



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Київський національний університет технологій та дизайну
Факультет хімічних та біофармацевтичних технологій

«ІННОВАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ: БІОТЕХНОЛОГІЯ, ПРИКЛАДНА ХІМІЯ, ЕКОЛОГІЯ»

ЗБІРНИК ТЕЗ

II Міжнародної науково-практичної конференції,
присвяченої 95-річчю
Київського національного університету технологій та дизайну

*УКРАЇНА, КИЇВ, КНУТД
30-31 ЖОВТНЯ 2025 р.*

Ministry of Education and Science of Ukraine

Kyiv National University of Technologies and Design
Faculty of Chemical and Biopharmaceutic Technologies

**«ADVANCED MATERIALS AND TECHNOLOGIES:
BIOTECHNOLOGY, APPLIED CHEMISTRY,
ECOLOGY»**

**PROCEEDINGS
of
II INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE**

devoted to 95th Anniversary
of Kyiv National University of Technologies and Design

October 30-31, 2025

Організатори:
Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет технологій та дизайну

I-59 **Інноваційні матеріали та технології: біотехнологія, прикладна хімія, екологія:** збірник тез II Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю Київського національного університету технологій та дизайну, 30-31 жовтня 2025 року / упор. : Мокроусова О. Р., Плаван В. П., Майстренко Л. А. – Київ : КНУТД, 2025. – 244 с.

ISBN 978-617-7506-55-2

I-59 **Advanced materials and technologies: biotechnology, applied chemistry, ecology:** Proceedings of II International scientific and practical conference devoted to 95th Anniversary of Kyiv National University of Technologies and Design, October 30-31, 2025 / compiled by. : Mokrousova O. R., Plavan V. P., Maistrenko L. A. – Kyiv : KNUTD, 2025. – 244 p.

ISBN 978-617-7506-55-2

Публікується в авторській редакції
Published in the author's version

Відповідальні за випуск О. Р. Мокроусова, В. П. Плаван, Л. А. Майстренко

ISBN 978-617-7506-55-2

© О. Р. Мокроусова, В. П. Плаван,
Л. А. Майстренко 2025
© КНУТД, 2025

1. BIOTECHNOLOGIES

1	COLLAGEN HYDROLYSATE FILMS WITH BIOACTIVE ADDITIVES <i>Virgilijus Valeika, Inesa Degutytė</i>	16
2	BIOSYNTHESIS OPTIMIZATION OF SILVER NANOPARTICLES USING PLANT EXTRACTS <i>Madiha Ashraf, Ilona Jonuškienė, Kristina Kantminienė, Ingrida Tumosienė, Neringa Petrašauskienė</i>	17
3	RELATIONSHIP OF ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE AND BIOFILM DEVELOPMENT OF <i>DESULFUROMONAS ACETEXIGENS</i> AND <i>GEOBACTER SULFURREDUCENS</i> IN MICROBIAL ELECTROLYSIS CELLS <i>Max Rümenapf, Harald Horn, Andrea Hille-Reichel</i>	18
4	ARTIFICIAL INTELLIGENCE EMPOWERS THE DEVELOPMENT OF MATERIALS IN NEW PHARMACEUTICAL ENGINEERING: SCREENING AND APPLICATION OF POLYMER NANOPARTICLES <i>Wei Jia</i>	19
5	OT-RMSD: A GENERALIZATION OF THE ROOT-MEAN-SQUARE DEVIATION FOR ALIGNING UNEQUAL-LENGTH PROTEIN STRUCTURES <i>Yue Hu, Zanzia Cao, Yingchao Liu</i>	20
6	PROSPECTS FOR USING PLEUROTUS OSTREATUS EXTRACT IN TABLET FORM FOR PREVENTION OF ATHEROSCLEROSIS <i>Mykhailova K.I., Koziko N.O</i>	21
7	RATIONAL <i>IN SILICO</i> DESIGN OF A PEPTIDE BINDER THAT INHIBITS CERT1 <i>Franchuk Ye.R., Aleksandrovych D.O., Zbrotskyi A.O., Zhuromskyi Ye.O.</i>	22
8	EPS SYNTHESIZED BY ANTARCTIC PLANT-ASSOCIATED BACTERIA AS A SOURCE OF FUNCTIONAL BIOPOLYMERS FOR CHEMICAL TECHNOLOGY <i>Olga Iungin, Volodymyr Morin, Oleksandr Kalinichenko, Olena Okhmat, Ivan Tsukanov</i>	23
9	OPTIMIZATION OF GLUTATHIONE BIOSYNTHESIS IN YEAST: TOWARD EFFICIENT BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTION OF ANTIOXIDANTS <i>Dolia L., Starovoitova S.</i>	24
10	BIOFILM FORMATION AND BACTERIOCINOGENY AS MANIFESTATIONS OF BACTERIAL STIGMERGY <i>Balko O.B., Balko O.I., Avdeeva L.V.</i>	25
11	STUDY OF ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF EXTRACTS OF THE HERB <i>SPERANSKIA TUBERCULATA</i> (BUNGE) BAILL <i>Zeyuan Sun, Tetiana Derkach</i>	26
12	PHA AS A BIOFILM COMPONENT IN ENDOPHYTIC BACTERIA IN HARSH ENVIRONMENTS <i>Oleksandr Kalinichenko, Volodymyr Morin, Olga Iungin</i>	27
13	COMPUTATIONAL QSPR MODELING OF LIPOPHILICITY FOR ORGANIC DRUG-LIKE MOLECULES <i>Pushkarova Ya.M., Zaitseva G.M., Probyta A.A.</i>	28
14	UNVEILING THE HIDDEN DANGERS: A COMPREHENSIVE DISCUSSION OF HEALTH RISKS IN SYNTHETIC COSMETICS AND PERSONAL CARE PRODUCTS <i>Nodar Sulashvili, Nana Gorgaslidze, Luiza Gabunia, Marika Sulashvili, Marina Giorgobiani, Irine Zarnadze, Shalva (Davit) Zarnadze</i>	29
15	THE EVOLUTION OF BIOACTIVE COSMETICS: NAVIGATING SCIENCE, SAFETY, AND CONSUMER EXPECTATIONS IN MODERN DERMATOLOGY <i>Nodar Sulashvili, Nana Gorgaslidze, Luiza Gabunia, Marika Sulashvili, Marina Giorgobiani, Irine Zarnadze, Shalva (Davit) Zarnadze</i>	30

	AN INTEGRATIVE ANALYSIS OF GLOBAL GOVERNANCE STRUCTURES: PROGRESS, CHALLENGES, IMMUNOLOGICAL PATHWAYS, POLICY CONSTRAINTS, STRATEGIC DISSEMINATION, AND EQUITABLE DISTRIBUTION OF COVID-19 VACCINES IN PUBLIC HEALTH INFRASTRUCTURES	
16	<i>Nodar Sulashvili, Otar Gerzmava, Margarita Beglaryan, Nana Gorgaslidze, Luiza Gabunia, Naira Chichoyan, Nato Alavidze, Natia Kvizhinadze, Nino Abuladze, Ketevani Gabunia, Marika Sulashvili, Lela Grigolia, Kakhaber Robakidze, Marina Giorgobiani, Irine Zarnadze, Shalva (Davit) Zarnadze</i>	31
17	CRITICAL DIMENSIONS OF POLYFACTORIAL DETERMINANTS SHAPING PHARMACISTS' ACADEMIC TRAJECTORIES, OCCUPATIONAL MOBILITY AND PROFESSIONAL ASSIMILATION: A SYSTEMATIC INTERDISCIPLINARY EVALUATION OF VOCATIONAL DEVELOPMENT AND HUMAN CAPITAL OPTIMIZATION IN HEALTHCARE	
	<i>Nodar Sulashvili, Otar Gerzmava, Margarita Beglaryan, Nana Gorgaslidze, Luiza Gabunia, Naira Chichoyan, Nato Alavidze, Natia Kvizhinadze, Nino Abuladze, Ketevani Gabunia, Marika Sulashvili, Lela Grigolia, Kakhaber Robakidze, Marina Giorgobiani, Irine Zarnadze, Shalva (Davit) Zarnadze</i>	32
18	CLINICAL MANIFESTATIONS OF PATHOPHYSIOLOGICAL ASPECTS OF CARDIOVASCULAR DISEASES, EPIDEMIOLOGICAL IMPLICATIONS, ADVANCED PHARMACOTHERAPEUTIC STRATEGIES, THERAPEUTIC EFFECTS, SYSTEMIC IMPACTS, AND POTENTIAL IATROGENIC HAZARDS IN CONTEMPORARY MEDICINE	
	<i>Nodar Sulashvili, Otar Gerzmava, Margarita Beglaryan, Nana Gorgaslidze, Luiza Gabunia, Naira Chichoyan, Nato Alavidze, Natia Kvizhinadze, Nino Abuladze, Ketevani Gabunia, Marika Sulashvili, Lela Grigolia, Kakhaber Robakidze, Marina Giorgobiani, Irine Zarnadze, Shalva (Davit) Zarnadze</i>	33
19	OPTIMIZING SKIN HEALTH: THE ROLE OF TOPICAL VITAMINS IN COSMECEUTICAL APPLICATIONS	
	<i>Nodar Sulashvili, Nana Gorgaslidze, Luiza Gabunia, Marika Sulashvili, Marina Giorgobiani, Irine Zarnadze, Shalva (Davit) Zarnadze</i>	34
20	ADVANCED SCIENTIFIC DISCOURSE ON THE HOLISTIC INTEGRATION OF PHARMACOGENOMICS, PERSONALIZED MEDICINE, AND PATIENT-CENTERED THERAPEUTIC PARADIGMS IN MITIGATING DRUG-RELATED ADVERSE EVENTS, TOXICOLOGICAL MANIFESTATIONS, CONTEMPORARY PHARMACOVIGILANCE BARRIERS, HIGH-RISK PHARMACOLOGICAL AGENTS AND PHARMACOTHERAPY OPTIMIZATION	
	<i>Nodar Sulashvili, Otar Gerzmava, Margarita Beglaryan, Nana Gorgaslidze, Luiza Gabunia, Naira Chichoyan, Nato Alavidze, Natia Kvizhinadze, Nino Abuladze, Ketevani Gabunia, Marika Sulashvili, Lela Grigolia, Kakhaber Robakidze, Marina Giorgobiani, Irine Zarnadze, Shalva (Davit) Zarnadze</i>	35
21	DEVELOPMENT OF ADVANCED ELASTOMER COMPOSITES FOR PROSTHETIC LINERS	
	<i>Ivan Iungin, Olena Mokrousova</i>	36
22	MICROBIOTA ACTIVITY RESTORATION IN SOIL DAMAGED BY A SHELL EXPLOSION	
	<i>Fomenko S.V., N.O.Leonova</i>	37
23	ПРОТИМІКРОБНІ ЕФЕКТИ НОВИХ ДИНАМІЧНИХ ПОХІДНИХ АМІКАЦИНУ ЩОДО КЛІНІЧНИХ ШТАМІВ <i>STAPHYLOCOCCUS</i> SPP.	
	<i>Андрєєва І.Д., Осолодченко Т.П., Мартинов А.В., Завада Н.П., Батрак О.А</i>	38
24	СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ІЗ ЗАСТОСОВАННЯМ ЕФЕКТИВНИХ БІООКИСЛЮВАЧІВ	
	<i>Ковальчук В.А.</i>	39
25	ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ	40

	БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД АКТИВНИМ МУЛОМ <i>Ковальчук В.А.</i>	
26	ЯКІСТЬ І СМАКОВІ ВЛАСТИВОСТІ ПИВА КРІЗЬ ПРИЗМУ БІОТЕХНОЛОГІЇ ДРІЖДЖІВ <i>Лич О.В., Бабченко В.С., Лич І.В.</i>	41
27	БІОКОНВЕРСІЯ СУМІШІ ВІДПРАЦЬОВАНОЇ ОЛІЇ ТА C ₂ -C ₆ -СУБСТРАТІВ У МІКРОБНИЙ ЕКЗОПОЛІСАХАРИД ЕТАПОЛАН <i>Пирог Т.П., Вороненко А.А.</i>	42
28	ВПЛИВ ПРО- ТА ЕУКАРІОТИЧНИХ ІНДУКТОРІВ НА БІОЛОГІЧНУ АКТИВНІСТЬ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН <i>ACINETOBACTER</i> <i>CALCOACETICUS</i> IMB B-7241 <i>Пирог Т.П., Іванов М.С.</i>	43
29	СИНЕРГІЗМ З ІНШИМИ БІОЦИДАМИ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН <i>RHODOCOCCLUS ERYTHROPOLIS</i> IMB Ac- 5017 ТА <i>ACINETOBACTER CALCOACETICUS</i> IMB B-7241 <i>Пирог Т.П., Ключка І.В.</i>	44
30	ВИВЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ СПОЛУК, ОТРИМАНИХ З МОРСЬКИХ БЕЗХРЕБЕТНИХ АНТАРКТИКИ <i>Ракиша Н.Г., Вовк Т.Б., Галенова Т.І., Савчук О.М.</i>	45
31	СТИМУЛЮЮЧИЙ ВПЛИВ ФІТОВІДХОДІВ НА БІОМЕТАНОГЕНЕЗ <i>Маріїн Д.В., Сакалова Г.В.</i>	46
32	РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЛЕТКИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК В КУЛЬТУРАЛЬНИХ РІДИНАХ ЕНДОФІТНИХ БАКТЕРІЙ <i>Шопінський В.В., Буценко Л.М.</i>	47
33	БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ДІСТИЧНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ АМІНОКИСЛОТ З РОЗГАЛУЖЕНИМ ЛАНЦЮГОМ <i>Двінських Н.В., Хохленкова Н.В.</i>	48
34	ОПТИМІЗАЦІЯ ДОЗРІВАННЯ ГЕНЕРОВАНИХ ДЕНДРИТНИХ КЛІТИН ЗА ДОПОМОГОЮ БІОАКТИВНИХ МЕДІАТОРІВ <i>Луцій О.О., Волошина І.М., Горбач О.І., Скачкова О.В., Храновська Н.М.</i>	49
35	ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЛІПКОГЕННИХ КОМПОЗИЦІЙ ПРИ РОЗРОБЦІ ГЕЛЬНИХ ФОРМ БІОПРЕПАРАТІВ ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА <i>Кирилов В.О., Данкевич Л.А.</i>	50
36	ВПЛИВ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК НА ЯКІСТЬ МОЛОКА <i>Василініч Т.М., Паленчук Я.Я.</i>	51
37	СФІНГОЛІПІДИ ЯК БІОАКТИВНІ МОЛЕКУЛИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БІОМАТЕРІАЛІВ І БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ <i>Ремізова О.О.</i>	52
38	ОПТИМІЗОВАНИЙ ПІДХІД ДО ПРОЄКТУВАННЯ МАЛОМАСШТАБНИХ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЛОКАЛЬНО АДАПТОВАНИХ ПІДПРИЄМСТВ <i>Грицина О.О.</i>	53
39	ОЦІНКА КОМБІНОВАНОГО ВПЛИВУ СВИНЦЮ ТА ВІРУСУ ТЮТЮНОВОЇ МОЗАЇКИ НА РОСЛИНИ <i>NICOTIANA BENTHAMIANA</i> З ГЕТЕРОЛОГІЧНИМ ГЕНОМ ZRNASE II <i>Потрохов А. О., Нетреба М. С., Шевченко Т.П., Овчаренко О. О.</i>	54
40	СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ ІШКАРАЛУПІ ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ ЯК ВІДХОДІВ ГОРІХОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ <i>Самченко К. Ю., Саблій Л. А.</i>	55
41	ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ ЕКСТРАКТІВ «БОРОДАТИХ» КОРЕНІВ <i>CICHORIUM INTYBUS</i> L. <i>Богданович Т., Матвєєва Н.</i>	56

42	ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НІТРИФІКАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ НОСІЇВ ДЛЯ ІММОБІЛІЗАЦІЇ МІКРООРГАНІЗМІВ <i>Бабій Д.В., Саблій Л.А.</i>	57
43	ВИЗНАЧЕННЯ АНТИМІКРОБНОЇ АКТИВНОСТІ КОЛІЩИНУ COL M, СИНТЕЗОВАНОГО В ТРАНСГЕННИХ РОСЛИНАХ BRASSICA OLERACEA VAR. SABELLICA <i>Овчаренко О.О., Удовенко Ю.Р., Василенко М.Ю., Балко О.І., Балко О.Б., Рудас В.А., Кучук М.В.</i>	58
44	ПРОДУКЦІЯ САЛЬМОЦИНУ SALE1B В ТРАНСГЕННИХ РОСЛИНАХ NICOTIANA TABACUM ТА ВИЗНАЧЕННЯ АНТИМІКРОБНОЇ АКТИВНОСТІ ЕКСТРАКТІВ ТЮТЮНУ ПРОТИ SALMONELLA ENTERICA <i>Овчаренко О. О., Рудас В.А., Балко О.І., Балко О.Б., Кучук М.В.</i>	59
45	ВИКОРИСТАННЯ НОСІЇВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД <i>Жукова В.С., Саблій Л.А.</i>	60
46	АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД <i>Гриневич А.О., Саблій Л.А.</i>	61
47	АНТИМІКРОБНИЙ ПОТЕНЦІАЛ НАНОЧАСТОК СРІБЛА <i>Писаренко П.О., Охмат О.А., Майстренко Л.А.</i>	62
48	БАЗАЛЬТОВЕ БОРОШНО ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ГРУНТІВ ТА ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ CO ₂ <i>Радіонов В.С.</i>	63
49	ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА БІОСИНТЕЗ МОЛОЧНОЇ КИСЛОТИ МОЛОЧНОКИСЛИМИ БАКТЕРІЯМИ <i>Волошина І.М., Кужель А.А., Грецький І.О.</i>	64
50	НАНОТЕХНОЛОГІЇ У СТВОРЕННІ ШТУЧНИХ ТКАНИН ТА ОРГАНІВ <i>Литвинова М.І., Філіпцова О.В.</i>	65
51	БІОТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ГАЛОФІТОНОВИХ ВОДРОСТЕЙ ДЛЯ ОПРІСНЕННЯ СОЛОНИХ ВОД ТА ЯК ПРОДУЦЕНТІВ КОРИСНИХ РЕЧОВИН <i>Філіпцова О.В., Дроздова А.С.</i>	66
52	БІОДЕГРАДАБЕЛЬНІ ПОЛІЛАКТИДНІ ПЛІВКИ З АНТИБАКТЕРІАЛЬНОЮ ТА ФУНГІЦИДНОЮ АКТИВНІСТЮ <i>Семенюк Н., Дудок Г., Малиновський В., Пакош А., Шалата Н., Скорохода В.</i>	67
53	SCHIZANDRA CHINENSIS ЯК ПЕРСПЕКТИВНЕ ДЖЕРЕЛО БІОАКТИВНИХ ЛІГНАНІВ У КОСМЕТОЛОГІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ <i>Нікітіна О.О., Модженкова М.А.</i>	68
54	КРИТЕРІЇ ВИБОРУ СУБСТРАТУ ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ ГРИБІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАМІННИКА ШКІРИ <i>Довга С. П.</i>	69
55	ВПЛИВ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ІМУНІТЕТ ЛЮДИНИ <i>Стогній К. М.</i>	70
56	БІОЗАХИСТ ТЕКСТИЛЬНИХ ПОСТІЛЬНИХ ВИРОБІВ З ОБ'ЄМНИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ <i>Михайлова Г.М., Осієвська В.В.</i>	71
57	КУЛЬТИВОВАНЕ М'ЯСО ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ НАПРЯМ БІОТЕХНОЛОГІЇ <i>Горайнова Є.С., Пилипенко Д.М.</i>	72
58	ГМО В УКРАЇНІ ТА СВІТІ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ <i>Чорнорот О. Ю.</i>	73
59	РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ РЕКОМБІНАНТНОГО АНТИГЕНУ ДЛЯ ІМУНОФЕРМЕНТНОЇ ДІАГНОСТИКИ ВІРУСУ ГЕРПЕСУ І ТИПУ <i>Гоголь І. М.</i>	74

60	ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ІМУНФЕРМЕНТНОЇ ТЕСТ-СИСТЕМИ ДЛЯ ОДНОЧАСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ АНТИТІЛ ДО ВІРУСІВ ГЕРПЕСУ I ТА II ТИПУ <i>Гоголь І. М.</i>	75
61	МІКРОБНІ ПАЛИВНІ ЕЛЕМЕНТИ У ПЕРЕРОБЦІ РОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД <i>Марченко М.А., Русакова М.Ю.</i>	76
62	ДОСЛІДЖЕННЯ АКУМУЛЮВАННЯ ЗАЛІЗА ДРІЖДЖАМИ <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> В РІЗНИХ ПОЖИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ <i>Бондар Г.М., Клименко М.А., Красінько В.О.</i>	77
63	БІОЕНЕРГЕТИЧНІ МЕТОДИ ЯК ДОПОМІЖНИЙ ЗАСІБ У ЛІКУВАННІ ТА РЕАБІЛІТАЦІЇ <i>Розумна А.Р.</i>	78
64	БІОКОНВЕРСІЯ ЛІНГНОЦЕЛЮЛОЗНИХ ВІДХОДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГРИБІВ РОДУ <i>TRICHODERMA</i> ТА <i>ASPERGILLUS</i> <i>Дзюбенко Вікторія</i>	79
65	СТРАТЕГІЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ БІОПІЛІМЕРНИХ НОСІВ З ВИСОКИМ ЗАВАНТАЖЕННЯМ ЛЕТКИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК <i>Наконечний В. І., Гавриляк В.В.</i>	81
66	АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ АНАЕРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЙ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД <i>Дубовенко В.Ю., Саблій Л.А.</i>	82
67	БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІСТИДИНУ В ЯКОСТІ СТАБІЛІЗАТОРА ДОПОВАНИХ РУТЕНІЄМ НАНОЧАСТОК ДІОКСИДУ ЦЕРІЮ: АНАЛІЗ ЦИТОТОКСИЧНОСТІ <i>Дубова І.В., Щербак О.Б., Жолобак Н.М.</i>	83
68	ВИРОБНИЦТВО ТА ЗАСТОСУВАННЯ МОРСЬКОГО КОЛАГЕНУ У БІОФАРМАЦІЇ <i>Січевлюк А.В., Мокроусова О.Р.</i>	84
69	КОМПЛЕКСНА ОПТИМІЗАЦІЯ ВІДМИВКИ БАКТЕРІАЛЬНИХ КЛІТИН ТА ТІЛЕЦЬ ВКЛЮЧЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ РЕКОМБІНАНТНОГО ІНСУЛІНУ ЛЮДИНИ <i>Хейломський Д.О., Майстренко Л.А., Мокроусова О.Р.</i>	85
70	БІОСИНТЕЗ МОЛОЧНОЇ КИСЛОТИ <i>LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS</i> З ДОДАВАННЯМ НАНОСРІБЛА <i>Гусейнова К.Е., Петрух А.О., Золотар О.С., Шкотова Л.В., Волошина І.М.</i>	86
71	КУЛЬТИВУВАННЯ <i>SCOBY</i> НА СЕРЕДОВИЩІ З БІЛКАМИ ЛЬОНУ <i>Косинська Т.В., Потупа В.Ю., Федько М.М., Жеревчук С.М., Волошина І.М.</i>	87
72	ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ СТРЕСОВИХ ФАКТОРІВ НА БІОСИНТЕЗ ЕКЗОПОЛІСАХАРИДІВ <i>LACTOBACILLUS</i> <i>Юркевич А.І., Майстренко Л.А., Шкотова Л.В., Волошина І.М.</i>	88
73	КАЛУСНА БІОМАСА <i>ARNICA MONTANA</i> ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ПРИРОДНІЙ ФІТОСИРОВИНІ <i>Домашовець А.О., Петріна Р.О.</i>	89
74	ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КАЛЮСНИХ КУЛЬТУР <i>PRUNELLA VULGARIS L.</i> ТА <i>ABIES SPP.</i> ПРИ РОЗРОБЦІ ЗАСОБУ АНТИМІКРОБНОЇ ДІЇ <i>Зіміна Л.Ю., Глуценко О.М., Полова Ж.М.</i>	90
75	БІОТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ РОСЛИННИХ БІЛКІВ ДЛЯ СТАЛОГО ХАРЧУВАННЯ <i>Петріна Р., Гавриляк В., Федорова О., Подольчак А.</i>	91
76	ОДЕРЖАННЯ ЕКСТРАКТІВ КАЛУСНОЇ БІОМАСИ АМАРАНТУ ДЛЯ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ <i>Гуцько К., Петріна Р.</i>	92
77	БІОТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ІНГІБУВАННЯ ГЕНІВ	

	АНТИБІОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТІ У ПАТОГЕННИХ БАКТЕРІЙ	
	<i>Горбань В.О.</i>	93
78	ТЕХНОЛОГІЯ БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ З ВИКОРИСТАННЯМ КОСУБСТРАТИВ	
	<i>Горбань В.О.</i>	94
79	БІОСИНТЕЗ ПОЛГІДРОКСИАЛКАНОАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АГРОПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ У КОНЦЕПЦІЇ ІНТЕГРОВАНОЇ БІОПЕРЕРОБКИ	
	<i>Ворожко Є.Ю.</i>	95
80	ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДЕКАРБОКСИЛАЗ ЖИРНИХ КИСЛОТ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА	
	<i>Віннічук В.С.</i>	96
81	ЗАСТОСУВАННЯ СПОРОУТВОРЮЮЧИХ ПРОБІОТИКІВ НА ОСНОВІ <i>BACILLUS SPP.</i> У ТВАРИННИЦТВІ ТА ПТАХІВНИЦТВІ	
	<i>Татарчук Р.І.</i>	97
82	ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ <i>STREPTOMYCES SP. LG23</i> У БОРОТБІ З АНТИБІОТИКОРЕЗИСТЕНТНІСТЮ	
	<i>Лижнюк Д.В., Гебеш Е.М.</i>	98
83	ШЛЯХИ ВИРОБНИЦТВА ГІАЛУРОНОВОЇ КИСЛОТИ	
	<i>Пащина К. О.</i>	99
84	ЗАСТОСУВАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ КУЛЬТУР У ВИРОБНИЦТВІ КОРМІВ ДЛЯ ПТИЦІ	
	<i>Біловодська М.Б., Швець О.Г.</i>	100
85	БІОЕТАНОЛ ДРУГОГО ПОКОЛІННЯ. МЕТОДИ ОБРОБКИ СИРОВИНИ	
	<i>Коломієць В. Г.</i>	101
86	BUILDING ENGLISH-LANGUAGE SOFT SKILLS IN BIOTECHNOLOGY EDUCATION	
	<i>Vozniuk T.M.</i>	102
87	ІНТЕГРАЦІЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ ТА МІКРООРГАНІЗМІВ У ВИРОБНИЦТВО БІОПАЛИВА	
	<i>Губеня О. С.</i>	103
88	БІОРОЗКЛАДНІ ХІТОЗАНОВІ ПЛІВКИ, ФУНКЦІОНАЛІЗОВАНІ НАНОЧАСТИНКАМИ, ДЛЯ ІНГІБУВАННЯ РОСТУ ПАТОГЕНІВ В УПАКОВЦІ	
	<i>Черевко А.В.</i>	104
89	БІОТЕХНОЛОГІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО АНТИОКСИДАНТНИХ СПОЛУК ІЗ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ	
	<i>Черевко А.В.</i>	105
90	БІОГІБРИДНІ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ В МІСТАХ	
	<i>Окольнічий К.М.</i>	106
91	ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНОЇ БІОЛОГІЧНО АКТИВНОЇ ДОБАВКИ ГУМІЛІД ЗА ВИРОЩУВАННЯ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ КРОСУ КОББ-500	
	<i>Дьомшина О. О., Степченко Л.М.</i>	107
92	ЕКОНОМІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БІОПАЛИВА ТРЕТЬОГО ПОКОЛІННЯ	
	<i>Грецький І.О., Грецька Н.А.</i>	108
93	ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ БІОТЕХНОЛОГІЇ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ	
	<i>Довжук В. В., Коновалова Л. В., Довжук Н. Ш.</i>	109

2. APPLIED CHEMISTRY

1	CORROSION AT THE INTERFACE BETWEEN CHEMISTRY AND BIOLOGY: MIC AND MAC	
	<i>Geert Potters</i>	110
2	ANIONIC TANNERY DYE ADSORPTION ON BIOSORBENT DERIVED FROM TANNIN EXTRACTED WASTE	
	<i>Jannatul Nime Tabassum, Md. Shahriar Shahadat, Md. Abul Hashem, Md. Mukimujjaman Miem, Modinatul Maoya</i>	111

3	CO-COMPOSTING OF TANNERY LIMING SLUDGE AND WASTE SHEEP WOOL FOR AGRICULTURAL USE <i>Md. Enamul Hasan Zahin, Md. Abul Hashem, Md. Mukimujjaman Miem, Md. Taskin Alam Niaz, Tanzila Parvin Ame, Sangida Iqbal</i>	112
4	DETERMINATION OF FAT-SOLUBLE VITAMINS IN CORN OIL MACERATES OF <i>HYPERICUM PERFORATUM</i> AND <i>MATRICARIA RECUTITA</i> <i>Oleksandra Kunyk, Vasyl Pasichniy</i>	113
5	DES-ASSISTED ELECTRODEPOSITION OF ELECTROCATALYSTS FOR GREEN HYDROGEN PRODUCTION <i>Shaiderov D.A., Levanyuk O.O., Sukhatskyi O.D., Protsenko V.S.</i>	114
6	RHEOLOGICAL PROPERTIES OF HIGHLY FILLED EPOXY COMPOSITES <i>Pomirko O., Kucherenko A., Pokhmurska A., Moravskyi V.</i>	115
7	SPECTRAL ANALYSIS OF THE STRUCTURING PROCESS OF EPOXY-OLIGESTER COMPOSITIONS <i>N. Chopyk, V. Zemke, M. Bratychak</i>	116
8	THE ECONOMIC ADVANTAGES OF THE CIRCULAR ECONOMY IN THE TANNING INDUSTRY <i>Monika Flisek, Nataliia Popovych, Boguslaw Wozniak</i>	117
9	THE INFLUENCE OF FOOTWEAR UPPER MATERIALS ON INNER MICROCLIMATE <i>Zbigniew Mikołajczyk, Boguslaw Woźniak, Nataliia Popovych</i>	118
10	ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНОСТІ СТВОРЕННЯ ПОТЕНЦІЙНИХ АФІ НА БАЗІ 4-(АМІН; МЕТИЛ)-5-(ХІНОЛІН-2-ІЛ)-4Н-1,2,4-ТРІАЗОЛ-3-ТІОЛУ(АМІНУ) ЗА ДОПОМОГОЮ ADME-ПРОГНОЗУВАННЯ <i>Довбня Д. В., Каплаушенко А. Г., Саліонов В. О.</i>	119
11	ОДЕРЖАННЯ ЕФЕКТИВНИХ СОРБЕНТІВ ІЗ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВ <i>Худоярова О.С., Немировська А.Ю., Манченко І.В.</i>	120
12	ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ПОЛІРУВАННЯ НЕРЖАВНОЇ СТАЛІ 12Х18Н10Т В ЕВТЕКТИЧНИХ ІОННИХ РІДИНАХ ETHALINE ТА RELINE <i>Махота Д.О., Бутиріна Т.Є., Проценко В.С.</i>	121
13	МУЛЬТИМАТЕРІАЛЬНІ ПОЛІМЕРНІ СИСТЕМИ ДЛЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ <i>Слепцов О. О., Савченко Б. М.</i>	122
14	«ЗЕЛЕНІ» ІНГІБІТОРИ КОРОЗІЇ – ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ <i>Петруша Ю.Ю.</i>	123
15	ПЕРЕРОБЛЕННЯ ПОЛІМІНЕРАЛЬНИХ РУД ПРИКАРПАТТЯ МЕТОДАМИ СУЛЬФАТНОГО ВИЛУГОВУВАННЯ <i>Іванченко Л.В., Кожухар В.Я., Брем В.В., Повзло Н.М.</i>	124
16	ОЦІНКА ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ВЕРХ МЕТОДИКИ КІЛЬКІСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ АФІ НАТРІЙ 2-((4-АМІНО-5-ТІОФЕН-2-ІЛМЕТИЛ)-4Н-1,2,4-ТРІАЗОЛ-3-ІЛ)ТІО)АЦЕТАТУ <i>Усенко Д. Л., Каплаушенко А. Г.</i>	125
17	ХІМІЯ ВОДИ І ФАРМАЦЕВТИЧНЕ ВИРОБНИЦТВО <i>Омельченко П.С.</i>	126
18	ОЧИЩЕННЯ БІОГАЗУ ВІД СІРКОВОДНЮ <i>Голубєв П.А., Слюзар А.В.</i>	127
19	РОЗРОБКА СКРИНІНГОВОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ АГОНІСТІВ РЕЦЕПТОРА OX2R <i>Морозова В.О., Прудь М.В.</i>	128
20	АНОДНИЙ МАТЕРІАЛ ВИСОКОЇ ЧИСТОТИ НА ОСНОВІ ПРИРОДНОГО ГРАФІТУ ДЛЯ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ <i>Хоменко В.Г., Макєєва І.С., Кислова О.В., Нікулін Д.О., Іратхе де Меаца, Памела Смечеллато</i>	129

21	РОЗРОБКА ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНОГО ГРАФІТУ ДЛЯ АНОДІВ ЛІТІЙ-ІОННИХ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ <i>Ляшок М.О., Хоменко В.Г.</i>	130
22	ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛІМЕРНИХ ЗВ'ЯЗУЮЧИХ НА ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОДНИХ КОМПОЗИТІВ ЛІТІЙ-ІОННИХ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ <i>Костенко А.О., Хоменко В.Г.</i>	131
23	ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНЦЕНТРАТИВ ТА КОМПАУНДІВ У ВИГОТОВЛЕННІ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ПЛІВОК <i>Розвора Л.В., Прокопчук В.О., Слєпцов О.О., Сова Н.В.</i>	132
24	РЕСУРСООЩАДНЕ ФОРМУВАННЯ ЕЛАСТИЧНОЇ ШКІРИ <i>Данилкович А. Г., Охмат О. А.</i>	133
25	МОДИФІКАЦІЯ АЛКІДНИХ СМОЛ ЕСТЕРАМИ ПОЛІАСПАРГІНОВИХ КИСЛОТ <i>Кузьмінський В.Ю., Варлан К.Є., Суворова Ю.О., Черваков О.В., Черваков Д.О.</i>	134
26	АМІДНІ ПОХІДНІ ЖИРНИХ КИСЛОТ ЯК ІНГІБІТОРИ КОРОЗІЇ У СКЛАДІ АЛКІД-УРЕТАНОВИХ ПЛІВКОУТВОРЮВАЧІВ <i>Кузьмінський В.Ю., Варлан К. Є., Суворова Ю. О., Черваков О. В., Бухкало С.І.</i>	135
27	ДОСЛІДЖЕННЯ СИНТЕЗУ Fe(III) ОКСИДІВ ГІДРОТЕРМАЛЬНИМ МЕТОДОМ <i>Фролова Л.А., Скнар І.В., Прокопенко Н.В., Трінько І.С.</i>	136
28	ДОСЛІДЖЕННЯ МІЖМОЛЕКУЛЯРНОЇ ВЗАЄМОДІЇ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ ПОЛІМЕРІВ КОНДУКТОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ <i>Гриценко Т.О., Баран Н.М., Собечко І.Б., Дулебова Л.</i>	137
29	ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ КІЛЬКОСТЕЙ ЕТИЛЕНОКСИДУ З ВИКОРИСТАННЯМ ІМПУЛЬСНОГО ПОЛУМ'ЯНО-ФОТОМЕТРИЧНОГО ДЕТЕКТОРУ <i>Гайдаржи І.І., Сайтарли С.В., Бліненко О.М.</i>	138
30	ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОКОАГУЛЯЦІЇ ТА ЕЛЕКТРОФЛОТАЦІЇ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ МІКРОПЛАСТИКУ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ІЗ ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД <i>Мартиненко Я.О., Федчук А.О.</i>	139
31	ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ СИНТЕЗ ПОЛІМЕРНИХ ПЛІВОК <i>Макєєва І.С., Якубовська К.К.</i>	140
32	КЕРУВАННЯ ЗМОЧУВАНІСТЮ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ПЛІВОК ШЛЯХОМ ОКИСНЕННЯ ТА ОБРОБКОЮ СТЕАРИНОВОЮ КИСЛОТОЮ <i>Миронюк О.В., Баклан Д.В.</i>	141
33	НАПОВНЮВАЧІ НА ОСНОВІ КУКУРУДЗЯНИХ СТЕБЕЛ І КОКОСОВОЇ ШКАРАЛУПИ ДЛЯ ПЛА-КОМПОЗИТІВ <i>Миронюк О.В., Наумчик А.О., Баклан Д.В.</i>	142
34	НАПРЯМИ ФОРМУВАННЯ ГІДРОФОБНОСТІ НАТУРАЛЬНИХ ШКІР <i>Крупа Р.А., Охмат О.А.</i>	143
35	МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ШКІРИ З АНТИБАКТЕРІАЛЬНИМ ПОЛІМЕРНИМ ПОКРИТТЯМ <i>Бойченко А.Ю., Плавач В.П.</i>	144
36	ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ВИРОБНИЦТВА ВОГНЕСТІЙКИХ ШКІР <i>Ліасов І.А., Мокроусова О.Р.</i>	145
37	ВПЛИВ ФІЛЬТРУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ НА ПРОБОПІДГОТОВКУ ЗРАЗКА ДЛЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОЇ РІДИННОЇ ХРОМАТОГРАФІЇ <i>Ярушинський С.О., Бутенко О.О.</i>	146
38	ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИСОКОАДГЕЗИВНИХ КОМПОЗИТІВ <i>Земке В.М., Чопик Н.В., Братичак М. М.</i>	147
39	РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ХІМІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ЗМІШАНИХ ПОЛІМЕРНИХ	

	ВІДХОДІВ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ЦІННИХ МНОМЕРІВ	
	<i>Юдічев К.О., Красулін М.О.</i>	148
40	СИНТЕЗ ПРИЩЕПЛЕНИХ КОПОЛІМЕРІВ ПОЛІВІНІЛПРОЛІДОНУ З ПОКРАЩЕНИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ ОФТАЛЬМОЛОГІЇ	
	<i>Бегей Т.С., Мельник Ю.Я., Скорохода В.Й.</i>	149
41	РОЗРОБЛЕННЯ ПОЛІМЕР-МОНОМЕРНИХ СИСТЕМ ХОЛОДНОГО ТВЕРДНЕННЯ ДЛЯ БІОАДГЕЗИВІВ	
	<i>Мельник Ю.Я., Бидльовський О.П., Чернигевич І.Д., Скорохода В.Й.</i>	150
42	ПРИНЦИПИ І ПІДХОДИ «ЗЕЛЕНОЇ» ХІМІЇ В ОЗДОБЛЕННІ ВОЛОКНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ	
	<i>Колодій А.І., Плаван В.П., Могілевич Р.В., Ляшок І.О.</i>	151
43	РОЗРОБЛЕННЯ ПОЛІГІДРОКСИБУТИРАТ-ГІДРОКСИАПАТИТНИХ КОМПОЗИТІВ ІЗ КОНТРОЛЬОВАНОЮ ПОРИСТИСТІЮ ДЛЯ БІОМЕДИЧНИХ ЗАСТОСУВАНЬ	
	<i>Іванух О.О., Мельник Ю.Я., Скорохода В.Й.</i>	152
44	ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ПЛАСТИКОМ	
	<i>Лозовий О.О., Плаван В.П., Савченко Б.М., Пронько О.М.</i>	153
45	ОБРОБКА МІСКАНТУСУ, ЯК ПОТЕНЦІЙНОГО ДЖЕРЕЛА РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОПАЛИВА ДРУГОГО ПОКОЛІННЯ	
	<i>Яценко О. В., Галиш В.В., Трус І. М.</i>	154
46	ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НУЛЬОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ В УСТАНОВКАХ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ	
	<i>Андріяшевський В.О., Зюзь Д.С.</i>	155
47	ГІДРОГЕЛІ З АРМУВАННЯМ ПОЛІУРЕТАН-ПОЛІАМІДНИМИ ВОЛОКОНАМИ	
	<i>Тарасенко Н.В., Потаскалов В.А.</i>	156
48	ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІЕТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТГЛІКОЛЮ	
	<i>Павленко М.О., Слєпцов О.О., Савченко Б.М.</i>	157
49	ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ НАДШВИДКОГО ГАРТУВАННЯ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Fe – Si НА МІДНОМУ І СТАЛЬНОМУ ДИСКАХ МЕТОДОМ СПІНІНГУВАННЯ РОЗПЛАВІВ	
	<i>Усатюк І.І., Дмитренко І.В.</i>	158
50	ТЕНДЕНЦІЇ ТА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ	
	<i>Малишев В.В., Габ А.І.</i>	159
51	НАЙПЕРСПЕКТИВНІШІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ	
	<i>Габ А.І., Малишев В.В.</i>	160
52	ПІДВИЩЕННЯ АТМОСФЕРОСТІЙКОСТІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ ДЕКОРАТИВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	
	<i>Титаренко С.С., Плаван В.П.</i>	161
53	ВПЛИВ ВОЛОГОСТІ ПОЛІМЕРНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ 3Д ДРУКУ НА ВЛАСТИВОСТІ ВОГNETРИВКОСТІ МАТЕРІАЛУ	
	<i>Чомський А.М.</i>	162
54	РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА КРОНШТЕЙНУ З ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З ВОЛОКНИСТИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ	
	<i>Блощинський С.О.</i>	163
55	СМАРТ-МАТЕРІАЛИ: НАСТУПНЕ ПОКОЛІННЯ НАУКИ І ТЕХНІКИ	
	<i>Горбачова В. А., Андрєєва О. А.</i>	164
56	УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ	

	ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БІОРОЗКЛАДНИХ ПЛІВОК І ВИРОБІВ З АНТИСТАТИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ <i>Лук'яненко М.М., Прокопчук В.О.</i>	165
57	РОЗПОДІЛ НАНО- ТА МІКРОЧАСТИНОК ПРЕПАРАТІВ ГУМІНОВИХ КИСЛОТ ҐРУНТУ ЗА РОЗМІРОМ ПІСЛЯ ФРАКЦІОНУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОДВІЙНОЇ ГЕЛЬ-ХРОМАТОГРАФІЇ <i>Крикля Н.М.</i>	166
3. ECOLOGY		
1	SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT IN HUMANITARIAN CONTEXT <i>Maksym Koliada</i>	167
2	TOWARD SUSTAINABLE ECOLOGICAL SYSTEMS: LESSONS FROM CANADA AND UKRAINE <i>Svitlana Abu Deeb</i>	168
3	RESCUE ECOLOGY: SCIENCE IN THE SERVICE OF SURVIVAL <i>Yuliia Yuvkovetska</i>	169
4	OPTIMIZING TRAFFIC FLOW MANAGEMENT USING TRANSPORT MODELLING SOFTWARE <i>Zabarylo O.V., Zabarylo P.O., Kortkykh Yu.A.</i>	170
5	LEARNING A FOREIGN LANGUAGE AS A COMPONENT OF TRAINING STUDENTS IN AGROBIOLOGICAL SPECIALTIES <i>Olena Turitsyna</i>	171
6	DEVELOPING STUDENTS' ENVIRONMENTAL AWARENESS IN FOREIGN LANGUAGE CLASSES AT AGRICULTURAL HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS <i>Olena Turitsyna</i>	172
7	USE OF COTTON CELLULOSE AS AN ALTERNATIVE RAW MATERIAL IN THE PRODUCTION OF ABSORBENT PAPER GRADES <i>Liudmyla Andriievskya, Nataliia Marchuk</i>	173
8	RESEARCH ON THE TOXICOLOGICAL SAFETY OF THE PRODUCTION AND OPERATION OF PRODUCTS MADE OF SIRCOGYSMS COMPOSITE <i>Vitalii Tarasevych, Oleksandr Hryhorchuk</i>	174
9	AN INTEGRATED APPROACH TO THE CONSERVATION OF AQUATIC ECOSYSTEMS OF SMALL RESERVOIRS IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE <i>Melnychenko Sofiia</i>	175
10	CERTIFICATION OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEMS: THE SITUATION IN UKRAINE <i>Osiievskya V., Mykhailova H.</i>	176
11	EVOLUTION OF THE CONCEPT OF RESOURCE CONSERVATION: FROM RESOURCE SAVING TO CIRCULAR ECONOMY <i>Oksana Soshko</i>	177
12	ANALYSIS OF ASPECTS OF POLLUTION OF ENVIRONMENTAL COMPONENTS FROM MANUFACTURING OF PAINT MATERIALS <i>Oleksii Kovalenko, Oleksandr Kondratenko</i>	178
13	IMPACT OF GREEN INNOVATIONS ON THE DEVELOPMENT OF HOTEL BUSINESS <i>Romanenko O.V., Holovko V.V.</i>	179
14	STRATEGIC PRIORITIES OF SCIENCE DEVELOPMENT UNDER MODERN CHALLENGES <i>Solodka T.M., Opanasiuk D.V., Solodka O.V.</i>	180
15	ЕКОЛОГІЧНИЙ ВИМІР ЗЕЛЕНОЇ ЕКОНОМІКИ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЧИННИК СТАЛОГО РОЗВИТКУ <i>Грущинська Н.М.</i>	181

