depigmentation effect, e.g. hydroquinone [2].

Because of the positive effects of RET and 4nBRE on the skin, they were used as precursors to obtain new initiators of the atom transfer radical polymerization (ATRP) being their bromoester derivative (RETBr, 4nBREBr) [3]. The obtained compounds successfully initiated ATRP reaction, and as a result amphiphilic copolymers of methyl methacrylate (MMA) and 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA) as well as MMA or HEMA with polyethylene glycol methyl ether methacrylate (MPEGMA) were synthesized. The amphiphilic copolymers with PEG grafts were also prepared by *pre-polymerization* strategy using “click chemistry” reaction, in which the azide functionalized PEG chains were grafted onto multifunctional polymethacrylates containing alkyne units [4]. The latter ones were obtained by RETBr or 4nBREBr initiated ATRP of alkyne functionalized HEMA (AIHEMA) and MMA.

The designed amphiphilic linear and graft copolymers showed tendency to micellization in aqueous solution at room temperature. The self-assembling behavior was employed to encapsulate arbutin (ARB), vitamin C (VitC) or vitamin E (VitE) into micelles. The loading contents for ARB and VitC were higher than for VitE (>50% vs ~20%, respectively). *In vitro* experiments carried out in the phosphate buffer solution (PBS) at pH 7.4, indicated the maximum release of ARB after at least 20 min, VitC within 10 min and VitE after 1.5-24h depending on the polymer amphiphilicity.

In respect to both encapsulation and release studies, the presented copolymers seem to be a good candidates for the potential delivery applications. The micellar systems with a short release time (up to 30 min) can be effective in the face masks, whereas the other ones delivering bioactive substance within longer time are perfect for cream application. The further studies on toxicity and diffusion through the artificial skin will verify biological potential of these systems for cosmetology.

## **Acknowledgements**

Scientific work was financed from budget funds for science in 2017-2020 as a research project under the "Diamond Grant" program.

1. Gianeti M.D., Wagemaker T.A.L., Seixas V.C., Maia P.M.B.G. The use of nanotechnology in cosmetic formulations: the influence of vehicle in the vitamin A skin penetration. *Curr. Nanosci.* 2012, pp. 526–534.

2. Kolbe L., Mann T., Gerwat W., Batzer J., Ahlheit S., Scherner C., Wenck H., Stab F. 4-*n*-butylresorcinol, a highly effective tyrosinase inhibitor for the topical treatment of hyperpigmentation. *J. Eur. Acad. Dermatol. Venerol.* 2013, pp. 19-23.

3. Odrobińska J., Neugebauer D. Retinol derivative as bioinitiator in the synthesis of hydroxyl-functionalized polymethacrylates for micellar delivery systems. *Express Polym. Lett.* 2019, pp. 806-817.

4. Odrobińska J., Niesyto K., Erfurt K., Siewniak A., Mielańczyk A., Neugebauer D. Retinol-containing graft copolymers for delivery of skin-curing agents. *Pharmaceutics.* 2019, pp. 1-17.

# ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВЗУТТЯ

Ю. Фордзюн<sup>1</sup>, О. Андреева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Мукачівський державний університет,

<sup>2</sup>Київський національний університет технологій та дизайну,  
[andreyevaolga@rambler.ru](mailto:andreyevaolga@rambler.ru), [yurijford@gmail.com](mailto:yurijford@gmail.com)

В умовах дефіциту та дорожнечі натуральної сировини (традиційних матеріалів) виробники взуття змушені застосовувати штучні, синтетичні та комбіновані матеріали на основі полімерів. До основних переваг полімерних матеріалів можна віднести доступність та невисоку ціну, широкий діапазон механічних властивостей (тверді, м'які), надійність і довговічність, а також високу технологічність в умовах масового виробництва. Однак, не слід забувати і про їх суттєвий недолік – низькі гігієнічні властивості.

За здатністю поглинати та передавати вологу у вигляді пари або крапель, що виділяються потовими залозами людини в процесі життєдіяльності, синтетичні матеріали суттєво поступаються натуральному. Зазначене цілком узгоджується із розробленою авторами методологією (графічно-числовим способом) кількісного оцінювання гігієнічних властивостей штучних, синтетичних і натуральних шкір за показниками гігроскопічності, вологовіддачі, паропроникання, капілярності та намокання, які визначаються за стандартними методиками [1].

Напрацьований досвід з вивчення та систематизації гігієнічних властивостей взуттєвих матеріалів різної природи та походження може бути використаний для вирішення проблемних питань волого-температурної комфортності, як складової загальної комфортності готового виробу, важливого споживчого показника якості взуття. Дана проблема особливо актуальна з урахуванням сидячого способу діяльності людини у закритих приміщеннях, в умовах непередбачуваної мобільності та урбанізації, і, на жаль, все більш поглиблюватиметься з огляду на фактор глобального потепління.

Метою роботи було обґрунтувати доцільність та перспективи використання композиційного матеріалу на основі еластомерів для виготовлення внутрішніх деталей взуття, які безпосередньо контактують зі шкірою стопи людини.

Для реалізації сформульованої мети поставили завдання розробити номенклатуру показників якості такого композиційного матеріалу для взуття, який поєднуватиме у собі переваги як полімерних (*полімерна матриця*), так і біогенних матеріалів у вигляді волокон та дрібнодисперсних компонентів (*фаза наповнювача*). За об'єкт дослідження обрали номенклатуру показників якості композиційних матеріалів, а за предмет – основну устілку, деталь взуття, стосовно якої можна розглядати увесь спектр споживчих та гігієнічних вимог системи «взуття-споживач-середовище».

Для забезпечення номенклатурних вимог у роботі застосували показники гігроскопічності, вологості, змочування, капілярності, паропроникання, намокання, вологовіддачі, які відображають здатність матеріалу поглинати, передавати та віддавати вологу, що може утворювати різні типи зв'язків з контактуючим матеріалом. За цими показниками передбачається оптимізувати склад композиційного матеріалу. Для оцінювання фізико-механічних властивостей останнього пропонуються такі показники як щільність, твердість за Шором, міцність на розрив, пружність, постійна деформація стиснення, опір стиранню. Все це дозволить належним чином оцінювати якість матеріалу для взуття. Перспективним завданням наукового дослідження є створення сучасного композиційного еластичного матеріалу з певною функціональністю, який буде здатний протидіяти надмірному потінню стопи споживача під час експлуатації взуття.

1. Yu. Fordzyun, O. Andreyeva, L. Maistrenko. The problems of objective evaluation of consumer properties of artificial, synthetic and natural fiber materials for the light industry // Baltic Polymer Symposium 2012. Program and abstracts. – Liepaja, Latvia, September 19-22, 2012. – Riga Technical University, 2012. – p. 59–60.

# ВЛАСТИВОСТІ ПЕ КОМПОЗИЦІЇ НАПОВНЕНИХ КОЛОЇДНИМ ГРАФІТОВИМ ПРЕПАРАТОМ МАРКИ С1

*Галина Баб'як*

ТОВ «Калуський трубний завод»

[lab.katz@polyplastic.ua](mailto:lab.katz@polyplastic.ua)

Сучасний розвиток техніки вимагає створення нових полімерних електропровідних композиційних матеріалів. Це стосується, зокрема, таких сфер промисловості, які пов'язані з використанням антистатичних покриттів, напівпровідників, а також труб для пневмотранспортування гранульованих розсипних вибухових речовин. Для створення таких матеріалів в полімер вводять або наносять на поверхню спеціальну добавку, яка утворює струмопровідну структуру. В якості такої добавки частіше всього використовують вуглецеві і металеві наповнювачі. Продукція має строго певними властивостями за питомою об'ємною електроопору для запобігання утворення статичної електрики.

Метою дослідження властивості ПЕ композиції наповнених колоїдним графітовим препаратом марки С1 стало замовлення на труби для пневмотранспортування гранульованих розсипних вибухових речовин. Для одержання композиції були використані поліетилен низького тиску (ПЕНТ) марки Р6006 AD та колоїдний графітовий препарат марки С1.

Композиції отримували у вигляді плівок на лабораторному обладнанні. Зміст наповнювача в цих композиціях було обмежено 20% мас. Через те, що при більшому наповненні композиції різко погіршуються її фізико-механічні показники - утворюється крихкий матеріал, непридатний для експлуатації.

Для визначення питомого об'ємного електричного опору композиції використовували лабораторну установку, яка складається з тераометру і електронного пристрою для вимірювання електричного опору зразка композиції.

Компоненти	Вміст компонентів в поверхневому шарі композиції, в % мас.			
Колоїдний графітовий препарат	-	10	15	20
Питомий об'ємний електричний опір, Ом·м	$2,12 \cdot 10^{12}$	$5,30 \cdot 10^6$	$5,30 \cdot 10^4$	$9,54 \cdot 10^2$
Межа текучості при розриві, МПа	26,0	21,3	21,6	25,1
Відносне видовження при розриві, %	300	101	61	59
Модуль пружності, МПа	8,7	21,1	35,3	42,5
Показник текучості розплаву, г/10хв.	0,37	0,40	0,42	0,42
Термостабільність, хв.	60	16	27	14

Термостабільність – одне з найважливіших властивостей, як поліетиленової композиції, так і самої труби. З часом поліетилен піддається термоокислювальній деструкції, що в кінцевому рахунку позначається на його властивості (міцності). Це явище особливо виражене на внутрішній поверхні труби, де необхідні стабілізатори з часом «вимиваються». Тому дуже важливу роль відіграє не тільки гомогенний розподіл, але й також тип (марка) як термо-, так і світлостабілізатори (зокрема сажі). Термостабільність визначається методом диференціального термічного аналізу на термічному аналізаторі або калориметрі

Розроблено склад струмопровідних ПЕ композицій на основі ПЕНТ та наповнювача з колоїдного графітового препарату, які переробляли екструзійним методом. Найкращі показники має композиція з вмістом колоїдного графітового препарату у кількості 15% мас.

# КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ІЗОЦІАНУРАТВМІСНОГО ПОЛІУРЕТАНУ З ПРОЛОНГОВАНИМ ВИВІЛЬНЕННЯМ ДОКСОРУБІЦИНУ

*С.А. Лукашевич, Р.А. Рожнова, Г.А. Козлова, Л.Ю. Нечаєва*

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України

e-mail: [rozhnovarita@gmail.com](mailto:rozhnovarita@gmail.com)

На основі поліоксипропіленгліколю, ТДІ (2,4-;2,6-толуїлендіізоціанату), ізоціанураути ТІТГМІ (2,4,6-триізоціанат (трисгексаметилен)ізоціанураути), доксорубіцину та подовжувача ланцюга — дигідрозиду адипінової кислоти (ДАК) за різного мольного співвідношення ТДІ до ізоціанурата синтезовано нові полімерні матеріали з ізоціануратними вузлами розгалуження.

В останні роки активно проводяться роботи по створенню пролонгованих полімерних форм з доксорубіцином. Увагу вчених привертають дослідження пов'язані з методами та механізмами іммобілізації доксорубіцину, дослідження його біологічної активності, здатності до пролонгованого вивільнення лікарської речовини, впливу на структуру та властивості полімерних матриць тощо [1].

На сьогоднішній день досліджено здатні до біодеструкції полімерні системи з доксорубіцином з різними способами іммобілізації та вивільнення лікарського препарату отримані на основі гомополімерів (поліметакрилової кислоти, ПВС, полі-N-[2-гідроксипропіл]акриламід), гетероцепних полімерів (поліетиленімін, поліетиленгліколі, полі- $\alpha$ -L-амінокислоти, поліаміди, поліефіри, поліфосфазени) і біополімерів (полісахариди, протеїни, нуклеїнові кислоти).

Також одним з підходів щодо зміни структури, фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей, які зумовлюють експлуатаційні характеристики кінцевого продукту, є використання різних подовжувачів макроланцюга при синтезі поліуретанової матриці[1].

Іммобілізація доксорубіцину на вищезазначеній полімерній матриці дасть змогу отримати біологічно активні полімерні матеріали з пролонгованим вивільненням лікарського препарату, які в подальшому можуть бути як імплантати м'яких тканин для місцевого лікування патологічних захворювань.

Метою роботи є розробка композиційних матеріалів з доксорубіцином основі ізоціануратвмісного поліуретану та дослідження динаміки вивільнення лікарської речовини в умовах *in vitro*.

Отримано ряд композиційних матеріалів з ізоціануратними вузлами розгалуження та лікарським препаратом доксорубіцином на основі основі ООПГ, ТДІ, ізоціанураути ТІТГМІ, що містять подовжувач ланцюга — дигідрозид адипінової кислоти за різного мольного співвідношення ТДІ до ізоціанураути. [1]

За проведеними дослідженнями встановлено залежність міцності при розриві і відносного подовження в поліуретанах розгалуженої будови від співвідношення ТДІ до ТІТГМІ. З отриманих даних випливає, що найбільше значення міцності при розриві спостерігається у зразках синтезованих за мольного співвідношення ТДІ/ТІТГМІ – 0,75/1,25.

За результатами дослідження динаміки виходу лікарського препарату було встановлено, що зі збільшенням вмісту ізоціануратної складової в полімерній матриці збільшується кількість вивільненого доксорубіцину, при цьому а в зразках, синтезованих за мольного співвідношення ТДІ/ТІТГМІ як 0,75/1,25 спостерігається максимальний вихід доксорубіцину, що терміном на 35 діб складає 34 %.

1. С. А. Лукашевич, Р. А. Рожнова, Н. А. Галатенко, Г. А. Козлова. Розробка методу синтезу поліуретанів з ізоціануратними вузлами розгалуження. Дослідження їх структури та властивостей. Вісник ОнУ. Хімія. 2016. том 21, вип. 4(60).

## METAL-FILLED POLYMER COMPOSITES

*Volodymyr Moravskiy<sup>1</sup>, Anastasiya Kucherenko<sup>1</sup>, Marta Kuznetsova<sup>1</sup>, Ludmila Dulebova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Lviv National Polytechnic University, <sup>2</sup>Technical University of Kosice

e-mail: [vmoravsky@gmail.com](mailto:vmoravsky@gmail.com)

Metal-filled polymer composites, as class of intensively researched materials, are increasingly used in a wide variety of industries. This is due to the combination of the properties of two different classes of materials. The metal in these composites is responsible for providing unique non-polymeric properties: thermal and electrical conductivity, magnetic properties, shielding from electromagnetic radiation, high density, etc. At the same time, the polymer provides the composite high workability and the ability to processing by high-performance methods, which allows obtaining high quality serial products with minimal labor costs.

Metal-filled polymer composites can be used as a basis for creating highly efficient thermal energy storage system that, due to the heat of the phase transition, can accumulate a much greater amount of heat per unit mass compared to materials without a phase transition with heat accumulation only due to the heat capacity of the material. In this regard promising are highly crystalline and large-tonnage polymers such as polyethylene, polypropylene, polyamide, polyethylene terephthalate, etc. In particular, for polyethylene terephthalate is widely used the collection of recyclables, which will also expand the scope of its possible recycling and reuse. The reuse of polymeric waste contributes to the solution number of acute environmental and socio-economic problems, as well as the ability to create low-cost thermal energy storage system. The creation of high-efficiency thermal energy storage system has been particularly aggravated following the widespread introduction of alternative sources of electricity and heat (solar heating systems), as well as the introduction of preferential "night tariffs" for electricity.

The use of metal-filled polymer composites in more conventional industries can also solve a number of problems. For example, the use of such composites for the manufacture of gears or rolling pairs will increase the speed at which these nodes can operate. This can be reached by better thermal conductivity of metal-filled polymer composites, which will allow more efficient removal of heat from these nodes. In addition the use of metals, in particular copper, will reduce friction for a number of materials and increase their durability. The development of shielding (protective) composites needs first of all the uniform distribution of metal in the polymer matrix and the possibility of introducing of metal filler in the form of two-dimensional elongated structures that will significantly increase shielding properties.

These examples are only a small part of the possible applications of metal-filled polymer composites, but they also confirmed that research into the development of new technologies for the production of such composites and the study of their properties is a promising scientific and practical area.

The publication contains the results of studies conducted by President's of Ukraine grant for competitive projects  $\Phi 84/56870$

**TEMPERATURE-RESPONSIVE GRAFTED POLYMER BRUSHES:  
POLY(BUTYL METHACRYLATE) VS POLY(BUTYL ACRYLATE)  
WITH TEMPERATURE-CONTROLLED ORIENTATION OF PROTEINS**

*Ostap Lishchynskyi<sup>1</sup>, Kamil Awsiuk<sup>2</sup>, Yuriy Stetsyshyn<sup>1</sup>, Joanna Raczkowska<sup>2</sup>, Andriy Kostruba<sup>3</sup>, Halyna Ohar<sup>1</sup>, Yana Shymborska<sup>1</sup>, Svyatoslav Nastyshyn<sup>2</sup>, Andrzej Budkowski<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Department of Organic Chemistry, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

<sup>2</sup>Smoluchowski Institute of Physics, Jagiellonian University, Kraków, Poland

<sup>3</sup>Department of Physics and Mathematics, Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine  
E-mail: oslishchynskyi@gmail.com

Poly(n-butyl methacrylate) (PBMA) and poly(n-butyl acrylate) (PBA) grafted polymer brushes attached to glass were fabricated in a three step process involving surface initiated atom transfer radical polymerization. The thicknesses and composition of the PBMA and PBA coatings were examined using ellipsometry and time-of-flight secondary ion mass spectrometry (ToF-SIMS), respectively.

For PBMA, the glass transition temperature constitutes a range close to the physiological temperatures, which is in contrast to PBA, where the glass transition temperature is around  $-55$  °C. Atomic force microscopy studies at different temperatures suggest a strong morphological transformation for PBMA coatings, in contrast to PBA, where such essential changes in the surface morphology are absent. Besides, for PBMA coatings, protein adsorption depicts a strong temperature dependence.

The combination of bovine serum albumin and anti-IgG structure analysis with the principal component analysis of ToF-SIMS spectra revealed a different orientation of proteins adsorbed to PBMA coatings at different temperatures.

1. Stetsyshyn, Y.; Raczkowska, J.; Lishchynskyi, O.; Awsiuk, K.; Zemła, J.; Dąbczyński, P.; Kostruba, A.; Harhay, K.; Ohar, H.; Orzechowska, B.; Panchenko, Y.; Vankevych, P.; Budkowski, A. Glass transition in temperature-responsive poly(butyl methacrylate) grafted polymer brushes. Impact of thickness and temperature on wetting, morphology, and cell growth. *J. Mater. Chem. B*, 2018, 6, 1613-1621.

2. Awsiuk, K.; Stetsyshyn, Y.; Raczkowska, J.; Lishchynskyi, O.; Dąbczyński, P.; Kostruba, A.; Ohar, H.; Shymborska, Y.; Nastyshyn, S.; Budkowski, A. Temperature-controlled orientation of proteins on temperature-responsive grafted polymer brushes. Poly(butyl methacrylate) versus poly(butyl acrylate): Morphology, wetting and protein adsorption. *Biomacromolecules*, 2019, 20, 2185-2197.

**СТЕНДОВА СЕСІЯ**  
**POSTER PRESENTATIONS**

# ЗАКОНОМІРНОСТІ ОДЕРЖАННЯ ГІДРОГЕЛЕВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У ПРИСУТНОСТІ МЕТАЛОВМІСНИХ НАПОВНЮВАЧІВ

*Галина Дудок, Наталія Семенюк, Володимир Скорохода*

Національний університет “Львівська політехніка”

м. Львів, вул. С. Бандери 12, 79013 Україна

e-mail: galyna\_lukan@ukr.net

Серед великої кількості полімерних матеріалів значна увага приділяється гідрогелевим композитам з власною електронною провідністю та магнітною чутливістю [1, 2]. Магніточутливі та електропровідні полімерні матеріали ефективно використовуються у порівняно нових галузях науки і техніки, зокрема, в нанотехнологіях, засобах відображення інформації, перетворювачах енергії нового типу. Перспективним є застосування таких матеріалів в електро- та радіотехнічній, електронній, медичній та в інших галузях для отримання струмопровідних адгезивів, герметиків, заливних композицій та антистатичних покриттів на металевих і неметалевих поверхнях.

Метою роботи було встановити можливість одержання наповнених гідрогелевих композитів на основі (ко)полімерів гідроксіетилметакрилату (ГЕМА) з полівінілпіролідом (ПВП), використовуючи для ініціювання полімеризації (бі)металеві феромагнітні частинки, та вивчити вплив природи та кількості металовмісного, у т.ч. (феро)магнітного, наповнювача на закономірності полімеризації.

У дослідженнях використовували наповнювачі різної дисперсності та природи, зокрема (бі)метали на основі Fe, Zn, Cu, Ni, Co, утворені осадженням металів з водних розчинів їх солей на частинках заліза та тонкодисперсний колоїд Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, який одержували хімічним осадженням солей феруму Fe(III) та Fe(II) з їх водного розчину амонію гідроксидом. Для підтвердження осадження на частинках заліза інших металів виконували мікроскопічні дослідження з використанням скануючого електронного мікроскопу ZEISS EVO-40XVP із системою кількісного мікроаналізу INCA Energy 350.

Досліджено вплив температури, концентрації і природи наповнювача, співвідношення ГЕМА:ПВП на кінетику полімеризації досліджуваних композицій. У випадку полімеризації композицій, ініційованих пероксидом бензоїлу (ПБ), у присутності тонкодисперсного колоїду Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> за температури 348 К можна досягнути граничних конверсій мономера у межах 85...90 % уже через 1 год. Полімеризація цих же композицій без ПБ відзначається яскраво вираженим індукційним періодом, після якого полімеризація відбувається зі співрозмірною для першого випадку швидкістю. На перебіг полімеризації суттєво впливає і розчин електроліта, зокрема, натрію хлориду, який створює електропровідне середовище. Під час полімеризації в його присутності зростає швидкість полімеризації і досягається вища ступінь перетворення мономера. Композиція з біметалом, вміст міді на поверхні якого 99%, в умовах експерименту не полімеризувалась. Очевидно, що мідь у даному випадку інгібує полімеризацію.

Композити, наповнені тонкодисперсним Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, полімеризуються з меншою швидкістю, однак зі значно меншим індукційним періодом, порівняно з біметалом Fe–Cu.

Встановлено вплив ПВП на кінетику полімеризації досліджуваних композицій. На відміну від полімеризації цих же композицій без наповнювача, ініційованих пероксидними чи азоініціаторами, а також комплексами ПВП із йонами металів змінного ступеню окиснення, із збільшенням кількості ПВП початкова швидкість полімеризації зменшується. Виконані дослідження використані для обґрунтування технологічних режимів одержання композиційних матеріалів.

1. Heeger A.J. Semiconducting and metallic polymers: the fourth generation of polymeric materials// Synth.Metals.–2002.–Vol.123.–P.23-42.

2. Skorokhoda V., Suberlyak O. Effect of magnetic field on the structure formation and properties of HEMA/PVP copolymers/ Engineering of Biomaterials.–2009.–Vol.12.–№86.–P.2-4.



# NANOCOMPOSITE HYDROGEL FILMS BASED ON POLYVINYL ALCOHOL

<sup>1</sup>*Volodymyr Krasinskyi*, <sup>1</sup>*Viktoria Antoniuk*, <sup>2</sup>*Tomasz Jachowicz*, <sup>3</sup>*Ivan Gajdos*

<sup>1</sup>Department of Chemical Technology of Plastics Processing, Lviv Polytechnic National University

<sup>2</sup>Department of Polymer Processing, Lublin University of Technology, Poland

<sup>3</sup>Department of Mechanical Engineering Technologies and Materials, Slovakia

e-mail: [vkrasinsky82@gmail.com](mailto:vkrasinsky82@gmail.com)

Nanocomposites are a new class of alternative materials in which nanosized fillers are dispersed into a polymer matrix, resulting in improved elasticity, strength, thermal stability, fire resistance, and barrier properties. In this regard, nanocomposites are an attractive alternative to polymer-filled disperse powders for use in the packaging, medical, automotive and other industries. Currently, layered silicates, in particular montmorillonite (MMT), hectorite, and saponite, are the most used nanofillers. Polymer molecules can intercalate in a gallery of layered silicates, pushing the layers and creating a nanocomposite.

Polyvinyl alcohol (PVA) is used in the industrial, commercial, medical, and food sectors to produce many products, such as varnishes, resins, surgical yarns, and food packaging, that are often in contact with food. Therefore, improving the mechanical and chemical stability of PVA is an urgent problem that can be successfully solved by combining PVA with layered silicates.

A method for obtaining nanocomposite films based on PVA and MMT intercalated with polyvinylpyrrolidone (PVP) was previously developed. Intercalated PVP MMT is easily distributed into PVA aqueous solutions without agglomerate formation. PVA:MMT = 12:1 is optimum in terms of film strength and water resistance. The objective of this work was to investigate the influence of composition and production conditions on the structure and thermal characteristics of the developed nanocomposites using XRD and DSC analyses.

SUNDY PVA 088-20 from the Chinese firm "Sinopec Sichuan Vinyon Works" (PVA 088-20, 23 mPa·s) was used for producing films. 8% (by weight) solutions of PVA in water were used. MPM (MMT:PVP = 1:5) was added to the prepared PVA solutions in the amount such that the ratio of PVA:PVP elementary links should be 12:1. At the same time compositions based on PVA with similar amounts of unmodified MMT were prepared. The resulting mixtures were treated for 3 minutes with 22 kHz ultrasound using a "Wave UZTA-0.4/22-OM". To obtain films, the mixture was poured into special forms with a polyethylene lining. After formation, the film was dried in air at room temperature. The resulting films were separated from the form and subjected to heat treatment in an oven at 110 °C for 30 minutes. To obtain water-insoluble films, 5 wt.% acrylic acid and 0.5 wt.% polymerization initiator (FeSO<sub>4</sub>) were added to these solutions. The behavior of the obtained films in water was investigated. Only a heat-treated film containing acrylic acid is water-insoluble.

It was established that the modification of PVA by intercalated MMT reduces the degree of crystallinity of the resulting nanocomposites but significantly increases their thermal stability. The composites with unmodified MMT, heat-treated at 110 °C, have the highest degree of crystallinity. Under an ultrasound, intercalated MMT is completely distributed in a PVA solution to form a monocrystalline structure. The composites with intercalated MMT are characterized by a 21 °C higher heat resistance and a lower weight loss compared to the initial PVA and to composites containing nonintercalated MMT. Nanocomposite thermal treatment at 110 °C does not have a practical effect on their thermal stability. Films based on PVA with modified MMT, cross-linked at 110 °C in the presence of acrylic acid and initiator, have a homogeneous cross-linked structure formed due to the chemical and physical cross-linking.

The publication contains the results of studies conducted by President's of Ukraine grant for competitive projects Φ84/56870.

# ЗАКОНОМІРНОСТІ СИНТЕЗУ І МОДИФІКУВАННЯ ПОЛІМЕР-НЕОРГАНІЧНИХ (НАНО)КОМПОЗИТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ УЛЬТРАЗВУКУ

*Володимир Скорохода, Ірина Дзяман, Галина Дудок, Наталія Семенюк*

Кафедра хімічної технології переробки пластмас,  
Національний університет “Львівська політехніка”

м. Львів, вул. С. Бандери 12, 79013 Україна

e-mail: galyna\_lukan@ukr.net

У біомедичній практиці для регенерації пошкодженої кісткової тканини широко використовують пористі композиційні матеріали на основі мінеральних наповнювачів і біологічно сумісних полімерних зв'язних. Сьогодні зусилля у цій області досліджень скеровані на пошук оптимальних варіантів складів композицій і структур композитів, практичних можливостей направлено регулювання їх властивостей з використанням різних модифікувальних агентів та процедур. Серед великого розмаїття мінеральних наповнювачів значний інтерес привертають такі наповнювачі, як гідроксіапатит (ГА), воластоніт, монтморилоніт, склокераміка тощо. Окремий інтерес представляє вивчення модифікувального впливу ультразвукового поля на полімери і ініціювання полімеризації, оскільки ультразвукова обробка є ефективним методом, який дає змогу інтенсифікувати технологічні процеси і суттєво покращити експлуатаційні характеристики композиційних матеріалів.

Досліджено закономірності синтезу полімерних композитів і нанокompозитів на основі композицій 2-гідроксіетилметакрилату (ГЕМА) з полівінілпіролідом (ПВП), наповнених мінеральними наповнювачами під дією ультразвуку (УЗ), у т.ч. у присутності наночастинок срібла. Виявлено, що гомополімеризація ГЕМА без наповнювача в умовах експерименту не відбувається. У присутності ПВП без ГА композиції ГЕМА полімеризуються з невисокою швидкістю. Мінеральні наповнювачі формують в композиціях гетерогенне середовище. Такі композиції під дією УЗ полімеризуються дуже швидко. Важливо зазначити, що полімеризація супроводжується одночасним спінюванням композиції. Це надає додаткові техніко-економічні переваги під час розроблення технологічного процесу одержання пористих композитів. Використання ультразвуку дає змогу здійснювати полімеризацію за кімнатних температур. Початкова швидкість полімеризації у цьому випадку більше ніж у 20 разів вища порівняно з полімеризацією без УЗ навіть якщо остання здійснена за вищої температури.

Результати досліджень впливу температури, інтенсивності УЗ, природи і кількості наповнювача, концентрації мономера на швидкість полімеризації дали змогу розрахувати кінетичні параметри полімеризації, ініційованої УЗ. Встановлено, що швидкість полімеризації в інтервалі 293...333 К незначно змінюється з температурою, ефективна енергія активації полімеризації композиції складу ГЕМА:ПВП:ГА=8:2:10 мас.ч. складає 8 кДж/моль. Досліджено параметри прищеплення та склад кополімерів. Запропоновано ймовірні хімізми реакції полімеризації ГЕМА у присутності ПВП залежно від природи наповнювачів під дією УЗ. Підібрано оптимальний склад полімер-неорганічних (нано)композитів та умови здійснення полімеризації композиції ГЕМА-ПВП-ГА, ініційованої УЗ - ГЕМА:ПВП:ГА=7:3:10 (мас.ч.), температура 293 К, інтенсивність УЗ 120 ВА, тривалість синтезу 2 хв.

# ДОСЛІДЖЕННЯ АДСОРБЦІЇ ВОДИ ГІДРОГЕЛЯМИ НА ОСНОВІ КОПОЛІМЕРІВ ГЕМА-ПВП

*Юрій Мельник, Наталія Семенюк, Катерина Шаповал, Володимир Скорохода*  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра хімічної технології переробки пластмас  
79013, Львів, вул. С. Бандери, 12; e-mail: yuriy.ua.melnyk@lpnu.ua

Вивчення сорбційних властивостей полімерів має значне практичне значення у випадку використання їх для виготовлення плівкових матеріалів, мембран або покриттів. Проникність полімерів відносно газів, парів і рідин визначається сорбційною здатністю і коефіцієнтом дифузії сорбату, які можуть бути розраховані за даними сорбційних вимірювань. Вивчення сорбції – ефективний метод оцінки пористості матеріалів.

Сорбційна здатність (ємність) щодо води з повітря є важливою характеристикою гідрофільних матеріалів, призначених для виготовлення лікувальних або косметичних плівок. Гідрогелі здатні сорбувати вологу з об'ємної і парової фази. Поглинання вологи відбувається внаслідок сорбції; спочатку вона накопичується в поверхневому шарі, а потім дифузійно розподіляється в об'ємі. Вологість матеріалу визначається його пористістю, відносною вологістю середовища та тривалістю перебування у ньому.

Мета роботи – дослідити адсорбційну здатність щодо води гідрогелів на основі (ко)полімерів 2-гіроксіетилметакрилату (ГЕМА) і полівінілпіролідону (ПВП) залежно від їхнього композиційного складу та кількості та дисперсності наповнювача.

Зразки гідрогелів синтезували у вигляді пластин 10×10×2 мм ініційованою персульфатом калію блоковою термopolімеризацією композицій ГЕМА–ПВП у водному середовищі, при співвідношенні ГЕМА:ПВП = 100...70:0...30 мас.ч. [1]. Використовували ПВП з молекулярною масою  $10 \cdot 10^3$  г/моль, як наповнювач – гранульні кополімери “Сферогель” (ГЕМА:ПВП = 4:1 мас.ч.) таких фракцій,  $d_{\text{сер}}$ , μм: СГ-1 < 300; СГ-2 = 350; СГ-3 = 500; СГ-4 = 800. Сорбцію гідрогелями вологи з повітря вивчали в стандартній адсорбційній установці за температури 20 °С. На основі сорбційних вимірювань були побудовані кінетичні криві адсорбції води ( $X$ , %) з повітря гідрогелями ГЕМА–ПВП і визначено їхній рівноважний вміст вологи і час його досягнення. Також були розраховані ступінь сорбції вологи ( $\alpha_{\text{св}}$ ) і швидкість сорбції вологи ( $V_{\text{св}}$ ) синтезованими гідрогелями.

Встановлено, що рівноважний вміст вологи для всіх синтезованих гідрогелів досягається приблизно за 7 діб. Найбільший вплив на адсорбцію води з повітря має вміст ланок ПВП у складі гідрогелю ( $X = 21$  % для ГЕМА:ПВП=7:3,  $X = 1,3$  % для гомopolімеру ПГЕМА), вміст  $\text{H}_2\text{O}$  у складі формувального розчину, а також кількість і розмір гранул “Сферогелю”. Найвищий рівноважний ступінь сорбції вологи  $\alpha_{\text{св}\infty} = 0,37$  спостерігається для гідрогелю з вмістом ПВП 30 %, а найменша для гідрогелю на основі гомopolімеру ПГЕМА ( $\alpha_{\text{св}\infty} = 0,013$ ). Найвища швидкість сорбції вологи спостерігається для гідрогелю ГЕМА:ПВП=4:1 із найвищим вмістом “Сферогелю” (10 % мас.) –  $V_{\text{св}} = 7,23 \cdot 10^{-7} \text{ c}^{-1}$ , а найменша – для гомopolімеру ПГЕМА ( $V_{\text{св}} = 0,22 \cdot 10^{-7} \text{ c}^{-1}$ ).