16	ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ПОЛІМЕР-НЕОРГАНІЧНІ ЛЬОТОЧНІ МАСИ ДЛЯ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ: СКЛАД, ВЛАСТИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ <i>Суха І.В., Томіло М.І.</i>	183
17	ПЕРСПЕКТИВНИЙ МЕТОД ОТРИМАННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ З ВІДНОВЛЮВАНОЇ СИРОВИНИ <i>Ранський А.П., Гордієнко О.А., Коріненко Р.В.</i>	184
18	ВПЛИВ «ЗЕЛЕНОЇ» МЕТАЛУРГІЇ НА ЕКОЛОГІЧНУ МОДЕРНІЗАЦІЮ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ <i>Воденнікова О.С.</i>	185
19	ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ <i>Клименко М., Усенко С., Шаповалов Є., Носачова Ю.</i>	186
20	СТРАТЕГІЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ У СФЕРІ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ: ОПТИМІЗАЦІЯ ПОВОДЖЕННЯ З ПОЛІМЕРНИМИ ВІДХОДАМИ <i>Березненко Н.М.</i>	187
21	СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ЕЛЕКТРОННИХ ВІДХОДІВ ЯК ЕЛЕМЕНТ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ <i>Чайка В.Є.</i>	188
22	МІКРОПЛАСТИК У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ: ПРИХОВАНА ЗАГРОЗА ЕКОСИСТЕМАМ <i>Фоменко Д.І.</i>	190
23	ЛІХЕНОІНДИКАЦІЙНІ МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ <i>Залізняк Я. І.</i>	191
24	ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ВЗУТТЯ НА РИНКУ УКРАЇНИ ТА ЄС <i>Омельченко Н. В. Браїлко А. С.</i>	192
25	ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ЕТАПІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ НАТУРАЛЬНИХ ШКІР <i>Туркот К.В., Мокроусова О.Р.</i>	194
26	РЕСУРСНО-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО МЕХАНІКО-БІОЛОГІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗМІШАНИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ <i>Перебинос А.Р.</i>	195
27	КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ЗМЕНШЕННЯ КОРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД <i>Таврель М.І.</i>	196
28	ЕКОЛОГІЗАЦІЯ СПОЖИВНОГО ІНТЕРЕСУ НА РИНКУ СИНТЕТИЧНИХ МИЙНИХ ЗАСОБІВ <i>Жалдак М.П., Полюга В.О., Мокроусова О.Р.</i>	198
29	ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ <i>Жукова О.Г., Прокопенко І.О., Коломієць В.Г., Сорокопуд М.М.</i>	199
30	ФАКТОРИ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ <i>Жукова О.Г., Старжсинський П.С., Прокопенко І.О., Ратушний В.С.</i>	202
31	ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПИТНОЇ ВОДИ <i>Гридієв В. В., Зінченко Є. В.</i>	204
32	ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОГО ВІТЧИЗНЯНОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ <i>Боровик П.М., Шемякін М.В., Удовенко І.О.</i>	205
33	АНАЛІЗ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ <i>Хоменко О.М., Петров В.О.</i>	206

34	АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА СТАН ҐРУНТІВ УКРАЇНИ <i>Хоменко О.М., Федченко Б.І.</i>	207
35	ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ М. СМІЛА ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ ШЛЯХІВ ЇЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ <i>Хоменко О.М., Шаплюк А.В.</i>	208
36	КОНОПЛЯНИЙ БЕТОН ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ СТАЛОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ <i>Григорчук О. М., Тарасевич В. І., Лютий В. О.</i>	209
37	ВПЛИВ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ НА КІЛЬКІСНІ ТА ЯКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД <i>Старжинський П.С., Прокопенко І.О., Богомазюк Б.П., Коломієць В.Г.</i>	210
38	ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ТУРИСТИЧНИХ ДЕСТИНАЦІЙ <i>Корнієнко О.М., Мамотенко Д.Ю., Цвілий С.М.</i>	211
39	ВПЛИВ АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА САНІТАРНИЙ СТАН ГІРКОКАШТАНУ ЗВИЧАЙНОГО В УМОВАХ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ <i>Грабчук А.В., Єгорова О.В.</i>	212
40	ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧУТЛИВОСТІ НАСІННЯ РОСЛИН РІЗНИХ ВИДІВ ДО ДІЇ ТОКСИЧНИХ МЕТАЛІВ <i>Матвєєва Н., Богданович Т., Дуплій В., Кучук М.</i>	213
41	ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ЯКІСТЬ ТА БЕЗПЕКУ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ <i>Маценко Б.В., Єгорова О.В.</i>	214
42	АНАЛІЗ СТАНУ ПОВІТРЯ ПАРКОВИХ ТЕРИТОРІЙ ЧЕРКАС МЕТОДОМ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЇ <i>Токман А.М., Єгорова О.В.</i>	215
43	АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА СТАН ҐРУНТІВ У ПРИЛЕГЛИХ ЗОНА <i>Волочай П.А., Єгорова О.В.</i>	216
44	БУДІВЕЛЬНА ГАЛУЗЬ ЯК ОСНОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ ТА ДЖЕРЕЛО УТВОРЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗ <i>Постернак І.М., Постернак О.С.</i>	217
45	МЕМБРАНИ НА ОСНОВІ ЦЕЛЮЛОЗНОГО ВОЛОКНА <i>Мілокоост С. Ю., Галиш В. В.</i>	218
46	МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ ЦІЛЬОВИХ КОМПОНЕНТІВ З БІОМАСИ ДРІЖДЖІВ <i>Волошкевич П.П., Пукач П.Я., Корендій В.М., Гриценко О.М., Кунинець А.В.</i>	219
47	МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТА ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ <i>Жиляк І.Д., Бойчук Д.Р., Дем'янів В.І., Шпара Н.Г.</i>	220
48	ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ СОРБЦІЇ ІОНІВ КУПРУМУ З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ МОДИФІКОВАНИМ ЛІГНОЦЕЛЮЛОЗНИМ СОРБЕНТОМ <i>Коробій Д.В., Хохотва О.П.</i>	221
49	БІОТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ БІОСТИМУЛЯТОРІВ У СИСТЕМАХ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА УКРАЇНИ <i>Барамідзе Н.М.</i>	222
50	ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ <i>AESCLUS</i> <i>HIPPOCASTANUM</i> В УМОВАХ УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА <i>Балабак О. А., Бородієнко В. О., Хоменко М. Ю.</i>	223

51	ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН КАШТАНА ЇСТІВНОГО В УМОВАХ УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩ	224
	<i>Балабак О. А., Плаксицький В. А., Рибачок О. В.</i>	
52	ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ФІЗІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ПРЕДСТАВНИКІВ РОДИНИ LAMIACEA У ФОРМУВАННІ АГРОЕКОСИСТЕМ	227
	<i>Гнатюк Н. О., Сухоярський В. С.</i>	
53	ЕЛЕКТРОДІАЛІЗНА ПЕРЕРОБКА КОНЦЕНТРАТИВ ОПРІСНЕННЯ ЯК МЕТОД РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ У ВОДОПІДГОТОВЦІ	230
	<i>Крижановська Я. П., Максимець А. А., Бяківська А. В.</i>	
54	УРБОЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ ГОРІХОПЛІДНИХ РОСЛИН РОДУ JUGLANS У ПОКРАЩЕННІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА	231
	<i>Балабак О. А., Мельник Б. Р., Завершинська Ю. М.</i>	
55	ОЦІНКА ВПЛИВУ АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА СТАН ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ PINUS SYLVESTRIS L. В УРБАНІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ МІСТА УМАНЬ	233
	<i>Перепелиця М. Р., Балабак А. В.</i>	
56	РОЗРОБКА УРБОЕКОЛОГІЧНОГО ПРОФІЛЮ МІСТА КИЄВА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	234
	<i>Поліщук С. М.</i>	
57	УРБОЕКОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОРМОВОГО РІЗНОМАНІТТЯ РОСЛИН, ПРИДАТНИХ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ В УМОВАХ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА	235
	<i>Балабак О. А., Прошкін В. А., Кириченко О. В.</i>	
58	ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СОРБЕНТІВ ОТРИМАНИХ НА ОСНОВІ ВІДПРАЦЬОВАНОЇ КАВОВОЇ ГУЩІ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ	237
	<i>Роменець О. А., Твердохліб М. М.</i>	
59	ЖИТТЄВИЙ СТАН ДЕРЕВ РОДУ ACER У СТРУКТУРІ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ ТА ЛАНДШАФТІВ УРБОЕКОСИСТЕМИ МІСТА УМАНЬ	238
	<i>Гончар Н. О., Григораши С. В., Кроковний В. В.</i>	
60	ВИБІР І РАНЖУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗМІННИХ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПЕРЕРОБКИ НАПОВНЕНОГО ПОЛІПРОПІЛЕНУ НА ОСНОВІ МЕТОДОЛОГІЇ RSM	239
	<i>Кирило Артеменко, Вікторія Плаван</i>	
61	ЕКОЛОГІЧНА СЕРТИФІКАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИРОБНИЦТВА	240
	<i>Светош В. Ю.</i>	
62	АНАЛІЗ ВПЛИВУ БІОЕНЕРГЕТИКИ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	241
	<i>Фалєєв Ф. Р.</i>	
63	ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ДЖЕРЕЛ ПИТНОЇ ВОДИ У м. ХАРКОВІ	242
	<i>Камнева В. Б., Камнєв М. М., Крикля Н. М.</i>	
64	РОЛЬ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ У ФОРМУВАННІ ЕКОСВІДОМОСТІ НАСЕЛЕННЯ	243
	<i>Стеблєва А. В.</i>	

1. BIOTHECNOLOGIES

COLLAGEN HYDROLYSATE FILMS WITH BIOACTIVE ADDITIVES

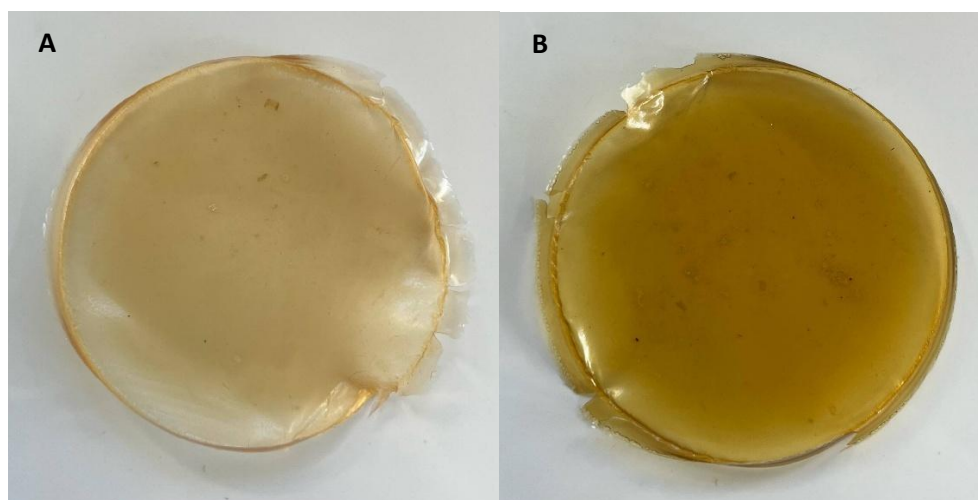
Inesa Degutyte, Virgilijus Valeika

Kaunas University of Technology, Lithuania

virgilijus.valeika@ktu.lt

Collagen and its derivatives are compatible with human skin, which is why they are often used in the medical industry. Studies have been carried out to investigate the main properties, extraction, and application of collagen, gelatine, and collagen hydrolysate. Films of various compositions were produced using collagen hydrolysate, gelatine, and various plasticizers (polyethylene glycol (PEG) 1500, PEG 20000, PEG 100000, glycerol), their organoleptic properties were evaluated, and mechanical and physical tests were performed. It was found that the most suitable composition of protein films is collagen hydrolysate and gelatine in a 1:1 ratio, to which the plasticizer polyethylene glycol (molecular weight 20000 g/mol) is added.

The most suitable composition of the films was found to be a 2:3 ratio of protein to plasticizer. Using this composition, synthetic and natural biologically active substances are added: the preservative Euxyl® 9010 PE, an extract obtained from fireweed (lot. *Chamaenerion angustifolium* L.) and extract obtained from St. John's wort (lot. *Hypericum perforatum* L.) (Fig.).



**Fig. Protein-polyethylene glycol-herbal extract
(A - *Hypericum perforatum* L.; B - *Chamaenerion angustifolium*) films**

Mechanical, physical, and microbiological tests are performed on these films to compare how different biologically active substances change the properties of the film. The thermal stability and chemical composition of all films are also evaluated and compared. Bioactive additives in films change their thermal characteristics: the addition of bioactive substances to the film results in greater changes in mass in the temperature range of 40-400 °C. Bioactive substances (preservative Euxyl® 9010 PE, fireweed extract and St. John's wort extract) have a positive effect on the antibacterial properties of films. Plant extracts provide the highest inhibition diameter for films.

BIOSYNTHESIS OPTIMIZATION OF SILVER NANOPARTICLES USING PLANT EXTRACTS

**Madiha Ashraf, Ilona Jonuškienė, Kristina Kantminienė, Ingrida Tumosienė, and
Neringa Petrašauskienė**

Kaunas University of Technology, Lithuania
ilona.jonuskiene@ktu.lt

Introduction. Advanced nanotechnology is a rapidly growing scientific field that has attracted significant interest in recent years due to its many applications in biology, nanochemistry, and applied biotechnology [1]. Promising applications of sustainable biotechnology include nanobiosensors, nanofertilizers, nanobioremediation, and nanophyto pharmaceuticals. In this context, the green synthesis of nanoparticles from plant extracts is becoming more significant than the synthesis using microorganisms. Plant-based nanoparticle biosynthesis is an eco-friendly, cost-efficient, and sustainable method compared to physical and chemical synthesis methods. *Hypericum perforatum* L. extracts contain phytochemicals with various biological activities and can be used to synthesize silver nanoparticles (AgNPs) [2]. The present study aimed to investigate the phytochemicals of *Hypericum perforatum* in callus and *in vivo* plant extracts, and optimize the biosynthesis of AgNPs using these extracts.

Methods. Callus cultures of *Hypericum perforatum* L. were formed in an MS medium supplemented with either BAP (1 mg/L) and 2,4-D (1 mg/L) or TDZ (0.5 mg/L) and IAA (0.1 mg/L). The concentrations of total phenolic compounds, phenolic acids, and flavonoids were determined in *Hypericum perforatum* callus culture or *in vivo* plant extracts. AgNPs were characterized based on their optical, structural, and morphological properties using various techniques.

Results. Detailed research on the bioactive properties revealed that *Hypericum perforatum* L. callus cultures grown in an MS medium containing TDZ (0.5 mg/L) and IAA (0.1 mg/L), as well as the blossom extracts, had the highest concentration of phytocompounds. X-ray diffraction analysis confirmed the presence of pure silver phases with a face-centered cubic crystalline structure. UV-Vis spectroscopic analysis revealed a clear absorption peak at 470 nm, which is characteristic of surface plasmon resonance in AgNPs. ATR-FTIR spectra revealed several characteristic vibrational bands that corresponded to the functional groups of the biomolecules involved in the formation of the nanoparticles. The particle size of the synthesised AgNPs ranged from 23 to 50 nm, as well as SEM and TEM observations confirmed that they were mostly spherical in shape. Furthermore, energy-dispersive X-ray analysis verified that silver was the dominant elemental component of the nanoparticles.

Conclusion. The environmentally friendly synthesis of AgNPs using *Hypericum perforatum* L. plant *in vitro* and *in vivo* extracts, which are rich in bioactive metabolites such as total phenolic compounds, phenolic acids, and flavonoids, provides a unique, renewable resource for the biosynthesis of nanoparticles.

REFERENCES

1. Husen, A. Secondary metabolites based green synthesis of nanomaterials and their applications. Springer, 2023.
2. Jonuškienė I., et al. The influence of phytohormones on antioxidative and antibacterial activities in callus cultures of *Hypericum perforatum* L. Agriculture. 2023; 13:1543.

ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE AND BIOFILM MORPHOLOGY OF *DESULFUROMONAS ACETEXIGENS* IN MICROBIAL ELECTROLYSIS CELLS

Max Rümenapf¹, Harald Horn^{1,2}, Andrea Hille-Reichel¹

¹Karlsruhe Institute of Technology, Germany

²DVGW Research Centre, Water Chemistry and Water Technology, Germany
max.ruemenapf@kit.edu

Desulfuromonas acetexigens has recently attracted interest as a biocatalyst in microbial electrolysis cells (MECs) because it cannot use hydrogen as an electron donor, a characteristic that promotes favourable Coulombic efficiencies (CE). This study compares the electrochemical activity and biofilm development of *D. acetexigens* with those of the model organism *Geobacter sulfurreducens* in flow cell MECs. Biofilm architecture was investigated using optical coherence tomography (OCT), allowing quantification of parameters such as spatially resolved thickness, volume, and anode surface coverage. Both strains reached comparable maximum current densities under identical operating conditions; however, *D. acetexigens* formed electroactive biofilms more quickly, generating current after approximately four days, while *G. sulfurreducens* showed an initial lag phase of about eight days. For *D. acetexigens*, limitations in extracellular electron transfer were observed at lower average biofilm volumes ($\overline{BV}_{f_{max}} \approx 16 \pm 6 \mu\text{m}^3 \mu\text{m}^{-2}$) than for *G. sulfurreducens* ($\overline{BV}_{f_{max}} \approx 40 \pm 5 \mu\text{m}^3 \mu\text{m}^{-2}$). Taxonomic classification showed that the introduced target organisms remained the only anode-respiring microorganisms, even in the presence of homoacetogenic and clostridial contaminants.

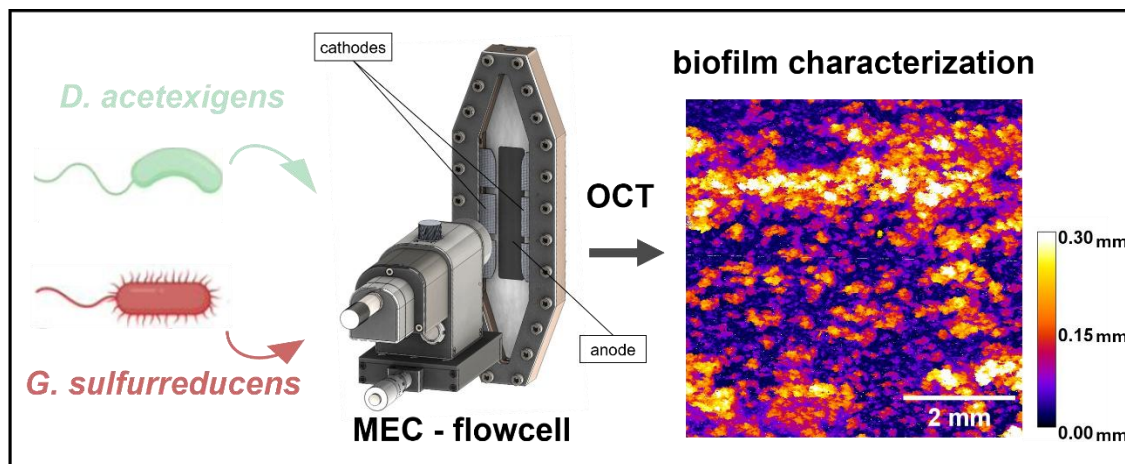


Figure. Graphical Abstract

The production of short-chain fatty acids in these cultivations suggested metabolic interactions, leading to the hypothesis of electrode-mediated syntrophic ethanol-to-acetate fermentation by electroactive microorganisms and the ethanol-utilising homoacetogen *Sporomusa sphaeroides*.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE EMPOWERS THE DEVELOPMENT OF MATERIALS IN NEW PHARMACEUTICAL ENGINEERING: SCREENING AND APPLICATION OF POLYMER NANOPARTICLES

Wei Jia¹, Hretskyi I.O.²

¹School of Chemical Engineering, Ocean and Life Sciences, Dalian University of Technology

²Kyiv National University of Technologies and Design

vjia1939@163.com

With the rapid development of the nanomedicine field, polymer nanoparticles, as a key component of drug delivery systems, have shown great potential in improving drug bioavailability, enhancing targeting ability, and optimizing therapeutic efficacy. This type of carrier can effectively package hydrophobic drugs, improve drug stability, achieve controllable release, and play a significant role in multiple cutting-edge medical directions such as tumor treatment, gene delivery, and immune regulation. However, the traditional research and development model of polymer nanoparticles mainly relies on experimental experience and trial-and-error strategies. From material screening, formula optimization to process scale-up, the entire process is not only time-consuming but also costly. These bottlenecks severely restrict the clinical transformation and application expansion of polymer nanoparticles. In recent years, the rapid development of artificial intelligence (AI) technology has brought a brand-new path to break through the above-mentioned predicament. AI methods represented by deep learning, active learning, and reinforcement learning are gradually reshaping the design concepts and development processes of polymer nanoparticles. This paper systematically reviews the latest research progress of artificial intelligence in the structural design, performance prediction, formulation screening and practical application of polymer nanoparticles. It focuses on analyzing how AI integrates high-throughput experimental data and multi-source theoretical descriptors to construct a mapping model among materials, formulations and performance. This enables precise prediction of key attributes such as the particle size, Zeta potential, drug loading capacity and release behavior of nanoparticles. In addition, the combination of AI and computational simulation methods (such as molecular dynamics, dissipative particle dynamics, etc.) can further reveal the delivery mechanism of nanoparticles in complex biological environments and their interactions with cells, providing theoretical support for the rational design of targeted systems. The article also explores the key challenges currently faced by AI-driven nanomedicine development platforms, including interdisciplinary studies, data, and talent cultivation. Finally, this paper looks forward to the future development direction of artificial intelligence in pharmaceutical engineering, providing theoretical references for the in-depth application of artificial intelligence in pharmaceutical engineering.