Отже, збільшення частки полівінілпіролідону та води у складі формувальних розчинів, а також кількості та розміру наповнювача “Сферогель” підвищують адсорбційну здатність щодо води з повітря гідрогелів на основі кополімерів ГЕМА–ПВП. Це дозволяє направлено в широких межах регулювати їхню сорбційну ємність підбором композиційного складу, вмістом і дисперсністю наповнювача під час синтезу гідрогелів.

1.Skorokhoda V., Melnyk Yu., Semenyuk N., Ortynska N., Suberlyak O. Film hydrogels on the basis of polyvinylpyrrolidone copolymers with regulated sorption-desorption characteristics // Chemistry & Chemical Technology. – 2017. – Vol. 11, № 2. – P. 171–174.

# ОСОБЛИВОСТІ ОДЕРЖАННЯ СФЕРИЧНИХ ГІДРОГЕЛІВ ЯК ПОЛІМЕРНИХ НОСІЇВ ДЛЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЬОВАНОГО ВИВІЛЬНЕННЯ ЛІКІВ

*Наталія Семенюк, Галина Дудок, Володимир Скорохода*

Національний університет “Львівська політехніка”

кафедра хімічної технології переробки пластмас

e-mail: natsemenyuk@yahoo.com

Досліджено особливості одержання двома способами гідрофільних сферичних носіїв ліків на основі кополімерів 2-гідроксіетилметакрилату (ГЕМА) з полівінілпіролідом (ПВП) дисперсійною полімеризацією. За першим двостадійним способом одержували гранульні гідрогелі суспензійною кополімеризацією композицій ГЕМА з ПВП, які потім насичували лікарською речовиною з її водних або спиртових розчинів. За другим способом полімерні частинки одержували в одну стадію суспензійною кополімеризацією композицій у присутності лікарських засобів.

Досліджено вплив ПВП та природи ініціатора на розмір та форму полімерних частинок. Під час суспензійної гомополімеризації ГЕМА, а також у присутності невеликої кількості ПВП не вдалося сформувати якісні полімерні частинки, а отримано лише агломерати. Підвищення кількості ПВП у вихідній композиції сприяє укрупненню полімерних частинок і їх однорідності. Із збільшенням кількості зшивального агента (диметакрилата етиленгліколю) зростає середній діаметр частинок. Як ініціатори використовували динітрил азо-біс-ізомаляної кислоти (ДАК), пероксиди бензоїлу (ПБ) та лаурилу (ПЛ), а також ініціувальну систему на основі комплексу ПВП з йонами феруму (II, III). Регулярні полімерні частинки були одержані, коли як ініціатор використовували ПБ та ДАК. Під час використання ДАК та ПЛ були одержані полімерні частинки менших розмірів, а у випадку ПЛ також і неправильної сферичної форми. Зі збільшенням вмісту солей феруму середній діаметр частинок збільшується. Найоднорідніші частинки сформовані за вмісту феруму (II) сульфату 0,2 мас. %. У випадку використання феруму (III) сульфату навіть за меншого вмісту мономерної фази формуються полімерні гранули більшого діаметра і полі дисперсності.

Кополімери ГЕМА з ПВП відзначаються пористішою порівняно з поліГЕМА структурою, з розвинутими порами не залежно від природи ініціувальної системи, що поряд з наявністю більшої кількості функційних груп визначає їх кращу сорбційну здатність.

Двостадійний метод одержання гранульних пролонгаторів ліків, за яким спочатку синтезують гранули, а потім насичують їх ліками, має той суттєвий недолік, що сорбційна здатність гідрогелів обмежена і для такого класу зазвичай не перевищує 0,01 г лікарського засобу на 1 г полімеру. У цьому зв'язку авторами запропоновано одностадійний спосіб, який передбачає синтез гранульних кополімерів у присутності ліків. За цим способом ліки вводили у полімер-мономерну композицію на початку синтезу. Кількість ліків у композиції була значно більшою і знаходилась в межах 5...30 мас.%. Як лікарські форми були використані тіотриазолін, омепразол, ізоніазид, амлодипіну бензоат. У присутності перелічених ліків вдалося успішно здійснити суспензійну полімеризацію композицій ГЕМА з ПВП без зміни температурно-часових факторів і отримати сферичні полімерні частинки. Додавання в полімер-мономерну композицію ліків призводить до зменшення розмірів полімерних частинок, найменші за розмірами частинки одержані у присутності ізоніазиду.

Синтезовані кополімери рекомендовані для використання як полімерні носії для систем пролонгованого і контрольованого вивільнення ліків.

## ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ МЕТАЛІЗАЦІЇ ГРАНУЛЬОВАНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ СИРОВИНИ

*Анастасія Кучеренко<sup>1</sup>, Володимир Моравський<sup>1</sup>, Соломія Манькевич<sup>1</sup>, Іван Гайдос<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Національний університет "Львівська політехніка", <sup>2</sup>Технічний університет Кошице

e-mail: [anastasiyakucherenko05@gmail.com](mailto:anastasiyakucherenko05@gmail.com)

Необхідність створення нових типів полімерних композиційних матеріалів викликана значним попитом сучасної техніки на такі матеріали. Полімерні композиційні матеріали знаходять усе ширше практичне використання в різних вузлах і елементах приладо- і машинобудування. В основі технології виготовлення полімерних композиційних матеріалів закладено практично необмежені можливості регулювання їх властивостей. Використання специфічних властивостей металевих наповнювачів (електро- і теплопровідність, термостійкість, магнітні властивості і т.д.) та полімерної матриці (висока технологічність і хімічна стійкість) під час розроблення технологічних процесів одержання полімерних композиційних матеріалів дозволяє створювати матеріали з новими, а в багатьох випадках і унікальними властивостями. Присутність металевих частинок в полімерній матриці сприяє більш високій густині, кращій термостабільності композиційних матеріалів, створює бар'єр для високочастотного випромінювання і забезпечує наявність магнітних властивостей. Такі матеріали знаходять використання як датчики і сенсори, перспективним напрямком використання металонаповнених полімерних композитів є їх застосування в якості високоефективних теплоакумулюючих систем.

Для одержання металонаповнених композитів було запропоновано метод введення металевого наповнювача в полімерну матрицю шляхом хімічної металізації поверхні вихідної гранульованої полімерної сировини. Формування на поверхні гранули металеві оболонки, яка буде руйнуватися під час переробки полімеру забезпечить просте введення і рівномірний розподіл металу по об'ємі матеріалу. Полімерною основою для створення композиційних матеріалів може бути практично будь який полімер у вигляді гранул чи порошку.

Встановлено, що у випадку відновлення міді на активованій цинком поліпропіленовій поверхні у розчинах хімічної металізації, які складаються з сульфату міді, трилону-Б, гідроксиду натрію і формаліну найбільший вплив на швидкість відновлення міді мають концентрації NaOH і трилону-Б. Так, для розчину хімічної металізації, що містить (ммоль/л): CuSO<sub>4</sub> – 48; трилон-Б – 67; формальдегід – 366, зростання концентрації NaOH з 250 ммоль/л до 560 ммоль/л позначається на збільшенні швидкості відновлення міді з  $5,08 \cdot 10^{-4}$  моль/(л·хв) до  $5,87 \cdot 10^{-4}$  моль/(л·хв) відповідно. В цей час, у випадку трилону-Б, навпаки, зростання концентрації комплексоутворювача приводить до більш суттєвого зниження швидкості:  $1,6 \cdot 10^{-3}$  моль/(л·хв) при концентрації трилону-Б 47 ммоль/л і  $6,7 \cdot 10^{-4}$  моль/(л·хв) при концентрації 54 ммоль/л.

Таким чином, проведені дослідження з впливу концентраційних чинників на процес металізації активованого поліпропілену дозволяють виділити основні фактори впливу на процес одержання металізованого поліпропілену. Зміною концентрації компонентів розчину хімічної металізації можна регулювати кількість відновленої міді на активованій поліпропіленовій поверхні, а значить і товщину сформованого шару металу.

# КОМПОЗИЦІЙНІ ПОЛІАМІД–ГІДРОГЕЛЕВІ МЕМБРАНИ НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛПІРОЛІДОНУ З РІЗНОЮ МОЛЕКУЛЯРНОЮ МАСОЮ

*Наталія Баран, Юрій Мельник, Олександр Грищенко, Софія Суберляк,  
Галина Яцульчак*

Національний університет «Львівська політехніка»

e-mail: [natabmk@ukr.net](mailto:natabmk@ukr.net)

Метою даної роботи було встановлення закономірностей формування гідрогелевих композиційних мембран за допомогою осадження поліаміду (ПА-6) у поверхневому шарі гідрогелю з розчину його суміші з полівінілпіролідонем (ПВП) та встановлення впливу молекулярної маси (ММ) ПВП на їх фізико-механічні властивості. ПВП використовували різної ММ як у суміші так і у структурі гідрогелю.

Для підвищення механічної міцності гідрогелеві плівки модифікували тонким шаром суміші ПА-6–ПВП з розчину у мурашиній кислоті. Для досліджень використовували плівки у гідратованому стані після витримки їх у дистильованій воді протягом 24 год. Одностороннє нанесення тонкого поліамідного шару на поверхню гідрогелевих плівок здійснювали внаслідок контакту форміатного розчину ПА-6–ПВП з поверхнею зразка гідрогелю протягом певного проміжку часу – від 1 до 10 хв із подальшим випаровуванням розчинника з плівки за температури 75...80°C протягом 30 хв. Одержані композиційні гідрогелеві плівки промивали водою до повного видалення мурашиної кислоти, яке контролювали зміною рН у промивній воді.

Одержані результати досліджень закономірностей синтезу композиційних полімерних гідрогелевих мембран на основі рідкоструктурованих кополімерів 2-гідроксіетилметакрилату (ГЕМА) з полівінілпіролідонем. Досліджено фізико-механічні властивості одержаних композиційних мембран залежно від молекулярної маси ПВП, як в структурі кополімеру так і в модифікувальній суміші, а також від величини адсорбції суміші ПА-6 з ПВП вихідними гідрогелями.

Дослідженнями встановлено, що міцність композиційних мембран, порівняно з вихідними гідрогелевими плівками, є вищою внаслідок утворення у поверхневому шарі фізичної сітки. Показано, що поверхнева адсорбція зростає із збільшенням часу витримування гідрогелевої плівки в модифікувальному розчині. Крім того, адсорбція є вищою у випадку, коли гідрогелеві плівки одержані на основі ПВП з  $ММ = 3,6 \cdot 10^5$ , а модифікувальний розчин утворений з ПВП молекулярної маси  $12 \cdot 10^3$ . Це пов'язано з тим, що сітка на основі високомолекулярного ПВП у гідрогелі більш рихла, з більшим вільним об'ємом, який краще заповнюється модифікувальним розчином.

Встановлено, що при збільшенні часу витримки гідрогелевих плівок в модифікувальному розчині їх міцність зростає, проте видовження зменшується. Одночасно, встановлено, що міцність мембран зростає у більшій мірі за наявності низькомолекулярного ПВП ( $ММ=12 \cdot 10^3$ ) в модифікувальному розчині і у випадку зменшення товщини вихідної гідрогелевої плівки.

Таким чином, дослідженнями встановлена можливість формування композиційних двошарових поліамід-гідрогелевих мембран на основі кополімерів полівінілпіролідону з 2-гідроксіетилметакрилатом за допомогою дифузійного осадження в поверхневому шарі гідрогелю суміші ПА-6–ПВП з форміатного розчину.

## THE DEVELOPMENT OF PERSPECTIVE TECHNOLOGIES OF HIGH EFFICIENT HYDROGEL MEDICAL BANDAGES FORMATION

*Oleksandr Grytsenko<sup>1</sup>, Oleg Suberlyak<sup>1</sup>, Mykola Kushnirchuk<sup>2</sup>, Volodymyr Moravskiy<sup>1</sup>,  
Taras Kyryk<sup>2</sup>, Vsevolod Vashchuk<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Lviv Polytechnic National University, Department of Chemical Technology of Plastics Processing

<sup>2</sup>Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Department of General Surgery  
[ogryts@gmail.com](mailto:ogryts@gmail.com)

The new technology of formation of hydrogel dressings for medical purposes, containing particles of silver was developed. To obtain metal-containing composite hydrogels, we proposed a high-tech single-stage method, which involves polymerization of polymer-monomer compositions based on polyvinyl-pyrrolidone and 2-hydroxyethylmethacrylate with simultaneous chemical reduction of silver ions from its nitrate by ethanol. It was found by the thermometric research that the temperature conditions needed for chemical reduction of silver ions are achieved due to the heat, which is released at the exothermic polymerization reaction. The temporal and temperature parameters of polymerization depending on the composition of the original polymer-monomer composition, the content of solvent and of the initiator, and silver nitrate concentration were determined. They include the initial temperature of polymerization, maximum exothermic temperature, the time of reaching the maximum exothermic temperature, and duration of effect gel. The use of combined initiating system of iron (II) sulfate + benzoyl peroxide makes it possible to implement the process of obtaining hydrogels, containing silver particles, at room temperature, in the open air. The synthesis is technologically simple and is executed without complicated apparatus design. The authors proposed a new technology of formation of hydrogel films with the use of the centrifugal method. Polymerization with silver deposition occurs in the centrifugal form simultaneously with film formation, which allows obtaining the materials with predictable properties that have a uniform distribution of the filler with equal thickness and high quality surfaces in the polymer matrix.

High elasticity, strength, sorption capacity, bactericidal and antifungal properties of the obtained materials make them effective to use as hydrogel dressings for medical purposes. A unique porous structure, combined with the existence of hydrophilic functional groups ensures swelling of a polymer matrix in water and high permeability for dissolved low molecular substances. This, in turn, determines the suitability of the obtained hydrogel dressings for the preparation treatment by introducing medicines through the material by the transdermal method.

The medical-biological studies of the resulting film products were carried out under the laboratory conditions at the Department of Microbiology of Danylo Halytskyi Lviv National Medical University. A comparative analysis of the results of medical-biological tests of the obtained materials and non-filled hydrogel films regarding the used micro-organisms revealed that non-filled films do not show any bactericidal and antifungal properties. The antibacterial and antifungal properties of the obtained silver-filled hydrogel films were proved on the example of the test cultures of bacteria *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus viridans* and diploid fungus *Candida albicans*.

Based on the obtained silver-filled films, we developed hydrogel medical dressings, clinical testing of which was successfully carried out at the surgical department of the Lviv hospital at ZT PAT "Ukrainian Railway" in the treatment of venous ulcers of lower limbs. It was established that the use of the silver-filled hydrogel films improves the treatment results, accelerates cleaning, granulation and healing trophic ulcers and, as a result, reduces the duration of patients staying at hospital. Due to its unique properties, the developed materials can be also used for the treatment of burn and post-operative wounds.

*The publication contains the results of studies conducted by President's of Ukraine grant for competitive projects  $\Phi 84/56870$  of the State Fund for Fundamental Research.*

# РОЗРОБЛЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ПЛАСТМАС

Юрій Мельник<sup>1</sup>, Михайло Бойко<sup>2</sup>, Дмитро Кечур<sup>2</sup>, Тарас Скорохода<sup>1</sup>

Національний університет “Львівська політехніка”,

<sup>1</sup> кафедра хімічної технології переробки пластмас,

<sup>2</sup> кафедра проектування та експлуатації машин,

79013, Львів, вул. С. Бандери, 12, e-mail: yurii.ya.melnyk@lpnu.ua

Актуальним завданням сучасних технологій полімерних і композиційних матеріалів є вивчення закономірностей процесів, що відбуваються під час подрібнення пластмас. Різноманітність форм, розмірів і специфічних властивостей пластмас, які направляються на подрібнення, зумовлюють підвищені вимоги до процесу і обладнання. Вирішальними чинниками у досягненні необхідного розміру частинок під час подрібнення полімерних матеріалів є їх твердість, еластичність і теплостійкість. Властивості і геометричні розміри пластмас, які підлягають переробці, диктують вимоги до подрібнювального обладнання.

З метою одержання однорідної подрібненої фракції полімерного матеріалу нами запропоновано комплексну лабораторну установку, основним елементом якої є спеціальна розбірна прес-форма, виготовлена зі сталі 40Х3 із твердістю після термічної обробки 52...54HRC. Процес подрібнення відбувається в два етапи: спочатку матеріал ущільнюється (спресовується), а потім подрібнюється за допомогою спеціальної фрези.

На першому етапі полімерний матеріал, який призначений для подрібнення спресовується у розбірній формі, яка вміщується на лабораторний прес. Пуансон форми під дією рухомої траверси пресу переміщується вниз і створюється зусилля необхідне для ущільнення пластмаси, яке залежить від типу і геометричних розмірів пластмаси. Форма із спресованим матеріалом направляється на другу позицію до свердлильного станка, де відбувається процес подрібнення при заміні пуансона форми на спеціальну фрезу. Шпиндель на якому закріплена фреза від приводу станка отримує обертовий рух, переміщуючись вниз забезпечує процес різання і утворення стружки, товщина якої регулюється подачею (швидкістю переміщення) шпинделя. Розбірна форма (рис. 1) складається із двох пів-матриць 1 і 2, які фіксуються в нижній обоймі 3 і підтискаються двома гвинтами 6. У верхній частині пів-матриці фіксуються і стискаються хомутом 5. Співосність пів-матриць забезпечується клиноподібною площиною змикання 10. Для запобігання проковзування матеріалу під час подрібнення в нижній частині обойми 3 виконані пази.

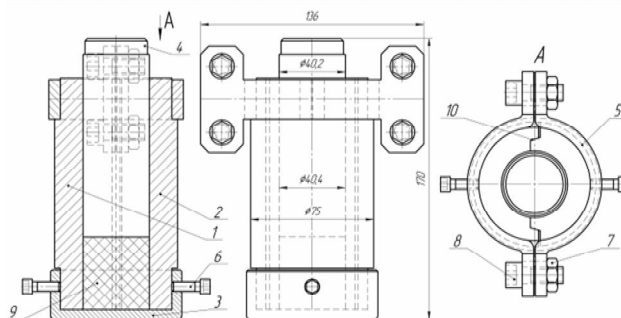


Рис. Схема розбірної форми: 1, 2 – пів-матриця; 3 – нижня обойма; 4 – пуансон; 5 – хомут; 6, 8 – гвинти; 7 – гайка; 9 – ущільнений матеріал; 10 – площина змикання

Таким чином, запропонована конструкція і виготовлено дослідний зразок комплексної лабораторної установки для подрібнення полімерних матеріалів, яка складається з двох блоків – спресовування та подрібнення матеріалу. Конструкція розбірної форми установки передбачає можливість її підігріву під час спресовування матеріалу або охолодження під час подрібнення.



# THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS' OPTIMIZATION OF THE COPOLYMERIZATION 2-HYDROXYETHYL METHACRYLATE WITH POLYVINYLPIRROLIDONE WITH SIMULTANEOUS DEPOSITION OF SILVER

*Oleksandr Grytsenko, Volodymyr Krasinskyi, Anna Pokhmurska, Bogdan Berezhnyy*

Lviv Polytechnic National University,  
Department of Chemical Technology of Plastics Processing  
[ogryts@gmail.com](mailto:ogryts@gmail.com)

The basic technological parameters of the process of obtaining Ag(0)-filled composites based on copolymers of 2-hydroxyethylmethacrylate (HEMA) with polyvinylpyrrolidone (PVP) (Ag(0)/pHEMA-gr-PVP) composites by the method of polymerization with simultaneous recovery of metal ions were investigated. The kinetics of heat release during copolymerization of 2-hydroxyethyl methacrylate with polyvinylpyrrolidone initiated by benzoyl peroxide was investigated by a thermometric method. It is established that the exothermic effect of polymerization can be used to create the necessary temperature conditions for Ag<sup>+</sup> reduction. The use of combined initiating system of iron (II) sulfate/benzoyl peroxide makes it possible to carry out the process of composites obtaining at room temperature, in the open air in 10-40 minutes with maximum exothermy temperature 70-121 °C.

The development of technology for production of metal-filled hydrogels based on copolymers of HEMA with PVP by polymerization with simultaneous chemical reduction of Ag<sup>+</sup> ions suggests the grounding and determination of optimal technological parameters for its realization. The diverse influence of the initial polymer-monomer composition formula on the main parameters of the exotherm of the copolymerization of HEMA with PVP, which constitute the technological mode of chemical deposition of metals, has been experimentally proved.

In order to decrease the part of experimental losses, the possibility of use the simplex-lattice planning method to optimize compositional formula based on HEMA/PVP/H<sub>2</sub>O with the plotting of an adequate model has been proved. Optimization was carried out for the main parameters of the exotherm process – the time of gelation start, the region of the gel effect and the maximum temperature of the exotherm [1].

Using the Sheffe simplex-lattice planning method, the planning matrices were constructed, the regression equations are calculated and lines of equal properties values are defined. The obtained regression equations allow analytically establish the relationship of the parameters of exothermic processes with the technological conditions for the reduction of Ag<sup>+</sup> ions, as well as with the formula of the polymer-monomer composition. The main advantage of the results obtained is that to build an adequate model, it is necessary to carry out a minimum amount of experimental research, which significantly speeds up the construction of the model and also significantly reduces the cost of its creation. The use of the obtained equations makes it possible to calculate the content of the initial reaction composition, the exothermic effects of the polymerization process of which provide the optimal technological parameters for the reduction of metal ions. The constructed lines of equal values of parameters will significantly reduce the experimental search for composite formula with given parameters of the exotherm of the polymerization process, which constitute the technological mode of chemical deposition of Ag(0).

1. O. Grytsenko, A. Pokhmurska, S. Suberliak, M. Kushnirchuk, M. Panas, V. Moravskiy, R. Kovalchuk. Technological features in obtaining highly effective hydrogel dressings for medical purposes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018, p. 6–13.

*The publication contains the results of studies conducted by President's of Ukraine grant for competitive projects Φ84/56870 of the State Fund for Fundamental Research.*

## КОМПОЗИЦІЙНІ ПОЛІМЕРНІ ПОКРИТТЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Руслан Філіпсов<sup>1</sup>, Сергій Малинич<sup>1</sup>, Олена Аксіментьєва<sup>2</sup>, Галина Мартинюк<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Національна Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

<sup>2</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка

<sup>3</sup>Рівненський державний гуманітарний університет

e-mail: filipsonov.ruslan@gmail.com

В сучасних умовах, коли на східних теренах України ідуть бойові дії, особливої актуальності набувають дослідження, пов'язані з розробкою засобів протидії лазерним системам наведення – насамперед для механізованих підрозділів та підрозділів спеціального призначення. З цією метою використовуються антирадарні покриття - клас матеріалів, які застосовуються в технології зниження помітності для маскування засобів озброєння і військової техніки від виявлення радіолокаційними засобами. Такі дослідження є складовою частиною загального напрямку, пов'язаного з розробкою методів демаскуючих ознак військової техніки в основних фізичних полях. При дії електромагнітного випромінювання відбуваються одночасні процеси поглинання, розсіювання (внаслідок структурної і геометричної неоднорідності матеріалу) та інтерференції радіохвиль [1]. На даний час особливу увагу привертають пігментні покриття типу «Фарба» для зменшення відбивання радіохвиль. Перспективними компонентами антирадарних покриттів є електропровідні спряжені полімери з системою π-електронних зв'язків і власною провідністю, здатні до поглинання електромагнітного випромінювання [2]. Водночас такі полімери не мають достатньо високої механічної міцності, термічної стабільності і для їх використання необхідно створювати композити з промисловими полімерами та неорганічними пігментами. Як пігменти в антирадарних покриттях доцільно використовувати дисперсії магнітних матеріалів, переважно, сполуки феруму.

В даній роботі вивчено умови формування і властивості композиційних покриттів на основі спряжених полімерів, нанорозмірного магнетиту та полімерної матриці на основі епоксидної смоли ЕД-20. При цьому отвердником і одночасно електропровідним полімерним наповнювачем виступає поліанілін (ПАН), легований тетрафторборатною кислотою [3]. Процес отвердження епоксидної смоли ЕД – 20 полімерним комплексом ПАН–BF<sub>3</sub> вивчали за допомогою диференційно-термічного аналізу. Згідно отриманих термограм процес екзотермічний і відбувається при порівняно низьких температурах (323 – 343 К) з двома ділянками тепловиділення, а саме при 323 – 343 К і 363 – 383 К. Ймовірно, що полімерний комплекс ПАН – BF<sub>4</sub> завдяки наявності аміних та тетрафторборатних груп виступає комплексним затверджувачем, завдяки тому, що третинний нітроген поліаніліну промотує процес активації епоксидного кільця, а тетрафторборат-аніони беруть безпосередню участь в процесі формування полімерної матриці за механізмом катіонної полімеризації. Завдяки цьому отвердження може відбуватись за невисоких температур. Введення нанорозмірного магнетиту спричиняє підвищення мікротвердості та термічної стабільності покриттів.

1. Борисов Ю. И. Динамика радиоэлектроники-3. - М., Техносфера, 2009. - С. 276-279.

2. Аксіментьєва О.І. Електрохімічні методи синтезу і провідність спряжених полімерів. – Львів: Світ.-1998.- 153 с.

3. Патент на винахід № u 200613971, Україна. Спосіб отримання струмопровідної епоксидної композиції / О.І. Аксіментьєва, В.П. Загордонський, Г.В. Мартинюк, А.І. Крупак; заяв 28.12.06; опубл.25.06.20007, Бюл. № 9.

# A NEW GENERATION OF EXTRUDERS WITH AN ACTIVE GROOVED FEED SECTION

*J.W. Sikora, K. Glogowska, L. Majewski*

*Lublin University of Technology, ul. Nadbystrzycka 38D, 20-618 Lublin, Poland*

*janusz.sikora@pollub.pl*

Only a few original designs of the active grooved feed section are known, used in laboratory prototype extruders, which were used to test their characteristics. The active grooved feed section, as opposed to the passive one, is characterized by the possibility of changing the constructional features during the extrusion process, without the need to stop the process. These features are: the number of grooves, the angle of inclination of the grooves, the depth of the grooves, the direction of the grooves' rotation, the angle of rotation, the shape of the grooves' cross-section. The paper describes the latest design solution of the active grooved feed section of a single screw extruder developed within the international research project NEWEX, implemented in the EU Framework Programmer Horizon 2020.

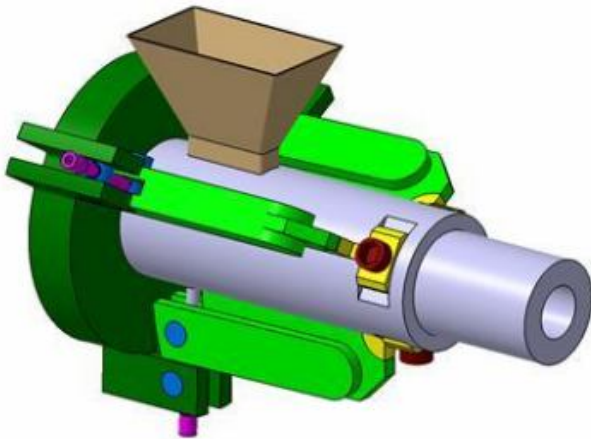
This paper reviews the state of the art in the design of the active grooved feed section of a single screw extruder, including patented embodiments as well as results of many hours of brainstorming and discussions on the desired structure of this extruder part. All the CAD models of the described in the paper are fully functional, kinematically tested, and tested for structural integrity.

The adjustable grooved feed section was invented by Meyer, who first described his invention in 1983 in US Patent No. 4462692 [1]. The preliminary assumptions of the presented visualizations are the following: models are made in Catia v5 system as 3D models. They were tested for their regularity and collision occurrence. Also, virtual prototypes were created to determine the risk of any irregularities during movement.

The constructional assumptions of an active grooved feed section are the following:

- the grooved section is  $5D$  long, therefore it is 100 mm,
- the width of the grooves is 6 mm,
- the maximum height of the grooves is 6 mm,
- the inner diameter of the barrel is 25 mm.

Several different constructional solutions of an active grooved feed section [2] were presented in the form of CAD models. They are the development of existing solutions but also totally new ones. They have innovative advantages and they will be submitted for legal protection in the form of appropriate industrial property rights. One of them is shown in the figure below.



The closing and the opening of the grooves is achieved by rotating the moving segments around the hinge axis. The rotation is forced by an adjusting bolt. In the moment of achieving an appropriate depth of the groove, the rotational movement of the segment is blocked by means of an adjusting bolt.

1. Mayer P. Screw extruders, Patent US 4462692 (1983).

2. Ferdynus M., Sikora J., Cunha A.G.: Adjusting mechanism of the plasticizing barrel of the extruder, Polish Patent PL 232600 (2019).



The project leading to this application has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 734205".

# ЕЛЕКТРОФОРМУВАННЯ РОЗЧИНІВ БІОСУМІСНИХ ПОЛІМЕРІВ

*Олена Іщенко, Вікторія Плаван, Ірина Ляшок*

Київський національний університет технології та дизайну

[e.ishchenko5@gmail.com](mailto:e.ishchenko5@gmail.com)

Сучасні перев'язувальні матеріали повинні володіти певними фармакологічними, фізико-хімічними, біофармацевтичними та споживчими властивостями. Комплекс цих характеристик зумовлює ефективність та безпеку засобу перев'язування, зручність його використання. Застосування препаратів на основі субстанцій природного походження, як ефективних та безпечних засобів для лікування ранових ушкоджень та опіків є завжди популярним. Актуальним залишається розробка нових антимікробних засобів, на основі біосумісних полімерів та надання пролонгованого захисту матеріалам медичного призначення.

Дане дослідження було спрямоване на визначення впливу різних факторів на стабільність електроформування ПВС волокон з додаванням екстрактів лікарських рослин. Відомо, що екстракти лікарських рослин використовують при створенні пластирів та серветок для лікування ран з комплексною дією, зумовленою наявністю дубильних речовин, спектр місцевої дії яких, включає в'язучу, протизапальну, кровоспинну та антимікробну. Для отримання нетканих перев'язувальних матеріалів використали метод електроформування, що дозволяє одержати матеріал з великою питомою поверхнею та повітропроникністю.

Рослинні екстракти готували за стандартною рецептурою. На основі екстрактів лікарських рослин та сумішей екстрактів, виготовлялись розчини з концентрацією ПВС 10%. Електроформування проводилося на лабораторній установці капілярного типу з напругою електричного поля 30 кВ, відстанню між електродами 15-17 см та діаметром капіляра 0.6 мм.

Неткані матеріали та плівки отримані з композицій ПВС на основі екстрактів лікарських рослин досліджувались на паропроникність, а результати наведено на рис.

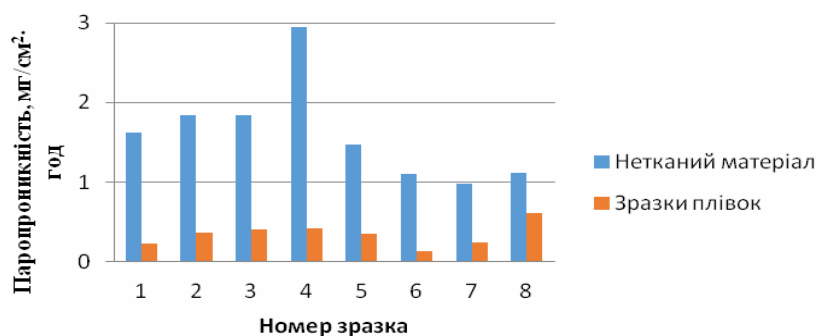


Рис. Результати дослідів на паропроникність ( 1-ромашка, 2-кора дубу, 3-календула, 4- материнка, 5-евкаліпт, 6-ромашка + кропива (1:1), 7- календула + кропива (1:1), 8-евкаліпт + календула + ромашка (1:1:1)

Паропроникність нетканих матеріалів у 4-8 разів більша ніж у плівок виготовлених методом поливу з тих же композицій.

Виробництво полімерних композиційних біосумісних нетканих матеріалів на основі екстрактів лікарських рослин методом електроформування, відкриває перспективи для їх використання при створенні «розумних» перев'язувальних засобів з регульованим виділенням діючих речовин. Зразки нетканого матеріалу мають високу паропроникність, тому перев'язувальні засоби на їх основі зможуть забезпечити газообмін між раною та навколишнім середовищем без дії шкідливих зовнішніх чинників, утримувати рану сухою та поступово виділяти діючі біологічно активні речовини.

## СТРУКТУРНО-ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛІІМІДОВМІСНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ

*Н.В. Козак, Т.А. Шанталій, К.С. Драган*

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України

Харківське шосе, 48, 02160, Київ, Україна,

[shantaliitiana@gmail.com](mailto:shantaliitiana@gmail.com)

Дослідження рядів наноккомпозитів на базі поліімідів (ПІ) та етоксисиланів різної будови дозволило встановити вплив полімерної матриці на кінцеву морфологію та властивості неорганічної нанофази. В даній роботі за допомогою метода ЕПР розглядається вплив вмісту та будови неорганічної складової на проникність поліімідовмісних наноккомпозитів. Вихідними компонентами для одержання ПІ були діангідрид піромелітової кислоти (ПАК) і 4,4'-діамінодифеніловий ефір. Шляхом додавання до розчину поліамідокислоти сумішей тетраетоксисилан (ТЕОС) : метилтриетоксисилан (МТЕС) при співвідношенні (1:1, 1:2) ((5, 20, 50) % від маси вихідної ПАК) одержували поліімідовмісні наноккомпозити з різним вмістом неорганічної складової. Для дослідження проникності одержаних композитів нітроксильний парамагнітний зонд (пмз) ТЕМПО вводили різними способами: дифузією з його розчину у дихлорометані або дифузією з насиченої пари пмз. В таблиці представлені склади зразків та відповідні відносні значення інтегральної інтенсивності ЕПР-спектру ТЕМПО.

№ зразка	Співвідношення ТЕОС:МТЕС	Вміст ТЕОС+МТЕС,%	$I/I_0$ , дифузія з парів ТЕМПО	$I/I_0'$ , дифузія з розчину
1	0	0	1	1
2	1:1	5	0,12	1,88
3	1:1	20	0,27	1,25
4	1:1	50	0,15	2,23
5	1:2	5	0,13	3,94
6	1:2	20	0,28	2,11
7	1:2	50	0,12	2,63

Як видно з таблиці, введення будь-якої кількості неорганічної складової призводить до різкого зменшення проникності наноккомпозиту. Найбільша кількість парамагнітних центрів спостерігається для вихідного полііміду. Найменше значення  $I$  спостерігається для зразків з найменшим та найбільшим вмістом неорганічної складової (зразки 2, 5, 7). Для обох рядів наноккомпозитів вирізняються системи з вмістом неорганічної складової 20%. Для зразків, в які пмз вводили дифузією з розчину ТЕМПО у дихлорометані, проникність зростає у порівнянні з вихідним полімером. Причому, очевидним є прояв впливу структури етоксисиланів: найбільше зростання проникності є характерним для зразків з надлишком МТЕС, яке призводить до більш розпушеної структури неорганічної фази. Для обох рядів набухлих у розчиннику наноккомпозитів також вирізняються системи з вмістом неорганічної складової 20%. Згідно даних таблиці більшу чутливість до вмісту МТЕС у неорганічній складовій проявляють зразки, які набухали у розчиннику. Внаслідок стеричних обмежень нітроксильні пмз здатні дифундувати головним чином в органічну матрицю досліджених наноккомпозитів. Тому суттєве зростання кількості пмз у набухлих зразках може свідчити про розпушення ПІ компоненти у присутності неорганічної фази. Таким чином, змінюючи природу, співвідношення та вміст неорганічного компонента, можна регулювати проникність матриці. Зокрема, для композитів з надлишком трифункціонального етоксисилану спостерігається збільшена проникність. Вона є максимальною для зразка з вмістом неорганічної складової 5%. Це може бути обумовлене впливом неорганічної складової на структуру як областей, суміжних з неорганічною фазою, так і на всю поліімідну матрицю.

# СИНТЕЗ ТА ВЛАСТИВОСТІ КРЕМНІЙОРГАНІЧНИХ ОЛІГОМЕРНИХ ФОТОІНІЦІАТОРІВ

*Н.А. Бусько, В.К. Грищенко, А. В. Баранцова, Н. В. Гудзенко, Я. В. Кочетова*

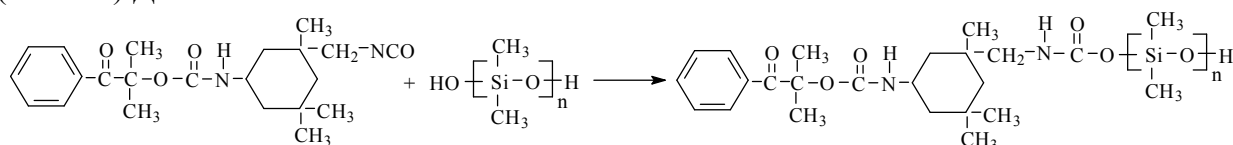
Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ

[oligomer8@bigmir.net](mailto:oligomer8@bigmir.net)

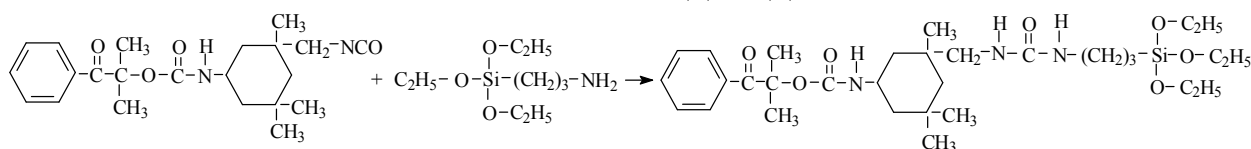
Розроблено методи синтезу олігомерних фотоініціаторів (ОФІ) на основі мономерного фотоініціатору з ізофоронізоціанатною групою та кремнійорганічних олігомерів дигідрокси(полідиметилсилоксану) (ПДМС) і (3-амінопропілтриетоксисилану) (АПТЕС).

Мономерний фотоініціатор з кінцевою ізофоронізоціанатною групою (ДРІФ) одержували при взаємодії 2-гідрокси-2-метил-фенил-пропан-1-ону з аліфатичним ізофорондізоціанатом (ІФДІ).

На основі одержаного мономерного фотоініціатору та кремнійорганічних олігомерів синтезовано олігомерні фотоініціатори за мольного співвідношення ПДМС (АПТЕС):ДРІФ = 1:1 за схемами:



ОФІ ПДМС-ДРІФ



ОФІ АПТЕС-ДРІФ

Досліджено кінетичні закономірності синтезу та будову одержаних ініціаторів методом ІЧ-спектроскопії на ІЧ-Фур'є спектрометрі Tensor 37 (Bruker) методом роздавленої краплі між вікнами KBr., Кінетична крива утворення уретанових груп ініціатору ДРІФ має складний характер. Спочатку швидкість реакції лінійно збільшується, потім сповільнюється за рахунок підвищення в'язкості та зменшення концентрації активних NCO груп. На третьому етапі спостерігається поступове прискорення реакції по S-образному типу, можливо, в результаті каталітичного впливу полярних уретанових груп, що утворюються в процесі реакції.

Дослідження термостабільності синтезованих ОФІ АПТЕС-ДРІФ та ОФІ ПДМС-ДРІФ методом термогравіметричного аналізу показало, що обидва олігомерні фотоініціатори характеризуються трьома стадіями втрати ваги. Основна втрата ваги починається за температури вище 230 °С.

Вивчення релаксаційних переходів в олігомерних кремнійорганічних ініціаторах методом ДСК показало, що за першого прогріву ОФІ ПДМС-ДРІФ має дві кристалічні мікрофази - ПДМС та кінцевих груп ДРІФ. Після зміни термічної передісторії мікрофаза ПДМС залишається кристалічною з незмінною температурою плавлення, а кінцеві групи ДРІФ, як і раніше, відокремлюються в окрему мікрофазу але втрачають свою упорядкованість і переходять в аморфний стан. У олігомерного фотоініціатору АПТЕС-ДРІФ при першому прогріві спостерігається два переходи склування мікрофаз АПТЕС та ДРІФ. При другому скануванні спостерігається один релаксаційний перехід склування аморфної мікрофази, яка, можливо, складається з взаємопроникних сегментів АПТЕС та ДРІФ. Тобто, ОФІ ПДМС-ДРІФ є двофазною системою, а ОФІ АПТЕС-ДРІФ – однофазною системою.

Отримані ОФІ в подальшому використані в синтезі блоккополімерів фотоініційованою радикальною полімеризацією.

# ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ФУНКЦІОНАЛІЗОВАНИХ ПОХІДНИХ ОЛІЙ

*А. В. Баранцова, В.К. Грищенко, Н.А. Бусько, Н. В. Гудзенко, З.В. Фальченко*

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ

[oligomer8@bigmir.net](mailto:oligomer8@bigmir.net)

Більшість олій (соєва, ріпакова, льняна, соняшникова, кукурудзяна і т.д.) багатотонажного виробництва потребують модифікації шляхом введення функціональних груп за їх використання як вихідної сировини для синтезу полімерних матеріалів. Однією з перспективних реакцій модифікації із збереженням структури олій, які мають у своєму складі значну кількість залишків ненасичених кислот, таких як олеїнова, лінолева, ліноленова, є епоксидування подвійних зв'язків. Подальша модифікація епоксидованої соєвої олії (ЕСО) карбоновими кислотами дає змогу отримувати олігогліцидилтриоли і, відповідно, поліуретанові матеріали. Використання карбонових кислот різної хімічної природи дає змогу отримувати полімери зі специфічними властивостями. На основі ЕСО та ненасичених карбонових кислот були синтезовані олігоестеракрилаттриоли (ОЕАТ) за схемою:

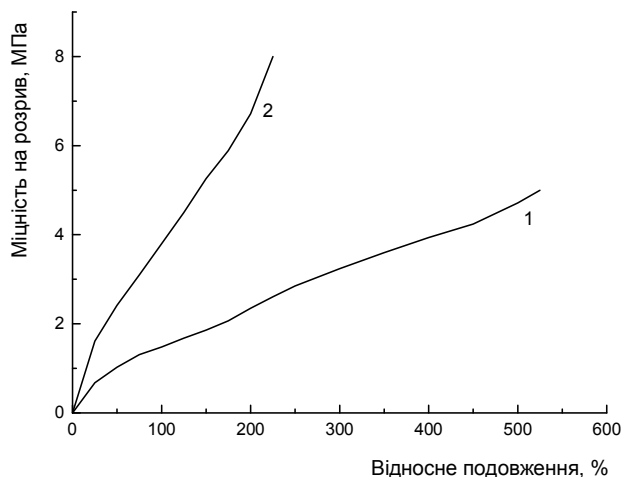
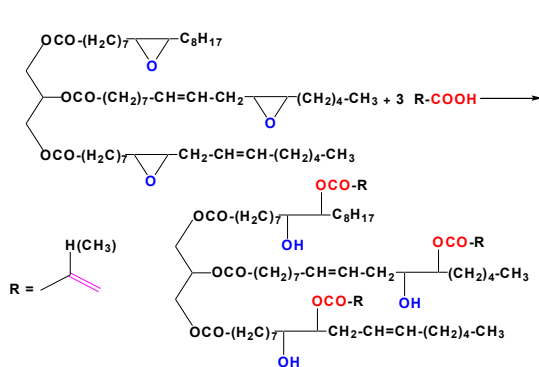


Рис. . Характеристики плівок на основі ОЕАТ та олігодієндізоціанатів до (1) та після УФ-опромінення (2)

На основі ОЕАТ та реакційноздатних дієнових каучуків, що містять гідроксильні, гідразидні та ацилгідрозонні групи були розроблені блоккополімери з уретановими, ацилсемикарбазидними та оксадіазолінілкарбаматними групами. Подвійний механізм твердіння отриманих олігоестерттриолів, шляхом послідовних реакцій поліконденсації (з ізоціанатними форполімерами) і полімеризації (УФ опромінення), за рахунок реакцій функціональних груп та взаємодії подвійних зв'язків у присутності ініціаторів, дозволяє на першому етапі отримувати матеріал, формувати з нього виріб певної форми і розмірів, а на другому – підвищувати його фізико-механічні характеристики (рис.) Отримані блоккополімери перспективні як заливочні компаунди, пластично-еластичні покриття, демпферні матеріали і т. інш.

Шляхом взаємодії ОЕАТ з 2,4,-толуїлендіізоціанатом (2,4-ТДІ) чи ізофорондіізоціанатом (ІФДІ) розроблено метод синтезу олігоуретантриізоціанатів (ОУТІ). Продукти взаємодії ОУТІ з фурфуріловим спиртом підвищують адгезійні властивості, еластичність та стійкість до дії агресивних середовищ отриманих на їхній основі покриттів і можуть бути рекомендовані для захисту металевих виробів.

# ОСОБЛИВОСТІ ФОТОПОЛІМЕРИЗАЦІЇ НАНОКОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЛАМІНУВАННЯ ПОЛІГРАФІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

*Валентина Сисюк, Василь Гранчак, Володимир Грищенко, Петро Давискиба,  
Володимир Маїк*

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАНУ, Інститут фізичної хімії НАНУ,  
Українська академія друкарства  
[sisyk.valentina@gmail.com](mailto:sisyk.valentina@gmail.com)

Проблема створення нових фотополімеризаційних матеріалів з необхідним комплексом фізико-хімічних та фізико-механічних властивостей завжди була актуальною і на даний час вирішується включенням в полімерну матрицю певної кількості структурованих фрагментів з формуванням нанорозмірних систем для одержання композиційних матеріалів різного призначення. Для розробки таких матеріалів перспективним є застосування кремнійорганічних модифікаторів, за допомогою яких можна цілеспрямовано керувати фотохімічними, оптичними, механічними, адгезійними властивостями матеріалів, розширювати сфери застосування.

Ламінування представляє собою процес приклеювання до поліграфічної і пакувальної продукції прозорої плівки, яка покращує її зовнішній вигляд, зберігає від будь-яких забруднень і впливу вологи, підвищує механічну міцність і стійкість до стирання, а також значно збільшує стійкість до фізичних і хімічних впливів. При ламінуванні поліграфічної продукції найбільш перспективними є адгезивні системи, що затверджуються під дією УФ-опромінення. У порівнянні з іншими адгезійними системами (термоклей, клей на органічних розчинниках, каталітичні клеї) вони забезпечують покращення технологічних та експлуатаційних властивостей, мають 100% твердий залишок, високу адгезію до широкого спектру матеріалів, малий час висихання (1-2с), що дозволяє їх використовувати на рулонних ротаційних машинах для безперервної обробки продукції, забезпечують екологічну чистоту та малі витрати електроенергії.

Проведена розробка та дослідження чутливих до дії УФ-опромінення полімеризаційних композицій (ФПК) на основі олігоуретан- та олігоєфіракрилатів з використанням синтезованих кремнійорганічних модифікаторів для одержання наноструктурованих адгезивних систем, що застосовуються для ламінування друкованої та пакувальної продукції. Досліджено вплив розроблених кремнійорганічних модифікаторів на особливості формування структури полімерного покриття, а також на фотохімічні, фізико-механічні та адгезійні властивості ФПК з використанням методів ІЧ-, УФ- спектроскопії, піролітичної мас-спектрометрії (ПМС). Результати дозволили провести оптимізацію складу ФПК з включенням модифікаторів різного хімічного складу.

Модифіковані композиційні матеріали характеризуються високою світлочутливістю, час експонування шару покриття складає 2-3 сек, що дозволяє використовувати для створення захисних і декоративних покриттів, фотополімерних адгезивів для пакувальної продукції при високих швидкостях роботи друкарських машин. Створені наноконпозиції характеризуються необхідним комплексом реологічних, механічних, пружньо-деформаційних, адгезійних властивостей для експлуатації в технологічних процесах поліграфії.

Аналіз розроблених модифікаторів показав їх перспективність для модифікації ФПК та цілеспрямованого регулювання властивостями відповідно до технологічного призначення. Проведено виробничі випробування розроблених наноконпозицій при оздобленні етикеткової продукції методом ламінації на поліграфічних підприємствах м.Львова. Результати показали, що заміна імпортованих матеріалів дозволяє удосконалити технологічні процеси, забезпечити їх високу ефективність та надійність експлуатації виробів, знизити собівартість, енерговитрати, забезпечити високу якість продукції.



# МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРУЗІЇ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СПІВВІДНОШЕННЯ ПОЛІОЛЕФІНОВОЇ СИРОВИНИ

*Братичак Мих.Мих., Чопик Н.В., Земке В.М.*  
Національний університет „Львівська політехніка”  
e-mail: mmbratyach@gmail.com

Останнім часом спостерігається стійка тенденція використання полімерних труб замість металевих чи бетонних. Це обумовлено їх високою корозійною стійкістю, надійністю, дешевизною сировини, високими механічними і експлуатаційними властивостями, а також зручністю під час монтажних робіт.

Вітчизняні виробники переважно орієнтовані на виробництво труб з поліетилену або його кополімерів. Під час виробництва труб одним з важливих завдань, є одержання поліетиленової сировини з необхідною технологічністю, що дозволить виготовляти труби необхідної якості.

Метою даної роботи було дослідити вплив складу композиції на основі суміші двох промислових марок екструзійного поліетилену з різною текучістю на реологічні і фізико-механічні властивості композитів та встановити оптимальний склад композиції з високою технологічністю і необхідною міцністю.

Для досліджень використовували екструзійний поліетилен високої густини двох марок: LITEN PL-10 (аналог ПЕ-80) (Unipetrol, Чехія) та ПЕ2НТ11-9 (аналог ПЕ-100) (Казаньоргсинтез, Росія). Грунтуючись на технологічний сертифікат сировини, бачимо, що поліетилен марки ПЕ2НТ11-9 володіє достатньо низьким ПТР, що утруднює його переробку методом екструзії. З метою створення технологічної сировини для екструзії його змішували з більш текучим поліетиленом LITEN PL-10 у співвідношенні від 20 до 80 % мас. Із збільшенням вмісту ПЕ марки LITEN PL-10 у суміші з ПЕ2НТ 11-9 суттєво зростає ПТР одержаних композитів. За вмісту LITEN PL-10 у суміші 70 % мас. ПТР композиту становить 0,40 г/10хв., що суттєво перевищує ПТР вихідних полімерів. Це пояснюється явищем інверсії фаз під час течії розплаву суміші двох термодинамічно несумісних поліетиленів.

Реологічну поведінку вихідних полімерів та їх сумішей досліджували на віскозиметрі постійного тиску ПРТ за різних температур (190, 210 і 230°C). Зі зростанням напруження зсуву зростає швидкість деформації розплаву сумішей поліетиленів незалежно від складу та температури дослідження. Внаслідок змішування двох марок поліетилену різної текучості отримали композити з в'язкістю, яка суттєво відрізняється від в'язкості вихідних полімерів. Ці результати підтверджуються і вимірюванням ПТР композитів.

Основні фізико-механічні властивості, такі як границя текучості під час розтягування та руйнівне напруження за розривання визначали згідно ISO 527-2:2012.

Для всіх сумішей отримуємо значення границі текучості під час розтягування, які відповідають встановленим вимогам для труб з ПЕ-100 (ПЕ2НТ 11-9). Найвищою границею текучості характеризуються суміші на основі ПЕ2НТ 11-9 з вмістом LITEN PL-10 30 % мас. Значення границі текучості таких сумішей дорівнює значенню границі текучості вихідного ПЕ2НТ 11-9. Руйнівне напруження за розриву одержаних сумішей також є нижчим за руйнівне напруження вихідного ПЕ2НТ 11-9, але перевищує руйнівне напруження зразків з вихідного LITEN PL-10.

Таким чином, в роботі експериментально доведена можливість покращення технологічності низькотекучого поліетилену марки ПЕ2НТ 11-9 шляхом зміни співвідношення суміші з LITEN PL-10, не знижуючи, при цьому, механічні властивості матеріалу. Найоптимальнішою з точки зору міцності та текучості є суміш із співвідношенням компонентів ПЕ2НТ11-9 до LITEN PL-10 70 до 30 % мас.

# ТЕРМОМЕХАНІЧНИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛБУТИРАЛЮ

*О. О. Бутенко<sup>1</sup>, А. І. Місюра<sup>2</sup>, Є. П. Мамуня<sup>3</sup>, В. З. Барсуков<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Київський національний університет технологій та дизайну, <sup>2</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка, <sup>3</sup>Інститут хімії високомолекулярних сполук НАНУ  
[butenco@bigmir.net](mailto:butenco@bigmir.net)

Електропровідні полімерні композитні покриття знайшли широке застосування, зокрема у виробництві термоелементів, для виготовлення друкованих плат, при металізації пластмас, для екранування апаратури і конструкцій оборонного та побутового призначення, а також в засобах індивідуального та колективного захисту від НВЧ-випромінювань, включаючи комп'ютерну техніку і мобільний зв'язок. Важливим для таких композитів є їх термомеханічна стійкість, особливо коли обладнання, де вони можуть бути застосовані, експлуатується при підвищених температурах.

Нами було розроблено композити на основі полімерної матриці з додаванням електропровідних вуглеграфітових матеріалів і магнетиту та проведено їх термомеханічний аналіз. Композити виготовлені з полімерної основи - полівінілбутиралю (PVB) та наповнювачів: сажа (CB), колоїдний графітовий препарат (KGP), оксид заліза ( $Fe_3O_4$ ). Зразки нанесені на алюмінієву (Al) та мідну (Cu) фольгу і є попарно ідентичними. Склад зразків наведено в мас.%, та закодовано в наступному вигляді: 0 – чистий PVB; 1 – 20CB+60KGP+20PVB; 2 – 20CB+60KGP+20PVB зверху покритий шаром PVB; 3 – 16,7CB+50KGP+16,6 $Fe_3O_4$ +16,7PVB; 4 – 16,7CB+50KGP+16,6 $Fe_3O_4$ +16,7PVB зверху покритий шаром PVB.

В ході термомеханічних досліджень отримано набір температурних залежностей деформації для досліджуваних композитів. Введення наповнювача до полімерної матриці призводить до суттєвої зміни температурної поведінки композиту. Аналіз кривих залежності похідної деформації від температури показує, що наповнювач сильно впливає на молекулярну рухливість полімеру, що відображається в зміні вигляду кривих і зсуві піку, який відповідає склуванню. З кривих деформації матеріалу від температури розраховано значення рівноважного модуля (E) композитів при 160 °C. Як видно з рис.1, значення E чистого PVB знаходиться на рівні 0,5 МПа. Внесення наповнювача призводить до збільшення величини E композитів, оскільки наповнювач обмежує течію композиту (а значить його деформацію), який знаходиться в вязкотекучому стані при цій температурі.

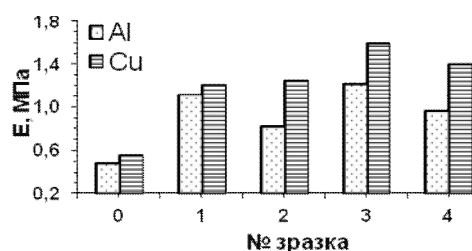


Рис.1. Значення рівноважного модуля композитів на основі PVB.

Зразки 2 та 4 покриті зверху шаром полімеру, тому значення E цих зразків є дещо нижчими. Максимальне значення рівноважного модуля досягається для композиту з трьома наповнювачами без додаткового полімерного шару (зразок 3).

Отже, дослідження деформаційних властивостей композитів на основі PVB в широкому діапазоні температур (20-180 °C) при постійному навантаженні (0,5 МПа) продемонструвало значний вплив наповнювача на молекулярну рухливість композитів. Деформація композиту, обумовлена течією матеріалу у вязкотекучому стані (а також і рівноважний модуль), визначається загальною кількістю наповнювача, введеного в полімерну матрицю.

**ПЛІВКИ КОСМЕТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ  
ГІДРОГЕЛІВ ПГЕМА ТА ЕКСТРАКТУ *CALENDULA OFFICINALIS***  
*Софія Суберляк, Юрій Мельник, Марія Музика, Олена Федорова, Романа Петріна*  
Національний університет “Львівська політехніка”  
e-mail: romanna.o.petrina@lpnu.ua

Використання полімерних гідрогелів у медицині, фармації та біотехнології є перспективним напрямком, який динамічно розвивається. Завдяки зшитій гідрофільній полімерній структурі вони є альтернативою існуючим на ринку системам доставки препаратів, так як можуть вміщувати велику кількість води/біологічних рідин/розчинів препаратів. Косметичні маски на основі гідрогелів є еластичними та сумісними зі шкірою; мають високу площу поверхні до об'єму, що збільшує поглинання і вивільнення розчинів; структура та розмір пор достатні для запобігання проникнення мікроорганізмів, але не перешкоджає клітинному диханню та газообміну.

Гідрогелі на основі полігідроксіетилметакрилату (ПГЕМА) і полівінілпіролідону (ПВП) нетоксичні, є недорогими, швидко виготовляються та легко формуються, можуть поглинати до 50 % мас. будь-якої розчиненої у елюенті речовини, тому їх використання для створення гідрогелевих масок є обґрунтованим і економічно вигідним.

Ринок косметичної промисловості інтенсивно розвивається, продукція має короткий життєвий цикл, тому розроблення нових інноваційних продуктів з рослинної сировини є актуальним завдяки низькій токсичності та фармакологічній активності. Як наповнювач для створення косметичних гідрогелевих плівок використано екстракти рослини *Calendula officinalis*. Ці засоби мають ранозагоювальну, протимікробну, протизапальну, протипухлинну, антиоксидантну дії, оскільки містять фенольні сполуки, флавоноїди, вітаміни, ефірні олії та інші вторинні метаболіти, які визначають активність рослинних препаратів.

Метою роботи є створення та дослідження композицій на основі гідрогелів ПГЕМА і ПВП та екстракту *Calendula officinalis*.

Гідрогелі у вигляді плівок одержано блоковою полімеризацією композицій ГЕМА і ПВП у водному середовищі [1]. Для досліджень використано гідрогелі на основі наступних композицій: ГЕМА:ПВП:вода – 10:0:10 і 8:2:10, які характеризуються водопоглинанням (набряканням) 42 і 48 % і коефіцієнтом осмотичної проникності для води 0,51 і  $5,23 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$  відповідно.

Екстракти *Calendula officinalis* одержано методом настоювання протягом 7 діб. Як екстрагент використано 70%-ий етанол, співвідношення сировина:екстрагент – 1:10. Екстракти фільтрували, стандартизували та ідентифікували на наявність фенольних сполук і флавоноїдів у готових екстрактах.

Для досліджень використано гідрогелеві плівки, набрякли у воді, з яких видаляли поверхневу несорбовану воду, і висушені плівку протягом 1 доби за кімнатної температури. Гідрогелеві плівки поміщали у екстракт *Calendula officinalis* на 1 добу у співвідношенні плівка:екстракт – 1:5 (за масою) і визначали ступінь набрякання. Досліджено кінетику набрякання гідрогелів із різним співвідношенням плівка:екстракт. Після рівноважного набрякання плівок через 24 год досліджували десорбцію екстракту *Calendula officinalis*. Сорбцію та десорбцію визначено контролем загальних фенольних сполук та флавоноїдів у екстрактах. Максимальний ступінь набрякання становив 300%.

Отже, синтезовано гідрогелеві плівки на основі ПГЕМА і ПВП, насичено їх екстрактом *Calendula officinalis* та досліджено кінетику набрякання і вивільнення екстракту. Підтверджено наявність у одержаних композитах фенольних сполук та флавоноїдів, що дозволить в подальшому використовувати їх для створення косметичних засобів.

1. Suberlyak O., Melnyk Yu., Skorokhoda V. Regularities of preparation and properties of hydrogel membranes // Materials Science. – 2015. – Vol. 50, № 6. – P. 889-896.

## ПОВЕРХНЕВІ ТА ПЛАСТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ФЛЕКСОГРФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Валентина Слободяник, Михайло Ясінський,*

*Вячеслав Репета, Володимир Шибанов*

Українська академія друкарства

vsh.shibanov2@gmail.com

Згідно з аналізом аналітичної компанії Smithers Pira для флексографічного друку до 2023 року прогнозується тенденція його щорічного зростання на 2,6% [1]. Рушієм такої тенденції є потреба сусіпільства у виробництві упаковки та етикеткової продукції. Важливим фактором якості флексографічного друкарського процесу є параметри фотополімерної друкарської форми та її здатність відтворювати зображення, а саме добре сприймати і передавати друкарську фарбу та відновлюватися після деформації при виході з друкарського контакту.

Композиційний склад фотополімерних формних матеріалів (ФФМ дозволяє формувати шляхом їх УФ-опромінення і подальшого селективного вимивання (або топлення) незаполімеризованих ділянок, рельєфні форми різної складності. При дослідженні процесу вимивання фотополімерних форм органічними розчинниками встановлено, що важливе значення має тип розчинника, адже він дифундує у фотополімер, призводить до зміни величини поверхневої енергії друкуємих елементів і відповідно змін у сприйманні друкарських фарб. При вимиванні фотополімерних форм розчинником Gravo-Sol, їх поверхнева енергія лежить в межах 34-36 мДж/м<sup>2</sup>, а у випадку з Flexosol – 31-33 мДж/м<sup>2</sup>.

Специфіка поведінки фотополімерних композиційних сумішей виявляється в їх фізико-механічних властивостях, які характеризують здатність матеріалу деформуватися під дією механічних навантажень. В процесі друкування має місце пластоеластична деформація формного матеріалу, яка в значній мірі буде впливати на якість виготовлення продукції.

Таблиця. Пластоеластичні характеристики фотополімерних форм

Матеріал	Температура, °С	Пластоеластичні характеристики					Товщина, мм	Шор, А
		P	S	R	R', мм	R''		
DPN-45 цифрова	23	0,0006	0,1560	0,0040	0,2510	0,9910	0,937	60
	23	0,0110	0,1610	0,0720	0,7300	0,9300	2,844	
	23	0,0160	0,1940	0,0830	1,6800	0,9170	5,630	
	70	0,0600	0,2900	0,2080	0,3280	0,7920	0,922	
	70	0,2900	0,4150	0,6980	0,4960	0,3020	2,805	
	70	0,4550	0,5160	0,8810	0,4500	0,1190	5,568	
Cyrel-45 аналогова	23	0,0050	0,0850	0,0560	0,1350	0,9440	0,917	60
	23	0,0060	0,1060	0,0550	0,5000	0,9450	2,771	
	23	0,0130	0,2870	0,0450	0,9550	2,3370	5,481	
	70	0,1380	0,2670	0,5150	0,1880	0,4850	0,921	
	70	0,2400	0,3500	0,6870	0,4450	0,3130	2,745	
	70	0,4640	0,5250	0,8850	0,4420	0,1150	5,564	

Для різних типів ФФМ є важливою їх фізико-механічна характеристика. У таких композиціях спостерігається залежність пластоеластичних властивостей від тривалості дії навантаження. Результати, подані у таблиці, вказують на співрозмірність пластоеластичних параметрів аналогових і цифрових флексографічних фотополімерних пластин. Із збільшенням товщини, пластоеластичні характеристики теж збільшуються, як в цифрових так і в аналогових формах.

1. The Future of Flexographic Printing to 2023. URL: <http://www.flexoplus.ru/basics/presses/index.html> (дата звернення: 20.08.2019).

# SYNTHESIS OF POLYACRYLATE – SILICA MEMBRANES FOR FUEL CELLS

*Mariia Zhyhailo<sup>1</sup>, Viktoria Kochubei<sup>2</sup>, Iryna Yevchuk<sup>1</sup>, Oksana Demchyna<sup>1</sup>, Khrystyna Rymsha<sup>1</sup>*

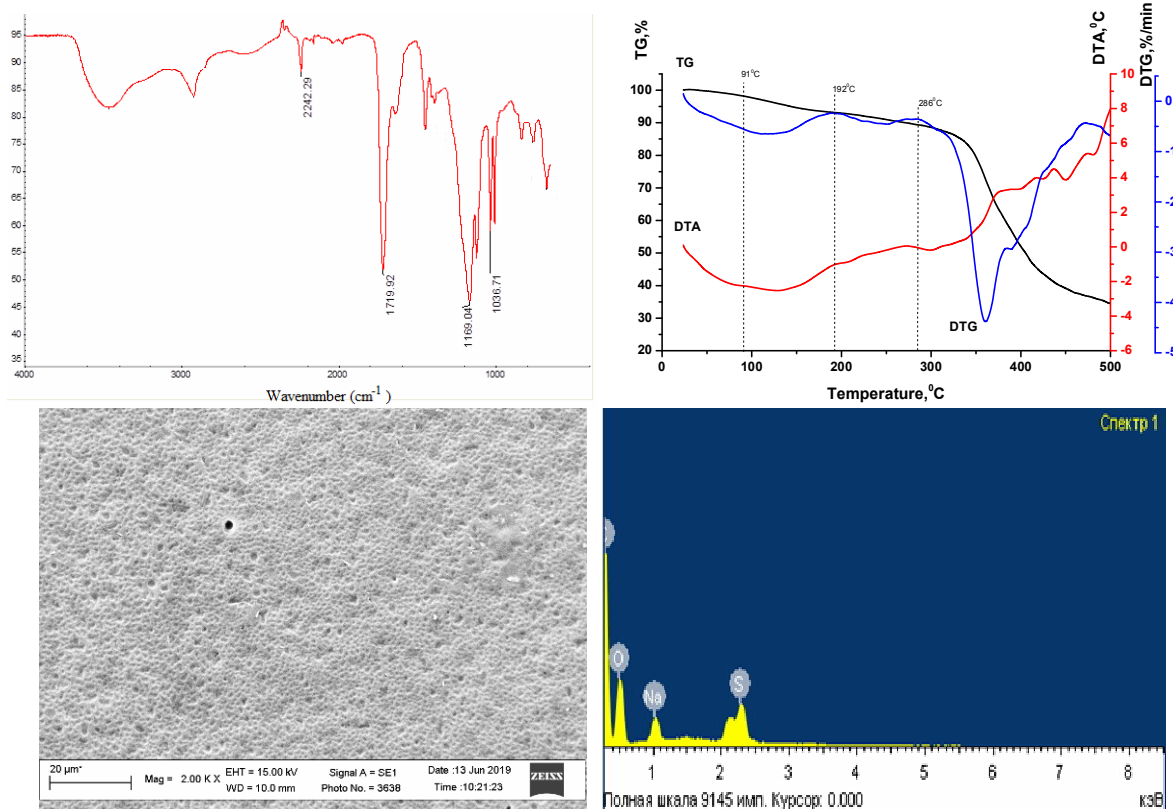
<sup>1</sup>Department of Physical Chemistry of Fossil Fuels InPOOC NAS of Ukraine, UKRAINE, Lviv, Naukova Str., 3a e-mail: [zhyhailo.mariia@gmail.com](mailto:zhyhailo.mariia@gmail.com)

<sup>2</sup>National Lviv Polytechnic University, UKRAINE, Lviv, S. Bandera Str., 12 e-mail: [vicvitkoch@gmail.com](mailto:vicvitkoch@gmail.com)

Fuel cell is a field of intense scientific activity because of promising application as environmental friendly technology. Proton exchange membrane is a key element of fuel cell: protons are transported through it from the anode to the cathode and then combined with oxygen and electron to complete the redox reaction. At present hybrid organic-inorganic materials are considered as a real alternative to the state-of-the-art membrane Nafion.

The series of membranes were prepared by UV polymerization of acrylic monomers (acrylic acid AA, acrylonitrile AN, 4-vinylbenzenesulfonate sodium salt SS), at the presence of photoinitiator 2,2-dimethoxy-2-phenylacetophenone (2.0 wt. %) and simultaneous sol-gel transformation of MAPTMS (3-methacryloxypropyltrimethoxysilane)-based sol-gel system. Ethyleneglycole dimetacrylate (EGDMA) was used as a crosslinker. The ratio between monomers was SS:AA:AN = 14:20:44 (wt. %); SG content in the feed compositions as follows (wt. %): SS1 – 0; SS2 – 3; SS3 – 5; SS4 – 7; SS5 – 10.

FTIR spectra of the membranes recorded using FTIR spectrometer (Nicolet IS 10 FTIR) with a resolution of 10 cm<sup>-1</sup> in a spectral range of 4000–600 cm<sup>-1</sup> and EDS images revealed the chemical composition of the membranes and incorporation of silica into polymer structure.