OT-RMSD: A GENERALIZATION OF THE ROOT-MEAN-SQUARE DEVIATION FOR ALIGNING UNEQUAL-LENGTH PROTEIN STRUCTURES

Yue Hu¹, Zanxia Cao², Yingchao Liu³

¹*Qilu University of Technology (Shandong Academy of Sciences), China*

²*Institute of Biophysics, Dezhou University, China*

³*Shandong Provincial Hospital, Shandong First Medical University, China*

huyue@qlu.edu.cn

The Root-Mean-Square Deviation (RMSD) metric, coupled with the Kabsch algorithm for optimal superposition, represents a cornerstone of quantitative structural biology. However, its application is fundamentally limited to the comparison of structures with a pre-defined, one-to-one correspondence of equal length, precluding its direct use for the vast majority of biologically relevant comparisons involving proteins of different lengths or unknown equivalences. To overcome this limitation, we introduce OT-RMSD, a novel, parameter-light method that generalizes the RMSD for comparing unequal-length protein structures without a pre-defined alignment. Our approach recasts the correspondence problem as an Optimal Transport (OT) task, utilizing a fundamental, distance-based cost function to identify the most economical mapping between two protein structures. This transport plan is then used as a soft-weighting scheme within an iterative Sinkhorn-Kabsch framework to simultaneously solve for correspondence and optimal superposition. We test our method on a benchmark dataset of 40 challenging protein pairs and demonstrate its superiority over both the widely-used PyMOL ‘align’ command and a more complex, heuristic-driven variant of our own framework. On average, OT-RMSD identifies larger and more accurate alignment cores, achieving a significantly lower RMSD. We conclude that OT-RMSD provides a mathematically principled, robust, and effective extension of the classic RMSD concept, offering a powerful tool for modern structural analysis.

This work is available as a preprint on bioRxiv:
<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2025.09.23.678064v1.full>

PROSPECTS FOR USING *PLEUROTUS OSTREATUS* EXTRACT IN TABLET FORM FOR PREVENTION OF ATHEROSCLEROSIS

Mykhailova K. I, Koziko N. O

Bogomolets National Medical University, Ukraine

mikhailovak26@gmail.com

Our present is full of challenges that lead to constant stress, chronically non-communicable diseases, in particular pathology of the cardiovascular system, which is gaining global scale. One of them is atherosclerosis, which is a chronic disease of the arteries, which is characterized by the formation of atherosclerotic plaques on the inner membrane of the vessels (intima). These plaques consist of lipids, cholesterol, calcium, connective tissue cells and inflammation products. As a result, the vessel wall thickens, the vascular lumen narrows, which reduces the blood supply to the organs and tissues, which can lead to myocardial or stroke infarction.

The etiology of the disease is multifactorial, including lipid disorders, hypertension, smoking, diabetes and unhealthy lifestyle.

One of the promising biotechnological substances is the fungus *Pleurotus ostreatus*. They are a source of bioactive compounds: natural antioxidants (ascorbic acid, tocopherols, phenolic compounds), β -glucanas, polysaccharides, amino acids, vitamins of group B, D2, as well as minerals (selenium, potassium, zinc). Of great interest are β -glucan as they exhibit properties that reduce the level of lipids in the blood, regulate immune activity and affect carbohydrate metabolism.

At the same time, antioxidant compounds are capable of inhibiting the processes of fat peroxidation, which play a crucial role in the emergence and progression of atherosclerotic changes in the vessels. Modern scientific studies show that the systematic use of fungi in nutrition causes a decrease in total cholesterol, low-density lipoproteins and triglycerides, while increasing the lipid spectrum. *Pleurotus ostreatus* is also valuable to influence immune regulation and reduce the severity of systemic inflammation, which is a key pathogenesis of atherosclerosis.

The purpose of the study is to substantiate and develop the composition of the tablet form based on a common mushroom with a hypolipidemic effect for auxiliary therapy. Deep cultivation was used to grow bite. The AFI is the mycelium of *Pleurotus ostreatus* and excipients. With the help of an electron microscope, the form of powder particles was determined, they were anisodmetric. What helped to find the right components for a quality dosage form.

Therefore, the resulting preventative agent provides the optimal bioavailability of the active components of the fungus and promotes their gradual release, which increases the effectiveness of preventive action.

RATIONAL IN SILICO DESIGN OF A PEPTIDE BINDER THAT INHIBITS CERT1**Franchuk Ye. R.¹, Aleksandrovykh D. O.², Zbrotskyi A. O.³, Zhuromskiy Ye. O.⁴**¹*Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine*²*Odesa I.I.Mechnikov National University, Ukraine*³*Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine*⁴*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»
franchukye@gmail.com*

The Ceramide Transfer Protein 1 (CERT1) plays a pivotal role in sphingolipid metabolism by facilitating the transport of ceramide from the endoplasmic reticulum (ER) to the Golgi apparatus, where it is converted into sphingomyelin. Dysregulation of this process is implicated in neurodegenerative diseases, including Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and hereditary intellectual disabilities. Aberrant ceramide homeostasis in neurons can lead to the accumulation of toxic lipid intermediates, triggering neuronal stress, inflammation, and apoptosis – key pathological mechanisms in neurodegeneration. Specifically, elevated ceramide levels in the brain are associated with Alzheimer's disease progression, contributing to amyloid plaque formation and neurofibrillary tangle pathology.

Developing a peptide binder-inhibitor targeting CERT1 is a promising therapeutic strategy for modulating lipid homeostasis in neurons. Inhibiting CERT1 can reduce ceramide transport, leading to its accumulation in the ER, which activates controlled signaling pathways that counteract neurodegenerative processes such as oxidative stress and inflammation. Peptide-based inhibitors offer advantages due to their high binding specificity and potential for modification to enhance blood-brain barrier penetration, making them ideal candidates for neurodegenerative disease therapies. To develop a peptide binder-inhibitor for CERT1 in the context of neurodegenerative diseases, advanced computational tools based on artificial intelligence were used. Initially, the structure of CERT1, particularly its START domain responsible for ceramide binding, was optimized using AlphaFold 2. This deep learning model provided high-accuracy 3D structural predictions, capturing the conformational flexibility critical for inhibitor design in neuronal systems.

Subsequently, the search for an optimal peptide binder was conducted using ColabBinder, an adapted version of ColabFold tailored for peptide binder design. ColabBinder iteratively screened peptide sequences of 15–30 amino acids, optimizing their interactions with the CERT1 active site by prioritizing hydrophobic and electrostatic contacts to ensure high-affinity binding while minimizing off-target effects critical for neuronal applications.

The resulting peptide binder is characterized by the following metrics:

- pLDDT (predicted Local Distance Difference Test) = 74.8 % – indicating medium local structural accuracy;

- pAE (Predicted Aligned Error) = 2.9 Å – reflecting low global alignment error, confirming the reliability of the binder-CERT1 complex model.

Peptide sequence: EALEPIKKIRQRNKPYPEC.

The peptide binder for CERT1 shows moderate structural accuracy but needs optimization. Refining the backbone and side chains using AlphaFold-Multimer or Rosetta could boost pLDDT above 90 %. Assessing ADMET properties via tools like SwissADME is crucial for pharmacokinetic viability. Modifying the peptide with non-natural amino acids or cyclization could enhance stability and bioavailability.

Alternatively, transitioning to small-molecule inhibitors via pharmacophore modeling could improve drug-like properties and blood-brain barrier penetration. This would address peptide limitations for neurodegenerative applications. These optimizations could make the inhibitor more effective for drug development.

EPS SYNTHESIZED BY ANTARCTIC PLANT-ASSOCIATED BACTERIA AS A SOURCE OF FUNCTIONAL BIOPOLYMERS FOR CHEMICAL TECHNOLOGY

**Olga Iungin, Volodymyr Morin, Oleksandr Kalinichenko, Olena Okhmat,
Ivan Tsukanov**

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
olgaungin@gmail.com

Exopolysaccharides (EPS) produced by various microbial species represent a diverse and high-value class of biopolymers with significant potential for industrial and chemical applications. These biopolymers, which are secreted extracellularly, typically form a protective layer around the cell and are primarily composed of monosaccharides, often with non-carbohydrate substituents. The structural variability of EPS – including differences in molecular weight, monomer composition, and branching architecture – imparts a wide range of unique physicochemical properties, such as high viscosity, excellent gelling capacity, and emulsion stabilization. Consequently, bacterial EPS have emerged as promising, sustainable alternatives to conventional petroleum-based or plant-derived polymers, offering superior biocompatibility and biodegradability. This work focuses on evaluating physical and chemical parameters of EPS synthesized by two bacterial strains associated with Antarctic plants – *Hafnia psychrotolerans* 25.2 and *Pseudomonas* sp. 39.4 – extracted by different methods to unlock its specific functional utility in chemical technology.

Materials and methods. The bacteria were cultivated under stationary conditions in Nutrient Broth (HiMedia Ltd.) and Minimal Salt Media (MSM) at temperatures of 25°C and 37°C for a period of six days. Biofilm fractions were collected using pipette tips (1000 µl), while the planktonic cell fractions were collected by centrifugation (4000 rpm, 10 min). Three extraction protocols were applied to the studied samples: acidic extraction, formamide extraction, and EDTA extraction. The determination of parameters such as pH, density, relative viscosity, and surface tension was carried out using standardized laboratory protocols.

Results. The biofilm fraction from both strains, cultivated in NB medium at 25°C without prior acidic hydrolysis, demonstrated the most promising indices for both viscosity and density parameters. Regarding surface tension, the highest value was recorded for EPS extracted with formamide from the planktonic fraction of the *Hafnia psychrotolerans* 25.2 strain in the minimal salt medium (MSM).

Conclusions. Endophytic bacteria isolated from harsh environments possess high potential for EPS synthesis with subsequent industrial application.

OPTIMIZATION OF GLUTATHIONE BIOSYNTHESIS IN YEAST: TOWARD EFFICIENT BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTION OF ANTIOXIDANTS

Dolia L., Starovoitova S.

National University of Food Technologies, Ukraine

dolya.lyba@gmail.com

Cell protection against reactive oxygen species is ensured by antioxidant molecules, among which the key compound is reduced glutathione (GSH). It is the most abundant non-protein thiol in cells, with a concentration of about 15 mM. Approximately 99% of it exists in the reduced form, while only about 1% is present as oxidized glutathione [1].

GSH is a tripeptide composed of glycine, cysteine, and glutamic acid. It performs essential functions in the body, including maintaining redox homeostasis, neutralizing oxidative stress, participating in the metabolic detoxification of xenobiotics and endogenous compounds, and regulating immune responses. Impaired GSH metabolism can lead to the development of central nervous system disorders, infections, sarcopenia, chronic liver pathologies, as well as metabolic, cardiovascular, and pulmonary diseases. The growing prevalence of such disorders highlights the scientific and industrial interest in studying and producing GSH as an important antioxidant [2].

Based on the analysis of current scientific publications, comparative evaluation of nutrient medium costs, cultivation duration and conditions, and GSH yield, the strain *Saccharomyces cerevisiae* HBSD-W08 was selected as the most economically viable option for industrial production. Compared with other studied strains, this producer exhibits a higher level of GSH biosynthesis: GSH and biomass concentrations reach 3.73 g/L and 16.7 g/L, respectively (48 hours, 30 °C, 200 rpm).

Special attention was given to optimizing the nutrient medium composition to improve the productivity of the biotechnological process. According to the results, the optimized medium for inoculum accumulation (g/L) includes: glucose – 34.0; peptone – 2.5; MgSO₄ – 10.0; (NH₄)₂SO₄ – 10.0; KH₂PO₄ – 0.13. At the production stage, it is advisable to additionally add glutamic acid (0.10 g/L) as a direct precursor of GSH biosynthesis [3]. Although *S. cerevisiae* is a facultative anaerobe, aerobic conditions are required during microbial synthesis. The presence of oxygen promotes more intensive biomass growth and enhances GSH biosynthesis efficiency.

Since the nutrient medium contains magnesium and phosphorus salts, their interaction may lead to the formation of insoluble precipitates. Auxiliary processes include the preparation of appropriate titration agents (hydrochloric acid and sodium hydroxide) to adjust pH during sterilization of the salt composition and subsequently restore it to the optimal level for producer growth – pH 6.0. The use of concentrated (15%) solutions prevents excessive dilution of the medium. The *S. cerevisiae* HBSD-W08 strain effectively performs GSH biosynthesis, underscoring the potential of producing a dietary supplement capable of supplying the body with sufficient amounts of this vital antioxidant.

REFERENCES

1. Vázquez-Meza, H., Vilchis-Landeros, M. M., Vázquez-Carrada, M., Uribe-Ramírez, D., & Matuz-Mares, D. (2023). Cellular Compartmentalization, Glutathione Transport and Its Relevance in Some Pathologies. *Antioxidants*, 12(4), 834. <https://doi.org/10.3390/antiox12040834>
2. Al-Temimi, A. A., Al-Mossawi, A.-E.-B., Al-Hilifi, S. A., Korma, S. A., Esatbeyoglu, T., Rocha, J. M., & Agarwal, V. (2023). Glutathione for Food and Health Applications with Emphasis on Extraction, Identification, and Quantification Methods: A Review. *Metabolites*, 13(4), 465. <https://doi.org/10.3390/metabo13040465>
3. Hu, X., Shen, X., Zhu, S., Zeng, H., & Shuai, Y. (2023). Optimization of glutathione production in *Saccharomyces cerevisiae* HBSD-W08 using Plackett–Burman and central composite rotatable designs. *BMC microbiology*, 23(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02742-4>

BIOFILM FORMATION AND BACTERIOCINOGENY AS MANIFESTATIONS OF BACTERIAL STIGMERGY

Balko O. B., Balko O. I., Avdeeva L. V.

D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NAS of Ukraine
oleksandralko@gmail.com

The term «stigmergy» was introduced by French entomologist Pierre-Paul Grasse to describe the behavior of termites during the construction of termite colonies. The principle of stigmergy describes self-organized phenomena that arise as a result of mediated communication between individuals in a group through the generation of constant signals to the external environment [4]. However, the application of the concept of stigmergy to describe the collective behaviour of bacteria has only recently been proposed.

A special form of stigmergy is the ability of microorganisms to form biofilms [5]. Biofilm formation is determined by adaptive reactions to the influence of external environmental conditions and consists in the ability of bacteria to synthesize a number of protective substances and virulence factors in response to environmental signals [3]. Bacteria in biofilm forms are able not only to protect themselves from the effects of adverse environmental factors, but also to secrete a number of substances that help them to colonize certain niches and actively compete with other microorganisms. Bacteriocins can be classified as such substances. Bacteriocins are analogues of antibiotics, they are synthesized by most microorganisms and have a narrow spectrum of action, which is directed at representatives of related taxa [2]. Thus, *Pseudomonas aeruginosa* bacteriocins (S5 pyocins) are able to inhibit the growth of phytopathogenic strains of *Pseudomonas syringae*. Bacteria can synthesize several types of bacteriocins. For *P. aeruginosa*, for example, it has been described the production of high molecular weight structures - analogues of phage tail, low molecular weight proteins, and microcin-II-like bacteriocins. Moreover, bacteriocins of different types can combine with each other, which leads to their stabilization and enhanced antimicrobial activity [1]. It has been shown that producer cultures are capable of isolating bacteriocins with varying intensity depending on the cultivation temperature. Thus, microorganisms isolated from soil synthesize substances more actively at 28 °C, while clinical isolates - at 37 °C. However, a slight increase in temperature to 30-40°C has a stimulating effect on the intensity of bacteriocin production by soil isolates, increasing their activity up to 16 times. When added to poor culture medium, bacterial cells in biofilm do not synthesize bacteriocins, as the main emphasis in this case is on protecting of population through enhanced biofilm formation. These cultivation conditions should obviously be considered as a stress factor for producer cells, which necessitates the intensification of the struggle for survival. Thus, biofilm formation and bacteriocinogeny can be regarded as interrelated bacterial survival strategies.

REFERENCES

1. Balko O. B. (2021). Interaction between S-Type Pyocins and Microcin-II-Like Bacteriocins in *Pseudomonas aeruginosa*. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*, 83(3). 72-80. <https://doi.org/10.15407/microbiolj83.03.072>
2. Balko, O. I., Balko, O. B. & Avdeeva, L. V. (2020). Bacteriocins of Some Groups of Gram-Negative Bacteria. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*, 82(3). 71-84. doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj82.03.071>
3. Balko, O. I., Avdeeva, L. V., & Balko, O. B. (2018). Depositary Function of *Pseudomonas aeruginosa* Biofilm on Media with Different Carbon Source Concentration. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*, 80(6). 15-27. doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.06.015>
4. Boldini, A., Civitella, M., & Porfiri, M. (2024). Stigmergy: from mathematical modelling to control. *Royal Society open science*, 11(9), 240845. <https://doi.org/10.1098/rsos.240845>
5. Gloag, E. S., Elbadawi, C., Zachreson, C. J., Aharonovich, I., Toth, M., Charles, I. G., Turnbull, L., & Whitchurch, C. B. (2017). Micro-Patterned Surfaces That Exploit Stigmergy to Inhibit Biofilm Expansion. *Frontiers in microbiology*, 7, 2157. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02157>

STUDY OF ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF EXTRACTS OF THE HERB *Speranskia tuberculata* (BUNGE) BAILL

Zeyuan Sun , Tetiana Derkach

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

1078277087@qq.com

The widespread and often excessive use of synthetic antibiotics has led to bacteria developing the ability to adapt and mutate rapidly. Consequently, the efficacy of known antibiotics and the development of new synthetic agents are diminishing as they become less effective against multidrug-resistant bacteria. On the other hand, medicinal plants offer a promising alternative to ineffective synthetic antibiotics in combating infectious diseases. One such example is the Chinese endemic herb *Speranskia tuberculata* (Bunge) Baill, which has been widely and successfully used in Chinese traditional medicine for centuries.

The study aims to assess the antibacterial efficacy of crude extracts of the herb *Speranskia tuberculata* (Bunge) Baill, obtained using various solvents, against three prevalent bacterial strains. Furthermore, cell experiments are conducted to confirm the biological safety of these extracts.

Materials: Dried *Speranskia tuberculata* (Bunge) Baill herbs (Tongrentang Pharmacy Ltd. Beijing, China); petroleum ether (PE); ethyl acetate (EA); n-butanol (n-But) and aqueous solution (AS); dimethyl sulfoxide (DMSO); 3 kinds of bacteria named *Staphylococcus aureus* (SA), *Escherichia coli* (EC), and *Propionibacterium Acnes* (PA); Methyl Thiazolyl Tetrazolium (MTT).

Methods: For experiments, the dried fruits were first powdered. The powder was sequentially extracted using a Soxhlet apparatus with petroleum ether, ethyl acetate, n-butanol and finally aqueous solution. Each extract was concentrated under reduced pressure, vacuum dried (-20°C). Further dissolution in dimethyl sulfoxide (DMSO) prepared working solutions with 10, 50, 100, 200 and 500 µg/mL concentrations. Three kinds of bacteria were used to evaluate the antibacterial activity: *Staphylococcus aureus* (SA), *Escherichia coli* (EC), and *Propionibacterium Acnes* (PA). Then disk diffusion method was used to verify the antibacterial effect of the herb extracts. Finally, MTT cytotoxicity test was used to detect the biological safety of the extracts of different concentrations.

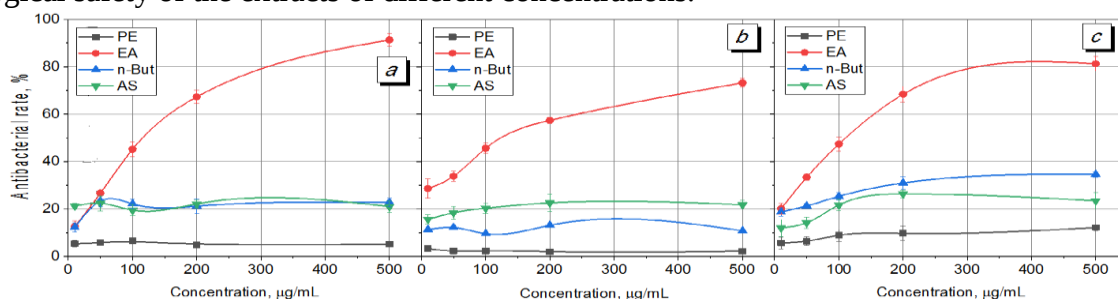


Fig. 1. Antibacterials rates for 4 kinds of extracts in the different bacteria media:
a – *Staphylococcus aureus*, b – *Escherichia coli*, c – *Propionibacterium acnes*

Table 1. The viability of L929 cells (Mouse Fibroblast Cell Line) exposed to different concentrations of *Speranskia tuberculata* (Bunge) Baill extracts derived from ethyl acetate

Concentration (µg/mL)	10	50	100	200	500
Cell viability (%)	91.14 ± 2.32	95.76 ± 3.14	94.89 ± 1.93	90.73 ± 3.67	87.56 ± 2.18

Conclusions: 1. Four kinds of extracts of a Chinese herb named *Speranskia tuberculata* (Bunge) Baill were examined for their antibacterial efficacy. The ethyl acetate extracts demonstrated significant antibacterial activity, with IC₅₀ values ranging from 112 to 135 µg/mL for three kinds of bacteria, whereas the other three extracts showed no antibacterial effect. 2. The ethyl acetate extracts of this herb showed no apparent toxicity towards L929 cells. These extracts have been proven to possess excellent biological safety within a concentration range of 10 µg/mL to 500 µg/mL, and it can be utilized as active compounds for antibacterial drugs.

PHA AS A BIOFILM COMPONENT IN ENDOPHYTIC BACTERIA IN HARSH ENVIRONMENTS

Oleksandr Kalinichenko, Volodymyr Morin, Olga Iungin
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
kalinichenko742135@gmail.com

The formation of microbial biofilms represents a ubiquitous adaptive strategy, allowing microorganisms to persist and thrive in diverse ecological niches, ranging from beneficial symbioses to pathogenic associations (Hobley et al., 2015). PHA serves as an energy store in biofilms. These biodegradable polymers, structurally akin to synthetic plastics, are produced by various microorganisms as intracellular inclusions under conditions of nutrient limitation with an excess carbon source (Kankonkar & Khandeparker, 2022). Their synthesis within bacterial cells, particularly those residing in biofilms, can therefore be critical for survival and proliferation in dynamic and often nutrient-depleted niches, such as those encountered by endophytic bacteria in harsh environments (Agarwal et al., 2024). The intricate interplay between PHA synthesis and biofilm formation in endophytic bacteria, particularly within the context of environmental extremophiles, remains an underexplored area of research. The aim of our research was to study the possibility to extract PHA from endophytic microbial communities associated from Antarctic vascular plants.