SEM images of the synthesized polyacrylate-silica membranes show dense homogeneous morphology without visible cracks. DTGA results indicate that membranes are capable of holding water at temperatures up to 90°C. These characteristics make the membranes viable for further research as proton- conducting membranes.

## ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИУРЕТАНОВИХ КОМПОЗИТІВ

*Л. М. Яценко, Н. В. Ярова, О. О. Бровко*

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ

*E-mail:lara.yashchenko@gmail.com*

Нові технічні рішення в різних галузях народного господарства потребують і нових ефективних матеріалів з хорошими фізико-механічними показниками, що відповідають необхідним експлуатаційним вимогам. В цьому аспекті епоксиретанові (ЕУ) полімери привертають увагу різноманітним можливостям взаємної модифікації епоксидів і поліуретанів з різними функціональними групами, які містять органічні та неорганічні складові, що дозволяє отримати полімерні композити із заданими властивостями.

Предметом дослідження були епоксиретанові композиції на основі полізоціанату (ПЦ) марки «Lupranat M 20S» IsoPMDI 92140, епоксидної смоли ЕД-20 ГОСТ 10587-84, рідкого силікату натрію (СН) (силікатний модуль 2,9–3,0, відсоток вільної води – 56,0 %). Епоксиретанові композиції готували, перемішуючи компоненти зі швидкістю 900 об/хв протягом 3 хв. Готові композиції заливали у форми та отверджували протягом 24 годин за температури  $20 \pm 2$  °С та 1 годину за температури 140 °С.

Проведено дослідження механічних властивостей (модуля пружності, міцності та відносної деформації при стисканні, міцності при згині за температури  $20 \pm 2$  °С) епоксиретанових композитів залежно від варіювання вмісту органічного та неорганічного компонента при їхньому формуванні. Було встановлено, що в залежності від кількості СН в ЕУ модуль пружності, міцність та відносна деформація при стисканні перебувають в межах 1916,4–4187,6 МПа; 117,4–133,1 МПа та 24,7–30,4 %, відповідно.

Зі збільшенням вмісту неорганічної складової в ЕУ значення міцності при стисканні істотно не змінювалися, проте модуль пружності, який характеризує жорсткість композиції, значно зменшувався. Причина цього може полягати у зміні вмісту СН, що впливає як на його взаємодію з органічною складовою (ПЦ), так і взаємодію між компонентами органічної складової (ПЦ+ЕД-20), і, як наслідок, на швидкість реакції утворення ЕУ та повноту її завершення.

Дослідженнями епоксиретанових композитів на міцність при згині встановлено, що найвищими показниками характеризується ЕУ складу ПЦ/СН/ЕД-20 = 80/20/20, найнижчими – ЕУ складу ПЦ/СН/ЕД-20 = 90/10/20.

Аналіз результатів проведених досліджень з вивчення впливу кількості СН на водопоглинання ЕУ композитів показав, що вони досягають максимального ступеня насичення приблизно через 2000 годин, а максимальне поглинання води ЕУ композитів підвищується з підвищенням вмісту СН, що можна пояснити більш дефектною структурою ЕУ складу ПЦ/СН/ЕД-20 = 70/30/20.

За даними термогравіметричного аналізу отримані ЕУ композити характеризуються досить високою стійкістю до термоокислювальної деструкції, причому при збільшенні кількості силікату натрію їхня стійкість погіршується, що зумовлено структурою утворених композитів. Проведені дослідження дозволяють регулювати термостійкість епоксиретанових композитів залежно від призначення.

Отримані нами епоксиретанові композиції можуть бути ефективними при створенні композитів та як сполучні для біокомпозитів на основі рослинних волокнистих наповнювачів.

# N-HYDROXYPHTHALIMIDE IN THE OXIDATIVE POLYMERIZATION AND HOMOPOLYMERIZATION OF VINYL MONOMERS BY

*A.A. Novokhatko*<sup>1</sup>, *M. A. Kompanets*<sup>2</sup>, *O. V. Kushch*<sup>2,3</sup>, *I. A. Opeida*<sup>1,3</sup>,

<sup>1</sup>Department of Physical Chemistry of Fossil Fuels of the Institute of Physical-Organic Chemistry and Coal Chemistry named after L. M. Lytvynenko of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine

<sup>2</sup>Litvinenko Institute of Physical Organic and Coal Chemistry, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>Faculty of Chemistry, Vasyl Stus Donetsk National University, Vinnytsia, Ukraine  
[anastasiianovokhatko@gmail.com](mailto:anastasiianovokhatko@gmail.com) e-mail

The polymerization of unsaturated compounds in the presence of O<sub>2</sub> is known as oxidative polymerization. In this work we present the results of study of the low-temperature oxidation process of vinyl compounds *styrene*, *α-methylstyrene*, *methyl methacrylate*, *acrylonitrile* with molecular oxygen initiated by AIBN and PBO in the presence of NHPI. Oxidation kinetics was studied at constant oxygen pressure with gas-volumetric method by measuring volume of the absorbed oxygen. <sup>1</sup>H NMR spectra of oxidation products and polyperoxides were recorded on the spectrometer "Bruker Bio Spin" (400 MHz, Si(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub> standard, in CDCl<sub>3</sub>. IR spectra polyperoxide was recorded in KBr on Perkin - Elmer Spectrum BX. It was established that the NHPI is efficient in initiation of the oxidative polymerization of vinyl monomers, the oxidation products of the monomers at temperatures of 30 ÷ 70 °C and 1 atm of O<sub>2</sub> are polyperoxides and low molecular carbonyl compounds.

An analysis of the kinetics for NHPI, AIBN and BPO initiators, as well as their mixtures in the polymerization and oxidative polymerization reaction was made using classical scheme for an chain process, when the initiation rate of a mixture of two initiators A and B ( $W_{iA+B}$ ) can be represented as the sum of the rates  $W_{iA+B} = W_{iA} + W_{iB}$ . Then the following equation must be satisfied:  $W_{ox\ A+B}^2 = W_{oxA}^2 + W_{oxB}^2$ . So if two initiators are added, their combined effect can be either additive ( $W_{\Sigma}^2 = \Sigma W_i^2$  the total initiation effect is the sum of individual effects), antagonistic ( $W_{\Sigma}^2 < \Sigma W_i^2$  the initiators cancel out each other's effects), or synergistic ( $W_{\Sigma}^2 > \Sigma W_i^2$  the total effect is greater than the sum of individual effects). It was shown that the combined addition of two initiators, one of which is NHPI leads to a synergistic effect

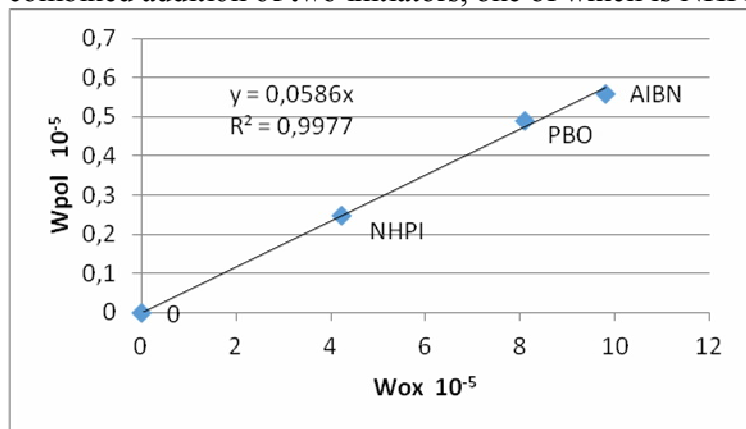


Fig. The relationship between the rates of oxidative polymerization and polymerization of MMA at different initiators.

From Fig. it is seen that there is a linear relationship between the rates of oxidation and polymerization reactions (the straight line  $R^2 = 0.9977$ ). This indicates that the initiation rate of each of the initiators is the same, both in the presence and absence of oxygen.

<sup>1</sup>H NMR spectra of oxidates obtained by oxidation of MMA, St and MSt with O<sub>2</sub> showed that the major products are the polyperoxides, which were isolated and analyzed. Vinyl polyperoxides are the sticky amorphous mass with high adhesion to fingers and glass, they are stable for several weeks at the temperature below 5 °C. At low temperature polyperoxides harden and become glassy, brittle materials. The addition of polyperoxides to the flame of a spirit lamp leads to characteristic clap and flash, their alternating structure was confirmed by <sup>1</sup>H NMR spectra. Among the oxidation products of acrylonitrile we did not identify the polyperoxides.

The possibility of NHPI participation in various initiation reactions in the oxidative polymerization and homopolymerization was investigated by quantum-chemical methods using the MOPAS 2016 package.

## СИНТЕЗ ТА ВЛАСТИВОСТІ БІОПОЛІМЕРІВ - ПОЛІГІДРОКСИАЛКАНОАТІВ

Ігор Семенюк<sup>1</sup>, Вікторія Кочубей<sup>2</sup>, Володимир Скорохода<sup>2</sup>, Тетяна  
Покиньброда,<sup>1</sup> Галина Мідяна<sup>1</sup>, Олена Карпенко<sup>1</sup>, Віктор Мельник<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглекімії  
ім. Л. М. Литвиненка НАН України, Львів, Україна

<sup>2</sup> Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна  
e-mail-igorsem777@gmail.com

Останнім часом важливого значення набуло питання переробки синтетичних пластикових виробів та вплив продуктів їх розпаду на навколишнє середовище. Використання пластмас на нафтовій основі приводить до накопичення у водних об'єктах та ґрунті слабо деградабельних відходів, які створюють високе екологічне навантаження на довкілля. Пошук альтернативних матеріалів дав поштовх до розробки екологічно чистих біопластиків – пластмас, виготовлених з відновлювальних ресурсів, які біологічно розкладаються в навколишньому середовищі [1].

Серед нових екологічно чистих пластмас заслуговують на увагу полігидроксиалканоати (РНА), що продукуються мікроорганізмами і є біодеградабельними. Полігидроксиалканоати є біосумісними, не токсичними і не викликають жодної з відомих алергічних реакцій. При наявності таких властивостей РНА є цікавими для біополімерного інжинірингу [2].

В роботі було проведено мікробний синтез полігидроксиалканоатів штаму *Pseudomonas* sp. PS-17 та досліджено їх фізико-хімічні властивості. Культивування мікроорганізмів проводили на оптимізованому поживному середовищі [3] за температури 30°C упродовж 2 діб. З пост ферментаційної культуральної рідини клітини виділяли шляхом центрифугування. Біополімер-полігидроксиалканоат виділяли із клітин, отриманих після центрифугування, шляхом екстрагування хлороформом. Ідентифікацію клітинного біополімеру проводили методом UV-Vis спектроскопії (максимум поглинання 239 нм). Термічну стійкість РНА та його теплостійкість досліджували на основі даних комплексного термогравіметричного, диференційного термічного аналізів та за методом Віка. Термічний аналіз біополімеру проводили на дериватографі Q-1500D системи “Паулік - Паулік–Ердей” в інтервалі температур 20-1000°C, в атмосфері повітря зі швидкістю нагрівання 5°C за хвилину.

Встановлено, що РНА відзначається достатньо високою термічною стійкістю. Глибокі термоокисні та деструктивні процеси в зразку протікають за температур, вищих 226°C. Синтезований біополімер має достатню теплостійкість. За даними диференційного термічного аналізу температура плавлення складає 46°C. Дані ДТА добре узгоджуються із результатами по теплостійкості за методом Віка, показник яких для РНА склав 48°C.

Достатня теплостійкість та висока термічна стійкість зразка біополімеру РНА створює перспективи його використання для виготовлення пакувальних матеріалів для продуктів харчування, у сільському господарстві – для покриття насіння, добрив, пестицидів. Екологічна безпека продуктів розкладу РНА дозволяє використовувати їх для пролонгування дії лікарських засобів, отримання міцного хірургічного матеріалу, що біодеградує, а також елементів опорно-рухового апарату при виготовленні імплантів.

1. Akaraonye, E., Keshavarz, T., Roy, I. Production of polyhydroxyalkanoates: the future green materials of choice . J. Chem. Technol. Biotechnol. 2010, V. 85, P. 2637–2640.

2. Reddy C, Ghai R, Kalia VC. Polyhydroxyalkanoates: an overview. Bioresour Technol. 2003, V. 8, P. 137–146.

3. Karpenko E., Pokinbroda T., Makitra R., Palchikova E. Optimal Methods of Isolation of Biogenic Rhamnolipid Surfactants. Zhurnal Obshchei Khimii. 2009, V. 79, No 12, P. 2637–2640.



# ПОЛІМЕРИЗАЦІЯ ВІНІЛОВИХ МОНОМЕРІВ ЗА НАЯВНОСТІ ВИСОКОДИСПЕРСНИХ НЕОРГАНІЧНИХ МІНЕРАЛІВ

*Володимир Дутка, Ярослав Ковальський, Олена Аксіментьєва*

Львівський національний університет ім. Івана Франка

e.mail: [vdutka@ukr.net](mailto:vdutka@ukr.net)

Полімер–мінеральні композити володіють цінними особливостями. Для оптимального поєднання обох компонентів доцільно отримувати композити, проводячи полімеризацію вінілових мономерів за наявності нанодисперсних неорганічних матеріалів.

В нашій роботі проведено полімеризацію вінілових мономерів, як от: стирен, метилакрилат, метилметакрилат, бутилакрилат, бутилметакрилат в присутності аеросилу,  $TiO_2$ ,  $MgO$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $V_2O_5$ ,  $Fe_2O_3$  та кліноптілоліту. Як ініціатори радикальної полімеризації використовували пероксид бензоїлу (ПБ), олігомерний пероксид себацінової кислоти (ОСК), гідрпероксид *трет*-бутилу (ГПТБ).

Поверхня досліджуваних мінеральних дисперсних оксидів адсорбує компоненти полімеризаційного середовища. Вивчено закономірності адсорбції пероксидних ініціаторів на поверхні дисперсних мінералів з розчину стирену. Процес адсорбції досліджуваних пероксидів на перелічених мінеральних оксидах добре описується відомим рівнянням мономолекулярної адсорбції Лангмюра. Визначені основні параметри адсорбційного процесу. У випадку проведення адсорбції з розчинів таких сполук як метилметакрилат чи бутилакрилат спостерігається конкурентна адсорбція пероксидів та кисневмісних мономерів. Дослідження термічного розкладу пероксидних сполук за наявності дисперсних оксидів показало, що деструкція ініціаторів перебігає в розчині мономеру та на поверхні мінералу.

На поверхні аеросилу та  $Cr_2O_3$  адсорбовані пероксиди розкладаються за гетерогенним механізмом в ході якого не утворюються радикали здатні ініціювати полімеризацію. Реакція пероксидних ініціаторів з поверхнею  $V_2O_5$ ,  $Fe_2O_3$   $PbO$  має окиснювально-відновний характер. В ході цієї взаємодії утворюються вільні радикали, здатні викликати полімеризацію. В ході полімеризації формуються композити, в яких мінеральні частинки рівномірно розподілені по об'єму. Причому, при досягненні ступеня перетворення мономеру в полімер 10-15%, швидкість полімеризації в наповненій та гомогенній системах стає рівною. Вказаний факт свідчить про формування на поверхні мінералу «сорочки» полімеру, яка блокує поверхню.

Поверхня дисперсного оксиду бере активну участь в процесі формування полімер-мінерального композиту. В системах, які містять мінеральні наповнювачі спостерігається обрив ростучих полімерних радикалів на поверхні. В досліджуваних системах спостерігається полімеризація досліджуваних мономерів в розчині та на поверхні, або за її участю. В ході формування полімер – мінеральних композитів відбувається прищеплення макромолекул полімеру до поверхні. Ступінь прищеплення полімеру до поверхні залежить від природи мінералу та мономеру. Знайдені молекулярні маси полімерів, які формуються в розчині та за наявності дисперсної фази в системі.

# NANOPARTICLES EMBEDDED IN TEMPERATURE-RESPONSIVE POLYMER COATINGS ATTACHED TO A GLASS SURFACE: FABRICATION AND APPLICATION

*Yurij Stetsyshyn*<sup>1</sup>, *Joanna Raczkowska*<sup>2</sup>, *Kamil Awwsiuk*<sup>2</sup>, *Ostap Lishchynskiy*<sup>1</sup>, *Yana Shymborska*<sup>1</sup>, *Svyatoslav Nastyshyn*<sup>2</sup>, *Khrystyna Harhay*<sup>1</sup>, *Halyna Ohar*<sup>1</sup>, *Andrij Kostruba*<sup>3</sup>, *Andrzej Budkowski*<sup>2</sup>, *Stanislav Voronov*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lviv Polytechnic National University, St. George's Square 2, 79013 Lviv, Ukraine

<sup>2</sup>Smoluchowski Institute of Physics, Jagiellonian University, Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków,

<sup>3</sup>Poland Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies,

Pekarska 50, 79000 Lviv, Ukraine

e-mail: [yrstecushun@ukr.net](mailto:yrstecushun@ukr.net)

In last years responsive “smart” surfaces were widely used for liquid crystal orientation, generation of protein gradients, switching between superoleophobicity and superoleophilicity or wettability by an ionic liquid. Smart antibacterial surfaces have a great potential for health and industrial applications, as they can prevent bacterial attachment and biofilm formation especially using a promising “kill-release” strategy [1].

In the presented work “smart” antibacterial surfaces based on silver nanoparticles (AgNPs) embedded in temperature-responsive poly(di(ethylene glycol)methyl ether methacrylate) - as well as poly(4-vinylpyridine) coatings attached to a glass surface were successfully prepared. The composition, thickness, morphology and wettability of the resulting coatings were analyzed using Time of Flight-Secondary Ion Mass Spectrometry, X-ray photoelectron spectroscopy, Energy Dispersive Spectroscopy, ellipsometry, atomic force microscopy, scanning electron microscopy and water contact angle measurements, respectively.

Temperature-switched killing of the bacteria was tested against *Escherichia coli* ATCC 25922 (representative of Gram-negative bacteria) and *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (representative of Gram-positive bacteria) at 4 and 37 °C. In general at 4 °C no significant difference was observed between the amounts of bacteria accounted on the grafted brush coatings and within the control sample. In contrast, at 37 °C almost no bacteria were visible for temperature-responsive coating with AgNPs, whereas the growth of bacteria remains not disturbed for “pure” coating, indicating strong temperature-dependent antibacterial properties of AgNPs integrated into brushes.

1. Joanna Raczkowska, Yurij Stetsyshyn, Kamil Awwsiuk, Monika Brzychczy-Włoch, Tomasz Gosiewski, Benedykt Jany, Ostap Lishchynskiy, Yana Shymborska, Svyatoslav Nastyshyn, Andrzej Bernasik, Halyna Ohar, Franciszek Krok, Dorota Ochońska, Andrij Kostruba, Andrzej Budkowski. “Command” surfaces with thermo-switchable antibacterial activity. *Materials Science & Engineering C*. 103. 2019, 109806.

# ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ РЕАКЦІЙНОЗДАТНИХ НЕНАСИЧЕНИХ КИСЛОТ

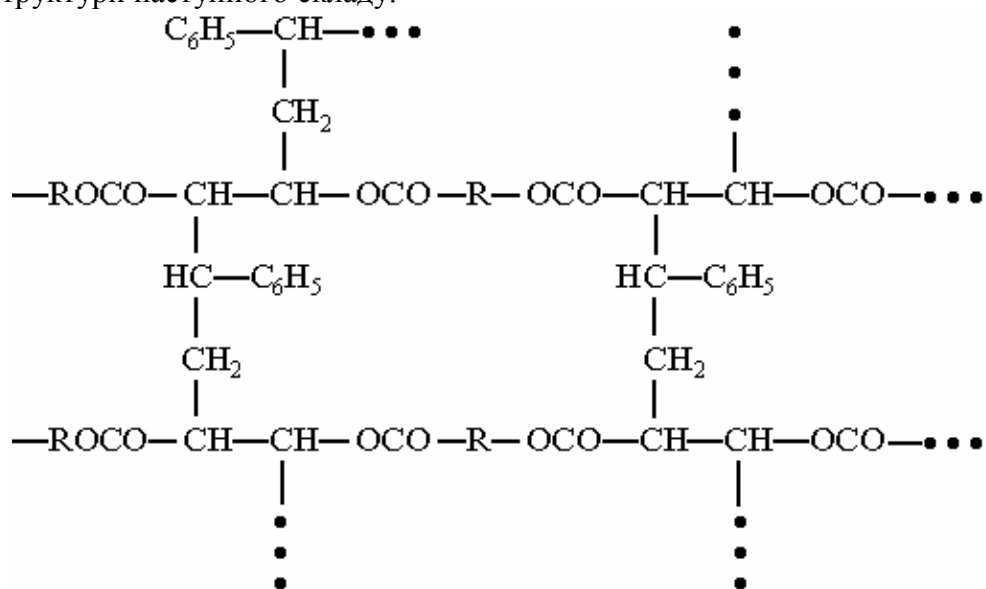
Кічура Д. Б.

Національний університет "Львівська політехніка", кафедра ТОП, ІХХТ

e-mail: dariia.b.kichura@lpnu.ua

На початку ХХ ст. ненасичені поліестери не знайшли належного застосування, пізніше детально вивчили механізм їх синтезу та вони почали притягувати увагу через здатність затвердіння без застосування тиску й високих температур. Найбільша галузь застосування поліестерів – це виробництво армованих пластиків. Їх цінність полягає у дешевій сировинній базі та простоті виготовлення різноманітних виробів, навіть крупногабаритних. Зараз промисловість випускає ненасичені поліестери на основі малеїнової та фумарової кислот чи їх ангідриду (поліестермалеїнати), а також на основі акрилових кислот (поліестеракрилати). Поліестермалеїнати – це поліестери лінійної структури, не здатні до радикальної гомополімеризації, для одержання полімерних покриттів з ситчастою структурою полімеру додатково вводять активні ненасичені мономери або олігомери (вуглеводневі – стирол й інші похідні, триетиленгліколевий естер метакрилової кислоти (ТГМ-3), алілові естери).

У випадку використання стиролу та його гомологів утворюються зшиті полімерні структури наступного складу:



Поліестермалеїнати, як правило, мають невисоку в'язкість, їх не потрібно розводити розчинниками, що дуже важливо з екологічної точки зору. Крім того високий вміст плівкоутворювача сприяє утворенню покриття великої товщини (до 300 мкм) при одноразовому нанесенні. Це дозволяє значно скоротити цикл робіт з фарбування різного типу поверхонь.

Взаємодія поліестеру з утворенням ситчастого полімеру, як правило, відбувається під дією ініціатора й прискорювача полімеризації. На основі ненасичених поліестерів одержують переважно лаки для меблів й інших виробів із дерева. Крім того, виробляють, але в значно менших кількостях пігментовані матеріали (емалі, ґрунтовки, шпаклівки). Щодо армованих пластиків, достатньо перерахувати наступні вироби: катера, яхти, шлюпки, байдарки, частини літаків різного типу, радарні установки, кузова автомобілів, будівельні матеріали, гофровані листи, резервуари та труби, ванни, басейни, мийки, арматури для внутрішнього та зовнішнього освітлення, електротехнічні матеріали, протезні матеріали і т.д.

# ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНО-КАТАЛІТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ TiO<sub>2</sub>-ZnO

Каськова А.В., Донцова Т. А.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

[kaskova.a00@gmail.com](mailto:kaskova.a00@gmail.com)

TiO<sub>2</sub> є перспективним матеріалом для екологічних застосувань, зокрема, у фотокаталітичних процесах. Для збільшення фотокаталітичної активності чистого TiO<sub>2</sub> використовують різні підходи, такі як модифікування та створення наноккомпозитів на його основі. В останньому випадку при поєднанні різних фотокаталітичних фаз можуть виникати синергетичні ефекти, які мають значно більшу активність, ніж чистий TiO<sub>2</sub>. У даній роботі як другу фазу було обрано ZnO через близьке значення забороненої зони (3,37 eV і 3.0–3.6 eV для ZnO та TiO<sub>2</sub> відповідно), властивості напівпровідника та наявну фотокаталітичну активність.

Отже, мета роботи полягала у синтезі наноккомпозитів на основі комерційного TiO<sub>2</sub> та ZnO та перевірці їх сорбційно-фотокаталітичної активності по відношенню до аніонних барвників (на прикладі конго червоного).

Наноккомпозити на основі TiO<sub>2</sub> та ZnO було синтезовано методом просочення з використанням нітрату цинку. У результаті було отримано 4 зразки наноккомпозитів з вмістом ZnO 2, 5, 10 та 15 % мас. Сорбційно-фотокаталітичні властивості перевіряли як в [1]. Одержані результати зображено на рисунку 1. Як можна бачити з рисунку 1, зі збільшенням відсоткового вмісту ZnO сорбційні та фотокаталітичні властивості збільшуються, сягаючи свого максимуму для наноккомпозитів з вмістом ZnO 5%, після чого спостерігалось зменшення як сорбційних, так й фотокаталітичних властивостей.

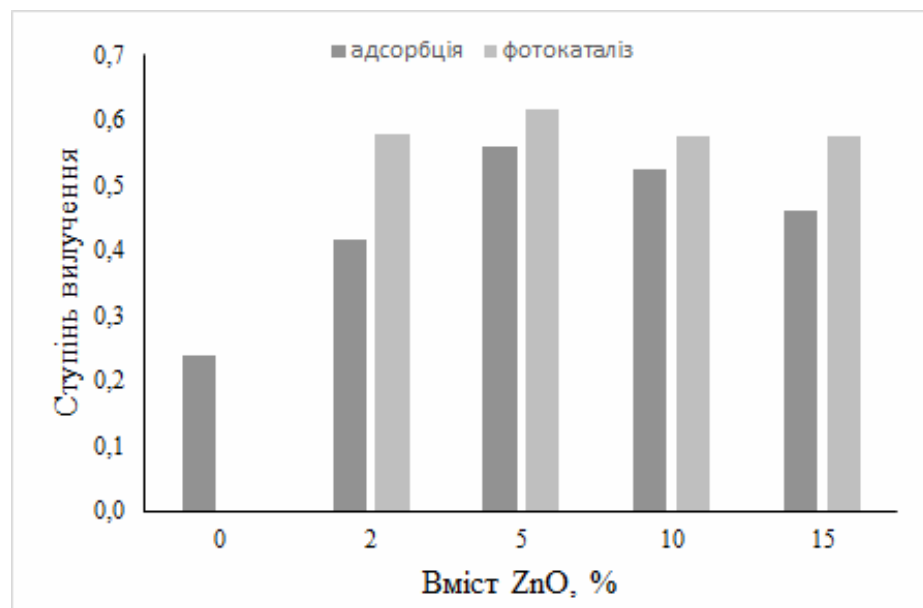


Рис. 1. Вилучення аніонного барвника (конго червоного) отриманими зразками наноккомпозитів TiO<sub>2</sub>-ZnO у порівнянні з комерційним TiO<sub>2</sub>.

Отже, наведені експериментальні дані підтверджують збільшення сорбційно-фотокаталітичних властивостей наноккомпозитів TiO<sub>2</sub>-ZnO у порівнянні з чистим TiO<sub>2</sub>.

1. Kutuzova A.S., Dontsova T.A. Characterization and properties of TiO<sub>2</sub>-SnO<sub>2</sub> nanocomposites, obtained by hydrolysis method // Applied Nanoscience, 2019, doi:10.1007/s13204-018-0754-4.

# ФУНКЦІОНАЛЬНІ ГРАДІЄНТНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНИХ ФУРАНО-ЕПОКСИДНИХ ПОЛІМЕРІВ

*О. Рассоха, Г. Черкашина, М. Сухоставська*

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

[rassan2000@ukr.net](mailto:rassan2000@ukr.net)

Градiєнтні покриття на основi фурано-епоксидних полімерів різного функціонального призначення застосовуються в будівельній індустрії для антикорозійного захисту поверхні залізобетонних, металевих виробів та конструкцій, а також для захисту магістральних газопроводів та технологічного обладнання в газотранспортних системах.

Градiєнтні полімерні покриття (системи) характеризуються нерівномірним розподілом (градієнтом) складу композиційного матеріалу та його властивостями за перерізом. В наслідок чого при оптимальному виборі типу та кількості (концентрації) інгредієнтів в системі можна сформувати функціональні покриття зі стабільним комплексом високих деформаційно-міцностних та експлуатаційних властивостей.

Раціональне регулювання цільових властивостей градiєнтних полімерних покриттів неможливе без встановлення кореляційного зв'язку між характеристиками фазової структури та властивостями композитного матеріалу. Також важливим чинником є знання механізму формування функціонального полімерного покриття.

В роботі проведена розробка та дослідження функціональних градiєнтних покриттів на основі фурано-епоксидного реакційноздатного олігомеру з різним вмістом епоксидної складової. Структуруючим агентом слугував амінофенольний тужавлювач. Структурування олігомеру здійснювали при нормальних умовах. Модифікаторами були обрані олігомерні сполуки термодинамічно сумісні та несумісні з фурано-епоксидною полімерною матрицею.

Розроблений технологічний процес формування градiєнтних покриттів, оптимальні параметри якого забезпечують отримання фазово-однорідної структури фурано-епоксидного полімерного матеріалу упродовж всього часу його експлуатації.

Розрахунково-теоретичним методом та експериментальними дослідженнями встановлений діапазон молекулярних мас та концентрацій обраних модифікуючих агентів, що виключає фазове розшарування при формуванні градiєнтних покриттів.

В роботі наведені експериментальні данні, що характеризують технологічні параметри композиційного матеріалу, деформаційно-міцностні, адгезійні та експлуатаційні властивості розроблених градiєнтних покриттів на основі модифікованих фурано-епоксидних полімерів.

У виробничих умовах проведена практична апробація градiєнтних фурано-епоксидних покриттів, сформованих на залізобетонних виробках та технологічному обладнанні у системах транспортування газу. Показано високий рівень якості та роботоздатності розроблених градiєнтних покриттів упродовж тривалого терміну експлуатації.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРИСТОЇ СТРУКТУРИ МОДИФІКОВАНИХ НАНОКОМПЗИТІВ НА ОСНОВІ САПОНІТУ

*Алексик А.І., Донцова Т.А., Янушевська О.І.*

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

[aleksyk.al@gmail.com](mailto:aleksyk.al@gmail.com)

Невисока собівартість, велике різноманіття видів сапонітових глин з різноманітними структурними характеристиками і значними сорбційними властивостями роблять їх зручним матеріалом для формування на їх основі високоефективних сорбентів для цільового використання у процесах водоочищення. Одним з перспективних шляхів спрямованого регулювання їх властивостей є модифікування різноманітними наночастинками. Серед нанорозмірних об'єктів пильну увагу привертають халькогеніди перехідних металів завдяки їх фотокаталітичним властивостям.

Отже, метою роботи було дослідження впливу модифікуючих добавок нанорозмірних графеноподібних сульфідів на пористу структуру нанокмпозитів на основі сапоніту.

У даній роботі було отримано нанокмпозити на основі сапоніту згідно методики, що наведена в [1]. Тільки у даному випадку використовувався не модифікований, а нативний сапоніт. Як модифікатори було використано  $\text{MoS}_2$  та  $\text{WS}_2$ . Таким чином отримано 3 зразки (Сапоніт, Сапоніт+ $\text{MoS}_2$ , Сапоніт+ $\text{WS}_2$ ), в яких далі досліджували структурно-адсорбційні властивості.

Структурно-адсорбційні властивості отриманих зразків досліджували низькотемпературним методом адсорбції-десорбції азоту ( $T = 77 \text{ K}$ ) на Quantachrome Autosorb (Nova 2200e). Питома поверхня була обчислена за допомогою рівняння БЕТ, а об'єм пор методом БДХ. Отримані ізотерми та розподіл пор для всіх зразків наведено на рисунку 1. Згідно ізотерм, показаних на рисунку 1, видно, що не модифікований сапоніт (рис. 1а) має більш широкий діапазон розподілу пор, ніж у модифікованих зразках, з максимумом при  $d=4 \text{ nm}$ . При цьому, його питома площа поверхні становить  $35 \text{ m}^2/\text{g}$ . Для модифікованих зразків, як у випадку сапоніту, модифікованого сульфідом молібдену (рис. 1б), так й сапоніту, модифікованого сульфідом вольфраму (рис. 1с), діапазон розподілу пор значно звужується (середній діаметр пор майже не змінюється), а питома поверхня знижується: для зразку Сапоніт+ $\text{MoS}_2$  вона становить  $19 \text{ m}^2/\text{g}$ , а для Сапоніт+ $\text{WS}_2$  –  $24 \text{ m}^2/\text{g}$ .

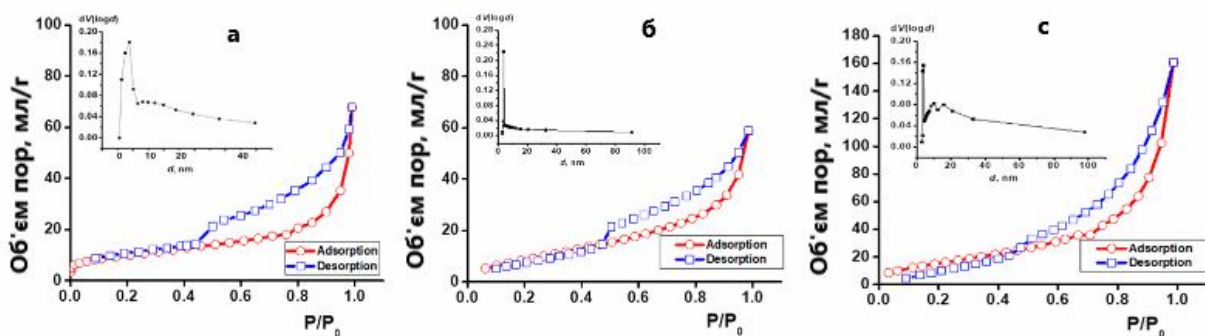


Рис. 1. Ізотерми та розподіл пор Сапоніту (а), Сапоніт+ $\text{MoS}_2$  (б), Сапоніт+ $\text{WS}_2$  (с).

Отже, у даному випадку можна стверджувати, що відбувається часткове блокування мікро-мезопористої системи сапонітової глини і, як результат, звужується діапазон розподілу пор та знижується питома площа поверхні.

1. Dontsova T.A., Yanushevskaya E.I., Nahirniak S.V., Makarchuk O.V., Ivanets A.I., Roshchina M.Yu., Kutuzova A.S., Kulikov L.M. Directional control of the structural adsorption properties of clays by magnetite modification, 2018, Journal of Nanomaterials, 1-9.

# ПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ ФТОРОПЛАСТА-4 І СИЛІКАГЕЛЮ

*Кабат О.С., Ляшевська М. С., Павлушкіна Н.В.*

ДВНЗ “Український державний хіміко-технологічний університет”

[Amber\\_UDHTU@i.ua](mailto:Amber_UDHTU@i.ua)

Споживча спроможність сучасного суспільства підвищується із року в рік. Для її задоволення підприємства всіх галузей промисловості використовують машини і механізми з високим рівнем продуктивності, які, у більшості випадків, є досить енергоємними (відомо, що енергія, яка споживається обладнанням на 70-80% витрачається на компенсацію втрат на тертя у вузлах машин і механізмів). Підвищення продуктивності машин і механізмів досить часто відбувається за рахунок інтенсифікації роботи їх основних вузлів, що у свою чергу призводить до зменшення їх надійності.

Тому зменшення втрат на тертя у вузлах машин і механізмів та підвищення рівня їх надійності є важливими і актуальними завданнями. Одним із шляхів вирішення цього завдання є створення нових матеріалів з високим рівнем трибологічних властивостей для вузлів тертя.

Одним із найбільш перспективних матеріалів, які спроможні зменшити тертя та підвищити рівень надійності вузлів машин і механізмів є полімери та ПКМ на їх основі. У порівнянні із традиційними матеріалами, що використовуються у вузлах тертя (металами та їх сплавами) вони мають меншу вагу, більш технологічні при переробці у вироби (відповідно більш дешеві), можуть працювати при дії агресивних та абразивних середовищ при терті без змашування і у режимах із граничним змашуванням.

До полімерів, які мають найкращий рівень трибологічних властивостей відносяться фторполімери та ПКМ на їх основі. В сучасній промисловості найбільше розповсюдження із фторполімерів отримав фторопласт-4, який наповняють графітом, вуглецевим волокном, дисперсними металами і т.д. Однак ці композити мають ряд недоліків, а саме достатньо високий рівень собівартості та невисокий рівень фізико-механічних і теплофізичних властивостей. Тому актуальним завданням є розробка ПКМ на основі фторопласта-4, які позбавлені цих недоліків та можуть бути використані у вузлах тертя машин і механізмів.

Для вирішення цього завдання фторопласт-4 наповняли силікагелем, який завдяки активній розвиненій поверхні здатен підсилювати полімерну матрицю. За результатами триботехнічних досліджень розроблених ПКМ встановлено, що оптимальним вмістом наповнювача у полімері є 10% ваг. Вивчена морфологія сталеві поверхні тертя до та після фрикційної взаємодії із ПКМ і встановлено, що на ній створюється “антифрикційне покриття”, яке сприяє покращенню триботехнічних характеристик пари тертя “ПКМ-сталь” у порівнянні із парою тертя “вихідний полімер-сталь”. Визначено, максимальні значення навантаження (2,0 МПа) та швидкості ковзання (1,25 м/с) при яких деталі із розробленого ПКМ будуть працювати у вузлах тертя машин і механізмів у нормальному режимі роботи. За допомогою програми MathCAD отримані математичні залежності, які описують вплив зовнішніх факторів (навантаження, швидкість ковзання) на тертя та зношування матеріалу 90% фторопласт-4 + 10% силікагель. Визначені його основні фізико-механічні та теплофізичні властивості і встановлено, що силікагель здійснює підсилюючу дію на фторопласт-4, збільшуючи рівень напруження при межі текучості при стисканні, модуль пружності, твердість та температуру розм’якшення за Віка на 5-15% у порівнянні із вихідним полімером.

# SEPARATION PROPERTIES OF COMPOSITE CHITOSAN MEMBRANES CONTAINING SPINEL FERRITE NANOPARTICLES IN PERVAPORATION AND VAPOUR PERMEATION OF ETHANOL-WATER SYSTEM

*Małgorzata Gnus, Roman Turczyn*

Silesien University of Technology, Faculty of Chemistry, Department of Physical Chemistry and Technology of Polymers, Strzody 9 Street, 44-100 Gliwice, Poland  
malgorzata.gnus@polsl.pl

Nowadays, the techniques used to solutions purification from undesirable components, membrane methods are widely recognized. Membrane techniques, such as pervaporation or vapor permeation, are commonly used in the process of separating liquid mixtures [1]. In the course of these processes, the feed stream is divided into two streams: permeate and retentate. Permeate is enriched with the component preferentially transported through the membrane but the retentate with component retained by them. The selectivity of membrane depending on differences in the solubility of each mixture components in polymer matrix the and diffusion of individual components through membrane material.

For ethanol dehydration in pervaporation, as well as in vapor permeation process, hydrophilic polymer membranes based on natural, biodegradable polysaccharides such cellulose, alginate or chitosan are commonly used [2, 3]. Chitosan despite the features like good film-forming properties, high hydrophilicity or good chemical resistance, needed additional modification to improve their separation properties in dehydration process. One of these methods was preparing composite materials where inorganic particles were dispersed in polymer matrix [4, 5].

The aim of this work was to determined the effect of the presence of ferrite nanoparticles on separation properties of composite chitosan membranes in two membrane processes and compared they each other. For this purpose, series of chitosan membranes without as well as with different amount of inorganic nanoparticles were investigated and separation experiments were performed.

The results of the research on ethanol-water mixture separation with pervaporation and vapor permeation method showed that the presence of ferrites in the polymer matrix influence on membrane selectivity. Differences of membrane transport properties in both processes which were compared.

## Acknowledgement

The author would like to acknowledge the National Science Center of Poland for providing financial support of this research under the project 2016/21/N/ST8/01868.

1. Feng X. et al. Liquid Separation by Membrane Pervaporation: A Review. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 1997, pp. 1048–1066
2. Kanti P. et al. Dehydration of ethanol through blend membranes of chitosan and sodium alginate by pervaporation. *Separation and Purification Technology*. 2004, pp. 259–266.
3. Veerapur r. et al. Pervaporation dehydration of isopropanol using blend membranes of chitosan and hydroxypropyl cellulose. *Journal of Membrane Science*. 2017, pp. 102-111.
4. Dudek G. et al. Pervaporation with chitosan membranes containing iron oxide nanoparticles. *Separation and Purification Technology*. 2014, pp. 8–15.
5. Gnus M. et al. The influence of filler type on the separation properties of mixed - matrix membranes. *Chemical Papers*. 2018, pp. 1095–1105.



# ELECTROCHEMICAL SYNTHESIS OF FUNCTIONAL POLYMERS ON FLEXIBLE SUBSTRATES

*Hryhorii Starykov<sup>1</sup>, Yuliia Horbenko<sup>1</sup>, Olena Aksimentyeva<sup>1</sup>,  
Hrystyna Ivaniuk<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Ivan Franko National University of Lviv

<sup>2</sup>Lviv Polytechnic National University

e-mail: hr.starykov@gmail.com

With the development of organic electronics, studies related to the production of thin polymer layers with various functions such as electrical conductivity, sensory sensitivity, the ability to convert solar energy, absorb or emit light in a fixed optical range, are of particular relevance. Such coatings can be obtained by simple vacuum-free methods – electronic printing, molecular imprinting or solid surface polymerization. One of the major advantages of this approach is the ability to obtain functional materials directly on polymeric substrates, which is important for the production of flexible screens, plastic solar cells, organic light-emitting diodes and electrochromic devices [1, 2].

The purpose of this work was to establish the conditions for the electrochemical preparation of functional polymer layers based on poly-3,4-ethylenedioxythiophene (PEDOT) on ITO-PET electrodes made of polyethylene terephthalate (PET) film with a deposited conductive layer of indium tin oxide (ITO). Electrosynthesis was carried out in a 0.1 M solution of the EDOT monomer in a mixed solvent of water-acetonitrile (1:1) and sulfuric acid was used as the conductive impurity.

By cyclic voltammetry (CVA) was found out that the initiation of electrochemical polymerization of EDOT on ITO-PET electrodes occurs in the potential range  $E = 1.42\text{--}1.45$  V (Ag / AgCl), and is accompanied by the formation of an electrically conductive PEDOT film with intense blue color. Preliminary modification of the surface of the ITO-PET electrode with a polyaniline nanolayer leads to a change in the electrode process and a decrease of the EDOT electrooxidative potential to  $E = 1.28$  V. In this case, the formed hybrid layer changes color to light blue, which is evidence of the electrochromic effect. The optical spectra of the obtained functional films on flexible ITO-PET electrodes are characterized by the presence of absorption bands in the visible (440, 689 nm) and near IR region (800-900 nm) specific to charge carriers of the polaron type [2]. The obtained results will be the basis for the development of a method of forming electrochromic polymer layers for flexible optoelectronic devices.

1. Park Y., Bormann L., Müller-Meskamp L. [et al.] Efficient flexible organic photovoltaics using silver nanowires and polymer based transparent electrodes. *Org. Electron.* 2016. 36. 68–72. doi:10.1016/j.orgel.2016.05.032

2. Aksimentyeva O., Zayarnyuk T., Konopelnyk O., Dyakonov V., Horbenko Yu. Effect of doping on thermo-optical behavior of poly-3,4-ethylenedioxythiophene films. *Visnyk of the Lviv University. Series Chemistry.* 2016. 57. 432–439.

The work was supported by Ministry of Education and Science of Ukraine, project № 0119U100259 “The Influence of structural organization of semiconductors of organic nature on luminescent and photoelectric parameters devices of organic electronics”.

# ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНИЙ ТЕРМОЕЛАСТОПЛАСТ ТА ЙОГО ВЛАСТИВОСТІ

*Гаркавий Д.Ю., Авраменко В'ячеслав Леонідович*

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут",  
м. Харків, Україна

[avramenko@kpi.kharkov.ua](mailto:avramenko@kpi.kharkov.ua)

В даний час, отримання термопластичної електроізоляційної композиції (ТЕП) з високими значеннями показників електричної міцності та фізико-механічними показниками є головним завданням виробників електро-провідникових виробів.

Для розробки композиції ТЕП були проведені ряд випробувань впливу компонентів на фізико-механічні властивості. Основою для створення термопластичних кабельних композицій є стиролові блок-кополімери каучуків і етилен-пропіленовий каучук, від процентного вмісту яких залежать фізико-механічні властивості компаундів. Більшість виробників для електроізоляційних компаундів вибирають наповнювачі - тонкодисперсний тальк і для здешевлення - гідрофобну крейду. Одним з основних компонентів в термопластичних електроізоляційних композиціях є зміцнюючі сумішники, котрі безпосередньо підвищують фізико-механічних властивості.

Результати випробувань двох композицій ТЕП наведені в таблиці.

Таблиця. Результати випробувань функціонального електроізоляційного ТЕП

Показники властивостей	ТЕП №1	ТЕП №2
Міцність при розриві, МПа	5,5	6
Відносне подовження при розриві, %	550	630
Відносна залишкова деформація після розриву, %	87	105
Опір роздиру, Н/мм	25	31

За результатами випробувань, було встановлено, що компоненти і їх процентний вміст істотно впливають на фізико-механічні показники електроізоляційної термопластичної композиції. А саме, з полімерів, краще використовувати етилен-пропіленовий каучук, який суттєво збільшує міцність і відносне подовження при розриві. У ролі зміцнюючого сумішника був обраний низькомолекулярний поліізобутилен, який підвищує параметр - опір роздиру.

1. И. В. Гармонова (ред.) Синтетический каучук. – Л.: Химия, 1976. – 752 с.
2. Айзинсон И.Л., Восторгов Б.Е., Кацевман М.Л. Основные направления развития композиционных термопластичных материалов. – М.: Химия, 1988. – 48 с.
3. Барштейн Г.Р., Сабсай О.Ю. Технологические свойства термопластов с минералорганическими наполнителями. – М.: НИИТЭХИМ, 1988. – 345 с.
4. А.А. Берлин, С.А. Вольфсон, В.Г. Ошмян, Н.С. Ениколопян. Принципы создания композиционных материалов. М.: Химия, 1990. – 240 с.

# ВИКОРИСТАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНОЇ ОЛІЇ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ КОМПОЗИТИВ

*Чобіт М.Р., Васильєв В.П., Бляшинець М.І.*

Кафедра органічної хімії, ІХХТ, Національний університет „Львівська політехніка”,  
Україна, м. Львів, 79013, пл. Св. Юра 3/4.

e-mail: [maksym.r.chobit@lpnu.ua](mailto:maksym.r.chobit@lpnu.ua)

У харчовій промисловості та закладах громадського харчування України утворюється досить велика кількість олії, яка використовувалась під час обсмажування різноманітної харчової сировини та приготування страв, наприклад овочів та риби під час виготовлення консервів, приготування картоплі фрі, пампуків, чебуреків тощо. За рахунок протікання в олії при високій температурі під час контакту із харчовою сировиною, процесів термічного розкладу, окиснення, полімеризації тощо, в олії накопичуються шкідливі для людини речовини. Олія при цьому стає непридатною для подальшого харчового використання. В той же час, сучасна промисловість потребує розроблення нових полімерних композиційних матеріалів, для створення яких необхідні наповнювачі, у тому числі і мінеральні із модифікованою поверхнею. Перспективною представляється спроба одночасного комплексного вирішення цих двох проблем одночасно.

Метою роботи є представлення можливості використання відпрацьованої соняшникової олії для модифікації поверхні крейди та гідроксиду магнію, та вивчення впливу таких наповнювачів на фізико-механічні властивості полімерних композиційних матеріалів.

Для модифікації використовували крейду та гідроксид магнію. В якості модифікатора застосовували пересмажену соняшникову олію, яка використовувалась у закладах громадського харчування, при смаженні чебуреків. Як полімерну матрицю використовували поліетилен низького тиску (ПЕНТ), пластифікований полівінілхлорид (ПВХ) та епоксидну смолу ЕД-20.

Модифікація мінеральних наповнювачів проходила за наступною методикою. У стакан об'ємом 250мл. поміщали мінеральний наповнювач та відпрацьовану олію у співвідношенні 20:1, а також дистильовану воду у співвідношенні 10:1 до наповнювача. Суспензію при постійному перемішуванні магнітною мішалкою витримували протягом 1-1,5 год. Одержану суміш фільтрували за допомогою фільтрувального паперу та висушували в сушильній шафі при температурі 60°C до постійної маси. Можна припустити, що на поверхні наповнювача утримуються як молекули тригліцеридів, за рахунок фізичної сорбції, так і молекули жирних кислот, які утворились під час зберігання та смаження олії, що прищепились шляхом процесу хемосорбції. Для одержання наповненого композиту змішували мінеральний наповнювач із полімерним матеріалом у співвідношенні 40% мінерального наповнювача та 60% полімерної матриці.

За результатами досліджень, вперше досліджена можливість модифікації вищезгаданих дисперсних мінеральних наповнювачів відпрацьованою (пересмаженою) соняшниковою олією непридатною для харчових цілей. Створені полімерні композити на основі поліетилену низької щільності, пластифікованого ПВХ та епоксидної смоли наповнені крейдою та гідроксидом магнію модифікованими відпрацьованою соняшниковою олією. Приріст міцності на розрив, перелічених композитів, досягає від 30 до 180%. При термомеханічних дослідженнях наповнених поліетилену низької щільності та пластифікованого ПВХ показано, що теплостійкість таких композитів в основному не змінюється в порівнянні із композитами наповненими немодифікованими наповнювачами. Доведено, що використання таких модифікованих наповнювачів покращує фізико-механічні властивості композитів збільшуючи їх ударну в'язкість, відносно видовження та міцність на розрив.

# ЗАСТОСУВАННЯ ЖЕЛАТИНУ ЯК ЗШИВАЧА ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ГІДРОГЕЛІВ

Чобіт М.Р., Панченко Ю.В., Сірацька М.М.

Кафедра органічної хімії, ІХХТ, Національний університет „Львівська політехніка”, Україна, м. Львів, 79013, пл. Св. Юра 3/4.

e-mail: [maksym.r.chobit@lpnu.ua](mailto:maksym.r.chobit@lpnu.ua)

Гідрогелі є одним з перспективних класів полімерних систем, які охоплюють численні біомедичні і фармацевтичні застосування. Гідрогелі стали дуже популярні завдяки своїм унікальним властивостям, таким як високий вміст води, м'якість, еластичність та біосумісність. Натуральні та синтетичні гідрофільні полімери можуть бути фізично або хімічно зшиті для отримання гідрогелів. Їх схожість з живою тканиною відкриває багато можливостей для застосування в біомедичних областях. Гідрогелі широко використовуються для різного біомедичного застосування – тканинної інженерії, молекулярного імпринтингу, імуноізоляції, як перев'язувальні матеріали, для доставки ліків тощо.

Метою представленої роботи є одержання гідрогелевих композитів, що наповнені желатином, для косметичного застосування та дослідження кінетики набрякання одержаних гідрогелевих композитів.

Прищепленою полімеризацією гідрофільних функціональних мономерів у водному середовищі було отримано просторово зшиті полімерні гідрогелі, що наповнені желатином. Для цього процес проводили у водному розчині при різному співвідношенні мономерів (акриламід (АкАм), акрилова кислота (АкК)) у присутності желатину (ініціатор  $K_2S_2O_8$ , температура 60 °С, протягом 2 годин) та желатину модифікованого пероксидним олігомером ВЕП-МА (2%мас., температура 80 °С, протягом 5 годин). У випадку використання модифікованого желатину ініціювання полімеризації відбувалось за рахунок розкладу іммобілізованих пероксидних груп з поверхні молекул желатину. Проведено дослідження кінетики набрякання гравіметричним методом та визначено константи швидкості набрякання. Ступінь набрякання (С.Н.) визначали за формулою:

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100$$

, де  $\alpha$  – ступінь набрякання гідрогелю %мас,  $m$  – маса набряклого кополімеру,  $z$ ,  $m_0$  – маса наважки сухого композиту,  $z$ .

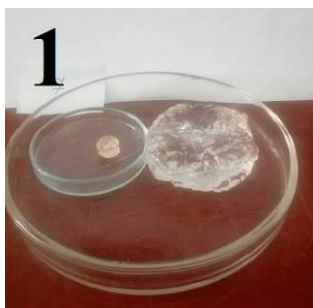


Рис. Фотографія гідрогелевого композиту.

Склад кополімеру:  
Желатин.(немод)=20%,  
АкАм= 40 %, АкК=40%.

На рисунку зображено фотографію зразку гідрогелевого композиту до та після тривалого перебування у воді. З фотографій можна побачити, що зразок може довготривало зберігати свою форму і не руйнуватися.

З отриманих результатів спостерігається різке зростання максимальних значень набрякання зразків графт-кополімерів АкАм та АкК у порівнянні із зразками прищепленого поліакриламід. Ймовірно це пов'язано з утворенням додаткової зшитої сітки між прищепленими кополімерами за рахунок центрів взаємодії між функціональними групами макромолекул  $-NH_2$  та  $-COOH$ . Композити, наповнені модифікованим желатином, демонструють зберігання маси, а отже і форми, при тривалому утримуванні у водному середовищі. Це свідчить про те, що пероксидований желатин має задовільні властивості зшиваючого агента, а оптимальний його вміст у гідрогелевому композиті становить 5%мас. По результатам проведених досліджень кінетики набрякання встановлено, що гідрогелеві композити, наповнені желатином демонструють суперабсорбуючі властивості. Це підтверджується досягненням ступеня набрякання 20000 %мас.

# POLYMER COMPOSITE SENSOR MATERIAL WITH IMMOBILIZED NANOPARTICULATE ZnO FOR LIQUID PHASE DETECTING OF Cu<sup>2+</sup> IONS

O.V. Zinchenko, A.L. Tolstov, V.F. Matyushov

Institute of Macromolecular Chemistry of the NAS of Ukraine

48 Kharkivske shose, 02160 Kyiv, Ukraine

tolstov@nas.gov.ua

Nowadays elaboration of novel composite sensor materials with improved technological and exploitation characteristics, high sensitivity and simplified methods of their producing are the key tasks for scientific society of the world. For many cases sensor materials are selected among either thin ceramic films or inert carriers coated with stimuli responsive, including polymer, layer(s) [1]. Depending on exploitation conditions proposed materials could be taken and successfully applied for qualitative or quantitative determination of heavy metal ions, pollutants, pharmaceuticals, other biologically active substances etc.

Polymer composites with ZnO-based sensor constituent are one of the most technologically and economically attractive materials for many applications due to unique combination of enhanced mechanical properties, UV-absorbance characteristics, luminescent and photochemical activity etc.

Here we proposed a versatile method of producing novel polymer composite sensors based on ZnO nanoparticles chemically joined with acrylic copolymer matrix. According to synthetic pathway a dispersion of ZnO nanoparticles ( $20 \pm 4.5$  nm) surfacially functionalized with polymerizable moieties were prepared. At the next stage as-synthesized ZnO nanoparticles were introduced into a mixture of acrylic acid (AA), 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA) and UV initiator. The reactive mixture was polymerized under UV irradiation source. Finally, the composite samples with hybrid structure based on a mixture of acrylic monomers cross-linked with polyfunctional ZnO nanofiller were obtained. Neat composites demonstrate improved UV

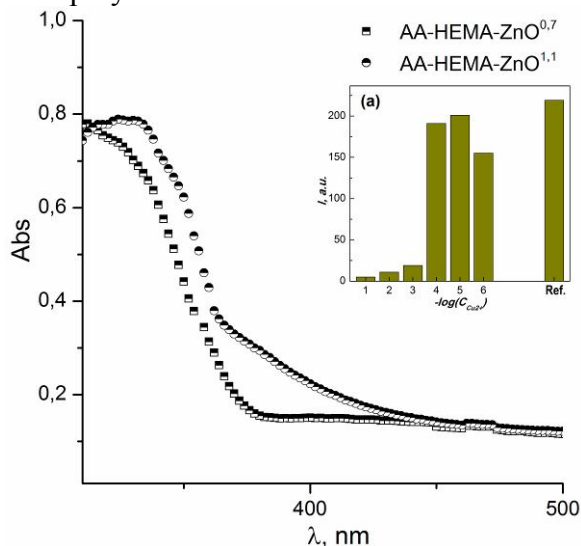


Fig. 1. UV absorption spectra (intensity of luminescence (a)) of hybrid composites.

Superscript index at ZnO indicates nanoparticles content (in 1000 ppm)

absorption and luminescent properties as well as pH-responsive ability of the hybrid hydrogels due to specific structure of hybrid matrix provide enhanced possibilities in development of novel sensors with multiple sensing mechanisms for various applications.

absorbance at spectral region of  $\lambda < 400$  nm (Fig. 1) and an intensive luminescence with maximum at  $\lambda = 509$  nm at excitation wavelength of  $\lambda_{ex} = 365$  nm. The samples are characterized by appropriate tensile properties and improved hydrophilicity, and could be applied as hydrogel materials for many purposes.

The optical properties of nanoparticulate ZnO is typically depend of composition and functionality of dispersive media. The ZnO-based nanocomposites obtained were examined as thin film sensors for heavy metals. It was observed that presence of Cu<sup>2+</sup> ions in surrounding media suppresses luminescent activity of ZnO-based composites. Reducing a luminescence was detected in Cu<sup>2+</sup> concentration range of  $10^{-1} \dots 10^{-6}$  M. Moreover, the composites have high pH sensitivity as well.

Thus composition-dependent UV

# ВДОСКОНАЛЕННЯ МІКРОФІБРИЛЯРНОЇ СТРУКТУРИ НАНОНАПОВНЕНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ

*Н.М. Резанова, Ю.О. Будащ, В.П. Плавач*

Київський національний університет технологій та дизайну  
budash.yo@knutd.com.ua

Введення в суміші полімерів нанонаповнювачів є одним із перспективних методів створення нових композиційних матеріалів з прогнозованими характеристиками, що дозволяє поєднувати можливість регулювання їх гетерогенної морфології і унікальні властивості речовин в наностані.

Метою роботи було дослідження впливу концентрації нанорозмірного оксиду алюмінію на вдосконалення мікрофібрилярної структури композитів, сформованих із термодинамічно несумісної суміші поліпропілен/співполіамід (ПП/СПА).

Були використані суміші ПП/СПА зі співвідношенням інгредієнтів 30/70, які містили (0,1÷3,0) мас. % пірогенного оксиду алюмінію ( $Al_2O_3$ ) з питомою поверхнею  $109 \text{ м}^2/\text{г}$ . Компоненти змішували у розплаві на черв'ячно-дисковому екструдері. Структуроутворення ПП в матриці СПА вивчали методом оптичної мікроскопії. В'язкість розплавів ( $\eta$ ) визначали методом капілярної віскозиметрії. Еластичні властивості оцінювали за величиною розбухання «В» екструдатів. Вплив нанодобавки на міжфазні явища досліджували за методикою, основою на вимірі швидкості росту капілярних хвиль в рідкому струмені, відповідно до класичної теорії Томотіки.

Показано, що за течії досліджених систем в них формується мікрофібрилярна морфологія – компонент дисперсної фази (ПП) утворює *in situ* переважно рідкі струмені (мікрофібрили) в матричному полімері, а також плівки і частинки. Додавання нанонаповнювача в розплав суміші дозволяє вдосконалити морфологію композитів: середній діаметр мікрофібрил зменшується в  $1,3\div 1,9$  рази, підвищуються їх масова доля та однорідність розподілу за поперечними розмірами. Максимальний ефект досягається за вмісту нанодобавки 1,0 мас. %. Покращення мікроструктури композитів обумовлене двома основними чинниками – впливом наночастинок (НЧ) оксиду алюмінію на в'язко-пружні характеристики компонентів суміші та явища на межі поділу фаз поліпропілену і співполіаміду. Введення твердих НЧ добавки закономірно підвищує в'язкість розплаву ПП та зменшує його еластичність через зниження рухливості ланцюгів макромолекул. Зі збільшенням вмісту  $Al_2O_3$  величини співвідношення в'язкостей ( $\eta_{\text{ПП}}/\eta_{\text{СПА}}$ ) зростають, а еластичностей ( $V_{\text{ПП}}/V_{\text{СПА}}$ ) – падають, наближаючись до одиниці, що полегшує деформацію крапель дисперсної фази. Згідно з законами гідродинаміки, в полімер-полімерних системах диспергування відбувається найбільш ефективно в разі, коли величини в'язкостей і еластичностей компонентів є близькими. Одержані результати щодо впливу концентрації НЧ добавки на параметри кінетики розпаду струменів ПП в матриці СПА та величину поверхневого натягу ( $\gamma_{\alpha\beta}$ ) свідчать про їх компатибілізуючу дію на перехідний шар. Це проявляється у зниженні величини  $\gamma_{\alpha\beta}$  від  $2,60 \text{ мН/м}$  (для вихідної суміші) до  $0,49 \text{ мН/м}$  (для композиції, що містить 1,0 мас. %  $Al_2O_3$ ). При цьому підвищується також стабільність рідких струменів, тобто час до їх розпаду зростає, а коефіцієнт нестабільності зменшується. Такий значний модифікуючий ефект досягається завдяки попередньому введенню нанодобавки в розплав ПП та її селективній локалізації в перехідному шарі. Міграція наночастинок обумовлена високою полярністю їх поверхні, що ускладнює взаємодію з макромолекулами неполярного поліпропілену та сприяє виштовхуванню НЧ на межу поділу фаз.

Таким чином, встановлено, що введення (0,1÷3,0) мас. % нанорозмірного оксиду алюмінію в розплав термодинамічно несумісної суміші ПП/СПА дозволяє завдяки компатибілізуючій дії наночастинок добавки одержувати полімерні композити з вдосконаленою мікрофібрилярною морфологією.

# SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF ORGANIC/INORGANIC DOUBLE NETWORK HYDROGELS BASED ON ACRYLIC ACID AND 2-AMINOETHYL-3-AMINOPROPYLTRIMETOXYSILANE

*Olga Slisenko*

Institute of Macromolecular Chemistry of the NAS of Ukraine

[olgaslisenko@ukr.net](mailto:olgaslisenko@ukr.net)

Term “double networks”, described by Gong [1] in 2003, is used for a unique type of IPN in which a high relative molecular mass neutral polymer network is incorporated within a swollen heterogeneous polyelectrolyte network. Such networks exhibit a nonlinear enhancement of mechanical strength, high resistance to wear and high fracture strength, containing 60–90% of water. The concept of DN hydrogels has shown that the first rigid network dissipates energy and increases the resistance against the crack creep, and the flexible second network, which provides elasticity to the hydrogel. In this study, one-pot method of organic-inorganic composites synthesis by combination of free radical polymerization of acrylic acid (AA) and catalytically-induced condensation of organosilane is presented.

Synthesis of PAA hydrogels of different cross-linking degree (content of N,N'-methylene-bis(acrylamide), MBA, varied from 0.3 to 1 wt. %) were carried out by simultaneous cross-linking technology, which includes a combination of free radical polymerization of acrylic acid (AA) in a presence of MBA, initiator ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) and polycondensation of 2-aminoethyl-3-aminopropyltrimetoxysilane, ATMS, (from 5 to 20 wt.%) in aqueous solution. Before using AA was neutralized with 10 wt.% NaOH solution (neutralization degree was 10 %).

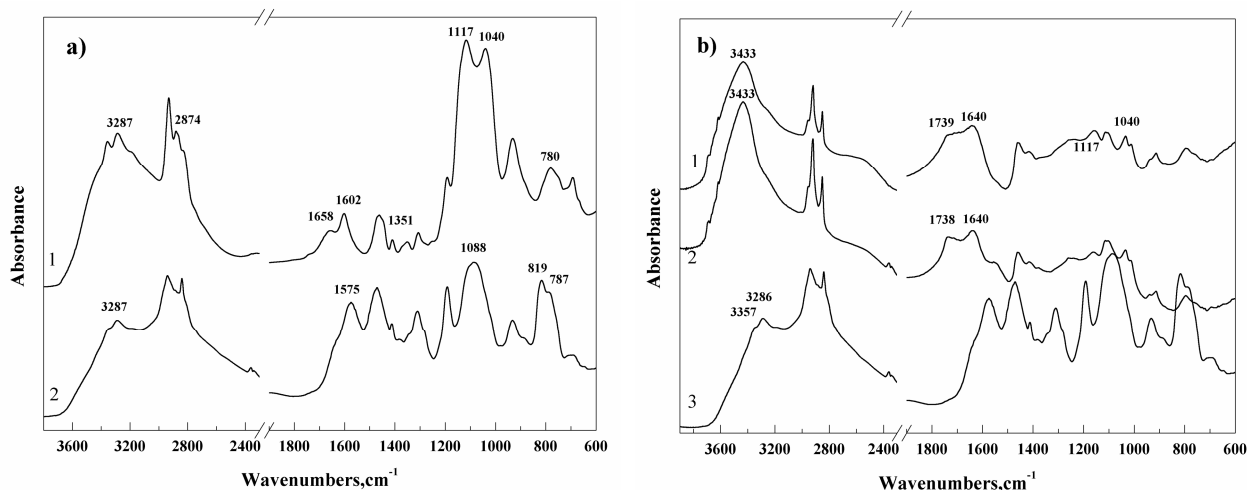


Fig. a) FTIR spectra of initial ATMS (1) and polyATMS (2);  
b) FTIR spectra of PAA (MBA 0.3wt.%) (1), PAA/ATMS = 90/10 (2) and polyATMS (3).

The hydrolysis and self-condensation reactions of ATMS have been studied by means of FT-IR spectroscopy. The hydrolysis of ATMS gives hydroxyl groups (Si–OH) that self-condense to form Si–O–Si bonds in linear and cyclic structures. The appearing of absorption bands at around 1040 and 800 cm<sup>-1</sup> are observed and assigned to asymmetric and symmetric stretching vibrations of Si–O–Si network, respectively. Bands at 2974, 2928 and 2874 cm<sup>-1</sup> corresponds to  $\nu_{as}(C-H)CH_3$ ,  $\nu_{as}(C-H)CH_2$  and  $\nu_s(C-H)CH_3$  from both, the ATMS and MetOH. There is a small band at 1602 cm<sup>-1</sup> due to NH<sub>2</sub> bending of ATMS.

The FTIR spectra of PAA/ATMS composite hydrogels indicate the formation of intercomponent H-bonds. Addition of 10 wt.% of ATMS into PAA causes appearing of clear maximum at 1738 and 1640 cm<sup>-1</sup>, initiates narrowing and growing an intensity of 3433 cm<sup>-1</sup> band, which is attributed to the superposition of –OH and –NH groups.

1. Gong J.P., Katsuyama Y., Kurokawa T., Osada Y. Double-network hydrogels with extremely high mechanical strength. *Adv Mater.* 2003, V.15, P. 1155–1158.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОРУШЕННЯ ГЕРМЕТИЗАЦІЇ СКЛОПЛАСТИКОВИХ ВИРОБІВ ПРИ ВИСОКОМУ ВНУТРІШНЬОМУ ТИСКУ

*Карандашов О. Г*

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

E-mail: [nokturnok@gmail.com](mailto:nokturnok@gmail.com)

Склопластикові вироби, у тому числі і склопластикові труби для транспортування різних рідин та газів, поступово нарощують об'єм виробництва та впроваджуються у нові галузі застосування витісняючи вироби з традиційних матеріалів. Це відбувається завдяки унікальним властивостям матеріалу, який при відносно невеликій вазі володіє високими фізико-механічними властивостями та стійкістю до дії різних агресивних середовищ.

Однією з перспективних галузей застосування склопластикових виробів є нафтопереробна галузь, де головними критеріями до застосованого матеріалу є стійкість до високого тиску та корозійна стійкість до нафтопродуктів. У даній галузі склопластикові вироби, а саме ємності для зберігання нафтопродуктів вже давно успішно використовуються, тоді як склопластикові труби для магістрального транспортування нафти мають обмежене використання. Це пов'язано з високим тиском у трубопроводі, який може досягати 22,5 МПа.