Material and methods. Two types of microbial communities (air-liquid-solid, ALS and liquid-solid, LS) were cultivated stationary in minimal salt medium (MSM) at 25°C, 6 days. The ability of microbial communities to accumulate PHA was verified using Sudan Black staining with light microscopy and the fluorescent dye Nile Red with Confocal Laser Scanning Microscopy (Leica TCS SPE Confocal system with a coded DMi8 inverted microscope (Leica, Germany) and Leica Application Suite X (LAS X) Version 3.4.1 software). After harvesting the biofilms via centrifugation (160000 rpm, 20 min), the cells were washed with saline twice and dried out. After dried biomass was disintegrated using an ultrasound bath, PHA were extracted with chloroform for 24 h and precipitated with cold ethanol at 4°C overnight. The precipitated PHA was washed out with cold ethanol and dried at 40°C.

Results. PHA accumulation was confirmed in both microbial communities using Sudan Black staining. However, Nile Red fluorescence only visualized lipid complexes within the ALS community type. Despite this histochemical difference, the standard extraction protocol yielded a consistent concentration of 4 mg of PHA per gram of ADM for each community. Critically, the biomass productivity of the ALS community was found to be fivefold greater than that observed in the LS community.

Conclusions. While both microbial communities accumulated PHA at the same concentration, the ALS community demonstrated fivefold greater biomass productivity, establishing it as the more efficient candidate for large-scale PHA production.

COMPUTATIONAL QSPR MODELING OF LIPOPHILICITY FOR ORGANIC DRUG-LIKE MOLECULES

Pushkarova Ya. M., Zaitseva G. M., Probyta A. A.

Bogomolets National Medical University, Ukraine

yaroslava.pushkarova@gmail.com

Lipophilicity is a key physicochemical property influencing the absorption, distribution and stability of drug-like molecules in biological systems. Accurate prediction of lipophilicity is essential for drug design, optimization of bioactive compounds and biotechnological applications.

Computational approaches, such as Quantitative Structure–Property Relationship (QSPR) modeling, allow estimation of lipophilicity at the molecular level prior to experimental testing, thereby reducing time and resources in the development process. Integrating in silico QSPR predictions into the early stages of molecular design provides a powerful tool for optimizing the physicochemical and biological properties of organic drug-like molecules, supporting more efficient and rational strategies in pharmaceutical and industrial biotechnology.

The modeling dataset included 76 organic drug-like molecules, which were characterized using nine electronic, physicochemical and topological descriptors. A detailed correlation analysis and multiple linear regression were performed to identify the most informative descriptors and evaluate their influence on lipophilicity. Based on this analysis, three descriptors – hydrogen bond acidity, polar surface area and molecular weight – were selected for inclusion in the predictive model. The compounds were randomly divided into a training set (85%) and a test set (15%). The training data were used to build and optimize the model coefficients, while the test data were employed to assess its predictive performance on unseen compounds. All computations and statistical evaluations were carried out using Matlab R2024b.

The developed three-parameter QSPR model demonstrated high predictive accuracy. High values of the coefficient of determination (0.7428) and the correlation coefficient (0.8618) between experimental and predicted lipophilicity values indicate that the model can reliably predict lipophilicity for new molecules.

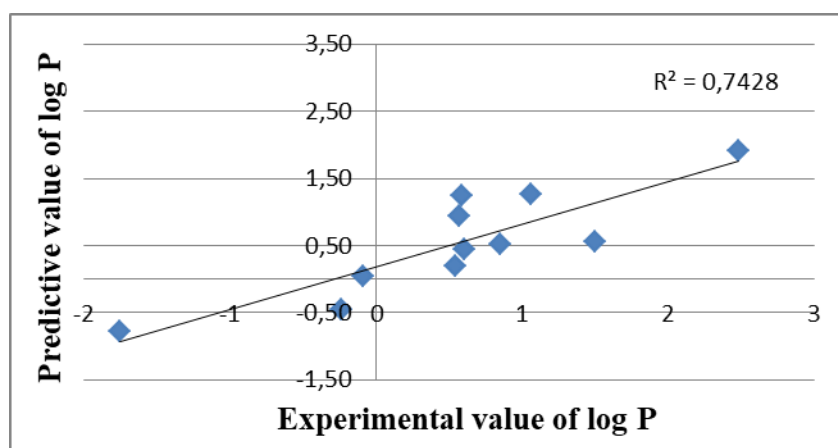


Figure 1. Dependence of predicted lipophilicity values on experimental lipophilicity values of the test set drug-like molecules for the three-parameter QSPR model

This model can be effectively used for preliminary screening of compounds during early stages of drug development, facilitating the identification of promising drug-like molecules and supporting rational design strategies.

UNVEILING THE HIDDEN DANGERS: A COMPREHENSIVE DISCUSSION OF HEALTH RISKS IN SYNTHETIC COSMETICS AND PERSONAL CARE PRODUCTS

Nodar Sulashvili^{1,2,3}, Nana Gorgaslidze¹, Luiza Gabunia¹, Marika Sulashvili¹,
Marina Giorgobiani¹, Irine Zarnadze¹, Shalva (Davit) Zarnadze¹

¹*Tbilisi State Medical University, Georgia,*

²*International School of Medicine at Alte University, Georgia,*

³*Georgian National University SEU, Georgia,*

⁴*Tbilisi Humanitarian Teaching University, Georgia*

n.sulashvili@ug.edu.ge

The pervasive use of synthetic cosmetics and personal care products has raised significant concerns about their toxicological impact on human health and the environment. This review synthesizes evidence from global studies to elucidate the health hazards posed by common chemical ingredients, including endocrine disruptors (e.g., parabens, phthalates), carcinogens (e.g., formaldehyde, 1,4-dioxane), and heavy metals (e.g., lead, mercury). These substances are linked to chronic conditions such as hormonal imbalances, reproductive disorders, neurotoxicity, and cancer, with cumulative exposure exacerbating risks. Despite regulatory efforts, such as the EU's Regulation 1223/2009 and California's Toxic-Free Cosmetics Act, systemic gaps persist, particularly in regions with lax oversight, enabling hazardous ingredients to infiltrate consumer markets. Emerging challenges include nanotechnology-enabled products, where nanoparticles like titanium dioxide (TiO₂) penetrate biological barriers, triggering oxidative stress and genetic damage. Additionally, synergistic interactions among chemical mixtures in multi-product regimens amplify toxicity, a dimension poorly addressed by current risk assessment frameworks. While the shift toward "natural" alternatives gains traction, ingredients like essential oils and plant extracts are not universally safe, underscoring the need for rigorous evaluation. Innovations in safety assessment such as 3D skin models, computational toxicology, and green chemistry offer promising avenues to replace animal testing and enhance product safety. However, consumer empowerment through transparency, ethical sourcing, and digital advocacy remains critical to driving industry accountability. This review calls for harmonized global regulations, mandatory pre-market testing, and interdisciplinary collaboration to prioritize health over commercial interests, ensuring cosmetics contribute to well-being without compromising safety. Addressing these challenges demands a paradigm shift. First, **global regulatory harmonization** is imperative. Policies must mandate pre-market carcinogenicity and endocrine disruption testing, ban known toxicants universally, and enforce transparency in labeling. Second, **innovation in safety science** such as 3D tissue models, AI-driven toxicity predictions, and sustainable formulations must replace outdated animal testing and reduce reliance on hazardous chemicals. Third, **consumer empowerment** through education and digital tools can drive demand for ethically produced, non-toxic alternatives, pressuring brands to prioritize health over profit. Ultimately, the cosmetics industry stands at a crossroads. By embracing science-backed reforms, fostering interdisciplinary collaboration, and centering ethical practices, stakeholders can transform cosmetics from potential hazards into vehicles of genuine well-being. Beauty need not come at the cost of health; through vigilance, innovation, and collective action, society can redefine aesthetics in alignment with safety and sustainability. Collaboration among policymakers, scientists, manufacturers, and advocacy groups is critical to fostering a culture of accountability, where safety and sustainability are non-negotiable pillars of product development. By aligning commercial interests with public health imperatives, the industry can redefine beauty as a pursuit that enhances rather than compromises human and planetary well-being.

THE EVOLUTION OF BIOACTIVE COSMETICS: NAVIGATING SCIENCE, SAFETY, AND CONSUMER EXPECTATIONS IN MODERN DERMATOLOGY

**Nodar Sulashvili^{1,2,3}, Nana Gorgaslidze¹, Luiza Gabunia¹, Marika Sulashvili¹,
Marina Giorgobiani¹, Irine Zarnadze¹, Shalva (Davit) Zarnadze¹**

¹*Tbilisi State Medical University, Georgia,*

²*International School of Medicine at Alte University, Georgia,*

³*Georgian National University SEU, Georgia,*

⁴*Tbilisi Humanitarian Teaching University, Georgia*

n.sulashvili@ug.edu.ge

The cosmetics industry is rapidly transforming due to scientific innovation, rising consumer awareness, and the convergence of dermatology with aesthetics. The emergence of «cosmeceuticals» topical products bridging the gap between cosmetics and pharmaceuticals—has challenged outdated regulatory definitions and prompted a reexamination of skin health strategies. Originally intended for aesthetic enhancement, cosmetics have evolved into biologically interactive formulations. The U.S. Federal Food, Drug, and Cosmetic Act of 1938 defined cosmetics as products for beautification without affecting skin structure or function. However, modern formulations including anti-wrinkle creams, anti-inflammatory serums, and botanical antioxidants contradict this narrow definition. With advances in dermal imaging and molecular biology, it is now evident that even water, under certain conditions, can elicit inflammatory responses and alter keratinocyte activity. The widespread incorporation of herbs, vitamins, and marine extracts into skincare further challenges the classification of cosmetics as inert. Cosmeceuticals occupy a pivotal space between beauty and medicine. Their increasing biological activity challenges archaic legal frameworks and calls for science-driven, ethically sound product development. While advances in formulation science and diagnostic technology offer promising tools for prevention and personalization, the current unregulated market allows pseudoscience and marketing exaggeration to flourish unchecked. A more robust, hybrid regulatory model is needed—one that maintains innovation while enforcing minimum safety and efficacy standards. Simultaneously, dermatologists, researchers, and cosmetic chemists must collaborate to educate consumers, advocate for transparency, and ensure that bioactive skincare evolves from speculative marketing into credible science-based therapy. This review analyzes the current state of cosmeceutical development, focusing on bioactive ingredients such as vitamins, botanicals, and antioxidants, while addressing the ethical and scientific concerns associated with unregulated claims. With advances in nanotechnology, diagnostic cosmetology, and noninvasive skin imaging, new opportunities and challenges are reshaping the industry's role in preventive dermatology. We advocate for a hybrid regulatory framework and greater scientific rigor in product development, alongside enhanced consumer education to ensure both efficacy and safety in the cosmeceutical marketplace. National and international health agencies should consider developing a hybrid regulatory model for cosmeceuticals positioned between cosmetics and pharmaceuticals. This would allow for scientific oversight without stifling innovation. Mandatory reporting of active ingredient concentrations, mechanism of action, and basic safety testing should be standard for all bioactive skincare products. Regulatory agencies and industry watchdogs should reinforce policies that penalize unsubstantiated claims. Marketing should be based on validated scientific data, not speculative interpretations or emotional appeals. Products with therapeutic claims (e.g., anti-aging, anti-acne) must include published efficacy data accessible to clinicians and consumers alike.

**AN INTEGRATIVE ANALYSIS OF GLOBAL GOVERNANCE STRUCTURES:
PROGRESS, CHALLENGES, IMMUNOLOGICAL PATHWAYS, POLICY
CONSTRAINTS, STRATEGIC DISSEMINATION, AND EQUITABLE DISTRIBUTION
OF COVID-19 VACCINES IN PUBLIC HEALTH INFRASTRUCTURES**

**Nodar Sulashvili^{1,2,3}, Otar Gerzmava¹, Margarita Beglaryan¹, Nana Gorgaslidze¹,
Luiza Gabunia¹, Naira Chichoyan⁴, Nato Alavidze⁵, Natia Kvizhinadze¹,
Nino Abuladze⁵, Ketevani Gabunia⁵, Marika Sulashvili¹, Lela Grigolia⁶, Kakhaber
Robakidze^{6,7}, Marina Giorgobiani¹, Irine Zarnadze¹, Shalva (Davit) Zarnadze¹**

¹*Tbilisi State Medical University, Georgia,*

²*International School of Medicine at Alte University, Georgia,*

³*Georgian National University SEU, Georgia,*

⁴*Yerevan State Medical University After Mkhitar Heratsi, Armenia*

⁵*Tsereteli State University, Georgia,*

⁶*Caucasus International University; Tbilisi, Georgia,*

⁷*National Health Center Named After Academician O. Gudushauri*

n.sulashvili@ug.edu.ge

The global response to the COVID-19 pandemic has underscored the critical role of governance structures in facilitating the equitable distribution of vaccines across diverse public health infrastructures. This paper presents an integrative analysis of the progress and persistent challenges in coordinating immunization efforts, with particular attention to immunological principles, policy constraints, strategic dissemination frameworks, and disparities in vaccine access. By examining the interplay between scientific innovation, political will, and logistical execution, this study highlights both the achievements and shortcomings of international cooperation during a public health crisis of unprecedented scale. At the heart of this analysis lies an exploration of how immunological insights into vaccine efficacy and durability influenced distribution priorities. The development of multiple vaccine platforms from mRNA to viral vector technologies presented both opportunities and complications for global deployment, as varying storage requirements, dosing schedules, and immune response profiles created complex decision-making matrices for health authorities. Concurrently, pre-existing inequities in public health infrastructure magnified disparities in vaccine accessibility, with lower-income nations facing systemic barriers in procurement, cold chain logistics, and healthcare workforce capacity. The study further investigates how governance mechanisms at multilateral, national, and local levels attempted to reconcile competing demands of speed, equity, and transparency. Initiatives such as COVAX revealed both the potential and limitations of global health partnerships, struggling to balance pharmaceutical intellectual property rights with urgent humanitarian needs. Policy constraints emerged from conflicting national interests, regulatory fragmentation, and communication gaps between scientific communities and policymakers, often slowing optimal vaccine rollout. Strategic dissemination efforts faced unique challenges in combating misinformation while maintaining public trust, particularly as emerging variants and waning immunity required continuous adaptation of vaccination strategies. The analysis identifies successful models of community engagement and data-driven targeting that improved uptake in diverse sociocultural contexts.

Ultimately, this examination proposes that future pandemic preparedness requires strengthened governance frameworks that prioritize equitable resource allocation from the outset. By integrating advances in vaccinology with more resilient supply chains, transparent decision-making processes, and inclusive public health strategies, the global community can build systems capable of delivering life-saving interventions without perpetuating historical inequities. The lessons from COVID-19 vaccine distribution present both a cautionary tale and a roadmap for more just and effective global health governance in an era of increasing epidemiological interdependence.

**CRITICAL DIMENSIONS OF POLYFACTORIAL DETERMINANTS SHAPING
PHARMACISTS' ACADEMIC TRAJECTORIES, OCCUPATIONAL MOBILITY
AND PROFESSIONAL ASSIMILATION: A SYSTEMATIC INTERDISCIPLINARY
EVALUATION OF VOCATIONAL DEVELOPMENT AND HUMAN CAPITAL
OPTIMIZATION IN HEALTHCARE**

**Nodar Sulashvili^{1,2,3}, Otar Gerzmava¹, Margarita Beglaryan¹, Nana Gorgaslidze¹,
Luiza Gabunia¹, Naira Chichoyan⁴, Nato Alavidze⁵, Natia Kvizhinadze¹,
Nino Abuladze⁵, Ketevani Gabunia⁵, Marika Sulashvili¹, Lela Grigolia⁶, Kakhaber
Robakidze^{6,7}, Marina Giorgobiani¹, Irine Zarnadze¹, Shalva (Davit) Zarnadze¹**

¹*Tbilisi State Medical University, Georgia,*

²*International School of Medicine at Alte University, Georgia,*

³*Georgian National University SEU, Georgia,*

⁴*Yerevan State Medical University After Mkhitar Heratsi, Armenia*

⁵*Tsereteli State University, Georgia,* ⁶*Caucasus International University; Tbilisi, Georgia,*

⁷*National Health Center Named After Academician O. Gudushauri*

n.sulashvili@ug.edu.ge

The study investigates the principal determinants shaping the professional formation and occupational development of pharmacists in Georgia. Employing a quantitative methodology, the research utilized a stratified questionnaire-based survey comprising 3,888 respondents, including pharmacists, pharmacy students, healthcare specialists, and patients. Results reveal critical gaps in pharmacists' certification, continuing education, inter professional collaboration, and regulatory support. A significant correlation was found between education levels and support for mandatory pharmacist certification. Respondents expressed a need for curriculum modernization, enhanced clinical training, and improved government oversight. The study concludes with strategic recommendations to strengthen the pharmacy profession's role in the national healthcare framework, emphasizing professional licensing, education reform, and integration into interdisciplinary medical teams. The evolving landscape of healthcare demands a comprehensive understanding of the multifactorial determinants that shape pharmacy practitioners' professional trajectories. This study presents a systematic interdisciplinary evaluation of the critical dimensions influencing academic progression, occupational mobility, and professional assimilation within the pharmacy sector. By integrating perspectives from educational psychology, health workforce economics, and organizational behavior, the analysis identifies key factors that optimize human capital development while addressing systemic challenges in healthcare vocational pathways. Central to this investigation is the recognition of pharmacy as a dynamic profession undergoing significant transformation due to technological advancements, expanded clinical roles, and shifting healthcare delivery models. The study examines how institutional academic structures, mentorship quality, and experiential learning opportunities collectively influence practitioners' educational outcomes and career preparedness. Simultaneously, it evaluates the impact of labor market dynamics, licensure requirements, and interprofessional collaboration patterns on occupational transitions across practice settings from community pharmacies to specialized clinical environments. Professional assimilation emerges as a complex process shaped by organizational culture, role identity formation, and continuing education accessibility. The analysis reveals how cognitive and non-cognitive skill acquisition including clinical decision-making, emotional intelligence, and cultural competence mediate successful integration into evolving healthcare teams. Particular attention is given to the paradoxical tension between professional autonomy and system-level standardization in pharmaceutical care delivery. Human capital optimization is explored through the lens of competency-based education, lifelong learning frameworks, and adaptive leadership development. The study identifies critical gaps between academic preparation and workplace demands, particularly regarding emerging skills in pharmacogenomics, digital health technologies, and value-based care coordination. Structural barriers to career advancement are analyzed, including gender disparities in leadership representation and inequitable access to specialization pathways.

**CLINICAL MANIFESTATIONS OF PATHOPHYSIOLOGICAL ASPECTS OF
CARDIOVASCULAR DISEASES, EPIDEMIOLOGICAL IMPLICATIONS, ADVANCED
PHARMACOTHERAPEUTIC STRATEGIES, THERAPEUTIC EFFECTS, SYSTEMIC
IMPACTS, AND POTENTIAL IATROGENIC HAZARDS IN CONTEMPORARY MEDICINE**

**Nodar Sulashvili^{1,2,3}, Otar Gerzmava¹, Margarita Beglaryan¹, Nana Gorgaslidze¹,
Luiza Gabunia¹, Naira Chichoyan⁴, Nato Alavidze⁵, Natia Kvizhinadze¹,
Nino Abuladze⁵, Ketevani Gabunia⁵, Marika Sulashvili¹, Lela Grigolia⁶,
Kakhaber Robakidze^{6,7}, Marina Giorgobiani¹, Irine Zarnadze¹,
Shalva (Davit) Zarnadze¹**

¹*Tbilisi State Medical University, Georgia,*

²*International School of Medicine at Alte University, Georgia,*

³*Georgian National University SEU, Georgia,*

⁴*Yerevan State Medical University After Mkhitar Heratsi, Armenia*

⁵*Tsereteli State University, Georgia,* ⁶*Caucasus International University; Tbilisi, Georgia,*

⁷*National Health Center Named After Academician O. Gudushauri*

n.sulashvili@ug.edu.ge

Cardiovascular diseases (CVDs) represent a leading cause of morbidity and mortality worldwide, with a complex interplay of risk factors contributing to their prevalence. The manifestation of these diseases involves a range of pathophysiological processes, including but not limited to atherosclerosis, hypertension, and heart failure. This abstract aims to explore key aspects of cardiovascular diseases, focusing on their implications, pharmacotherapeutic strategies, effects, impacts, and potential hazards. The implications of cardiovascular diseases extend beyond individual health, influencing healthcare systems, economies, and societies at large. Early detection and management are critical for mitigating the disease burden. Pharmacotherapeutic interventions, such as antihypertensive agents, statins, and antiplatelet therapies, have proven effective in managing risk factors and improving patient outcomes. However, these treatments are not without challenges, as they often require individualized approaches to address the diverse genetic, environmental, and lifestyle factors that influence the progression of cardiovascular conditions. The effects of cardiovascular diseases are multifaceted, ranging from acute events, such as myocardial infarctions and strokes, to chronic conditions like heart failure. These diseases significantly impair the quality of life, necessitating long-term medical care and lifestyle modifications. The impacts of CVDs also extend to economic strain, particularly due to the costs associated with hospitalizations, medications, and rehabilitation. Potential hazards of pharmacological treatments, while necessary, must be carefully weighed against their benefits. Side effects, drug interactions, and long-term consequences are important considerations for clinicians in prescribing the most appropriate therapies for individual patients. Advances in precision medicine and personalized care offer promise for minimizing risks and optimizing treatment outcomes in cardiovascular care. The multifactorial nature of cardiovascular diseases requires an integrated approach to management, incorporating both preventive measures and effective therapeutic strategies. Ongoing research and innovation in pharmacology, as well as a deeper understanding of disease mechanisms, are essential for reducing the burden of cardiovascular diseases and enhancing patient quality of life. Cardiovascular diseases (CVDs) are among the leading causes of death and disability worldwide, affecting millions of individuals across various age groups and demographics. The manifestation of these disorders involves a wide spectrum of pathophysiological mechanisms, including atherosclerosis, arrhythmias, myocardial infarction, heart failure, and stroke. These diseases are influenced by both modifiable and non-modifiable risk factors, such as hypertension, diabetes, smoking, and genetic predisposition. This abstract examines the critical aspects of cardiovascular diseases, emphasizing their implications, pharmacotherapeutic strategies, effects, impacts, and potential hazards.