Серед склопластикових труб особливе місце займають вироби отримані методом косошарого поздовжньо-поперечного намотування (КППН). Особливість даних виробів полягає у можливості регулювання співвідношення фізико-механічних властивостей у поздовжньому та поперечному напрямках встановлюючи необхідну трансверсально-ізотропну структуру. Дані вироби зарекомендували себе для транспортування нафти при внутрішньому тиску у трубопроводі до 8,0 МПа та внутрішнім діаметром до 300 мм.

При виготовленні склопластикових труб на більший тиск, виникає ряд технологічних проблем. Більша товщина стінки призводить до більшої кількості тепла, яке виділяється під час хімічної реакції структуривання, що ускладнює його відведення. Це призводить до формування у товщі виробу внутрішніх напруг і за рахунок цього прискоренню процесу утворення дефектів під час експлуатації. Проведені дослідження встановили, що склопластикові труби отримані КППН, які використовуються для транспортування при внутрішньому тиску до 8 МПа, втрачають герметичність при встановленні у товщі виробу напруги 165 МПа. Тоді як для виробів орієнтованих на більший тиск гранична напруга при розгерметизації поступово зменшується і для виробів, які використовуються при 22,5 МПа її величина становить лише 110 МПа.

З метою підвищення порогу герметичності для виробів, які використовуються у системі трубопроводу при внутрішньому тиску від 8,0 до 22,5 МПа встановлено додатковий технологічний вузол на устаткування для намотування труб методом КППН, який відповідає за постійний підігрів наповнювача, який вкладається у поздовжньому напрямі. Підігрів наповнювача відбувається до потрапляння на формуючу оправку. Температура складає не менше 60 °С.

Дослідження встановили, що використання даного вузла не призводить до значного підвищення граничної напруги при розгерметизації склопластикових труб, які використовуються при тиску до 8,0 МПа, тоді як для виробів, які використовуються при тиску 22,5 МПа призвело до підвищення порогу розгерметизації до напруги 130 МПа у товщі виробу. Крім цього за однакових інших технологічних налаштуваннях використання даного вузла зменшило вміст полімерного компаунду у виробі з 26 до 24 %. Це дає змогу стверджувати, що вузол підігріву поздовжнього наповнювача, в першу чергу впливає на якість просочення наповнювача полімерним компаундом, його більша кількість проникає у пори скляного наповнювача, що зменшує кількість його скупчення у просторі між джгутами наповнювача, зменшуючи вірогідність місцевого перегріву, що впливає на зменшення кількості внутрішніх напруг та виникнення мікродефектів, які сприяють розгерметизації виробів при більш низькій напрузі у товщі виробу.



## ПІДВИЩЕННЯ ГЕРМЕТИЧНОСТІ ЕПОКСИДНИХ СКЛОПЛАСТИКОВИХ ТРУБ

*Олег Карандашов, Вячеслав Авраменко, Лідія Підгорна*

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
e-mail [avramenko@kpi.kharkov.ua](mailto:avramenko@kpi.kharkov.ua)

В останній час склопластикові труби достатньо широко використовуються для транспортування води та різних хімічних середовищ.

Нами розроблені склади епоксидних зв'язних для виробництва склопластикових труб методом косошарового поздовжньо-поперечного намотування з підвищеними теплостійкістю та хімічним опором. Склади композицій вміщували епоксидний олігомер

EPICOT 828, аліциклічний поліамін ізофторондіамін або аліфатичний амін BD H 328, прискорювач УП-606/2, а також модифікатор – похідний оксипропілтриметоксисилану.

Вихідна (базова) композиція мала у складі епоксидний олігомер CHS-Ероху 520, твердник модифікований ізо-метилтетрагідрофталевий ангідрид ХТ-152Б та прискорювач УП-606/2.

Необхідно було більш вдосконалено вивчити герметичність отриманих на їх основі труб в умовах експлуатації.

Герметичність та крихкість труб оцінювали при випробуваннях на гідростенді СГІ-99. Під час випробувань фіксували два показника:

1 показник напруження «першого тріску» – внутрішнє напруження у трубі, при якому зразок виробу утворює характерний звук, який свідчить про порушення цілісності виробу; однак дане мінімальне початкове руйнування може не вести за собою втрату герметичності;

2 при подальшому підвищенні напруження заміряється значення напруження, при якому на поверхні склопластикової труби виявляються перші сліди випотівання (перша крапля води), поява свищів, що сигналізує про втрату герметичності і неможливість подальшого випробування та використання виробу при більш високому напруженні.

У трубі встановлюються ущільнювальні заглушки, до нижньої підводиться вода від магістралі. Труба заповнюється водою і за допомогою двоступеневого компресора створюється випробувальний тиск згідно справжнім технічним умовам. Трубу витримують під тиском води не менше 10 хвилин. Трубу оглядають на предмет виявлення течі і запотівання.

Результати контролю здійснюють візуально і вважають задовільними, якщо за час випробування на поверхні зразка труби при даному тиску води не виявлено течі, крапель води або запотівання, а також повинно бути відсутнє падіння тиску.

Вивчені також фізико-механічні показники затверднених зв'язних (ударна в'язкість, руйнівна напруга при вигині) та теплостійкість за Мартенсом, а також руйнівне напруження при кільцевому розтягу зразків склопластиків (за стандартом ASTM D 2290-76). При визначенні руйнівного напруження при кільцевому розтягу розтягнення кільцевих зразків в їх площі здійснюється за допомогою внутрішнього тиску, який створюється жорсткими дисками. Кільця виготовляють, вирізаючи з циліндрів, потім при випробуванні надягають на напівдиски, які за допомогою пристрою закріплюються у випробувальній машині. Зразок із заданою швидкістю навантажуються до руйнування, і фіксується показник навантаження при руйнуванні.

Результати досліджень показали, що розроблені компаунди мають більш високі (на 15–20 %) значення всіх показників досліджуваних властивостей, чим вихідні компаунди.

Розроблені композиції проходять випробування на ТОВ «Склопластикові труби» (м. Харків).

# СИНТЕЗ ТА СТРУКТУРА НАПОВНЕНОЇ АЕРОСИЛОМ ВЗАЄМОПРОНИКНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ СІТКИ ПММА/ПУ

*Таїса Ігнатова, Людмила Косянчук, Оксана Антоненко, Любов Воронцова,  
Олександр Бровко*

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України  
[taya.ihnatoва@gmail.com](mailto:taya.ihnatoва@gmail.com)

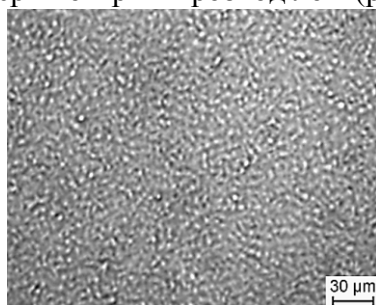
Для підсилення удароміцності ПММА у нього вводять еластомери, зокрема поліуретани (ПУ). При цьому кінцевий матеріал може бути взаємопроникною полімерною сіткою (ВПС), в якій полімери утворилися за різними механізмами одночасно або послідовно. Хімічні реакції утворення компонентів ВПС супроводжуються фазовим поділом, в результаті чого формуються фазовоподілені системи, морфологія і властивості яких залежать від умов синтезу, зокрема, наявності в реакційній суміші різного роду компатибілізаторів. Компатибілізатором для суміші ПММА/ПУ може бути аеросил. Проте, його тенденція до агломерації негативно позначається на властивостях суміші. Тому доцільним є використання модифікованого гідрофобізованого аеросилу, неактивна поверхня якого зменшує тенденцію до агломерації і сприяє досягненню максимально можливої його дисперсності та рівномірному розподілу в полімерній суміші. Мета даної роботи – дослідження впливу кількості гідрофобізованого аеросилу АМ-300 на процес утворення ПММА/ПУ ВПС та морфологію кінцевого матеріалу.

Об'єктами дослідження були ВПС на основі ПММА/ПУ складу 80/20 мас. %, наповнені 1 або 7 мас. % АМ-300.

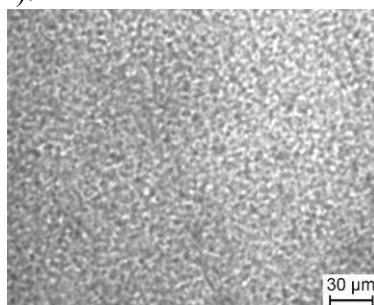
Синтез ВПС проводили із загальної реакційної суміші, в якій реакції уретаноутворення і полімеризації метилметакрилату відбувалися одночасно. Показано, що при введенні наповнювача у ПММА/ПУ ВПС і зростанні його вмісту спостерігається падіння швидкості обох реакцій, що спричинено зниженням рухливості реагуючих молекул ПУ компоненти та утворенням додаткових вузлів зшивки при полімеризації ММА в більш в'язких наповнених системах.

При вивченні фазового поділу методом світлорозсіяння встановлено, що цей процес відбувається у дві стадії за змішаним механізмом: на першій стадії переважним є нуклеаційний механізм, а на другій – спінодальний. Введення наповнювача АМ-300 у ПММА/ПУ ВПС і збільшення його концентрації сприяють процесу фазового поділу.

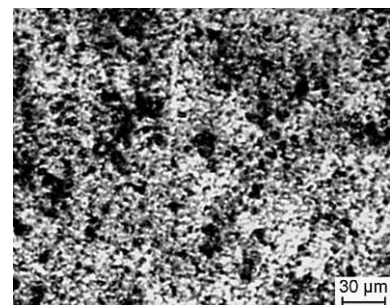
Дослідження морфології плівок отриманих ПММА/ПУ ВПС методом оптичної мікроскопії показало, що для вихідної суміші спостерігається утворення взаємопов'язаних періодичних структур (рис. а). Уведення 1 мас. % модифікованого аеросилу мало змінює як швидкість фазового поділу, так і морфологію ВПС (рис. б), можливо, за рахунок того, що при такому вмісті наповнювач не утворює структурної сітки, і в'язкість системи змінюється незначно. При збільшенні кількості наповнювача до 7 мас. %, частинки аеросилу утворюють структурну сітку, яка гальмує диспергування одного компонента в іншому, сприяє швидкому фазовому поділу і утворенню фазовоподілених структур з нерівномірним розподілом (рис. в).



а



б



в

# ОСОБЛИВОСТІ ЕФЕКТИВНИХ СТЕКІНГ-ВЗАЄМОДІЙ У ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛАХ АРАМІДНОГО ТИПУ

*Андрій Токар, Ольга Чигвінцева*

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
atokar\_2004@ukr.net

Як відомо, до *стекінг*-взаємодій відносять переважно невалентні міжмолекулярні взаємодії, що виникають між  $\pi$ -системами ароматичних фрагментів та мають природу ван-дер-ваальсових зв'язків. Такі взаємодії, поряд із «класичним» водневим зв'язуванням, відіграють важливу роль у формуванні структури полімерних матеріалів арамідного типу, зокрема фенілонів. Дослідження особливостей розподілу електронної густини у модельних супермолекулах димерів бензену (Рис. 1) із *T*-подібною, паралельно-зміщеною та сандвічевою структурою, що перебувають у газовій фазі, свідчить про те, що перші два типи димерів відповідають мінімумам на поверхні потенційної енергії, причому структура із паралельно-зміщеними молекулами є більш стійкою, а сандвіч – перехідному стану між ними [1–3].

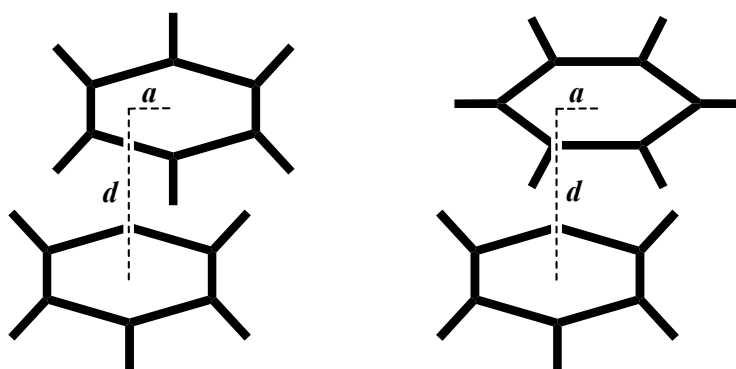


Рис. 1. Приклади деяких конформацій бензенового димеру із параметрами  $\pi$ -стекінг-взаємодій

У випадку димеризованої форми модельної сполуки *N*-фенілбензаміду, що відтворює особливості ефектів водневого зв'язування у полімерній матриці фенілону, розділення одержаної рівноважної геометрії димеру на мономерні складові з їх подальшою оптимізацією у наближенні B3LYP/6-311++G(d,p) призводило до утворення двох ідентичних структур. Розрахунок коливальних частот для всіх локалізованих стаціонарних точок свідчив про відсутність уявних коливань, що дозволило охарактеризувати їх як мінімуми на поверхні потенційної енергії.

Аналіз орбітальних взаємодій, що виникають в умовах утворення комплексу із водневим зв'язком, у межах теорії натуральних зв'язуючих орбіталей (NBO) показав, що головний внесок у загальну енергію стабілізації системи становлять перекривання типу  $n_{1,2}(O) \rightarrow \sigma^*(NH)$  із відповідними параметрами  $E(2)$ , що складають 15,4 та 9,5 кДж/моль, у той час як інші внутрішньо- та міжмолекулярні взаємодії мало відрізняються за енергією й носять переважно електростатичний характер. При цьому типові *T*-подібні *стекінг*-взаємодії, що виникають між бензеновими ядрами на відстанях  $\sim 2,997$  Å, відповідають перекриванням  $\pi(C=C) \rightarrow \sigma^*(CH-орто)$  із параметрами  $E(2)$  не більше 1,6 кДж/моль.

1. Munshi P. Charge density based classification of intermolecular interactions in molecular crystals. CrystEngComm. 2005, p.608-611.
2. Zhikol O. Electron density distribution in stacked benzene dimers: A new approach towards the estimation of stacking interaction energies. J. Chem. Phys. 2005, 144104.
3. Hill J. Calculation of intermolecular interactions in the benzene dimer using coupled-cluster and local electron correlation methods. Chem. Phys. Phys. Chem. 2006, p.4072-4078.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОДИФІКОВАНИХ ПОХІДНИМИ ПОЛІЕТИЛЕНАМІНОГУАНІДИНУ НАПОВНЮВАЧІВ НА ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІПРОПІЛЕНУ

*Петро Баштаник, Марина Терещук, Кароліна Янова*

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро  
e-mail: bashtanyk@i.ua

Поліпропілен відноситься до багатотоннажних термопластів загального призначення. Основними його перевагами є: легкість переробки, високі механічні властивості (міцність при розтязі, ударна в'язкість), здатність до орієнтаційної витяжки, гарний зовнішній вигляд виробів. Спрямоване покращення властивостей поліпропілену досягається введенням у полімерну матрицю різноманітних наповнювачів. Властивості наповнених полімерних композитів визначаються природою полімерної матриці, наповнювача і характером взаємодії на межі поділу фаз «полімер – наповнювач». Дисперсні наповнювачі - найпоширеніший вид наповнювачів полімерних композиційних матеріалів, в якості яких виступають різноманітні речовини органічної і неорганічної природи. Для покращення змочування наповнювача розплавом полімеру, підвищення адгезійної взаємодії у системі «полімер-наповнювач», зниження схильності частинок до агломерації поверхню порошкоподібних наповнювачів часто обробляють поверхнево-активними речовинами. Зростанню адгезії на межі поділу фаз «полімер-наповнювач» сприяють реакційно-здатні функціональні групи, які наявні у наповнювачі або спеціально створені на його поверхні при апретуванні.

Метою дослідження було одержання полімерного композиційного матеріалу на основі поліпропілену з покращеними механічними та теплофізичними властивостями.

Як полімерну матрицю використовували поліпропілен марки «ЛИПОЛ» А4-71, а як волокнистий наповнювач – рубані на відрізки 8-12 мм базальтові волокна, які одержували при нарізанні базальтового ровінгу ЖБТР-О-330 (ТУ У 00292729.001-96). Як дисперсний наповнювач використовували каолін марки КРШП. Поверхню наповнювачів модифікували похідними поліетиленаміногуанідину.

Пластики, що наповнені комбінованим наповнювачем, одержували методом черв'ячно-дискової екструзії при температурі у зоні нормальних напружень 220 °С, частоті обертання диску комбінованого екструдера ЕД-2,2 – 60 об./хв., величині зазору між корпусом і диском екструдера – 4 мм. З отриманого грануляту виготовляли стандартні зразки методом лиття під тиском при температурі циліндру литтєвої машини 210-230 °С, тиску лиття - 100 МПа, температурі форми – 20 °С.

Встановлено, що адгезійна міцність у системі «поліпропілен-базальтове волокно» при відсутності обробки волокон апретом становить 21,6 МПа. Модифікація базальтових волокон похідними поліетиленаміногуанідину призводить до зменшення крайового кута змочування термопласту - необхідної умови для утворення міцного адгезійного контакту. Рациональний вміст апрету на поверхні базальтового волокна, незалежно від його природи, становить 1,5 мас.%. Найбільше зростання адгезійної міцності (в 2,5 рази) у системі «поліпропілен-базальтове волокно» досягнуто при апретуванні базальтового волокна поліетиленаміногуанідинкарбонатом (51,2 МПа).

Дослідження властивостей полімерного композиційного матеріалу на основі поліпропілену та комбінованого (волокнистого та порошкоподібного) наповнювача встановили, що високими механічними та теплофізичними характеристиками характеризуються композити, що наповнені 20 мас.% волокнистого наповнювача та 10 мас.% порошкоподібного наповнювача, що містить на поверхні до 7 мас.% похідних поліетиленаміногуанідину.

Отримані базальтопластики є конкурентноспроможними на ринку високоміцних і з малою питомою густиною матеріалів, що можуть знайти застосування у авіа-, автомобіле- та приладобудуванні.

# СИНТЕЗ І ВЛАСТИВОСТІ ІНДЕН-КУМАРОНОВИХ СМОЛ З МЕТАКРИЛАТНИМИ ГРУПАМИ

*Марія Швед, Олена Шищак, Олена Астахова, Анастасія Колісник,  
Михайло Братичак*

Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. С.Бандери, 12, Львів 79013, Україна  
[mbratychak@gmail.com](mailto:mbratychak@gmail.com)

Одним з напрямів раціонального використання легкої фракції кам'яновугільної смоли (ЛФКС) є одержання на її основі інден-кумаронових смол (ІКС) [1]. На кафедрі хімічної технології переробки нафти та газу НУ «Львівська політехніка» впродовж останніх років ведуться роботи із одержання ІКС та застосування їх як полімерних компонентів при створенні бітум-полімерних сумішей [2, 3]. Перспективними виглядають дослідження із розроблення нових способів одержання ІКС та введення в їх структуру різноманітних функційних груп.

У даній роботі вивчена можливість одержання на основі легкої фракції кам'яновугільної смоли інден-кумаронових смол з метакрилатними групами (ІКСМ).

Сировиною для одержання ІКСМ слугувала легка фракція кам'яновугільної смоли (ЛФКВС), відібрана на ПАТ «Запоріжжкокс» (Україна). У складі ЛФКВС містилось 6,73 % мас. стиrolу, 5,75 % мас. кумарону та 44,45 % мас. індену.

З метою збільшення виходу кінцевих продуктів додатково у полімеризаційну масу вводили стирол та метилметакрилат (ММА). Ініціатором реакції слугував 2,2'-азо-біс-(2-метилпропіонітрил). У результаті ініційованої коолігомеризації ЛФКВС отримана ІКСМ, що характеризувалася молекулярною масою 830 г/моль та виходом 22,4 % мас. на вихідну суміш. Для підтвердження присутності у одержаній смолі метакрилатних груп проведено ІЧ-спектроскопічні дослідження (рис). Група С—О—С, яка входить у метакриловий фрагмент, підтверджена асиметричними валентними коливаннями при 1145 і 1143  $\text{cm}^{-1}$ .

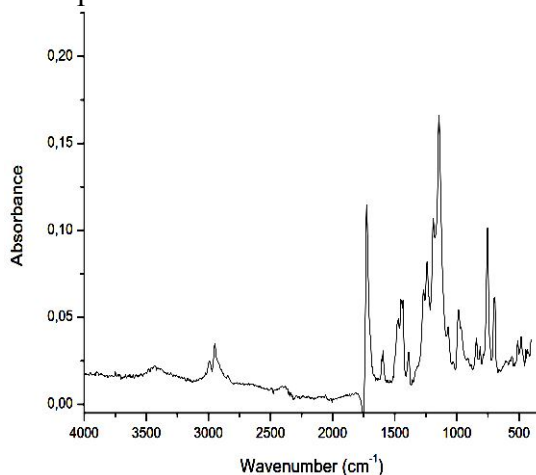


Рис. ІЧ-спектр ІКСМ

1. Веселовский В.С. Химическая природа горючих ископаемых. Издательство АН СССР, 1955, 424 с.

2. Pyshyev S., Gunka V., Grytsenko Yu. et al. Polymer modified bitumen: Review. Chem. Chem. Technol., 2016, 10, p. 631-636.

3. Pyshyev S., Grytsenko Y., Bilushchak H. et al. Production of indene-coumarone resins as bitumen modifiers. Petroleum & Coal, 2015, p. 303-314.

# СИНТЕЗ І ВЛАСТИВОСТІ ІНДЕН-КУМАРОНОВИХ СМОЛ З КАРБОКСИЛЬНИМИ ГРУПАМИ

Юрій Присяжний, Олена Шищак, Олена Астахова, Дарина Дмитренко,  
Михайло Братичак

Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. С.Бандери, 12, Львів 79013, Україна  
mbratychak@gmail.com

Відомо, що інден-кумаронові смоли (ІКС) отримують внаслідок полімеризації сумішей ненасичених сполук (в основному індену та кумарону), які одержують з побічних продуктів коксування вугілля та ароматичних висококиплячих продуктів піролізу нафти [1]. Інден-кумаронові смоли використовуються в різних галузях промисловості, в тому числі замість дорогих природних смол при виготовленні лакофарбових матеріалів. З іншого боку, ІКС з різними функційними групами можуть бути використані як добавки до бітуму для поліпшення їх експлуатаційних властивостей, зокрема адгезії [2, 3].

На кафедрі хімічної технології переробки нафти та газу Національного університету «Львівська політехніка» проведено ряд досліджень щодо отримання та застосування ІКС як компонентів для виготовлення бітумів, модифікованих полімерами (БМП).

Метою даної роботи було створення нових ІКС з карбоксильними групами, використовуючи як сировину легку фракцію кам'яновугільної смоли (ЛКФС), і дослідження впливу різних чинників на їх характеристики.

Додатково, крім ЛКФС, використовували стирол і метакрилову кислоту. Ініціатором коолігомеризації слугував 2,2'-азо-біс(2-метилпропіонітрил) у вигляді 0,2М розчину в толуолі.

Досліджено вплив температури, часу, природи мономерів та кількості ініціатора на характеристики ІКС. Для визначення ролі легкої фракції кам'яновугільної смоли в процесі коолігомеризації дослідження проводили також без її участі. Структуру синтезованої смоли визначали ІЧ-спектроскопією. Хроматографічні дослідження проводили для визначення конверсії ненасичених сполук під час синтезу та встановлення ролі вихідних компонентів суміші в процесі утворення ІКС.

Встановлено, що найвищий вихід ІКС з карбоксильними групами досягається за кількості ЛКФС 45,2 мас. част., стиролу – 7,3 мас. част., метакрилової кислоти – 2 мас. част. за концентрації ініціатора 2,2'-азо-біс(2-метилпропіонітрил) 0,25 мас. част.

Газо-рідинною хроматографією було підтверджено, що тільки метакрилова кислота повністю приймає участь в реакції полімеризації. Конверсія стиролу не перевищує 50 %, кумарону – 37 %, індену – 46 %. Структуру синтезованих ІКС з карбоксильними групами і присутність вільних карбоксильних груп у їх структурі підтверджено ІЧ-спектроскопією.

1. Соколов В.: Инден-кумароновые смолы. Металургия, Москва 1978.
2. Pyshyev S., Grytsenko Y., Bilushchak H. *et al.* Production of indene-coumarone resins as bitumen modifiers. *Petroleum & Coal*, 2015, p. 303-314.
3. Serhiy Pyshyev, Volodymyr Gunka, Yuriy Grytsenko and Michael Bratychak. Polymer modified bitumen: review. *Chem. Chem. Technol.*, 2016, 10, p. 631-636.

## НАПОВНЕНІ КАРБОНАТОМ КАЛЬЦІЮ ЕПОКСИ-ОЛІГОЕСТЕРНІ СУМІШІ

*Олена Астахова, Олена Шищак, Ольга Зубаль, Михайло Братичак*  
Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. С.Бандери, 12, Львів 79013, Україна  
mbratychak@gmail.com

Нині особливий науковий та практичний інтерес становлять композиційні матеріали на основі епоксидних смол, які здатні суміщатися з іншими полімерними матеріалами і тим самим покращувати властивості отриманих за їхньою участю виробів [1]. Для здешевлення останніх до полімерних сумішей додають мінеральні наповнювачі, зокрема карбонат кальцію  $\text{CaCO}_3$ .

Метою даної роботи було створення нових епокси-олігоестерних сумішей на основі промислової епоксидної смоли Epidian-5 та олігоестеракрилату ТГМ-3 й монопероксидної похідної епоксидної смоли Epidian-6 (ПО). Як мінеральний наповнювач використано  $\text{CaCO}_3$ , затвердником сумішей слугував поліетиленполіамін.

Досліджено фізико-механічні властивості зразків, утворених на основі епокси-олігоестерних сумішей. Введення до сумішей  $\text{CaCO}_3$  значно збільшує твердість плівок. Аналогічні результати були отримані, коли молекули Epidian-5 були частково заміщені на ПО. Одночасне введення  $\text{CaCO}_3$  у кількості 30-60 мас. част. і ПО (10 мас. част.) збільшує вміст і твердість гель-фракції у порівнянні з сумішами без цих компонентів.

Суміші без ПО і суміш, у складі якої знаходиться 30 мас. част.  $\text{CaCO}_3$ , характеризуються меншими значеннями максимальної міцності на розрив, деформацією при розтягуванні, ударною в'язкістю Charpy, максимальною міцністю на вигин і деформацією розриву, але більш високими значеннями модуля Юнга та твердості Shore D. Аналогічні результати отримані при введенні 10 мас. част. ПО. Отримані результати свідчать про участь молекул ПО у формуванні тривимірної зшитої структури. Отриманий продукт стає твердішим і менш еластичним.

Збільшення кількості ПО від 10 до 30 мас. част. призводить до зниження твердості та збільшення еластичності продукту. Ці дані підтверджують припущення, що велика кількість ПО призводить до меншої щільності поперечних зв'язків компонентів суміші. Збільшення кількості  $\text{CaCO}_3$  підвищує твердість, розтягування та еластичність, але зменшує деформацію при розтягуванні та ударну в'язкість.

З використанням скануючої електронної мікроскопії встановлено морфологію отриманих сумішей і доведено, що одночасне використання у епокси-олігоестерних сумішах ПО і  $\text{CaCO}_3$  приводить до покращення структури отриманих взірців.

1. Ellis B.: Chemistry and Technology of Epoxy Resins. Blackie Academic and Professional, London 1993.

# ВПЛИВ ТОНКОПЛІВКОВИХ ПОКРИТТІВ Fe, Co, Ni НА МІКРОТВЕРДІСТЬ ПОЛІЕТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТУ

Касумов А. М., Шаповал К. О., Караваєва В. М., Оліфан О. І.

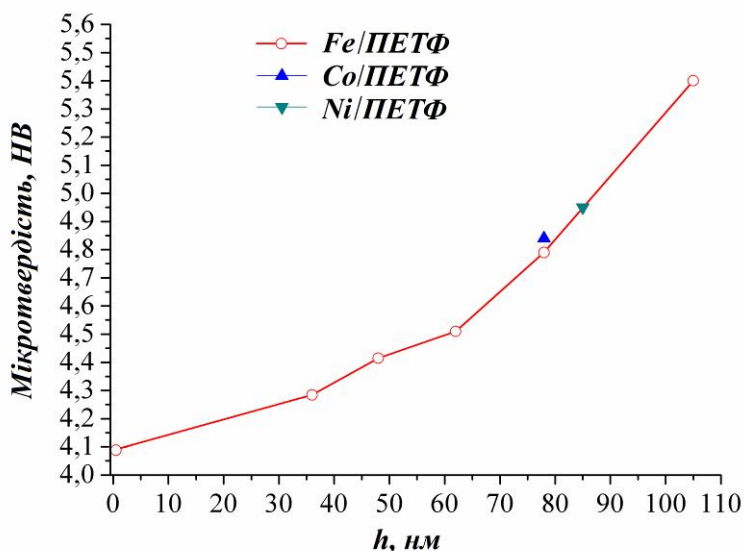
Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України

e-mail: [kasumov.IPM@gmail.com](mailto:kasumov.IPM@gmail.com)

Полімер поліетилентерефталат (ПЕТФ), що широко використовується в різних областях промисловості все частіше застосовується в поєднанні з тонкоплівковими покриттями, що виконують декоративну, світловідбиваючу та інші функції. Представляють інтерес також покриття на основі феромагнітних металів групи заліза Fe, Co, Ni, що завдяки своїй спонтанній намагніченості здатні надати магнітні властивості комплексу Fe, Co, Ni/ПЕТФ, що має форму плівок, ниток, наночастинок. При цьому слід враховувати, що магнітне поле даних покриттів здатне впливати на молекулярні групи, що входять до складу ПЕТФ, оскільки більшість з них володіють діамагнітними властивостями, тобто є магніточутливими [1]. Вплив магнітного поля на механічні властивості ПЕТФ описано в [2].

Метою даної роботи є вивчення впливу товщини тонкоплівкових покриттів з металів Fe, Co, Ni на мікротвердість пластинок ПЕТФ.

Тонкоплівкові покриття Fe, Co, Ni були осаджені на пластинки ПЕТФ термічним випаровуванням для мінімізації теплового впливу на полімер. Температура підкладки ПЕТФ в процесі осадження підвищувалась від кімнатної на 5°C, тобто весь час була значно меншою за температуру розм'якшення ПЕТФ (95 – 100 °C). Товщина металічного покриття збільшувалась шляхом напilenня на одну і ту ж саму пластинку ПЕТФ. Мікротвердість самої пластинки ПЕТФ та її поєднання зі зростаючим по товщині металічним покриттям, вимірювалась на твердомірі ПМТ – 5. Товщина пластинки ПЕТФ дорівнює 0,1 мм, металічного покриття 0÷110 нм.



На рисунку представлено залежність мікротвердості пластинки ПЕТФ з тонкоплівковим покриттям з Fe від товщини даного покриття. Така ж залежність для покриттів Co і Ni має аналогічний характер та представлена окремими точками на кривій.

Як видно з рисунка, крива має експоненціальний характер. Це може бути пов'язано зі зростаючим сумарним впливом як намагніченості феромагнітних плівок металу на молекулярні групи, так і твердості самих металічних покриттів при коалесценції острівців металу в суцільну плівку. З ростом товщини Fe – покриття до 110 нм, збільшення мікротвердості складає 32%. Тобто таке тонкоплівкове покриття суттєво впливає на механічні властивості плівок ПЕТФ.

1. D. W. van Krevelen and K. Te. Nijenhuis. Properties of Polymers (Amsterdam: Elsevier Science: 2009).

2. Александров П. А., Бударягин В. В., Шахов М. Н. Механические свойства некоторых материалов в магнитном поле. Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, вып. 1.2005.с. 24—30.



# ПОЛІМЕРНІ ІОННІ РІДИНИ ТА ІОННІ РІДИНИ ІОНЕНОВОГО ТИПУ ЯК МОДИФІКАТОРИ КОМПОЗИЦІЙ НА ОСНОВІ ПРИРОДНИХ ПОЛІМЕРІВ

*Свердліковська О.С., Бурмістр М.В., Черваков О.В.*  
ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»  
o.sverdlikovska@gmail.com

Особлива увага вчених усього світу до хімічної промисловості зумовлена високим рівнем розвитку цієї галузі. Більшість технологій виробництва мають необхідність у нових підходах до вирішення існуючих економічних та екологічних проблем, пов'язаних із великими енергетичними витратами та забрудненням навколишнього середовища.

Дана наукова робота спрямована на розробку принципово нових екологічно безпечних й економічно доступних полімерних іонних рідин та іонних рідин іоненового типу. Це дозволить отримати відомості, необхідні для рекомендації цих рідин для вирішення науково-технічних проблем з розробки альтернативних розчинників для отримання і переробки полімерних композиційних матеріалів, що є науково і практично актуальним.

На основі взаємодії аліфатичних і алкілароматичних дигалогенідів з морфоліном – вихідних мономерів нових полімерних іонних рідин іоненового типу розроблені методології їх отримання [1]. Встановлено, що використання в моно- і димерних іонних рідинах аніонів хлору в якості протиіонів, присутність неоднакових замісників при четвертинному атомі Нітрогену, як і введення до них гідроксильних та алільних груп сприяє отриманню високого рівня іонної провідності ( $10^{-1} \div 10^{-6} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$ ) при її збереженні до температур  $-28 \div -130^{\circ}\text{C}$ . Тобто, уперше синтезовано полімерні іонні рідини та іонні рідини іоненового типу на основі морфоліну, які не поступаються світовим аналогам за рівнем іонної провідності, але в значно більшому інтервалі температур.

Уперше виявлено закономірності регулювання віскозиметричних властивостей синтезованих полімерних іонних рідин іоненового типу на основі морфоліну у воді та водно-органічних розчинниках шляхом варіювання будови і концентрації полімеру, природи і складу розчинника, температури. В'язкість визначається ступенем набрякання полімерного клубка в розчині і залежить від розміру замісника при четвертинному атомі Нітрогену, гідрофобності та густини заряду ланцюга макромолекули. Розвинуті наукові уявлення щодо поведінки макромолекул полімерних іонних рідин у розчинниках дозволяють сформулювати рекомендації основи методології створення полімерних іонних рідин та іонних рідин іоненового типу з високим рівнем властивостей для застосування їх у системах на основі відомих полімерних матеріалів триацетату целюлози, а також полізоціанату.