OPTIMIZING SKIN HEALTH: THE ROLE OF TOPICAL VITAMINS IN COSMECEUTICAL APPLICATIONS

**Nodar Sulashvili^{1,2,3}, Nana Gorgaslidze¹, Luiza Gabunia¹, Marika Sulashvili¹,
Marina Giorgobiani¹, Irine Zarnadze¹, Shalva (Davit) Zarnadze¹**

¹*Tbilisi State Medical University, Georgia,*

²*International School of Medicine at Alte University, Georgia,*

³*Georgian National University SEU, Georgia,*

⁴*Tbilisi Humanitarian Teaching University, Georgia*

n.sulashvili@ug.edu.ge

The integration of active ingredients in skincare has led to the emergence of cosmeceuticals products that bridge the gap between cosmetics and pharmaceuticals. This paper explores the significance of topically applied vitamins in skin health, focusing on their mechanisms in combating photoaging and chronological aging. Key vitamins such as A, C, E, and B3 are examined for their roles in antioxidant defense, collagen synthesis, and anti-inflammatory responses. Despite their growing popularity, challenges persist regarding formulation stability, optimal concentrations, and clinical efficacy. This review underscores the need for evidence-based approaches in the development and recommendation of vitamin-infused cosmeceuticals. Skin aging is a multifaceted process influenced by intrinsic (chronological) and extrinsic (environmental) factors. Chronological aging is characterized by gradual physiological changes, including reduced cellular turnover and diminished collagen production. Conversely, photoaging results from prolonged exposure to ultraviolet (UV) radiation, leading to oxidative stress, DNA damage, and the activation of matrix metalloproteinases (MMPs) that degrade collagen and elastin fibers. Topical application of these vitamins offers diverse mechanisms of action—ranging from antioxidant defense and collagen stimulation to improved barrier function and pigmentation control. Despite the promising clinical benefits observed, significant challenges remain, including issues related to formulation stability, skin penetration, optimal dosing, and consumer adherence. Many modern skincare products combine multiple vitamins for broader efficacy. For example, serums that blend vitamins C and E with ferulic acid show significantly greater UV protection compared to vitamin C alone. Such formulations address different layers of skin defense: vitamin C for collagen production, vitamin E for membrane integrity, and niacinamide for barrier repair and pigmentation. However, combining vitamins requires careful consideration of chemical stability, pH compatibility, and vehicle formulation. For instance, vitamin C (requiring an acidic environment) may destabilize niacinamide (more stable at neutral pH), unless formulated in separate delivery systems. Overall, combination approaches offer superior clinical outcomes but demand advanced formulation technologies and rigorous quality control. Furthermore, while in vitro and in vivo studies have demonstrated efficacy, there is a need for more large-scale, well-designed clinical trials to establish standardized treatment protocols and strengthen the evidence base. The variability in product quality, regulatory oversight, and marketing claims also highlights the necessity for dermatologists and consumers alike to critically evaluate cosmeceutical products. Topically applied vitamins play a crucial role in maintaining skin health and combating the signs of aging. While vitamins A, C, E, and B3 have demonstrated significant benefits, challenges persist in their formulation, stability, and clinical validation. A thorough understanding of their mechanisms and interactions is essential for optimizing their therapeutic potential in cosmeceutical applications.

ADVANCED SCIENTIFIC DISCOURSE ON THE HOLISTIC INTEGRATION OF PHARMACOGENOMICS, PERSONALIZED MEDICINE, AND PATIENT-CENTERED THERAPEUTIC PARADIGMS IN MITIGATING DRUG-RELATED ADVERSE EVENTS, TOXICOLOGICAL MANIFESTATIONS, CONTEMPORARY PHARMACOVIGILANCE BARRIERS, HIGH-RISK PHARMACOLOGICAL AGENTS AND PHARMACOTHERAPY OPTIMIZATION

**Nodar Sulashvili^{1,2,3}, Otar Gerzmava¹, Margarita Beglaryan¹, Nana Gorgaslidze¹,
Luiza Gabunia¹, Naira Chichoyan⁴, Nato Alavidze⁵, Natia Kvizhinadze¹,
Nino Abuladze⁵, Ketevani Gabunia⁵, Marika Sulashvili¹, Lela Grigolia⁶,
Kakhaber Robakidze^{6,7}, Marina Giorgobiani¹, Irine Zarnadze¹,
Shalva (Davit) Zarnadze¹**

¹*Tbilisi State Medical University, Georgia,*

²*International School of Medicine at Alte University, Georgia,*

³*Georgian National University SEU, Georgia,*

⁴*Yerevan State Medical University After Mkhitar Heratsi, Armenia*

⁵*Tsereteli State University, Georgia,* ⁶*Caucasus International University; Tbilisi, Georgia,*

⁷*National Health Center Named After Academician O. Gudushauri*

n.sulashvili@ug.edu.ge

The evolving landscape of modern therapeutics demands a paradigm shift toward holistic patient care that integrates pharmacogenomics, personalized medicine, and patient-centered approaches to address the growing challenge of drug-related adverse events and toxicological risks. This scientific discourse examines the critical intersection of these disciplines in optimizing pharmacotherapy outcomes while overcoming contemporary pharmacovigilance barriers. The analysis presents a comprehensive framework for mitigating risks associated with high-risk pharmacological agents through precision medicine strategies that account for genetic variability, physiological parameters, and individual patient profiles. At the core of this investigation lies the application of pharmacogenomic principles to predict and prevent adverse drug reactions, with particular emphasis on polymorphic drug-metabolizing enzymes and transporter proteins that significantly influence pharmacokinetic and pharmacodynamic outcomes. The study evaluates how next-generation sequencing and bioinformatics tools can be leveraged to identify genetic markers associated with hypersensitivity reactions, dose-dependent toxicities, and therapeutic failures. Concurrently, it explores the integration of these genomic insights with clinical factors—including comorbidities, polypharmacy patterns, and demographic variables—to develop truly personalized therapeutic regimens. The discourse critically assesses current pharmacovigilance systems, identifying limitations in spontaneous reporting mechanisms and proposing enhanced surveillance models incorporating real-world evidence and artificial intelligence-driven signal detection. Special attention is given to high-risk medication classes such as antineoplastics, anticoagulants, and psychotropic agents, where the margin between therapeutic benefit and potential harm is narrow. The analysis demonstrates how patient-centered care models, incorporating shared decision-making and digital health technologies, can improve medication adherence and safety monitoring. This work further examines innovative strategies for pharmacotherapy optimization, including dynamic dosing algorithms, therapeutic drug monitoring 2.0 approaches, and biomarker-guided treatment protocols. The synthesis of these approaches presents a transformative opportunity to reduce the global burden of preventable adverse drug events while maximizing therapeutic efficacy. By bridging the gap between genomic science and clinical practice, this research contributes to the development of precision pharmacotherapy frameworks that enhance patient safety, improve treatment outcomes, and pave the way for a new era in evidence-based, individualized medicine. The findings underscore the imperative for healthcare systems to adopt integrated, multidisciplinary approaches that harmonize cutting-edge science with compassionate patient care in the pursuit of optimal pharmacological outcomes.

DEVELOPMENT OF ADVANCED ELASTOMER COMPOSITES FOR PROSTHETIC LINERS

Ivan Iungin, Olena Mokrousova

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

olenamokrousova@gmail.com

The global incidence of lower-limb amputations has shown a persistent and escalating trend over the past five years. Annually, over 80% of all amputations worldwide are attributed to chronic, lifestyle-related conditions such as diabetes mellitus and peripheral vascular disease [1]. This demographic alone means that millions of patients require immediate, high-quality prosthetic care. However, recent global events have introduced a devastating and rapidly growing surge in traumatic amputations. Modern armed conflicts have created a unique cohort of patients whose injuries, often involving complex blast trauma, necessitate prosthetic devices that meet unprecedented standards of durability, comfort, and functionality.

This urgency is most acutely manifested in Ukraine, where the full-scale invasion since 2022 has resulted in a critical public health crisis concerning war-related limb loss [2]. The magnitude of the situation necessitates a data-driven approach. While precise final figures remain challenging to ascertain during active conflict, reputable sources and international medical consortia estimate that tens of thousands of military personnel and civilians have suffered partial or complete limb loss since February 2022. This figure dramatically outweighs the pre-war incidence, establishing an unprecedented need for prosthetic rehabilitation in the country. Critically, the vast majority of these injuries (>70%) are the result of blast trauma (mines, artillery, rockets), leading to a specific clinical profile like complex tissue damage, demanding materials that are highly compliant and protective [3]. Additionally, a significant proportion of the patient cohort comprises young, active individuals who require prosthetic devices that can withstand intense, prolonged mechanical stress.

This distinct trauma profile is fundamentally different from the diabetic etiology prevalent globally and demands materials that can withstand high mechanical stress while providing superior protection to the compromised residual limb [4]. Addressing this national priority requires a radical re-evaluation of current prosthetic technologies, pushing the boundaries of materials science to develop solutions that support long-term patient mobility and rehabilitation.

REFERENCES

1. McDonald, C. L., Westcott-McCoy, S., Weaver, M. R., Haagsma, J., & Kartin, D. Global prevalence of traumatic non-fatal limb amputation. *Prosthetics and orthotics international*. 2021. 45(2), 105-114. <https://doi.org/10.1177/0309364620972258>
2. Trutyak, I., Malickii, V., Samotowka, M., Trunkvalter, V., Trutyak, R., & Ivaschenko, V. Problematic issues of limb amputation in wounded with combat trauma. *Proceeding of the Shevchenko Scientific Society. Medical Sciences*. 2023. 72(2). <https://doi.org/10.25040/ntsh2023.02.08>.
3. Lysak, A., Gaiovyh, V., Strafun, S., & Shypunov, V. Ukrainian Orthopedic Trauma Experience in Managing Wartime Injuries of the Upper Extremity. *Hand Clinics*. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2025.03.012>.
4. Plesec, V., & Harih, G. Bioinspired Design of 3D-Printed Cellular Metamaterial Prosthetic Liners for Enhanced Comfort and Stability. *Biomimetics*. 2024. 9(9), 540. <https://doi.org/10.3390/biomimetics9090540>.

MICROBIOTA ACTIVITY RESTORATION IN SOIL DAMAGED BY A SHELL EXPLOSION

Fomenko S. V.^{1,2}, Leonova N. O.²

¹ Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

² D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology
of the National Academy of Science of Ukraine
snezha.fomenko@ukr.net

Military operations in Ukraine are catastrophic stress factors that negatively affect soil quality and its biological potential. Pollution by substances that have entered the soil as a result of explosions of ammunition, rocket fuel, burning of equipment, changes in the organic matter content and the structure of microbiocenoses, causes justified concern about possible disturbances in the ecological balance in ecosystems and in the microorganism-plant system. Poisoning by toxic substances, the destruction of agronomical useful microbial communities as a result of high-temperature explosions, in turn, leads to the development of the phytopathogenic microorganisms of microbiocenoses. Toxic substances present in the soil, overcoming the barrier of the rhizosphere microbiota, enter plants and agricultural products, and then through trophic chains – to the human body. Therefore, there is an urgent problem of restoring the biological potential of the indigenous microbiota and its ability to self-clean, improve the growth and development of crops to obtain higher yields on available land using the microorganisms' biosynthetic potential.

The object of the research was soil taken near of Bakhmut city (Donetsk region), which was damaged as a result of military operations and the formation of a crater from the artillery shell explosion. The control was soil taken at a distance of 50 m from the crater. Microbiological analysis of the military-affected and control soils was carried out to determine the amount of microorganisms of the main ecologically functional groups and the direction of ecologically trophic processes that occurred in them at the time of sampling and in the dynamics of the remediation process during treatment with biological agents.

Analysis of the microbiota of soil samples from places exposed to intense explosions in the Bakhmut city revealed significant changes in the amount of some ecologically functional groups microorganisms compared to the control sample.

In the soil from the crater, a decrease in the oligoazotrophic and nitrogen-fixing microorganisms amount by 3.2-fold was noted; a 6-fold decrease in the phosphate-mobilizing microorganisms amount; amylolytic microorganisms amount by 85% and the content of cellulose-destructive microorganisms: bacteria – by 2.8-fold, streptomycetes – by 2.9-fold, micromycetes – by 17-fold. Ammonifying microorganisms were also identified in the affected soil, which were not sensitive to the explosion effects. The amount of this group increased by 75% compared to control samples. It was found that in the affected soil the amount of oligotrophic microorganisms increased by 35% compared to the control. The amount of micromycetes increased significantly (by 2.4-fold) to 405.6 thousand CFU/ g of absolutely dry soil. This can be explained by a shift in the balance of the microbiota towards a decrease in the bacteria quantity and an increase in micromycetes. Determination of the microbial processes direction in the soil by ecological coefficients showed inhibition of the transformation of nitrogen and carbon compounds and humus formation.

Treatment of the affected soil with a complex of microbial bioformulations and next phytoremediation with the plants, that stimulated by microorganisms, contributed to the restoration of the microbiota population within 60 and 120 days, a balanced ratio of individual groups of the microbial community and directions of ecological and biochemical processes in the soil. The use of the developed complex of bioremediation measures is effective for the activation and restoration of agronomical useful microbiota in soils damaged by military actions, corrects rhizosphere microbial communities to stimulate plants, and promotes their stable development.

ПРОТИМІКРОБНІ ЕФЕКТИ НОВИХ ДИНАМІЧНИХ ПОХІДНИХ АМІКАЦИНУ ЩОДО КЛІНІЧНИХ ШТАМІВ *STAPHYLOCOCCUS* SPP.**Андрєєва І. Д., Осолодченко Т. П., Мартинов А. В., Завада Н. П., Батрак О. А.***Державна установа «Інститут мікробіології та імунології ім. І. І. Мечникова**Національної академії медичних наук України»**idandreyeva@gmail.com*

Принципово новий підхід до боротьби з інфекційними захворюваннями – розробка динамічних похідних структур антибіотиків. Динамічні похідні аміноглікозидів – група антибіотиків, отриманих шляхом хімічної модифікації аміноглікозидів, які розробляються для покращення фармакокінетичних та фармакодинамічних властивостей, а також для подолання резистентності бактерій. Хімічні зміни в молекулі аміноглікозиду можуть включати модифікацію аміногруп, цукрових залишків або інших частин молекули. Динамічні похідні аміноглікозидів можуть бути важливим інструментом у боротьбі з бактеріальними інфекціями, особливо в умовах зростаючої антибіотикорезистентності. Отже, розробка нових динамічних похідних таких антибіотиків є актуальною задачею сучасної медицини.

Метою роботи стало визначення протимікробну дію нових динамічних похідних амікацину щодо клінічних штамів *Staphylococcus* spp.

Досліджено протимікробну дію нових динамічних похідних амікацину стосовно 2 клінічних штамів *S. aureus* і 4 штамів *S. epidermidis*. Досліджено протимікробну активність квазі-моно-сукцильованого, повністю сукцильованого, квазі-моно-малеїнованого, повністю малеїнованого, квазі-біс-сукцильованого-малеїнованого амікацину. У якості контролю застосовано немодифікований амікацин. Антимікробну активність препаратів визначали дифузійним методом «колодязів». Відсутність росту або наявність зони затримки росту до 10 мм розцінювалися як відсутність чутливості, 10–15 мм – як низька, 15–25 мм – як помірна і перевищення 25 мм – як висока чутливість мікроорганізму до випробувальної речовини. Дослідження проведені у трьох повторях.

Стосовно усіх досліджених клінічних штамів *Staphylococcus* spp. як немодифіковані, так і усі модифіковані форми амікацину здійснювали високий протимікробний ефект. Діаметри зон затримки росту стафілококів під впливом немодифікованого амікацину коливалися у межах від ($27,0 \pm 0,0$) мм до ($31,7 \pm 0,5$) мм). Під впливом квазімоно-сукцильованого амікацину діаметри зон затримки росту стафілококів знаходилися у межах від ($26,7 \pm 0,5$) мм до ($32,7 \pm 0,5$) мм) і невірогідно збільшувалися при повному сукцилюванні амікацину (діаметри зон затримки росту в діапазоні від ($29,7 \pm 0,5$) мм до ($35,7 \pm 0,5$) мм). Аналогічною була і динаміка протимікробної дії малеїнованих форм амікацину. Діаметри зон затримки росту стафілококів під впливом квазімоно-малеїнованого амікацину коливалися у межах від ($30,7 \pm 0,5$) мм до ($33,3 \pm 0,5$) мм), під впливом повністю малеїнованого амікацину – від ($32,7 \pm 0,5$) мм до ($35,3 \pm 0,5$) мм).

Протимікробний ефект квазібіс-сукцильованого-малеїнованого амікацину стосовно клінічних штамів *Staphylococcus* spp. суттєво не відрізнявся від такого у моно-модифікованих форм (діаметри зон затримки росту у діапазоні від ($33,0 \pm 0,0$) мм до ($37,7 \pm 0,5$) мм). Зазначена динаміка протимікробної дії була характерною як для досліджених штамів *S. aureus*, так і для штамів *S. epidermidis*.

Результати дослідження свідчать про перспективність подальших досліджень протимікробних властивостей нових динамічних похідних амікацину з метою створення на їх основі ефективних протимікробних засобів.

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД АКТИВНИМ МУЛОМ

Ковальчук В. А.

*Національний університет водного господарства та природокористування, Україна
v.a.kovalchuk@nuwm.edu.ua*

Біоценоз активного мулу є головним елементом біологічних систем очищення міських і промислових стічних вод. Його стан визначає власне ефективність очистки і залежить від цілого комплексу самих різноманітних чинників, зокрема; 1) складу і властивостей стічних вод (вмісту органічних речовин і біогенних елементів), наявності токсичних домішок, рН, температури, витрати стічних вод; 2) видового складу біоценозу; 3) типу аеротенків і вторинних відстійників, рециркуляції мулу, системи аерації; 4) ступеня очищення стічних вод, кількості надлишкового активного мулу, енерговитрат. Активний мул є складною системою, яка знаходиться в динамічному стані із постійною взаємодією і взаємним впливом між окремими елементами і зовнішнім середовищем. При цьому важливу роль відіграє кінетика процесів, швидкості процесів окислення органічних речовин, нітрифікації, денітрифікації і дефосфатації. У залежності від умов середовища ці процеси можуть відбуватися послідовно або одночасно (наприклад, симультанна нітрифікація-денітрифікація). Важливу роль тут відіграють такі параметри, як навантаження на активний мул (відношення F/M), що визначає здатність активного мулу до осадження і ущільнення – муловий індекс. Муловий індекс залежить від багатьох чинників: навантаження на активний мул; достатньої кількості біогенних елементів (передусім фосфору); достатності розчиненого кисню в муловій суміші; наявності в стічних водах токсичних елементів, що можуть призвести до загибелі частини активного мулу; наявності в стічних водах легкоокислюваних органічних речовин (цукор, глюкоза, спирт). Муловий індекс у значній мірі визначає концентрацію активного мулу в аеротенку, а значить і його окислювальну потужність, величину коефіцієнта рециркуляції, ефективність розділення мулової суміші у вторинних відстійниках. Часто спостерігається «спухання мулу», яке зменшує ефективність очистки і погіршує роботу вторинних відстійників. Однак, не дивлячись на тривале дослідження систем біологічної очистки стічних вод різними дослідниками, на застосування самих різноманітних математичних моделей виникає відчуття «нерозуміння поведінки активного мулу», коли «вчора» аеротенки працювали нормально, а «сьогодні» ефективність їх роботи значно погіршилась. Очевидно, що причиною такого явища є неврахування якихось важливих чинників, можливо, зовсім нетрадиційних та не враховуваних в методах аналізу та моделях розрахунку (наприклад, магнітних та електромагнітних полів, місячної чи сонячної активності, які безумовно впливають на живі компоненти активного мулу).

Тому виникає необхідність застосування для дослідження біологічного очищення стічних вод активним мулом методів системного аналізу. Системний аналіз процесів з активним мулом – це комплексний підхід до вивчення та управління процесами, які відбуваються в системах з активним мулом. Такий аналіз дозволяє зрозуміти взаємозв'язки між різними складовими технології біологічного очищення і зовнішнім середовищем на різних рівнях та забезпечити ефективну роботу очисних споруд, оптимізувати параметри їх роботи, підвищити стабільність та надійність системи, мінімізувати витрати енергії та утворення надлишкового мулу, забезпечити відповідність екологічним нормам. На нашу думку, така складна робота може бути виконана на основі методу експертної оцінки, який пропонується здійснюватися за даними результатів з біологічного очищення стічних вод активним мулом, що отримані різними дослідниками і опубліковані у різноманітних наукових виданнях.

СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ІЗ ЗАСТОСОВАННЯМ ЕФЕКТИВНИХ БІООКИСЛЮВАЧІВ

Ковальчук В. А.

*Національний університет водного господарства та природокористування, Україна
v.a.kovalchuk@nuwm.edu.ua*

Головним елементом систем очищення стічних вод підприємств харчової промисловості є аеробні і анаеробні біологічні реактори. В НУВГП розроблений цілий ряд ефективних біоокислювачів таких як шахтні аеротенки, біологічні фільтри із рухомим завантаженням із пінополістиролу, аеротенки-відстійники підвищеної гідравлічної висоти із поверхневою струминною аерацією, анаеробні реактори-освітлювачі. Шахтні аеротенки були досліджені в системах очистки стічних вод молокопереробної промисловості. Застосування шахтного аеротенка для очистки стічних вод маслозаводу дозволило збільшити дозу активного мулу до $10,5 \text{ г/дм}^3$, а окислювальну потужність – до $4,9 \text{ кг БСК}_{\text{повн}}/(\text{м}^3 \cdot \text{добу})$. Ступінь використання кисню повітря при цьому складав близько 60%, а концентрації забруднень очищених стічних вод становили: завислі речовини – $20,5 \text{ мг/дм}^3$, $\text{БСК}_{\text{повн}}$ – $19,7 \text{ мг/дм}^3$, ХСК – 113 мг/дм^3 , амонійний азот – $1,6 \text{ мг/дм}^3$. Біологічний фільтр із рухомим завантаженням із пінополістиролу є принципово новою спорудою для біологічної очистки стічних вод завантаженням якого є гранули спіненого полістиролу крупністю 3-10 мм, що забезпечує окислювальну потужність, яка у 4-6 разів перевищує окислювальну потужність звичайних високонавантажуваних біофільтрів. Питома поверхня завантаження біофільтра перевищує $1500 \text{ м}^2/\text{м}^3$, що забезпечує велику концентрацію біомаси в завантаженні і високу ефективність очистки стічних вод. При гідравлічному навантаження $100\text{-}150 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{добу})$, коефіцієнті рециркуляції 0,5-1,5, питомій витраті повітря $8\text{-}10 \text{ м}^3/\text{м}^3$ і ступеню використання кисню повітря 12,5-25,0% окислювальна потужність біофільтра за БСК_5 складала – $1,8\text{-}3,6 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{добу})$, за ХСК – $2,8\text{-}7,0 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{добу})$. БСК_5 очищених стічних вод становить $6,0\text{-}19,0 \text{ мг/дм}^3$. Аеротенк-відстійник підвищеної гідравлічної висоти (6-10 м) із поверхневою струминною аерацією являє собою круглий у плані металевий резервуар, у центрі якого розміщений аеротенк, відділений від периферійного вторинного відстійника за допомогою вертикальної циліндричної перегородки, що не доходить до дна. При біологічному очищенні стічних вод м'ясокомбінату, які пройшли попереднє очищення у відстійнику-флотаторі, доза мулу в зоні аерації досягала $7,1 \text{ г/дм}^3$, а окислювальна потужність – $6,8 \text{ кг БСК}_{\text{повн}}$ на 1 м^3 за добу. Середні значення концентрацій забруднень в біологічно очищених стічних водах перед скидом у каналізацію міста при цьому складали (мг/дм^3): завислі речовини – 128,1; ХСК – 420; $\text{БСК}_{\text{повн}}$ – 96,1; жири – 27,1; азот амонійний – 2,45. Кількість амонійного азоту, нітрифікованого в аеротенках-відстійниках і надалі вилученого із стічних вод шляхом денітрифікації, становила в середньому $0,2 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{добу})$. Анаеробний реактор-освітлювач являє собою комбіновану споруду, в якій одночасно відбувається розкладання органічних забруднень шляхом метанового зброджування та відокремлення від очищених стічних вод анаеробного активного мулу. Споруда характеризується наступними середніми значеннями параметрів: температура у зоні зброджування – $30,5^\circ\text{C}$; тривалість перебування стоків у зоні зброджування 7,5 год; концентрація активного мулу за сухою речовиною – $26,3 \text{ кг/м}^3$; зольність мулу – 41,2%; навантаження за ХСК на беззольну частину мулу – $0,46 \text{ кг}/(\text{кг} \cdot \text{добу})$; гідравлічне навантаження на зони зброджування та освітлення – $0,4 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$; приріст активного мулу – 8% знятої ХСК, муловий індекс – $42 \text{ см}^3/\text{г}$. При очищенні стічних вод маслосирзаводу ефективність складала 75,6% – за завислими речовинами, 94,7% – за ХСК, 96,4% – за БСК_5 , 94,5 – за жирами.

Таким чином, проведені дослідження підтвердили ефективність застосування розроблених споруд для очищення стічних вод підприємств харчової промисловості.

ЯКІСТЬ І СМАКОВІ ВЛАСТИВОСТІ ПИВА КРІЗЬ ПРИЗМУ БІОТЕХНОЛОГІЇ ДРІЖДЖІВ

Лич О. В.¹, Бабченко В. С.¹, Лич І. В.²

¹Київський національний університет технологій і дизайну

²Національний університет харчових технологій
innalych78@gmail.com

Використання фруктових екстрактів у пивоварінні є одним із сучасних напрямів розвитку харчових біотехнологій, що дозволяє створювати інноваційні сорти напою з підвищеною сенсорною привабливістю та функціональною цінністю. Додавання плодів та ягід сприяє формуванню унікального смако-ароматичного профілю пива, а також збагачує його біоактивними речовинами – поліфенолами, антоціанами, вуглеводами, вітамінами і органічними кислотами [1]. Зростання попиту на крафтове та функціональне пиво стимулює дослідження біоактивних сполук фруктів та їх впливу як на процеси бродіння у дріжджів, так і на якість готового продукту. Такий підхід відповідає сучасним харчовим тенденціям, орієнтованим на створення продуктів з природними інгредієнтами та потенційно корисними для здоров'я. Серед фруктових компонентів варто відзначити чорну смородину. Її ягоди є цінним джерелом антоціанів, що забезпечує насичений червоно-фіолетовий колір та виразні антиоксидантні властивості. Використання смородини у вигляді пюре після основного бродіння дозволяє зберегти більшу частину ароматичних сполук, збільшити вміст органічних кислот [2], проте нестабільність антоціанів під дією температури та кисню залишається технологічним викликом.

Вишня традиційно посідає особливе місце в європейській пивній культурі, зокрема у виробництві бельгійських ламбіків. Вона збагачує напій фруктовим ароматом, приємною кислинкою та характерним рубіновим кольором. Додавання вишневого пюре або соку на стадії вторинного бродіння дозволяє гармонійно інтегрувати органічні кислоти й ароматичні альдегіди у смаковий профіль пива. Разом із тим, додаткові вуглеводи можуть змінювати ступінь зброджування і підвищувати вміст алкоголю, що потребує технологічного контролю.

Важливим аспектом використання фруктових екстрактів є забезпечення мікробіологічної стабільності пива. Фрукти можуть містити дикі дріжджі й бактерії, здатні викликати контамінацію. Для зменшення ризиків застосовують пастерізацію пюре, заморожування або озонування [3]. Також актуальним залишається питання стабільності кольору та аромату, адже біоактивні сполуки плодів схильні до деградації під дією світла, кисню і високих температур.

Таким чином, подальші дослідження у цьому напрямку мають бути спрямовані на оптимізацію технологій підготовки фруктової сировини, вивчення стабільності біоактивних сполук, бродильних властивостей дріжджів та розроблення ефективних стратегій збереження якості готового продукту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Paiva, R.A.M. Mutz, Y.S. Conte-Junior, C.A. A Review on the Obtaining of Functional Beers by Addition of Non-Cereal Adjuncts Rich in Antioxidant Compounds. *Antioxidants*. 2021. 10. 1332. <https://doi.org/10.3390/antiox10091332>
2. Niina Kelanne, Baoru Yang, Laura Liljenback, Oskar Laaksonen. Phenolic Compound Profiles in Alcoholic Black Currant Beverages Produced by Fermentation with *Saccharomyces* and Non-*Saccharomyces* Yeasts. *J. Agric. Food Chem.* 2020. 68. 10128–10141. <https://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.0c03354>
3. Gorzelany, J. Patyna, M. Pluta, S. Kapusta, I. Balawejder, M. Belcar, J. The Effect of the Addition of Ozonated and Non-Ozonated Fruits of the Saskatoon Berry (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) on the Quality and Pro-Healthy Profile of Craft Wheat Beers. *Molecules*. 2022. 27. 4544. <https://doi.org/10.3390/molecules27144544>

БІОКОНВЕРСІЯ СУМІШІ ВІДПРАЦЬОВАНОЇ ОЛІЇ ТА C₂-C₆-СУБСТРАТІВ У МІКРОБНИЙ ЕКЗОПОЛІСАХАРИД ЕТАПОЛАН

Пирог Т. П.^{1,2}, Вороненко А. А.¹

¹Національний університет харчових технологій, Україна

²Інститут мікробіології і вірусології НАН України

tapirog@nuft.edu.ua

Мікробні екзополісахариди (ЕПС) завдяки своїм фізико-хімічним властивостям та функціональним характеристикам впродовж десятиліть успішно використовуються в різноманітних галузях промисловості. При цьому справжнього комерційного успіху досягнули лише деякі з них (ксантан, декстран, пулулан), а переважна більшість даних біополімерів продовжують перебувати на початкових стадіях фундаментальних досліджень та становлять виключно науковий інтерес. Головним чином це пов'язано з їхньою високою собівартістю та низькою концентрацією цільового продукту. Очевидно, що для вирішення даних проблем необхідно проводити пошук дешевої сировини для отримання полісахаридів та загалом здійснювати комплексну оптимізацію умов культивування. З літератури відомо, що одним з перспективних способів підвищення показників синтезу мікробних метаболітів являється використання суміші ростових субстратів.

Мета роботи – інтенсифікація синтезу полісахариду етаполану при рості штаму *Acinetobacter* sp. IMB B-7005 на суміші рафінованої соняшникової олії та C₂-C₆-субстратів (ацетат, етанол, м'яса), а також дослідження можливості заміни рафінованої олії у змішаному субстраті на відпрацьовану.

Вперше продемонстровано можливість підвищення показників синтезу етаполану на суміші енергетично надлишкових субстратів. За молярного співвідношення концентрацій етанолу та рафінованої олії у суміші 1:0,056, максимально наближеного до теоретично розрахованого (1:0,076), концентрація полісахариду була у 2,6-2,8 разів вищою порівняно з такою на відповідних моносубстратах. У той же час на основі теоретичних розрахунків енергетичних потреб синтезу ЕПС і біомаси *Acinetobacter* sp. IMB B-7005 на енергетично дефіцитному субстраті (ацетат) визначено, що молярне співвідношення концентрацій ацетату натрію та олії у суміші, за якого досягається максимальний синтез ЕПС, становить 1:0,13. Встановлено, що незалежно від типу C₂-субстрату у суміші з олією під час культивування продуцента спостерігалось відхилення рН культуральної рідини від оптимального для синтезу етаполану рівня (7,0-8,0). Для стабілізації рН проведено заміну у середовищі амонійного джерела азоту, транспорт якого у клітини бактерій відбувається антипортом з протоном і супроводжується підкисленням культуральної рідини, на нітратне, що транспортується симпортом з протоном. Встановлено можливість заміни рафінованої соняшникової олії у суміші з ацетатом, етанолом або м'ясою на різні типи відпрацьованої (після смаження картоплі, м'яса, овочів та змішаної після смаження різних продуктів). Розроблено технології одержання етаполану на суміші відпрацьованої соняшникової олії та C₂-C₆-субстратів (ацетат, етанол, м'яса), що включають: 1) вирощування інокуляту на моносубстраті відпрацьованій олії; 2) використання як джерела азоту нітрату калію; 3) підвищення у середовищі культивування вмісту Mg²⁺ до 5 мМ; 4) дробне внесення субстратів. Реалізація таких підходів дала змогу підвищити синтез етаполану до 16-18 г/л, що вище за показники, отримані на відповідних олієвмісних моносубстратах (12-14 г/л), або суміші глюкози (м'яси) та C₂-C₄-субстратів (ацетат, етанол, fumarat) (10-14 г/л).

Одержані результати засвідчують можливість розробки універсальної технології одержання етаполану на суміші відпрацьованої олії та C₂-C₆-субстратів, незалежної від типу та постачальника пересмаженої олії.

**ВПЛИВ ПРО- ТА ЕУКАРІОТИЧНИХ ІНДУКТОРІВ НА БІОЛОГІЧНУ
АКТИВНІСТЬ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН
ACINETOBACTER CALCOACETICUS IMB B-7241**

Пирог Т. П.^{1,2}, Іванов М. С.¹

¹Національний університет харчових технологій, Україна

²Інститут мікробіології і вірусології НАН України

tapirog@nuft.edu.ua

На теперішній час комбіноване (спільне) культивування продуцентів антимікробних сполук з іншими мікроорганізмами, або внесення у середовище культивування біологічних індукторів у різному фізіологічному стані (живі, інактивовані клітини, або відповідний супернатант) є простим, дешевим та достатньо ефективним способом підвищення синтезу практично важливих мікробних метаболітів і регуляції їхньої біологічної активності. У більшості робіт дослідники використовують як індуктори штами бактерій різних фізіологічних груп, проте останніми роками з'являється все більше публікацій про еукаріотичні індуктори, у відповідь на наявність яких спостерігається підвищення синтезу антимікробних сполук бактеріями-продуцентами. Крім того, ефективність біологічних індукторів залежить від умов їх вирощування та фізіологічного стану.

Мета роботи – дослідити вплив фізіологічного стану біологічних індукторів (бактерій *Enterobacter cloacae* C-8 і *Bacillus subtilis* БТ-2, а також дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* БТМ-1) на біологічну активність поверхнево-активних речовин *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, синтезованих на відходах виробництва біодизелю та очищеному гліцерині. Встановлено, що поверхнево-активні речовини *A. calcoaceticus* IMB B-7241, синтезовані на гліцерині різного ступеня очищення за наявності індукторів у різному фізіологічному стані (живі, інактивовані клітини, супернатант), виявляли значно вищу антимікробну, антиадгезивну та біоплівкоруйнівну активність, ніж препарати, утворені без індукторів.

За використання як індуктора *B. subtilis* БТ-2 синтезувалися ПАР, мінімальні інгібуючі концентрації (МІК) яких щодо *B. subtilis* БТ-2, *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Escherichia coli* ІЕМ-1 та *Pseudomonas* sp. МІ-2 становили 0,23–18,4 мкг/мл (контроль 2,8–19,6 мкг/мл). За наявності *E. cloacae* C-8 і *Saccharomyces cerevisiae* БТМ-1 утворювалися ПАР, які знижували МІК щодо бактеріальних і дріжджових тест-культур у 3–28 разів порівняно зі значеннями, встановленими для препаратів, синтезованих без індукторів. Підвищена антимікробна активність ПАР корелювала зі збільшенням у 1,5–2 рази активності NADP⁺-залежної глутаматдегідрогенази – ключового ферменту біосинтезу аміноліпідів, відповідальних за антимікробну активність комплексу ПАР.

ПАР, синтезовані за наявності про- та еукаріотичних індукторів знижували адгезію бактеріальних і дріжджових тест-культур до абіотичних поверхонь в 1,1–5,9 разів відповідно порівняно з використанням препаратів, утворених без індукторів.

Ступінь руйнування бактеріальних (*E. coli* ІЕМ-1, *Pseudomonas* sp. МІ-2, *S. aureus* БМС-1, *B. subtilis* БТ-2) та дріжджових (*Candida tropicalis* РЕ-2, *Candida albicans* Д-6) біоплівок за обробки їх ПАР, синтезованими штамом IMB B-7241 на гліцерині різної якості за наявності у середовищі про- та еукаріотичних індукторів, був у 1,1–2,5 разів вищим у порівнянні з встановленим для контрольних ПАР, одержаних без індукторів.

Отже, внесення біологічних індукторів у різному фізіологічному стані у середовище культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 дало змогу суттєво підвищити антимікробну, антиадгезивну активність та здатність до руйнування біоплівок бактеріальних та дріжджових тест-культур синтезованих поверхнево-активних речовин.

СИНЕРГІЗМ З ІНШИМИ БІОЦИДАМИ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *RHODOCOCCLUS ERYTHROPOLIS* IMB Ac-5017 ТА *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241

Пирог Т. П.^{1,2}, Ключка І. В.¹

¹Національний університет харчових технологій, Україна

²Інститут мікробіології і вірусології НАН України
tapirog@nuft.edu.ua

Мікробним поверхнево-активним речовинам (ПАР) притаманний широкий спектр біологічної активності, що дає можливість розглядати їх як альтернативні антибіотикам та комерційним антифунгальним препаратам природні сполуки. Крім того, мікробні ПАР проявляють синергізм антимікробної дії з іншими біоцидами. Проте недоліком ПАР мікробного походження є залежність їх складу і властивостей від умов культивування продуцента. Тому не виключено, що синергічні властивості поверхнево-активних речовин, отриманих у різних умовах культивування продуцентів, у суміші з іншими сполуками будуть відрізнятися від властивостей монопрепаратів.

Мета роботи – дослідження можливості прояву синергізму біологічної активності суміші поверхнево-активних речовин, синтезованих у різних умовах культивування *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017 та *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, з комерційними антибіотиками, антифунгальними речовинами та ефірними оліями. Встановлено, що ПАР синтезовані *R. erythropolis* IMB Ac-5017 на очищеному гліцерині та відходах виробництва біодизелю, проявляли синергічну антибактеріальну активність з офлоксацином, ципрофлоксацином та ефірною олією чайного дерева. Мінімальні інгібуючі концентрації (МІК) суміші ПАР з антибіотиками щодо тест-культур становили 0,8-25,5 мкг/мл і були нижчими, ніж встановлені для монопрепаратів антибіотиків (500-2500 мкг/мл) та ПАР 3,2-102,5 мкг/мл. Використання поверхнево-активних речовин у суміші з ефірною олією чайного дерева дало змогу знизити МІК останньої щодо досліджуваних бактерій з 156-625 до 2,4-19,5 мкг/мл. Незалежно від вмісту у середовищі культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 одновалентних катіонів – активаторів НАДФ⁺-залежної глутаматдегідрогенази (ключового ферменту біосинтезу аміноліпідів, відповідальних за антимікробну активність ПАР), синтезовані препарати проявляли синергізм антифунгальної активності у суміші з клотримазолом, флуконазолом та знижували МІК антифунгальних препаратів щодо дріжджів роду *Candida* у 4-32 рази. Використання суміші ефірних олій кориці та лемонграсу з ПАР, синтезованими *A. calcoaceticus* IMB B-7241 за наявності у середовищі одновалентних катіонів дало змогу знизити МІК ефірних олій щодо досліджуваних дріжджів з 156 до 8,5–39 мкг/мл. Деструкція одновидових бактеріальних та дріжджових біоплівоч за дії ПАР, синтезованих штамми IMB Ac-5017 та IMB B-7241 в різних умовах культивування, у суміші з ефірними оліями, антибіотиками чи антифунгальними препаратами, була у 1,9-3,5 разів вищою порівняно з встановленою для монопрепаратів ПАР, антибіотиків, антифунгальних речовин чи ефірних олій. Ступінь руйнування двовидових бактеріально-бактеріальних і бактеріально-дріжджових біоплівоч за дії комплексу ефірної олії чайного дерева з ПАР, синтезованими *A. calcoaceticus* IMB B-7241 та *R. erythropolis* IMB Ac-5017 за наявності дріжджового біологічного індуктора, був у 1,3–2,9 разів вищим порівняно із використанням монопрепаратів ПАР чи ефірної олії. Отже, незалежно від умов культивування, синтезовані *A. calcoaceticus* IMB B-7241 та *R. erythropolis* IMB Ac-5017 поверхнево-активні речовини можуть бути використані у суміші з комерційними антибіотиками, антифунгальними препаратами та ефірними оліями для зниження ефективної концентрації останніх у боротьбі з патогенними мікроорганізмами, здатними до формування біоплівоч.

ВИВЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ СПОЛУК, ОТРИМАНИХ З МОРСЬКИХ БЕЗХРЕБЕТНИХ АНТАРКТИКИ

Ракша Н. Г., Вовк Т. Б., Галенова Т. І., Савчук О. М.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна
galenovatanya@gmail.com

Одним із перспективних напрямів лікування ран є використання ферментних препаратів, зокрема колагеназ. Засоби, до складу яких входять колагенолітичні ферменти, можуть суттєво підвищити ефективність лікування ран, скоротити терміни загоєння та покращити якість життя пацієнтів. Незважаючи на високу перспективність використання колагеназ, їхнє очищення з тваринних тканин є надзвичайно трудомістким і економічно невиправданим через низький вміст цих ферментів порівняно з іншими білками. Очищення колагеназ мікробного походження також потребує додаткових етапів видалення ендотоксинів. Перспективним джерелом протеїназ можуть бути ферменти з гідробіонтів, зокрема через їхню здатність розщеплювати потрібну спіраль колагену у багатьох точках. Це вигідно відрізняє колагенолітичні протеази гідробіонтів від колагеназ тваринного чи мікробного походження, які каталізують гідроліз переважно в одній специфічній ділянці, що призводить до накопичення високомолекулярних фрагментів. Перевагою застосування колагенолітичних ферментів є їх комплексний ранозагоювальний ефект, який реалізується через вплив на різні медіатори загоєння і в кінцевому результаті сприяє скороченню термінів епітелізації ран та загоєнню без формування грубих рубців. Застосування препаратів на основі колагенолітичних ферментів може стати частиною терапевтичної стратегії лікування ран ускладненої етіології, що особливо важливо для пацієнтів із хронічними захворюваннями, такими як цукровий діабет 1-го та 2-го типу, ожиріння, метаболічний синдром, а також для осіб похилого віку.

Усе вищезазначене зумовило мету роботи: оцінити потенціал колагенолітичних ферментів гідробіонтів Антарктичного регіону – морського їжака *Sterechinus neumayeri* та морської зірки *Odontaster validus* – як можливої основи для створення ефективних ранозагоювальних засобів.

Методом іонообмінної хроматографії на носії Q-сефароза з гомогенатів тканин зазначених гідробіонтів було очищено фракції протеолітичних ферментів. Аналіз очищених фракцій методом ензим-електрофорезу з використанням різних білкових субстратів показав здатність ферментів ефективно розщеплювати колаген і желатин. У складі очищених фракцій переважали два типи протеїназ – металозалежні та серинові; їх співвідношення становило для *O. validus* 67% і 30%, відповідно, а для *S. neumayeri* – 34% і 44%. Температурний оптимум ферментів з обох видів складав +60 °C, а рН-оптимум знаходився в області лужних значень (для *O. validus* – рН 9,0, для *S. neumayeri* – рН 8,0-9,0), що свідчить про належність їх до лужних протеїназ. Було також виявлено ранозагоювальний ефект композиції на основі суміші протеолітичних ферментів з *O. validus* та *S. neumayeri* на моделі гнійно-некротичних ран у щурів. Встановлено, що застосування композиції на основі протеолітичних ферментів з гідробіонтів Антарктичного регіону скорочувало тривалість епітелізації ран до 27 діб порівняно з 30 добами у контрольних тварин, де рани загоювалися природним шляхом.

Отримані результати підтверджують можливість використання фракцій колагенолітичних ферментів з гідробіонтів Антарктичного регіону (*O. validus*, *S. neumayeri*) як основи для створення ефективних біотехнологічних засобів для лікування гнійно-некротичних ран, а зазначені види можна розглядати як перспективне джерело отримання ферментів.

СТИМУЛЮЮЧИЙ ВПЛИВ ФІТОВІДХОДІВ НА БІОМЕТАНОГЕНЕЗ**Маріїн Д. В., Сакалова Г. В.***Вінницький національний технологічний університет, Україна
sakalova@vntu.edu.ua*

Важливим вектором розвитку відновлюваної енергетики вважається отримання біогазу з органічних залишків, які надходять із сільського господарства. Потенціал України з точки зору виробництва біопалива величезний, оскільки країна має добре розвинену агропромисловість, залишки якої створюють достатню сировинну базу. Таким чином, енергія, отримана з біомаси, може стати відчутною заміною викопному паливу[1]. Все більша увага у світі приділяється використанню відходів для виробництва біогазу шляхом анаеробного зброджування. Актуальність розвитку цієї технології, як і інших технологій виробництва біоенергоресурсів, не підлягає сумніву, оскільки споживання енергії постійно зростає, що вимагатиме збільшення виробництва різних видів енергоносіїв.