На основі іонних рідин й полізоціанату створені композиції іонообмінних мембран для сенсорних систем, які вирізняються високим світлопропусканням (до 82%) та іонною провідністю ( $10^{-5} \div 10^{-6} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$ ) з одночасним підвищенням міцності і твердості плівок (у 1,9-3,0 рази та 2,4-3,5 рази, відповідно). Найкращою полімерною композиційною системою є полізоціанат–іонна рідина–диметилформамід у співвідношенні 0,1/0,05/1, яку слід рекомендувати в якості йонообмінної мембрани електролітних матеріалів різного призначення, наприклад, для електрохімічних сенсорів.

Розроблені нові плівкові полімерні композиційні матеріали на основі триацетату целюлози і полімерних іонних рідин та іонних рідин іоненового типу як основ оптичних сенсорів, які вирізняються високим світлопропусканням (до 80-90%) з одночасним підвищенням міцності і твердості плівок (у 2,4-18,2 рази та 1,0-2,9 рази, відповідно). Найкращою плівковою полімерною композиційною системою є композиція триацетат целюлоза– іонна рідина–потрійна суміш у співвідношенні 1/0,1/10.

1. Свердліковська, О.С. Полімерні четвертинні амонієві солі та їх аналоги – перспективні іонні рідини: монографія / О.С. Свердліковська. – ДВНЗ УДХТУ: Дніпропетровськ, 2014. – 264 с.

# ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ФАЗОВА МОРФОЛОГІЯ КОМПОЗИЦІЙ ТА БІОПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТНИХ ПЛАСТИКІВ НА ОСНОВІ СИНТЕТИЧНОГО ОЛІГОМЕРУ ЕД-20 ТА ЕПОКСИДОВАНОЇ СОЄВОЇ ОЛІЇ

*Горбач Л.А., Луцик О.Д., Бабкина Н.В., Бровко О.О.*  
Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України,  
Харківське шосе, 48, 02160, Київ, Україна,  
[gorbachla@bigmir.net](mailto:gorbachla@bigmir.net)

Скорочення запасів нафти та проблеми з утилізацією полімерних відходів надихають вчених до розробок нових полімерів з відновлювальних природних джерел сировини. Застосування рослинних олій, волокон та тканин з натуральної рослинної сировини при виготовленні біополімерних композитів може бути цілком доцільно, оскільки мають значні екологічні переваги і досить високі фізико-механічні властивості, не містять токсичних речовин, мають прийнятну ціну, їх можна швидко вирощувати в необхідних кількостях.

Метою роботи було дослідження фізико-хімічних властивостей та фазової морфології композицій на основі синтетичного олігомера ЕД-20 та епоксидованої соєвої олії (ЕСО), як біоресурсної складової біополімерних композитних пластиків, армованих тканинами природного та синтетичного походження, що відновлюється та сприяє фрагментації та розкладанню композицій в умовах довкілля.

Об'єктами дослідження слугували тривимірні полімерні біокомпозиції у вигляді плівок, отриманих на основі епоксидної смоли ЕД-20 та епоксидованої соєвої олії, затверджені амінними твердниками та їх сумішшю. Із залученням біокомпозицій та армуючих матеріалів: рослинних, з конопель, та синтетичних скло- та вуглецевої тканин, відпресовано біополімерні композитні пластики, що містять 3, 6 та 9 шарів.

Досліджено кінетику тверднення полімерних композицій з різним вмістом ЕСО, винайдено та відпрацьовано ступінчастий режим тверднення та показано, що впродовж 7 годин відбувається повна конверсія епоксидних груп вихідної ЕД-20 та ЕСО для композиції складу ЕД-20/ЕСО = 80/20.

Винайдено, що суміщення ЕСО з ЕД-20 в полімерній композиції призводить до монотонного зниження значень густини.

Показано, що кількість ЕСО значно впливає на фазову морфологію біокомпозицій, збільшення вмісту якої суттєво зменшує температуру склування  $T_c$  і приводить до утворення більш рідкої сітки.

Оцінено стійкість зразків ЕД-20/ЕСО=95/5 до дії агресивних середовищ до та після перебування їх у воді, водних розчинах кислоти та лугу. Встановлено, що найбільш стійкі до дії води композиції, отримані із застосуванням твердника моно(ціанетил)діетилентриаміну (УП), до дії 10%  $H_2SO_4$  – композиції, отримані із застосуванням твердника триетаноламіну (ТЕА), та до дії 10% NaOH – композиції, отримані із застосуванням твердників УП, ТЕА та їх суміші.

Напруження при згині отриманих біопластиків, армованих конопляною тканиною у 3 шари мають показники 256 МПа та наближаються до 272 МПа для армованих у 3 шари склотканиною.

# ОДЕРЖАННЯ ПОЛІМЕРНОЇ ПЛІВКИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ЗБІЛЬШЕННЯ СОРБЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЧАСУ ЕКСПОЗИЦІЇ У ВОДНОМУ РОЗЧИНІ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ФЕНОЛУ

*Горбач Л.А., Луцик О.Д., Бровко О.О.*

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України,  
Харківське шосе, 48, 02160, Київ, Україна  
[gorbachla@bigmir.net](mailto:gorbachla@bigmir.net)

Однією з актуальних і найбільш глобальних проблем сучасного життя є забруднення навколишнього середовища. Серед найбільш небезпечних і отруйних речовин є феноли та їх похідні. При потраплянні до людського організму, фенол впливає на білковий обмін, може викликати злоякісні пухлини та незворотні зміни функції спинного мозку.

Відомі способи одержання фенол-селективних полімерних плівок за принципом молекулярного імпринтингу. Саме колориметричні тест-системи на основі молекулярно імпринтованих полімерів (МІП) з «розумними» сайтами зв'язування, можна віднести до аналітичних методів майбутнього, які належать до зручних і надійних аналітичних методів, що дозволяють якісно виявляти та з високою точністю визначати концентрацію фенолу у воді. Принцип дії таких тест-систем заснований на хімічних реакціях, які відбуваються на поверхні полімерної плівки швидко та супроводжуються появою або зміною її забарвлення, що легко візуально зафіксувати.

Недоліком одержаних тонких плівок є необхідність довготривалого занурення у водний розчин (180 хв.), що суттєво уповільнює процес визначення сполук фенолу в польових умовах.

Отже, метою роботи було отримання наповнених молекулярно імпринтованим полімером (МІП) плівок, як основи для колориметричної тест-системи, що підвищить її сорбційну здатність, впливово скоротить час експозиції у водному розчині та забезпечить більш якісне визначення фенолу.

Отже, поставлену мету вирішували тим, що за способом одержання полімерної плівки шляхом приготування суміші зшивача три(етиленгліколь)-диметакрилата, пластифікатора олігоуретанакрилата, матриці, функціонального мономера, додавання до неї пороутворювача поліетиленгліколя ММ20000, ініціатора полімеризації, розчинника диметилформаміду і подальшої УФ полімеризації одержаної суміші, отриману плівку подрібнюють до розміру частинок 25-200 мкм, додають до реакційної суміші з водного 1,5% розчину натрієвої солі карбоксиметилцелюлози (Na-КМЦ), 1% глутаральдегіду, гідроксіетилметакрилату, фотоініціатору та опромінюють люмінісцентною лампою (Philips TL 2001 8wx4  $\lambda=365$ ) протягом 40хв - по 20хв на кожній стороні форми, плівку висушують в термошафі за 60-80<sup>0</sup>С до сталої ваги.

Показано, що наповнена МІП-ом полімерна плівка збільшує сорбційну здатність майже у 8 разів, зменшує час експозиції тест-системи у водному розчині майже у 18 разів, від 3 год. до 10 хв.

## ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІЛАКТИДНИХ КОМПОЗИТІВ

*Андрій Масюк, Христина Кисіль, Віктор Нікітюк, Володимир Скорохода*

Національний Університет «Львівська політехніка»

*masyukas@gmail.com*

Розроблення різних біодеградабельних біокомпозитів на основі полімерів із природної сировини є актуальним напрямом в технології полімерних та композиційних матеріалів. Перспективним полімером для біосумісних та біодеградабельних композитів є полілактид (ПЛА), перш за все, завдяки своїм перевагам: здатності то біодеградації; нетоксичності; відсутності усадки; нерозчинності у спиртах та воді; розчинності у більшості органічних розчинників.

У даній роботі для одержання композитів був використаний полілактид марки INGEO 4032D та наповнювачі неорганічної природи: гідроксиапатит та модифіковані силікати нікелю.

Важливою характеристикою полімерних композитів є зміна їх властивостей під дією температури. Слід відзначити, що гідроксиапатит поводитья як класичний інертний наповнювач, що підтверджується також його впливом на теплостійкість за Віка полілактидних матеріалів. Зокрема, для ненаповненого ПЛА характерна теплостійкість за Віка - 67,0 °С, при цьому додавання гідроксиапатиту сприяє деякому її підвищенню, при максимумі 68,8 °С за наповнення 20% мас. У цей же час, додавання наповнювачів на основі силікату Ні сприяє зростанню теплостійкості за Віка на 3-4 °С, що очевидно обумовлено деяким підвищенням ступеня кристалічності полілактиду за сприяння частинок нуклеатора-наповнювача. Слід відзначити, що додавання наповнювачів сприяє збільшенню значення поверхневої твердості полілактидних матеріалів, що, очевидно, пов'язано зі зменшенням вільного простору між макромолекулами полімеру та зменшенням високоеластичної деформації поверхневих шарів полілактиду.

Для вивчення молекулярної рухливості та релаксаційних процесів в полімерах найчастіше використовують термомеханічний метод. Термомеханічні властивості полімерів та композиційних матеріалів на їхній основі тісно пов'язані з експлуатаційними і технологічними властивостями та дають змогу оцінити як температурні межі експлуатації матеріалу, так і температурні інтервали фізичних станів полімерів, що необхідні для вибору раціональних параметрів їхньої переробки та експлуатації. Виявлено, що термомеханічні криві полілактидних композитів, незалежно від природи неорганічного наповнювача є характерними для полімерів, що кристалізуються. При цьому, введення наповнювачів призводить до зміни кута нахилу кривої при переході у в'язкотекучий стан та зміщенню температури топлення в область вищих температур, що, очевидно, обумовлено присутністю функційних груп наповнювачів які приймають активну участь у перерозподілі міжмолекулярних і міжфазних взаємодій між компонентами системи.

Виявлено, що введення використаних наповнювачів сприяє зменшенню значення коефіцієнта лінійного теплового розширення полілактидних композитів. Такі закономірності, очевидно обумовлені тим, що частинки неорганічного наповнювача незначно деформуються під впливом температури і перешкоджають тепловому розширенню матеріалу.

## ANTI-CORROSION COATINGS BASED ON MODIFIED POLYESTER RESINS

*Diana Katruk, Andrii Masyuk, Taras Humenetskyi, Levko Bilyi*

Lviv Polytechnic National University

*masyukas@gmail.com*

Among polymer composite materials, special attention is paid to composites based on unsaturated polyester resins cause these materials are widely used for the manufacture of sealants, artificial stone, bulk floor, products made of polymer concrete and as the basis for anti-corrosion coatings.

Chemical and anti-corrosion resistance of polyester composites based on unsaturated polyester resins of brand Estromal A023 was evaluated according to ISO 2812-1: 2007. Polyvinyl chloride (PVC) was used as the polymer modifier, as the fillers were used calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ), aluminum oxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) and polymer-silicate materials [1]. Additionally, in the composition was added a plasticizer - dibutyl phthalate (DBP), which simultaneously served as a solvent and plasticizer for polyester resin and PVC.

For modified polyester compositions deposited on a metal substrate, during exposure in an aggressive medium, the coating capacity after a slight increase, which indicates the swelling of the coating in the medium, stabilizes at a certain level. The coatings retain their protective effect and function mainly as a barrier to the path of water molecules and corrosion ions. It should be noted that modified polyester materials with a PVC content of 2 wt%. are characterized by the highest protective effect, as evidenced by the lowest capacitance values ( $12,2 \cdot 10^{-12}$ – $15 \cdot 10^{-12}$  F/cm<sup>2</sup>). Among metal-containing polymer-silicate fillers, Ni-silicate fillers have the highest anticorrosion protection and the Zn-silicate fillers the least (capacities are  $15,7 \cdot 10^{-12}$ – $16,9 \cdot 10^{-12}$  F/cm<sup>2</sup> and  $17,7 \cdot 10^{-12}$ – $37,5 \cdot 10^{-12}$  F/cm<sup>2</sup>, respectively). This is a consequence of the different nature of the electrode processes that occur with the participation of metal ions and components of the corrosive environment.

The resistance of some modified polyester coatings, being high in the first days of research, further decreases somewhat and approaches the level of  $1,5 \cdot 10^6$  Om · cm<sup>2</sup>, which indicates penetration of the corrosive medium into the steel substrate and loss of the coating with protective properties. This applies to compositions containing Zn - silicate and Co - silicate filler, as well as 5% by wt. of PVC. After such a decrease in resistance on the samples the appearance of the first points of corrosion destruction can be observed.

It is found that the equilibrium water absorption of polyester composites is established within 3-4 days. The water absorption of unmodified polyester material is about 1,5%. However, the adding of PVC into the polyester matrix leads to a significant increase in water absorption (3,5%), which is obviously due to the additional heterophase of the system. In addition, the water absorption of composites containing  $\text{CaCO}_3$  is quite high  $\approx$  1-3%, and composites of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 0,5-1,3%. Modified polyester materials containing DBF have the highest resistance to water.

It was found that for modified polyester composites with  $\text{CaCO}_3$  the weight gain of the samples after 16 days of exposure in 3% NaOH and  $\text{H}_2\text{SO}_4$  solutions is 1.5% in alkaline medium and 1.0% in acidic, and for  $\text{Al}_2\text{O}_3$  composites it does not exceed 1,3-1,4% both in alkaline and in acidic environments. The adding of DBP in polyester composites that do not contain PVC leads to a deterioration of the chemical stability of materials in an alkaline environment (weight gain is 2,3-5,0%). However, a somewhat different pattern is observed in acidic environments - the introduction of DBP into modified and unmodified polyester composites containing  $\text{CaCO}_3$  leads to an increase in chemical resistance.

1. D. Katruk, V. Levytskyi, U. Khromyak, V. Moravskyi, and A. Masyuk Physicochemical Principles of Synthesis and Modification of Unsaturated Polyester-Polyvinyl Chloride Composites and the Properties of Materials Derived from Them // International Journal of Polymer Science– 2019. – Volume 2019, 9 pages.

## ВПЛИВ ПРИРОДИ КАЛЬЦІЙВІСНИХ НАПОВНЮВАЧІВ НА ЗАКОНОМІРНОСТІ ОДЕРЖАННЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Ірина Дзяман, Христина Кисіль, Галина Дудок, Володимир Скорохода*  
Кафедра хімічної технології переробки пластмас, Національний університет “Львівська політехніка” м. Львів, вул. С. Бандери 12, 79013 Україна  
e-mail: iradzyaman@gmail.com

Потреба у використанні внутрішньо-кісткових імплантатів в теперішній час є достатньо необхідною. Для цих цілей, в медичній практиці широко використовуються препарати на основі мінеральних наповнювачів, які сприяють швидкому відновленню кісткової структури, повному заміщенню кістковою тканиною, не мають негативної побічної дії і не викликають додаткових ускладнень. Проте недоліком таких матеріалів є їхня крихкість та низька міцність, яка значно поступається властивостям кісткової тканини. Тому, одним з методів усунення даного недоліку, є можливе поєднання мінеральних наповнювачів з полімерною матрицею. Як полімерну матрицю нами запропоновано використовувати кополімери ПВП з метакриловими мономерами, а також суміші ПВП з полілактидами.

Базовою полімер-мономерною композицією була вибрана композиція складу [ГЕМА]:[ПВП]=7:3 мас.ч., яка відзначається високою реакційною здатністю і тому не вимагає високих температурних режимів полімеризації. Як мінеральні наповнювачі для досліджень використовували гідроксиапатит (ГА), монтморилоніт (ММТ), воластоніт (ВЛ) та трикальційфосфат (ТФ). Кополімери отримували блоковою полімеризацією композицій за попередньо встановленими режимами [1]. Кінетику полімеризації досліджували хімічним методом за зміною кількості непрореагованого мономера під час полімеризації. Ефективність прищеплення ( $f$ ) розраховували як співвідношення кількості прищепленого ПВП до загальної кількості ПВП у вихідній композиції; а ступінь прищеплення ( $P$ ) визначали як відношення ваги прищепленого ПВП до загальної ваги кополімеру.

З метою порівняння впливу природи кальційвмісного наповнювача досліджували полімеризацію мономер-полімерних композицій одного складу у присутності однакової кількості різних наповнювачів. Дослідження показують, що композиції з гідроксиапатитом мають найменшу реакційну здатність.

На властивості композитів на основі кополімерів ПВП з метакриловими естерами значно впливає і склад кополімеру. Згідно досліджень, для однакового складу мономер-полімерної композиції у випадку використання як наповнювача монтморилоніту та трикальційфосфату за температури 348 К у реакцію прищеплення вступає значно більша кількість ПВП (майже 90-92%), ніж у випадку воластоніту (75,1%) та гідроксиапатиту (42,5%). Одержані композити мають пористу структуру (загальна пористість 67...69%) і достатні механічні властивості (міцність на стискання 10,5 МПа).

Отже, зміною композиційного складу та природи наповнювача можна направлено змінювати склад кополімерів і їхні властивості. Нами досліджено кінетику полімеризації композицій ГЕМА з ПВП у присутності мінеральних наповнювачів різної природи і встановлено, що найвищою реакційною здатністю характеризуються композити, які як наповнювач містять монтморилоніт та трикальційфосфат, що свідчить про активну участь цих наповнювачів в реакції одержання полімерних композитів.

1. Skorokhoda V., Semenyuk N., Dziaman I., Levytska Kh, Dudok H. Vplyv pryrody kal'tsiyevmisnogo napovnyuvacha na zakonmirnosti oderzhannya ta vlastyosti osteoplastychnykh porystykh kompozytiv / Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii.–2018.–Vol.2. –№117. –P.101-108.

## **SOME FEATURES OF THE REMOTE INTERACTION OF KU 2-8 CATION EXCHANGER WITH AB-17 ANION EXCHANGER**

*I.S.Saparbekova<sup>2</sup>, O.V. Suberlyak, L.K. Yskak<sup>2</sup>, Z.O. Malimbayeva<sup>2</sup>,  
N.O. Myrzahmetova<sup>2</sup>, T.K. Dzhumadilov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>JSC "Institute of chemical sciences after A.B. Bekturov" Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>RGP on PVC "Kazakh National Women's Teacher Training University", Almaty, Kazakhstan

E mail:jumadilov@mail.ru

In recent years, the demand for rare earth metals has risen sharply worldwide. Unlike oil and gas, they do not attract attention so often, but they are very important and are present in almost every modern complex product - smartphones, laser systems, computer memory chips, DVD players, rechargeable batteries, night vision devices, magnets and sources of fluorescent light flux. The main consumption of rare earth products is associated with its use in the defense, aerospace and nuclear industries.

In this regard, in this work, to predict the sorption activity of polymer networks, we studied the electrochemical properties and features of the interaction between KU 2-8 cation exchanger and AB-17 anion exchanger in ratios 6:0-0:6, based on electrostatic and hydrogen bonds between ion exchangers. KU-2-8DRY systems - AV-17DRY, KU-2-8DRY - AV-17SWOLLEN, KU-2-8SWOLLEN - AV-17SWOLLEN, KU-2-8SWOLLEN - AV-17DRY.

Physicochemical methods used to study ionite systems indicate the presence of remote interaction between KU-2-8 cation exchanger and AB-17 anion exchanger.

As a result of remote interaction, an additional activation of ion exchangers occurs, indicating an increase in the content of interstitial chains without counterions in solution.

1. Jumadilov T., Akimov A., Eskalieva G., Kondaurov R. Features of polyvalent metals sorption by intergel systems // Proceedings of VIII international scientific-technical conference —Advance in petroleum and gas industry and petrochemistry (APGIP-8). – Lviv, Ukraine, may 2016. – P. 68.

2. Jumadilov T., Abilov Zh., Grazulevicius J., Zhunusbekova N., Kondaurov R., Agibayeva L., Akimov A. Features of lanthanum ions sorption by intergelsystem based on polymethacrylic acid and poly-4-vinylpyridine hydrogels // Proceedings of International scientific-technical conference —The modern technologies of polymer materials obtaining and processing. – Lviv, Ukraine, September 2016. – P. 95.

# ВПЛИВ ТИПУ РОЗПОДІЛУ НАПОВНЮВАЧА НА МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛІМЕРНОГО КОМПОЗИТУ

Місюра А.І.<sup>1</sup>, Мамуня Є.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка, пр. Глушкова 4, 03022 Київ, Україна, [andrii\\_misiura@ukr.net](mailto:andrii_misiura@ukr.net)

<sup>2</sup> Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, Харківське шосе, 48, 02160, Київ, Україна, [ymamunya@ukr.net](mailto:ymamunya@ukr.net)

Наповнені полімерні композити широко використовуються в різних сферах промисловості, оскільки вони володіють покращеними теплопровідними та механічними характеристиками, в той час, як їх параметри переробки близькі до чистих полімерів. Властивості композиту визначаються його структурою, в тому числі таким важливим фактором, як просторовий розподіл частинок наповнювача в полімерній матриці.

Було виготовлено два типу композитів: 1) з сегрегованим розподілом наповнювача [1], отримані методом гарячого пресування, при цьому в об'ємі полімерної матриці утворюється каркасна структура з частинок наповнювача; 2) із статистичним розподілом частинок наповнювача в полімерній матриці, отримані методом екструзування. Композити виготовлені на основі поліетилену низької густини (ПЕНГ) з розміром частинок 200-300 мкм та наповнювача - дисперсної міді (Cu) з частинками дендритної форми середнім розміром 50-70 мкм.

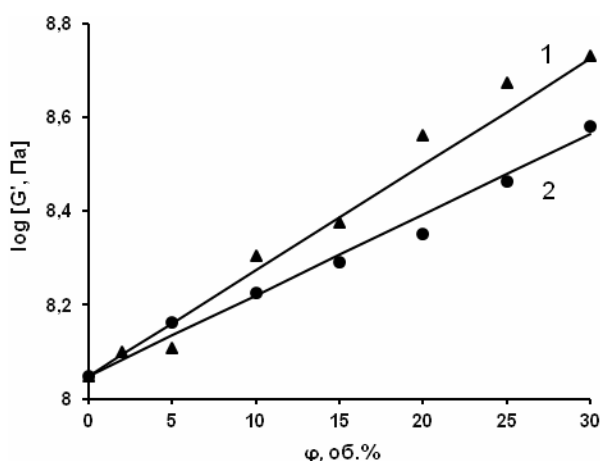


Рис.1. Концентраційна залежність модуля пружності композитів ПЕНГ-Cu: точки – експериментальні дані; лінії – розрахунок за рівнянням Ліхтенекера; 1 – сегрегований розподіл наповнювача, 2 – статистичний.

На рис.1 наведено концентраційну залежність модуля пружності ( $G'$ ) композиту при деформації зсуву. Як показано на рисунку, обидві залежності мають лінійний характер і описуються рівнянням Ліхтенекера:  $\log G' = \log G'_p (1-\varphi) + \log G'_f \varphi$ , де  $G'_p$  та  $G'_f$  – модулі зсуву полімеру і фази наповнювача. Розрахунок показує, що модуль зсуву наповнювача, котрий утворює упорядковану сегреговану структуру -  $G'_f = 20,0$  ГПа, набагато перевищує модуль зсуву  $G'_f = 5,9$  ГПа, для фази наповнювача зі статистичним розподілом частинок.

Такий ефект можна пояснити тим, що каркас, утворений з частинок наповнювача в сегрегованій системі, стримує деформацію полімерної фази. Тобто, упорядкування частинок міді між великими частинками полімеру збільшує внесок фази наповнювача в протидію матеріалу до прикладеного зовнішнього навантаження.

1. Mamunya Ye.P., Davydenko V.V., Pissis P., Lebedev E.V. Electrical and thermal conductivity of polymers filled with metal powders. Eur. Polym. J., 2002, 38:1887–1897.



# ОДЕРЖАННЯ ПОЛІМЕРНОЇ СІРКИ ІЗ СІРКОВМІСНИХ СПОЛУК ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ ЯК ВУЛКАНІЗАТОРА

*Зеновій Знак, Андрій Гелеш, Роман Оленич*  
Національний університет “Львівська політехніка”  
кафедра хімії і технології неорганічних речовин  
e-mail: znak\_zo@ukr.net

Досліджено одержання полімерної сірки кислотним розкладом натрію тіосульфату та плазмолізом сірководню. Кислотний розклад проводили розчинами хлоридної, сульфатної та нітратної кислот у реакторі ідеального змішування. Плазмоліз сірководню проводили у надвисокочастотному плазмотроні з подальшим інтенсивним охолодженням газоподібних продуктів у конденсаторах різних типів (поверхневого та об'ємного контакту).

Встановлено вплив природи та концентрації кислотного агенту, температури, типу та концентрації поверхнево активних речовин (ПАР), тривалості експозиції утвореного продукту в маточному розчині на вихід продукту та вміст полімерної складової у ньому. Найбільший вихід продукту зі вмістом полімеру сірки близько 60 % досягали у разі використання 35 % розчину HCl за присутності таких ПАР, як синтанол та сульфанол. Продукт з найбільшим вмістом полімеру (91...93%) але з виходом не більше 50 % утворювався під дією концентрованої HNO<sub>3</sub>. Полімерна сірка, що утворювалась у разі використання в середовищі HCl і HNO<sub>3</sub>, належала до стабільної в часі ω-модифікації сірки. Методом термомеханічного аналізу встановлено, що полімерна сірка, отримана в середовищі хлоридної кислоти, має нижчу молекулярну масу, ніж під дією HNO<sub>3</sub>.

Внаслідок плазмохімічного розкладу у надвисокочастотній нерівноважній плазмі утворювався продукт, фізико-хімічні властивості якого залежали від типу конденсатора. У конденсаторі поверхневого типу вміст полімеру у продукті, який утворювався у вигляді високо в'язкої рідини або еластичної маси, що залежало від швидкості теплопередачі та наявності домішок у сірководневому газі, не перевищував 80 %. У разі швидкісного охолодження продуктів плазмолізу сірководню в об'ємі охолоджувального середовища (у конденсаторі об'ємного типу) отримували продукт у вигляді високодисперсних частинок зі вмістом полімеру понад 95 %. Виявлено, що найбільший вихід полімерної сірки досягається у разі введення до сірководневого газу до 5 % об. метану, який у плазмі генерує метильні радикали, що відіграють роль стабілізаторів високомолекулярних ланцюгів полімерної сірки. Завдяки цьому формується ω-модифікація полімерної сірки. Зміною природи та вмісту додатків як до складу сірководневого газу, так і до складу охолоджувального середовища, та швидкості охолодження продуктів плазмолізу можна регулювати середню молекулярну масу полімерної сірки.

Зразки полімерної сірки, отримані вказаними вище способами, а також мелену сірку ромбічної модифікації, яку традиційно застосовують у гумо-технічній галузі, використовували як вулканізатори для одержання гум на основі каучуку СКД. Надалі досліджували фізико-механічні властивості отриманих зразків гум. Встановлено, що застосування усіх зразків полімерної сірки, порівняно з ромбічно, забезпечує значно кращі властивості гум. Наприклад, еластичність гум є більшою на 300...400 % більшою, а залишкова деформація – на 20...30 % меншою. Важливою перевагою полімерної сірки, порівняно з ромбічною, є відсутність вицвітання сірки на поверхню зразків, що зумовлено практично повним використанням полімерної сірки у процесі вулканізації. Це забезпечує високі конфекційні властивості гумових деталей, які використовують під час виготовлення складних виробів, наприклад автомобільних та авіаційних шин.

Отримані результати свідчать про перспективність отримання полімерної сірки вказаними вище способами і використання її як вулканізатора у гумо-технічній галузі.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВОЇ СТРУКТУРИ НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ TiO<sub>2</sub>

Кутузова А. С., Донцова Т. А.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені  
Ігоря Сікорського»

[kutuzova.anasta@gmail.com](mailto:kutuzova.anasta@gmail.com)

Наноконізити на основі TiO<sub>2</sub>-SnO<sub>2</sub> сьогодні широко вивчаються завдяки можливості ефективного використання цих матеріалів у гетерогенному фотокаталізі. Вирішальну роль в ефективному перебігу фотокаталітичного процесу відіграє стан поверхні матеріалу. Мета роботи полягала у вивченні хімічного складу та хімічного стану поверхні синтезованих наноконізитів складу TiO<sub>2</sub>-SnO<sub>2</sub> методом рентгенівської фотоелектронної спектроскопії (РФЕС), як дуже чутливої техніки аналізу.

Наноконізити на основі TiO<sub>2</sub> та SnO<sub>2</sub> було синтезовано гідролітичним (HL) та гідротермальним (HT) методами із наступним складом: 100 % TiO<sub>2</sub> (HL100Ti0Sn, HT100Ti0Sn) та 90 % TiO<sub>2</sub>; 10 % SnO<sub>2</sub> (HL90Ti10Sn, HT90Ti10Sn). На рисунку 1 зображено загальні РФЕС-спектри одержаних зразків, які демонструють наявність таких елементів, як Ti, Sn, O та C. РФЕС-спектри Ti 2p, зображені на рисунку 1б, складаються з двох піків, спостережуваних при 464.3 еВ та 458.8 еВ, які відповідають енергіям зв'язку Ti 2p<sub>1/2</sub> та Ti 2p<sub>3/2</sub>, відповідно. РФЕС-спектри Sn 3d показані на рисунку 1в. Енергії зв'язку Sn 3d<sub>3/2</sub> та Sn 3d<sub>5/2</sub> спостерігались при 494.9 еВ та 486.4 еВ, відповідно. Дані РФЕС свідчать про тетравалентний стан атомів титану (Ti<sup>4+</sup>) та стану (Sn<sup>4+</sup>). Рисунок 1д демонструє РФЕС-спектри O 1s із двома різними піками при 531.1 еВ та 529.9 еВ, які відповідають наступним станам атомів кисню: TiO<sub>2</sub> та Ti-OH, відповідно [1].

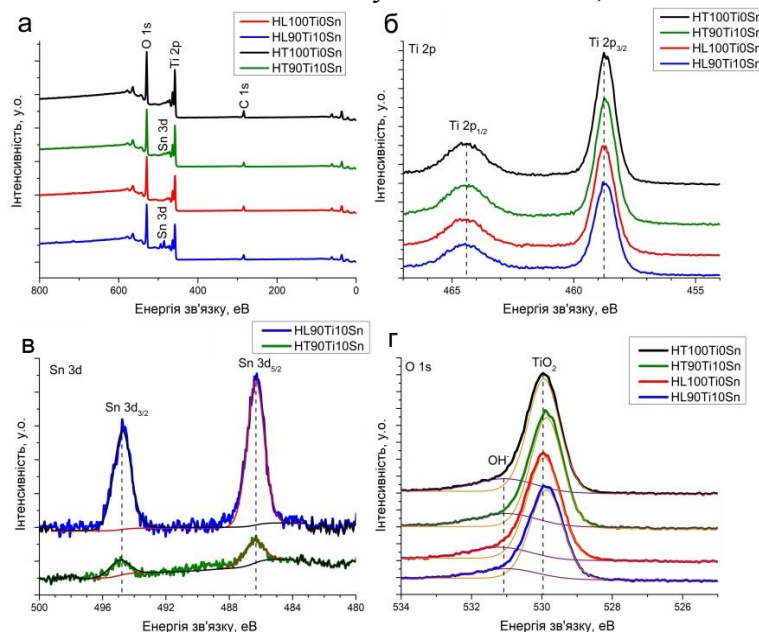


Рис. 1. РФЕС-спектри конізитів TiO<sub>2</sub>-SnO<sub>2</sub>: (а) загальні, (б) Ti 2p, (в) Sn 3d, (г) O 1s.

Дані РФЕС дозволили дослідити хімічний склад зразків і встановити вміст SnO<sub>2</sub> у зразку HT90Ti10Sn, що складає 1 % замість теоретично розрахованих 10 %. Подальші дослідження будуть спрямовані на корегування умов синтезу.

1. C. Jia, H.S. Chen, P. Yang. Construction of hollow waxberry-like rutile-/anatase-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> towards enhanced photocatalysis. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2018, с.278-289.

# FEATURES OF POLYVINYLPIRROLIDONE METAL-FILLED COPOLYMERS STRUCTURE FORMATION DURING POLYMERIZATION WITH SIMULTANEOUS DEPOSITION OF METALS

*Anna Pokhmurska<sup>1</sup>, Oleksandr Grytsenko<sup>1</sup>, Oleg Suberlyak<sup>1</sup>, Ludmila Dulebová<sup>2</sup>, Ivan Gajdos<sup>2</sup>, Nataliia Baran<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Lviv Polytechnic National University, Department of Chemical Technology of Plastics Processing

<sup>2</sup>Technická univerzita v Košiciach, Katedra strojárskych technológií a materiálov  
a.gaiduk92@gmail.com

Recently, considerable progress has been made in developing new methods, optimizing the synthesis conditions and properties of metal-polymeric composites, which is prerequisite for the creation of materials with unique properties for various applications. Metal-containing hydrogels are distinguished from other metal-filled polymeric materials by the ability to change characteristics, obtained as a result of filling, depending on temperature, pH, humidity, content of low-molecular substances.

Synthesis and study of metal-containing hydrogels, in particular filled with nickel nanoparticles, is currently of interest to many researchers. Hydrogels, containing particles of Ni(0), are widely used as an effective catalyst, for example, in reduction reaction of 2- and 4-nitrophenols, in the hydrolysis of sodium borohydride in an alkaline medium for the hydrogen obtaining.

This work presents the results of structure and properties investigation of Ni(0)-filled composites on the basis of 2-hydroxyethylmethacrylate (HEMA) copolymers with polyvinylpyrrolidone (PVP) and their hydrogels. The authors of the article are the first who propose the method to produce these materials by combining the processes of polymer matrix synthesis and reduction of Ni<sup>2+</sup> ions. Prerequisite for the implementation of developed method for the production of metal-containing HEMA-gr-PVP copolymers is the high reactivity of HEMA/PVP compositions, possibility of polymerization in the presence of solvent with the achievement of high porosity of the polymer matrix, which provides the removal of the reduction reaction products from the volume of the composite, as well as exothermic effects of polymerization, the heat of which can be used to create the necessary temperature conditions for the reduction of nickel ions.

Synthesis is carried out in one stage without complicated equipment and is technologically simple. It is determined by thermometric researches that the temperature conditions required for the chemical reduction of Ni<sup>2+</sup> are achieved due to the heat, released during the exothermic reaction of HEMA polymerization in the presence of PVP. With the help of Fourier transform infrared analysis, thermogravimetric and differential-thermal analysis, the formation of crosslinked graft copolymer based on HEMA and PVP was confirmed, and its structural parameters – the efficiency of PVP grafting, PVP content in the copolymer and the molecular weight of the interstitial fragment of the polymer network were investigated. The results obtained with scanning electron microscopy revealed that the size of the Ni(0) particles is about 500 nm. X-ray structural analysis of the composites obtained confirmed the existence of metal nickel particles. The strength, elastic, sorption, electrical and magnetic properties of the obtained composites in the solid (dry) and elastic (swollen) physical states depending on the composition of the copolymer and the content of the metal filler have been investigated.

*The publication contains the results of studies conducted by President's of Ukraine grant for competitive projects  $\Phi$ 84/56870, as well as within the framework of the National Scholarship Program of the Slovak Republic (SAIA)*

# ВУГЛЕПЛАСТИКИ НА ОСНОВІ ПОЛІАРИЛАТСУЛЬФОНОВОГО БЛОК-СОПОЛІМЕРУ

Ольга Чигвінцева

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
diso@i.ua

Впровадження у конструкції машин та механізмів нових полімерних композиційних матеріалів з покращеними експлуатаційними характеристиками дозволяє знизити їх матеріалоємність і вагу, а також підвищити їх надійність та довговічність. З метою створення нових полімерних композитів поліарилатсульфоновий блок-сополімер марки БСП-7 був армований гідратцелюлозним вуглецевим волокном (ВВ) марки Урал-24Н у кількості 10, 15, 20 і 30 мас. %.

Результати проведених теплофізичних досліджень свідчать про те, що зі зростанням ступеня армування вихідного полімеру ВВ його теплофізичні характеристики покращуються. Зокрема встановлено, що в інтервалі температур 323-473 К питома теплоємність розроблених вуглепластиків (ВП) знизилась у порівнянні з в'язучим в середньому на 15-35 % при одночасному зростанні температури склування (табл. 1).

Дослідження питомої теплоємності у широкому інтервалі температур дозволяє визначити температуру склування, яка є однією з головних характеристик, пов'язаних з рухомістю як структурних елементів макромолекулярних ланцюгів, так і елементів надмолекулярних структур. Армування полімерної матриці призводить до значної зміни рухомості вказаних структурних елементів, причому цієї зміни залежить від природи полімеру, волокнистого наповнювача та характеру взаємодії між ними.

Відомо [1], що серед даних про вплив наповнювача на теплофізичні властивості полімерів важливе місце займає аналіз температурного стрибка питомої теплоємності  $\Delta C_p$  в області склування композитів, а його величина слугує напівкількісною мірою відносного вмісту граничних шарів у наповненій системі. У нашому випадку, згідно з отриманими даними встановлено, що збільшення вмісту ступеня армування БСП-7 призводить до суттєвого (більш, ніж у 3 рази) зменшення стрибка теплоємності для ВП. Зниження величини  $\Delta C_p$  при склуванні свідчить про виключення деякої частини макромолекул в аморфних областях із участі в процесі склування і можна пояснити появою у системі граничних областей полімеру поблизу поверхні наповнювача, рухомість макромолекул в яких в значній мірі зменшена [2].

Таблиця 1. Вплив вмісту вуглецевого волокна Урал-24Н на теплофізичні властивості блок-сополімеру БСП-7

Показники	Вміст вуглецевого волокна, мас. %				
	0	10	15	20	30
Питома теплоємність, кДж/кг · К при 323 К	1,25	1,06	0,98	0,89	0,81
Стрибок питомої теплоємності $\Delta C_p$ в області склування, кДж/кг · К	0,91	0,79	0,57	0,48	0,28
Температура склування, К	373	378	381	390	430
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м · К	0,33	0,45	0,47	0,48	0,57
Теплостійкість за ВІКа, К	449	451	456	458	460

Результати проведених досліджень показали, що ВП на основі БСП-7 в інтервалі температур 323-473 К мають на 33-42% вищий, ніж у вихідного полімеру, коефіцієнт теплопровідності та більш високу теплостійкість за ВІКа, яка зростає зі збільшенням ступеня армування полімеру.

1. Годовский Ю.К. Теплофизические методы исследований полимеров М.: Химия, 1970, 216 с.
2. Липатов Ю. Физическая химия наполненных полимеров. М.: Химия, 1977, С. 99.

# ОДЕРЖАННЯ КОПОЛІМЕРІВ НА ОСНОВІ МАЛЕЇНОВОГО АНГІДРИДУ ТА ЇХНЯ ПОВЕДІНКА У ЗМІШАНИХ ВОДНО – ОРГАНІЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

*В.С. Дутка, Г.Г. Мідяна<sup>1</sup>*

Львівський національний університет імені Івана Франка, Університетська 1

e.mail: [ydutka@ukr.net](mailto:ydutka@ukr.net)

<sup>1</sup>Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка Національної академії наук України, м. Львів, вул. Наукова 3а.

Водорозчинні йоногенні полімери широко застосовують для обробки різних поверхонь, як захисні колоїди при одержанні наноматеріалів та ін. Для успішного застосування йоногенних полімерів необхідно мати інформацію про конформаційний стан макромолекул в розчині. Таку інформацію дають досліди з дослідження в'язкості, електропровідності та зміни енергії Гіббса при конформаційних перетвореннях кополімерів. Нами синтезовані кополімери на основі малеїнового ангідриду з різними вініловими мономерами. Як відомо, малеїновий ангідрид не утворює гомополімерів, проте здатний вступати в реакції кополімеризації, в ході яких утворюються полімерні продукти мономерні ланки, в яких чергуються. Полімери синтезували в середовищі бензолу, етилацетату, діоксану при температурі 348 К. В результаті синтезу були отримані кополімеру стирен-МА (СМА), вінілацетат-МА (ВМА), метакрилова кислота- МА (ММА), бутилакрилат-МА (БМА) та бутилметакрилат-МА (БММА). Для отриманих кополімерів визначали кислотні числа та характеристичну в'язкість

У водних розчинах ланка малеїнового ангідриду вступає в реакцію гідролізу, утворюючи кополімери малеїнової кислоти. Нами досліджено в'язкість та електропровідність водних та водно-органічних розчинів ММА. Нейтралізацію карбоксильних груп в макромолекулі кополімеру проводили, додаючи в розчин мікрошприцом розраховану кількість водного розчину КОН. Як і у випадку ПМАК, при невисоких ступенях нейтралізації макромолекули кополімеру ММА знаходяться в компактному вигляді глобули. При нейтралізації 20% карбоксильних груп відносна в'язкість розчину зростає, досягаючи максимуму при значеннях  $\alpha$ , рівних 40%. Подальша нейтралізація карбоксильних груп не впливає на в'язкість розчину.

При ступенях нейтралізації 10 - 30% карбоксильних груп макромолекул ММА спостерігається мінімум електропровідності, а подальше зростання  $\alpha$  приводить до зростання електропровідності. Наявність мінімуму на залежностях вказує на зв'язування рухливих йонів калію полімерною матрицею. Вказані досліди свідчать про вплив на розмір макромолекулярного клубка реакційного середовища, що в свою чергу буде впливати на процес модифікації нанодисперсних мінералів. Для підтвердження цього висновку нами визначено характеристичні в'язкості та зміну енергії Гіббса ( $\Delta G$ ) при конформаційному переході макромолекул поліметакрилової кислоти (ПМАК) та ММА.

Вивчення в'язкості та електропровідності вказують на те, що конформаційний перехід кополімеру ММА спостерігається при нейтралізації 20 - 40% карбоксильних груп. Характеристичні в'язкості ММА, які зв'язані з розміром макромолекулярного клубка в розчині, лежать в межах від 1,20 для дослідів в ДМФА до 0,44 для експериментів в діоксані. В той же час числове значення зміни енергії Гіббса під час конформаційного переходу при зменшується при зменшенні розміру макромолекулярного клубка в розчині. Досліди, за цих же умов, для ПМАК свідчать про вплив розчинника на числове значення характеристичної в'язкості. Числове значення зміни енергії Гіббса для конформаційного переходу ПМАК практично не залежить від природи реакційного середовища і знаходиться в межах 0,388 до 0,313 кДж/моль. На основі досліджень можна стверджувати, що середовище чинить суттєвий вплив на конформаційний стан макромолекул досліджуваних полімерів.

## АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК AUTHOR'S INDEX

- Aksimentyeva Olena* 42, 57, 65  
*Antoniuk Viktoria* 33  
*Awsiuk Kamil* 30, 58  
*Berezhnyy Bogdan* 41  
*Bialasz Sebastian* 17  
*Bilyi Levko* 85  
*Budkowski Andrzej* 30, 58  
*Demchyna Oksana* 53  
*Dulebova Ludmila* 18, 19, 29, 91  
*Dzhumadilov T.K.* 87  
*Formela Krzysztof* 5  
*Gajdos Ivan* 16, 18, 33, 37, 91  
*Garbacz Tomasz* 19  
*Glogowska K.* 43  
*Gnus Matgorzata* 64  
*Grytsenko Oleksandr* 38, 39, 41, 91  
*Haponiuk Józef* 5  
*Harhay Khrystyna* 58  
*Hejna Aleksander* 5  
*Horbenko Yuliia* 65  
*Humenetskyi Taras* 85  
*Ivaniuk Hrystyna* 65  
*Jachowicz Tomasz* 33  
*Kanbur Yasin* 9, 23  
*Katruk Diana* 85  
*Klepka Tomasz* 17  
*Kochubei Viktoria* 53, 56  
*Kohut Ananiy* 6  
*Kompanets M. A.* 55  
*Kostruba Andriy* 30, 58  
*Krasinskyi Volodymyr* 16, 22, 33, 41  
*Kucherenko Anastasiya* 29, 37  
*Kushch O. V.* 55  
*Kushnirchuk Mykola* 39  
*Kuznetsova Marta* 29  
*Kyryk Taras* 39  
*Lishchynskyi Ostap* 30, 58  
*Majewski L.* 43  
*Malimbayeva Z.O.* 87  
*Masyuk Andrii* 7, 84, 85  
*Matyushov V.F.* 69  
*Myrzahmetova N.O.* 87  
*Moravskyi Volodymyr* 29, 37, 39  
*Nastyshyn Svyatoslav* 30, 58  
*Neugebauer Dorota* 25  
*Niesyto Katarzyna* 25  
*Novokhatko A.A.* 55  
*Odrobińska Justyna* 25  
*Ogulcan Lap Metehan* 23  
*Ohar Halyna* 30, 58  
*Opeida I. A.* 55  
*Pokhmurska Anna* 41, 91  
*Przybysz-Romatowska Marta* 5  
*Raczkowska Joanna* 30, 58  
*Rymsha Khrystyna* 53  
*Saparbekova I.S.* 87  
*Shymborska Yana* 30, 58  
*Sikora J.W.* 16, 43  
*Slisenko Olga* 71  
*Slota Ján* 16  
*Spišák Emil* 18  
*Starykov Hryhorii* 65  
*Stetsyshyn Yuriy* 30, 58  
*Suberlyak Oleg* 22, 39, 87, 91  
*Sukhyi Kostyantyn* 8  
*Sukhyi Mykhailo* 8  
*Tayfun Umit* 9, 23  
*Tercjak Agnieszka* 5  
*Tolstov A.L.* 69  
*Tomilo Vitaliy* 8  
*Turczyn Roman* 64  
*Varga Ján* 18  
*Vashchuk Vsevolod* 39  
*Voronov Andriy* 6, 20  
*Voronov Stanislav* 6, 20, 58  
*Yevchuk Iryna* 53  
*Yskak L.K.* 87  
*Zinchenko O.V.* 69  
*Zhyhailo Mariia* 53  
*Авраменко В'ячеслав* 66, 73  
*Алексик А.І.* 62  
*Андреєва О.* 26  
*Антоненко Оксана* 74  
*Астахова Олена* 77, 78, 79  
*Бабкина Н.В.* 82  
*Баб'як Галина* 27  
*Баран Наталія* 38, 91  
*Баранцова А. В.* 46, 47  
*Барсуков В. З.* 50  
*Баитаник Петро* 76  
*Бляшинець М.І* 67  
*Бойко Михайло* 40  
*Братичак Мих.Мих.* 49  
*Братичак Михайло* 13, 77, 78, 79  
*Бровко О.О.* 54, 74, 82, 83  
*Будаш Ю.О.* 70  
*Бурмістр М.В.* 81  
*Бусько Н.А.* 46, 47  
*Бутенко О. О.* 50  
*Варлан Костянтин* 15  
*Васильєв В.П.* 67  
*Вишнікін Андрій* 15  
*Воронцова Любов* 74  
*Гаркавий Д.Ю.* 66  
*Гелеш Андрій* 89  
*Горбач Л.А.* 82, 83  
*Грищенко В.К.* 46, 47  
*Грищенко Володимир* 48  
*Гранчак Василь* 48  
*Гудзенко Н. В.* 46, 47  
*Давискиба Петро* 48  
*Демчук Зоряна* 20  
*Дзяман Ірина* 34, 86  
*Дмитренко Дарина* 78  
*Донцова Т. А.* 60, 62, 90  
*Драган К.С.* 45  
*Дудок Галина* 32, 34, 36, 86  
*Дутка Володимир* 57, 93  
*Земке В.М.* 49  
*Знак Зеновій* 89  
*Зубаль Ольга* 79  
*Ігнатова Таїса* 74  
*Іщенко Олена* 44  
*Кабат О.С.* 21, 63  
*Караваєва В. М.* 80  
*Карандашов О. Г.* 72, 73

Карпенко Олена 56  
Касумов А. М. 80  
Каськова А.В. 60  
Кечур Дмитро 40  
Кисіль Христина 84, 86  
Кір'янчук Василина 20  
Кічура Д. Б. 59  
Ковальський Ярослав 57  
Козак Н.В. 45  
Козлова Г.А. 28  
Колісник Анастасія 77  
Косянчук Людмила 74  
Кочетова Я. В. 46  
Кутузова А.С. 90  
Левицький Володимир 7  
Лукашевич С.А. 28  
Луцик О.Д. 82, 83  
Ляшевська М. С. 63  
Ляшок Ірина 44  
Маїк Володимир 48  
Малинич Сергій 42  
Мамуня Є. П. 50, 88  
Манькевич Соломія 37  
Мартинюк Галина 42  
Мельник Віктор 56  
Мельник Юрій 35, 38, 40  
Мельник Юрій 51  
Мишак В.Д. 14  
Мідяна Галина 56, 93  
Місюра А. І. 50, 88  
Мужев В.В. 14  
Музика Марія 51  
Найда Андрій 24  
Нечаєва Л.Ю. 28  
Нікітюк Віктор 84  
Оленич Роман 89  
Оліфан О. І. 80  
Павлушкіна Н.В. 63  
Панченко Ю.В. 68  
Петріна Романа 51  
Петрушина Галина 15  
Підгорна Лідія 73  
Плаван В.П. 44, 70  
Покин'яброда Тетяна 56  
Присяжний Юрій 78  
Рассоха О. 61  
Резанова Н.М. 70  
Репета Вячеслав 52  
Рожнова Р.А. 28  
Свердліковська О.С. 81  
Семенюк Ігор 56  
Семенюк Наталія 32, 34, 35,  
36

Семиног В.В. 14  
Сисюк Валентина 48  
Ситар В.І. 21  
Сірацька М.М. 68  
Скорохода Володимир 32,  
34, 35, 36, 56, 84, 86  
Скорохода Тарас 40  
Слободяник Валентина 52  
Суберляк Софія 38, 51  
Сухоставська М. 61  
Терещук Марина 76  
Токар Андрій 75  
Фальченко З.В. 47  
Федорова Олена 51  
Філіпсонов Руслан 42  
Фордзюн Ю. 26  
Черваков О.В. 21, 81  
Черкашина Г. 61  
Чигвінцева Ольга 75, 92  
Чобіт М.Р. 67, 68  
Чопик Н.В. 49  
Шанталій Т.А. 45  
Шаповал К. О. 80  
Шаповал Катерина 35  
Швед Марія 77  
Шибанов Володимир 52  
Шищак Олена 77, 78, 79  
Янова Кароліна 76  
Янушевська О.І. 62  
Ярова Н. В. 54  
Ясінський Михайло 52  
Яцільчак Галина 38  
Яценко Л. М. 54

# ЗМІСТ

## CONTENTS

---

### ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

#### PLENARY PRESENTATIONS

<i>Józef Haponiuk, Krzysztof Formela, Aleksander Hejna, Marta Przybysz-Romatowska, Agnieszka Tercjak.</i> Reactive extrusion in environmentally-friendly polymeric materials technologies	5
<i>Ananiy Kohut, Stanislav Voronov, Andriy Voronov.</i> Synthesis, properties, and application of amphiphilic invertible polymers	6
<i>Володимир Левицький, Андрій Масюк.</i> Сучасні тенденції виробництва і використання біодеградабельних полімерних матеріалів	7
<i>Mykhailo Sukhyi, Vitaliy Tomilo, Kostyantyn Sukhyi.</i> Organo-montmorillonite modified by polyionenes for polymer composites	8
<i>Yasin Kanbur, Umit Tayfun.</i> Environmentally friendly polymer composites: our past, ongoing studies and future perspective	9-11

### УСНІ ДОПОВІДІ

#### ORAL PRESENTATIONS

<i>Михайло Братичак.</i> Нові інден-кумаронові смоли з функційними групами	13
<i>В.Д. Мишак, В.В. Семиног, В.В. Мужев.</i> Модифікація гумонаповнених полімерних композитів безфункціональними, епоксидвмісними та гідроксилвмісними низькомолекулярними каучуками	14
<i>Галина Петрушина, Андрій Вишнікін, Костянтин Варлан.</i> Полімерний композиційний матеріал з молібденовим гетерополікомплексом структури доусона як сенсор на відновники	15
<i>Ivan Gajdoš, Ján Slota, Janusz Sikora, Volodymyr Krasinskyi.</i> CFD simulation of Rotational barrel segment mixing performance in Single screw extruder	16
<i>Tomasz Klepka, Sebastian Białasz.</i> Design of new products with complex shapes using the polymer processing methods	17
<i>Ludmila Dulebová, Emil Spišák, Ján Varga, Ivan Gajdoš.</i> Analysis of the tensile strength of carbon/epoxy composite laminate using simulation and tensile test	18
<i>Tomasz Garbacz, Ludmila Dulebova.</i> Processing of selected properties of extruded recycled plastics	19
<i>Василина Кір'янчук, Зоряна Демчук, Андрій Воронов, Станіслав Воронов.</i> Мономери на основі рослинних олій: синтез, полімеризація та застосування	20
<i>Кабат О.С., Черваков О.В., Ситар В.І.</i> Метод отримання термостійких полімерних композиційних матеріалів з використанням суміщення in situ вихідних компонентів	21
<i>Олег Суберляк, Володимир Красінський.</i> Наномодифікування термопластів і високомодульні матеріали електротехнічного призначення	22
<i>Metehan Ogulcan Lap, Yasin Kanbur, Umit Tayfun.</i> The use of mussel shell as an additive for poly (lactic acid) based green composites	23
<i>Андрій Найда.</i> Виробництво попередньоізольованих труб з полімерних матеріалів	24
<i>Justyna Odrobińska, Katarzyna Niesyto, Dorota Neugebauer.</i> Vitamin A and its derivative as new ATRP bioinitiators for linear and graft copolymers used as micellar	



carriers of active substances	25
<b>Ю. Фордзюн, О. Андреева.</b> Теоретичні основи композиційних матеріалів для взуття	26
<b>Галина Баб'як.</b> Властивості ПЕ композиції наповнених колоїдним графітовим препаратом марки С1	27
<b>С.А. Лукашевич, Р.А. Рожнова, Г.А. Козлова, Л.Ю. Нечаєва.</b> Композиційні матеріали на основі ізоціануратвмісного поліуретану з пролонгованим вивільненням доксорубіцину	28
<b>Volodymyr Moravskiy, Anastasiya Kucherenko, Marta Kuznetsova, Ludmila Dulebova.</b> Metal-filled polymer composites	29
<b>Ostap Lishchynskiy, Kamil Awsiuk, Yuriy Stetsyshyn, Joanna Raczkowska, Andrij Kostruba, Halyna Ohar, Yana Shymborska, Svyatoslav Nastyshyn, Andrzej Budkowski.</b> Temperature-responsive grafted polymer brushes: poly(butyl methacrylate) vs poly(butyl acrylate) with temperature-controlled orientation of proteins	30
<b>СТЕНДОВА СЕСІЯ</b>	
<b>POSTER PRESENTATIONS</b>	
	31
<b>Галина Дудок, Наталія Семенюк, Володимир Скорохода.</b> Закономірності одержання гідрогелевих композиційних матеріалів у присутності металовмісних наповнювачів	32
<b>Volodymyr Krasinskyi, Viktoria Antoniuk, Tomasz Jachowicz, Ivan Gajdos.</b> Nanocomposite hydrogel films based on polyvinyl alcohol	33
<b>Володимир Скорохода, Ірина Дзяман, Галина Дудок, Наталія Семенюк.</b> Закономірності синтезу і модифікування полімер-неорганічних (нано)композитів з використанням ультразвуку	34
<b>Юрій Мельник, Наталія Семенюк, Катерина Шаповал, Володимир Скорохода.</b> Дослідження адсорбції води гідрогелями на основі кополімерів ГЕМА-ПВП	35
<b>Наталія Семенюк, Галина Дудок, Володимир Скорохода.</b> Особливості одержання сферичних гідрогелів як полімерних носіїв для систем контрольованого вивільнення ліків	36
<b>Анастасія Кучеренко, Володимир Моравський, Соломія Манькевич, Іван Гайдос.</b> Дослідження кінетики металізації гранульованої полімерної сировини	37
<b>Наталія Баран, Юрій Мельник, Олександр Гриценко, Софія Суберляк, Галина Яцульчак.</b> Композиційні поліамід-гідрогелеві мембрани на основі полівінілпіролідону з різною молекулярною масою	38
<b>Oleksandr Grytsenko, Oleg Suberlyak, Mykola Kushnirchuk, Volodymyr Moravskiy, Taras Kyryk, Vsevolod Vashchuk.</b> The development of perspective technologies of high efficient hydrogel medical bandages formation	39
<b>Юрій Мельник, Михайло Бойко, Дмитро Кечур, Тарас Скорохода.</b> Розроблення комплексної лабораторної установки для подрібнення пластмас	40
<b>Oleksandr Grytsenko, Volodymyr Krasinskyi, Anna Pokhmurska, Bogdan Berezhnyu.</b> The technological parameters' optimization of the copolymerization 2-hydroxyethyl methacrylate with polyvinylpyrrolidone with simultaneous deposition of silver	41
<b>Руслан Філіпсонов, Сергій Малинич, Олена Аксіментьєва, Галина Мартинюк.</b> Композиційні полімерні покриття спеціального призначення	42
<b>J.W. Sikora, K. Glogowska, L. Majewski.</b> A new generation of extruders with an active grooved feed section	43

<b>Олена Іщенко, Вікторія Плаван, Ірина Ляшок.</b> Електроформування розчинів біосумісних полімерів	44
<b>Н.В. Козак, Т.А. Шанталій, К.С. Драган.</b> Структурно-динамічні характеристики поліімідовмісних нанокompозитів	45
<b>Н.А. Бусько, В.К. Грищенко, А. В. Баранцова, Н. В. Гудзенко, Я. В. Кочетова.</b> Синтез та властивості кремнійорганічних олігомерних фотоініціаторів	46
<b>А. В. Баранцова, В.К. Грищенко, Н.А. Бусько, Н. В. Гудзенко, З.В. Фальченко.</b> Полімерні матеріали на основі функціоналізованих похідних олій	47
<b>Валентина Сисюк, Василь Гранчак, Володимир Грищенко, Петро Давискиба, Володимир Майк.</b> Особливості фотополімеризації нанокompозиційних матеріалів для ламінування поліграфічної продукції	48
<b>Братичак Мих.Мих., Чопик Н.В., Земке В.М.</b> Моделювання процесу екструзії в залежності від співвідношення поліолефінової сировини	49
<b>О. О. Бутенко, А. І. Місюра, Є. П. Мамуня, В. З. Барсуков.</b> Термомеханічний аналіз електропровідних композитів на основі полівінілбутиралу	50
<b>Софія Суберляк, Юрій Мельник, Марія Музика, Олена Федорова, Романа Петріна.</b> Плівки косметичного призначення на основі гідрогелів пгема та екстракту <i>Calendula Officinalis</i>	51
<b>Валентина Слободяник, Михайло Ясінський, Вячеслав Репета, Володимир Шибанов.</b> Поверхневі та пластичні властивості флексографічних матеріалів	52
<b>Mariia Zhyhailo, Viktoria Kochubei, Iryna Yevchuk, Oksana Demchyna, Khrystyna Rymsha.</b> Synthesis of polyacrylate – silica membranes for fuel cells	53
<b>Л. М. Яценко, Н. В. Ярова, О. О. Бровко.</b> Властивості епоксиретанових композитів	54
<b>A.A. Novokhatko, M. A. Kompanets, O. V. Kushch, I. A. Opeida.</b> N-hydroxyphthalimide in the oxidative polymerization and homopolymerization of vinyl monomers by	55
<b>Ігор Семенюк, Вікторія Кочубей, Володимир Скорохода, Тетяна Покинсьорода, Галина Мідяна, Олена Карпенко, Віктор Мельник.</b> Синтез та властивості біополімерів -полігидроксикарбоатів	56
<b>Володимир Дутка, Ярослав Ковальський, Олена Аксіментьєва.</b> Полімеризація вінілових мономерів за наявності високодисперсних неорганічних мінералів	57
<b>Yurij Stetsyshyn, Joanna Raczowska, Kamil Awsiuk, Ostap Lishchynskyi, Yana Shymborska, Svyatoslav Nastyshyn, Khrystyna Harhay, Halyna Ohar, Andriy Kostruba, Andrzej Budkowski, Stanislav Voronov.</b> Nanoparticles embedded in temperature-responsive polymer coatings attached to a glass surface: fabrication and application	58
<b>Кічура Д. Б.</b> Застосування полімерних матеріалів на основі реакційноздатних ненасичених кислот	59
<b>Каськова А.В., Донцова Т. А.</b> Дослідження сорбційно-каталітичної активності нанокompозитів на основі $TiO_2-ZnO$	60
<b>О. Рассоха, Г. Черкашина, М. Сухоставська.</b> Функціональні градієнтні покриття на основі модифікованих фурано-епоксидних полімерів	61
<b>Алексик А.І., Донцова Т.А., Янушевська О.І.</b> Дослідження пористої структури модифікованих нанокompозитів на основі сапоніту	62
<b>Кабат О.С., Ляшевська М. С., Павлушкіна Н.В.</b> Полімерні композиційні матеріали триботехнічного призначення на основі фторопласта-4 і силікагелю	63
<b>Malgorzata Gnus, Roman Turczyn.</b> Separation properties of composite chitosan membranes containing spinel ferrite nanoparticles in pervaporation and vapour permeation of ethanol-water system	64
<b>Нригоріі Старьков, Yuliia Horbenko, Olena Aksimentyeva, Hrystyna Ivaniuk.</b> Electrochemical synthesis of functional polymers on flexible substrates	65
<b>Гаркавий Д.Ю., Авраменко В'ячеслав Леонідович.</b> Функціональний	

електроізоляційний термоеластопласт та його властивості	66
<b>Чобіт М.Р., Васильєв В.П., Бляшинець М.І.</b> Використання відпрацьованої олії для покращення композитів	67
<b>Чобіт М.Р., Панченко Ю.В., Сірацька М.М.</b> Застосування желатину як зшивача для одержання гідрогелів	68
<b>O.V. Zinchenko, A.L. Tolstov, V.F. Matyushov.</b> Polymer composite sensor material with immobilized nanoparticulate ZnO for liquid phase detecting of Cu <sup>2+</sup> ions	69
<b>Н.М. Резанова, Ю.О. Будаш, В.П. Плаван.</b> Вдосконалення мікрофібрилярної структури нанонаповнених полімерних композитів	70
<b>Olga Slisenko.</b> Synthesis and characterization of organic/inorganic double network hydrogels based on acrylic acid and 2-aminoethyl-3-aminopropyltrimetoxysilane	71
<b>Карандашов О. Г.</b> Дослідження процесу порушення герметизації склопластикових виробів при високому внутрішньому тиску підвищення герметичності епоксидних склопластикових труб	72
<b>Олег Карандашов, Вячеслав Авраменко, Лідія Підгорна</b> Підвищення герметичності епоксидних склопластикових труб	73
<b>Тайса Ігнатова, Людмила Косянчук, Оксана Антоненко, Любов Воронцова, Олександр Бровко.</b> Синтез та структура наповненої аеросилом взаємопроникної полімерної сітки ПММА/ПУ	74
<b>Андрій Токар, Ольга Чигвінцева.</b> Особливості ефективних стекінг-взаємодій у полімерних матеріалах арамідного типу	75
<b>Петро Баитаник, Марина Терещук, Кароліна Янова.</b> Дослідження впливу модифікованих похідними поліетиленаміногуанідину наповнювачів на властивості композитів на основі поліпропілену	76
<b>Марія Швед, Олена Шищак, Олена Астахова, Анастасія Колісник, Михайло Братичак.</b> Синтез і властивості інден-кумаронових смол з метакрилатними групами	77
<b>Юрій Присяжний, Олена Шищак, Олена Астахова, Дарина Дмитренко, Михайло Братичак.</b> Синтез і властивості інден-кумаронових смол з карбоксильними групами	78
<b>Олена Астахова, Олена Шищак, Ольга Зубаль, Михайло Братичак.</b> Наповнені карбонатом кальцію епокси-олігоестерні суміші	79
<b>Касумов А. М., Шаповал К. О., Караваєва В. М., Оліфан О. І.</b> Вплив тонкоплівкових покриттів Fe, Co, Ni на мікротвердість поліетилентерефталату	80
<b>Свердліковська О.С., Бурмістр М.В., Черваков О.В.</b> Полімерні іонні рідини та іонні рідини іоненового типу як модифікатори композицій на основі природних полімерів	81
<b>Горбач Л.А., Луцик О.Д., Бабкіна Н.В., Бровко О.О.</b> Фізико-хімічні властивості та фазова морфологія композицій та біополімерних композитних пластиків на основі синтетичного олігомеру ЕД-20 та епоксидованої соєвої олії	82
<b>Горбач Л.А., Луцик О.Д., Бровко О.О.</b> Одержання полімерної плівки, що забезпечує збільшення сорбційної здатності та зменшення часу експозиції у водному розчині при визначенні фенолу	83
<b>Андрій Масюк, Христина Кисіль, Віктор Нікітюк, Володимир Скорохода.</b> Теплофізичні властивості полілактидних композитів	84
<b>Diana Katruk, Andrii Masyuk, Taras Humenetskyi, Levko Bilyi.</b> Anti-corrosion coatings based on modified polyester resins	85
<b>Ірина Дзяман, Христина Кисіль, Галина Дудок, Володимир Скорохода.</b> Вплив природи кальційвмісних наповнювачів на закономірності одержання полімерних композитів медичного призначення	86
<b>I.S.Saparbekova, O.V. Suberlyak, L.K. Yskak, Z.O. Malimbayeva, N.O. Myrzahmetova, T.K. Dzhumadilov.</b> Some features of the remote interaction of ku 2-8 cation exchanger with ab-17 anion exchanger	87

<b>Місюра А.І., Мамуня Є.П.</b> Вплив типу розподілу наповнювача на механічні характеристики полімерного композиту	88
<b>Зеновій Знак, Андрій Гелеш, Роман Оленич</b> Одержання полімерної сірки із сірковмісних сполук та її застосування як вулканізатора	89
<b>Кутузова А.С., Донцова Т.А.</b> Дослідження поверхневої структури нанокompозитів на основі TiO <sub>2</sub>	90
<b>Anna Pokhmurska, Oleksandr Grytsenko, Oleg Suberlyak, Ludmila Dulebová, Ivan Gajdos, Nataliia Baran</b> Features of polyvinylpyrrolidone metal-filled copolymers structure formation during polymerization with simultaneous deposition of metals	91
<b>Ольга Чигвінцева</b> Вуглепластики на основі поліарилатсульфонового блок-сополімеру	92
<b>В.С. Дутка, Г.Г. Мідяна</b> Одержання кополімерів на основі малеїноіого ангідриду та їхня поведінка у змішаних водно – органічних середовищах	93

**НАУКОВЕ ВИДАННЯ**

II МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
**«СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ  
ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ»**

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

Львів, 06–08 листопада 2019 р.

*Відповідальний за випуск – В. Красінський*

Підписано до друку 24.10.2019 р.  
Формат 70×100/16. Папір офсетний. Друк цифровий.  
Умовн. друк. арк. 7,64. Обл.-вид. арк. 6,91.  
Наклад 300 прим.

**Видавець і виготовлювач: ТзОВ«Растр-7»**  
79005, м. Львів, вул. Кн. Романа, 9/1  
тел./факс. 032235 52 05, 235 72 13  
e-mail: rastr.sim@gmail.com www.rastr-7.com.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ЛВ № 22 від 19.11.2002 р.

**ПАСТP-7**

ISBN 978-617-7726-89-9



9 786177 726899