В сільськогосподарських регіонах експлуатація біогазових установок набуває широкого поширення. Такі установки вводять в експлуатацію, як правило, в межах агропромислового комплексу, з близьким розташуванням комплексів відгодівлі худоби, або ж підприємств переробки продуктів рослинництва, молокозаводів, тощо. В умовах великого попиту на електро - та теплову енергію, для таких підприємств постає ще одна проблема – одержання сировини для постійної експлуатації біоустановок. Особливо гострою є така проблема для сезонних виробництв, коли сировина для виробництва біогазу має значні коливання надходження впродовж року. Частково цю проблему можливо вирішити, якщо залучити відходи побічних виробництв, або ж збільшити продуктивність метанізації при однаковій кількості залучених відходів.

Нами запропоновано використовувати рослини, придатні до вирощування в межах санітарних зон біогазових підприємств, для збільшення ступеня метанізації інших відходів у суміші. З цієї точки бачення проблеми, амарант є перспективною сільськогосподарською культурою. Його особливістю є великий приріст біомаси, що дозволяє отримувати до 500-600ц дешевої зеленої рослинної сировини з гектару навіть в умовах збіднених ґрунтів та значний вміст олієвмісних речовин в листках і стеблах культури. Виявилось цікавим і перспективним застосування вказаної рослини для підвищення ефективності вироблення біогазу шляхом стимуляції метаногенної мікрофлори [2]. Як сировину ми використовували промислові відходи цукрового виробництва – жом, бурякове бадилля, мелясу; а також вегетативну масу рослин амаранту і висушену рослинну масу амаранту (температура 60⁰С, 4-5 годин в промислових дегідраторях). Для проведення серії експериментів амарант подрібнювали, змішували з основою у співвідношенні 1:1 і витримували дослідну масу 4 доби. Отримані зразки амаранту спочатку аналізували, потім суміші піддавали мікробіологічній обробці ферментним комплексом метаногенних бактерій в лабораторії. Час закінчення процесу метаногенезу для зразків 1,2,3 становив 37, 39 і 40 діб відповідно. Результати проведених експериментів свідчать, що додавання амаранту до суміші сільськогосподарських рослинних відходів збільшує біодоступність сировини і дозволяє згенерувати на активованому субстраті 20-25% більше біогазу.

ЛІТЕРАТУРА

1. M.Malovanyy, V.Nikiforov, O.Kharlamova, O.Synelnikov, Production of renewable energy resources via complex treatment of cyanobacteria biomass. *Chemistry & Chemical Technology*. 2016.10(2). 251–254.
2. S. Baetge, M. Kaltschmitt. Rice straw and rice husks as energy sources comparison of direct combustion and biogas production . *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2018. 8. (3) 719-737.

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЛЕТКИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК В КУЛЬТУРАЛЬНИХ РІДИНАХ ЕНДОФІТНИХ БАКТЕРІЙ

Шопінський В. В., Буценко Л. М.

Національний університет харчових технологій, Україна
chemslava@gmail.com

Ендофітні бактерії колонізують внутрішні тканини рослин, утворюючи симбіотичні асоціації та сприяючи їх росту через продукування різноманітних метаболітів, включаючи леткі органічні сполуки (ЛОС), що являють собою невеликі переважно ліпофільні сигнальні молекули. Бактеріальні ЛОС можуть як модулювати фітогормональні шляхи й підвищувати поглинання поживних речовин, так і проявляти антагоністичні ефекти щодо патогенних мікроорганізмів [1-2]. Дослідження метаболічних профілів ендофітних бактерій насіння сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) є важливим для розуміння їх рістстимулювальної і протекторної активності та потребує розроблення надійних і прецезійних аналітичних методів визначення летких метаболітів у культуральній рідині. Метою роботи була розробка валідної методики ідентифікації та напівкількісного визначення летких органічних сполук в культуральній рідині з використанням методу парофазної газової хроматографії з мас-спектрометричним детектуванням.

Першим етапом запропонованої методики є відділення маси бактеріальних клітин центрифугуванням за 5000 об/хв протягом 10 хв. Для хроматографічного аналізу використовують вільний від клітин супернатант. У headspace-віали об'ємом 20 мл поміщають 2,0 мл супернатанту та додають 0,600 г кристалічного натрію хлориду як висолювача для підвищення ефективності переходу летких сполук у газову фазу. Віали герметично закривають алюмінієвими кришками з тефлоновими септами та перемішують 5 хв перед аналізом. Хроматографічний аналіз здійснюють за використання системи Agilent Technologies 6890N з мас-спектрометричним детектором MSD Agilent Technologies 5975. Використовують капілярну колонку, розміром 30 × 0,25 мм, покриту шаром, що містить 6 % ціанопропіл/феніл і 94 % полідиметилсилоксан, товщиною 1,4 мкм. Температуру термостатування віал встановлюють на рівні 80 °C з часом термостатування 40 хв. Об'єм введення парової фази становить 1,0 мл. Температурну програму колонки оптимізовано наступним чином: початкова температура 40 °C з витримкою 3 хв, підвищення до 100 °C зі швидкістю 4 °C/хв з витримкою 3 хв, до 200 °C зі швидкістю 8 °C/хв з витримкою 3 хв, до 240 °C зі швидкістю 20 °C/хв з витримкою 4 хв. Як газ-носії використовують гелій високої чистоти зі швидкістю 1,0 мл/хв. Температуру іонного джерела підтримують на рівні 230 °C. Мас-спектрометричне детектування здійснюють з енергією іонізації 70 eV у діапазоні сканування m/z 29-500. Сполуки ідентифікують за мас-спектрами з використанням бібліотеки NIST при коефіцієнті подібності не менше 80%. Напівкількісне визначення проводять методом внутрішньої нормалізації, з використанням площ хроматографічних піків. Розроблена методика характеризується високою селективністю та чутливістю, дозволяє одночасно аналізувати широкий спектр летких органічних сполук та забезпечує відтворюваність результатів. Методика є важливою для скринінгу перспективних штамів ендофітних бактерій з рістстимулювальними властивостями за їх здатністю продукувати біологічно активні леткі метаболіти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Khare E., Mishra J., Arora N.K. Multifaceted interactions between endophytes and plant: developments and prospects. *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9:2732.
2. Srikamwang C., Evonsa N., Sunanta P., Sangta J., Chanway C.P., Thanakkasaranee S., Sommano S.R. Role of microbial volatile organic compounds in promoting plant growth and disease resistance in horticultural production. *Plant Signaling & Behavior*. 2023. Vol. 18:e2227440.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ДІЄТИЧНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ АМІНОКИСЛОТ З РОЗГАЛУЖЕНИМ ЛАНЦЮГОМ

Двінських Н. В., Хохленкова Н. В.

Національний фармацевтичний університет, Україна
begunova1203@gmail.com

Амінокислоти з розгалуженим ланцюгом (ВСАА) – лейцин, ізолейцин і валін – є ключовими поживними речовинами, що застосовуються у харчовій, фармацевтичній, косметичній промисловості та у виробництві кормів для тварин. Вони відіграють важливу роль у білковому обміні, становлячи приблизно 35% м'язового білка, сприяють анаболізму, запобігають катаболізму та забезпечують енергією. ВСАА метаболізуються переважно в м'язах, а не в печінці, що робить їх цінними для спортсменів, осіб із високими фізичними навантаженнями, а також у медицині для прискорення відновлення після травм.

Наукові дослідження останніх років підтверджують, що ВСАА впливають не лише на синтез білка, а й на обмін ліпідів і вуглеводів, стан імунної системи та центральної нервової системи. Доведено, що збалансоване споживання ВСАА може сприяти профілактиці метаболічних розладів, ожиріння, цукрового діабету 2 типу та серцево-судинних захворювань. Водночас надмірне їх надходження може призводити до порушень енергетичного обміну, що вимагає ретельного підходу до дозування в дієтичних добавках. Завдяки численним біологічним ефектам останніми роками підвищується попит на продукти з ВСАА. Світовий ринок продуктів, що містять ВСАА, демонструє стабільне зростання. Основну частку становлять засоби спортивного харчування та функціональні напої. Зростає інтерес до створення веганських і рослинних формул, а також добавок, орієнтованих на підтримку м'язової маси у людей похилого віку. Дієтичні добавки з ВСАА користуються великим попитом серед спортсменів, бодібілдерів та прихильників фітнесу через їхню роль у стимулюванні синтезу м'язового білка. Ринок спортивного харчування динамічно розвивається, що вимагає вдосконалення технологій виробництва та підвищення якості продуктів.

Сучасні виробники функціональних харчових продуктів та дієтичних добавок активно впроваджують інноваційні технології виробництва, спрямовані на гарантування безпеки, підвищення біодоступності, ефективності та споживчих характеристик кінцевих продуктів. Одним із ключових підходів до досягнення цих цілей є розробка та застосування прогресивних систем доставки біологічно активних речовин. Серед таких систем особливу увагу привертає інкапсуляція, яка передбачає вміщення активних компонентів у захисну оболонку. Ця технологія має багатолітню історію та успішно застосовується у фармацевтичній, хімічній, харчовій промисловості, сільському господарстві та інших галузях. Інкапсуляція забезпечує захист активних компонентів від дії зовнішніх факторів, покращує біодоступність, маскує гіркий смак і дозволяє досягти контрольованого вивільнення діючих речовин. Використання технології інкапсуляції при створенні продуктів з ВСАА також є доцільним через помірну розчинність амінокислот ізолейцину (Ile) та лейцину (Leu) у воді, яка залежить від рН середовища: вона мінімальна поблизу ізоелектричної точки, де молекула перебуває у формі цвіттер-йона, і максимальна в кислих або лужних умовах завдяки утворенню катіонної чи аніонної форми. Ця властивість ускладнює створення рідких форм продуктів із ВСАА, що робить інкапсуляцію ефективним рішенням.

Таким чином, наведені дослідження відкривають перспективи для розширення асортименту продуктів, що містять ВСАА, зокрема за рахунок створення дієтичних добавок, призначених для використання в спортивній практиці та для підтримки здоров'я широкого кола споживачів.

ОПТИМІЗАЦІЯ ДОЗРІВАННЯ ГЕНЕРОВАНИХ ДЕНДРИТНИХ КЛІТИН ЗА ДОПОМОГОЮ БІОАКТИВНИХ МЕДІАТОРІВ

Луцій О. О.^{1,2}, Волошина І. М.¹, Горбач О. І.², Скачкова О. В.², Храновська Н. М.²

¹Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

²Державне некомерційне підприємство «Національний інститут раку», Україна
lytsiy2003@gmail.com

Дендритні клітини (ДК) вирізняються високою функціональною гнучкістю та здатністю адаптуватися до умов мікрооточення, що визначає їх дозрівання та набуття імуногенності. Функціональна активність ДК формується під впливом різних регуляторних факторів [1]. Нині «золотим стандартом» для стимуляції дозрівання ДК є цитокіновий комплекс із фактора некрозу пухлин- α (TNF- α), інтерлейкіну-1- β (IL-1- β), інтерлейкіну-6 (IL-6) і простагландину E2 (PGE2). Однак він має істотний недолік — не сприяє продукції інтерлейкіну-12p70 (IL-12p70), ключового цитокіна для активації протипухлинної відповіді Т-хелперами 1 типу (Th1) і цитотоксичними Т-лімфоцитами (ЦТЛ) [2]. Нині ведуться пошуки альтернативних схем дозрівання ДК із використанням лігандів Toll-подібних рецепторів (TLR), зокрема ліпополісахариду (ЛПС) та PolyI:C, здатних стимулювати секрецію IL-12p70 і підсилювати імуногенний потенціал клітин.

Встановлено, що найбільш виражене підвищення експресії коstimуляторної молекули CD86, маркерів зрілості CD83 та CD38 спостерігалось у дендритних клітин (ДК), дозрілих за участі LPS або комбінації LPS + IFN- α (100 МО/мл). IFN- α , застосований окремо чи разом з LPS, загалом не стимулював експресію мРНК IL-12p35, за винятком варіанта LPS + IFN- α (10 тис. МО/мл), при якому відзначено її зростання. У цих умовах також підвищувався рівень мРНК Th1-прозапальних цитокінів IFN- γ та TNF- α . Оптимізація методу отримання зрілих моноцитарних ДК із використанням екстракту цитоплазматичних мембран *Staphylococcus aureus* Wood 46 показала, що мінімальна концентрація ЕЦМ (0,2 мкг/мл) достовірно підвищує експресію CD86 і HLA-DR ($p=0,038$ та $p=0,037$ відповідно). Крім того, спостерігалось збільшення рівня мРНК IFN- γ порівняно з контролем і LPS-індукованими клітинами, що свідчить про активацію Th1-шляху та стимуляцію NK-клітин.

Отримані результати узгоджуються з даними інших досліджень, де LPS у концентрації 100 нг/мл ефективно індукував дозрівання ДК [3]. Отже, за результатами роботи можемо зробити висновки, що дендритні клітини є ключовими ефекторами протипухлинного імунітету, здатними активувати інші імунні клітини та реагувати на фактори дозрівання. Комбінація LPS + IFN- α (10 тис. МО/мл) сприяє Th1-поляризації ДК, підвищуючи експресію мРНК TNF- α і знижуючи рівень IL-10 без індукції толерогенності. ЕЦМ *Staphylococcus aureus* Wood 46 впливає на фагоцитарну активність ДК у дозозалежний спосіб – вищі концентрації зменшують фагоцитоз. Отримані результати свідчать про можливість підвищення ефективності дозрівання та протипухлинного потенціалу ДК через індукцію Th1-напрямої відповіді.

ЛІТЕРАТУРА

1. Jacques Banchereau, Francine Briere, Christophe Caux, Jean Davoust, Serge Lebecque, Yong-Jun Liu, Bali Pulendran & Karolina Palucka. (2000). *Immunobiology of dendritic cells*. Vol. 18:767-811. P. 767–811. <https://doi.org/10.1146/annurev.immunol.18.1.767>.
2. P. Kalinskia & H. Okada. (2010). *Polarized dendritic cells as cancer vaccines: Directing effector-type T cells to tumors*. Vol. 22. P. 173–182. <https://doi.org/10.1016/j.smim.2010.03.002>.
3. Yanlu Zhang, Xueping Zhou & Baohua Zhou. (2012). *DC-derived TSLP promotes Th2 polarization in LPS-primed allergic airway inflammation*. European Journal of Immunology. Vol. 42. P. 1735-1743. DOI: <https://doi.org/10.1002/eji.201142123>.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЛИПКОГЕННИХ КОМПОЗИЦІЙ ПРИ РОЗРОБЦІ ГЕЛЬНИХ ФОРМ БІОПРЕПАРАТІВ ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА

Кирилов В. О.^{1,2}, Данкевич Л. А.³

¹*ТОВ Інноваційна компанія «Біоінвест-Агро», Україна*

²*Київський національний університет технологій та дизайну, Україна*

³*Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України
v.kirillov@ukr.net*

Значна частка засобів захисту рослин (ЗЗР) та елементів живлення втрачається під час обприскування вегетуючих рослин або передпосівної обробки насіння, що зумовлює суттєві економічні збитки та створює загрозу для навколишнього середовища. Однією з основних причин неефективного використання ЗЗР, поживних речовин, мікроелементів і регуляторів росту є застосування води як носія робочого розчину. Це часто призводить до низького поглинання препарату рослиною, знесення крапель вітром, інтенсивного випаровування, небажаних хімічних реакцій між компонентами суміші та водою, а також недостатнього закріплення робочого розчину на поверхні рослин. Для підвищення ефективності обробки зазвичай застосовують плівкоутворювальні ад'юванти (прилипачі), що забезпечують фіксацію пестицидів, регуляторів росту та інших препаратів на насінні й вегетативних органах рослин.

Прилипачі для рослин (ПАР) – це спеціальні засоби, які забезпечують прилипання агрохімічних засобів до рослин, заважають їх стіканню та змиванню дощем. Вони змочують стебла та листя, усувають поверхневий натяг, завдяки чому гербіциди та інші засоби агрохімії після обприскування залишаються на рослинах достатній для отримання потрібного впливу час. Співробітниками відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України на основі мікробних полісахаридів та деяких безпечних хімічних компонентів створено біологічний гель препарат ЕПАА [1–3]. Разом з Інноваційною компанією “Біоінвест-Агро” та ПП НВП “Агро енергетичні технології-” на полях різних кліматичних зон України було проведено дослідження по вивченню впливу обробки насіння та рослин зернових, бобових, технічних, овочевих культур пестицидами, біопрепаратами та регуляторами росту разом з ЕПАА-10 [4].

Таким чином, застосування прилипача ЕПАА-10 сприяє отриманню екологічно безпечної продукції рослинництва і покращенню її якості. Фундаментальними та виробничими дослідженнями доведено, що препарат ЕПАА сприяє закріпленню та прискоренню проникнення в насіння і вегетативні органи рослин пестицидів, регуляторів росту тощо. За дії таких сполук підвищується енергія проростання та розвиток рослин і тим самим підвищується врожайність сільськогосподарських культур і покращується їх якість.

ЛІТЕРАТУРА

1. Воцелко С.К. Гідродинамічні властивості сополімеру екзополісахариду з акриламідом. Мікробіологічний журнал. 2000. Том 62, № 1. Р. 11–19.
2. Воцелко С.К. та ін. ЕПАА – універсальний біологічний прилипач пестицидів і регуляторів росту рослин : Методичні рекомендації. Київ. 2007. 26 с.
3. Спосіб одержання легкорозчинного співполімеру поліакриламиду («ЕПАА-М») : пат. на корисну модель UA 60637, C08F 120/00 Україна / С.К. Воцелко, В.П. Гнідець, Л.А. Данкевич, О.О. Литвинчук, В.П. Пати́ка. Опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
4. Воцелко С.К. та ін. Биодеструкция липкогенных композиций в почвах различных типов. Мікробіологічний журнал. 2012. Том 74, № 1. Р. 28–32.

ВПЛИВ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК НА ЯКІСТЬ МОЛОКА

Василінич Т. М., Паленчук Я. Я.

Вінницький державний педагогічний університет

Імені Михайла Коцюбинського, Україна

t.vasylinych@gmail.com

Сучасний ринок молочних продуктів стрімко розвивається, охоплюючи як великі переробні підприємства, так і малі фермерські господарства, однак питання забезпечення якості та безпечності залишається критично важливим. Проблеми екологічної безпеки харчових продуктів залишаються актуальними у зв'язку з високою кількістю харчових добавок та консервантів синтетичного походження, які використовуються підприємствами харчової промисловості у значних обсягах.

Актуальним є науковий пошук і розробка новітньої рецептури преміксів, комплексних добавок на основі натуральних компонентів - модифікованих мінералів, з метою отримання екологічно чистої високоякісної продукції тваринництва. Це дозволить знайти шляхи для вирішення низки існуючих проблем: дефіцит мінеральних елементів і амінокислот в раціонах тварин; реалізація генетично закладеної продуктивності тварин; екологічна безпека сільгосппродукції; підвищення цінності якісного складу одержуваної продукції; зниження витрат корму на виробництво продукції тваринництва [1].

Метою роботи було вивчення якісного складу молока та молочної продуктивності корів після застосування комплексу мінеральних речовин з кормом та мультівітамінною добавкою.

Дослідження проводилось в 3-х групах тварин, в яких корови були підібрані методом пар-аналогів по 15 голів у кожній (контрольну і 2 дослідні). Різниця між підгрупами полягала в тому, що тварини у контрольній групі вживали лише основний раціон, а в дослідних до основного раціону додавалися спеціальні комплексні добавки, а саме: кормова добавка для молочних корів та відгодівлі ВРХ Румі NPS та вітамінно-мінеральний премікс для ВРХ ДейріПілот^{FlavoVital}. Тривалість експерименту тривала 200 днів. Аналіз якості молока, одержаного від корів контрольної та дослідних груп, свідчить про відповідність нормативним вимогам ДСТУ 3662:2018 [2].

За органолептичними показниками усі зразки молока були однорідною рідиною від білого до світло-кремового кольору, без осаду та пластівців білка. Смак і запах чистий, притаманний свіжому молоку, без сторонніх присмаків і запахів.

При застосуванні кормових добавок концентрація сухих речовин в продукції корів дослідних груп зростає і становить в середньому - 13,4%, а в контрольній - 12,06%. При введенні харчових добавок у раціон ВРХ підвищується показник вмісту жиру та білка в молоці. Жирність молока в дослідних групах підвищується в порівнянні з контрольною на 0,8-1%, вміст білка зростає на 0,4-0,6%. Молоко корів, які отримували кормові добавки, по органолептичним, фізико-хімічним та санітарним показникам є доброякісним, відповідає сорту «екстра». Харчові добавки, що досліджувалися мали позитивний вплив на споживання кормів, фізіологічних стан і обмінні процеси, що протікають в організмі тварин, дозволяють замінити більш дорогі корма і знизити витрати на виробництво продукції і її собівартість.

ЛІТЕРАТУРА

1. M.E. Castle & J.N. Watson. A comparison of continuous grazing systems for milk production. J. Br. Grassld. Soc. 2017. 33.P. 123-129.
2. ДСТУ 3662:2018 – Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови – URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=78402.

СФІНГОЛІПІДИ ЯК БІОАКТИВНІ МОЛЕКУЛИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БІОМАТЕРІАЛІВ І БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Ремізова О. О.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
remizova.o.o.-zf51@edu.kpi.ua*

Сфінголіпіди являють собою клас складних ліпідів, які відіграють ключову роль у структурі клітинних мембран, міжклітинній комунікації та біологічній регуляції. Їхня унікальна хімічна будова та функціональні властивості роблять їх перспективними біоактивними компонентами для створення нових біотехнологічних рішень, зокрема біоматеріалів, сенсорних систем, наноструктур та терапевтичних засобів [1]. Завдяки амфіпатичній природі, сфінголіпіди здатні формувати стабільні біліпідні мембрани та мікродоменні структури, тобто, ліпідні рафти, що беруть участь у передачі сигналів, адгезії клітин, апоптозі та імунній відповіді [2]. Церамід, як сигнальна молекула, регулює проліферацію, диференціацію та смерть клітин, що відкриває можливості для його використання у біомедичних технологіях.

У біотехнології сфінголіпіди можуть бути використані як компоненти біосумісних матеріалів (завдяки стабільності та здатності до самоорганізації), молекули для створення нанотранспортерів (завдяки здатності церамідних наночастинок доставляти ліки до клітин-мішеней), біосенсори (для розпізнавання біомолекул у діагностичних системах); інженерія клітинних мембран (модифікація мембранних властивостей для створення штучних клітин або біореакторів). Крім того, біосинтез сфінголіпідів мікроорганізмами (наприклад, грибами роду *Fusarium*) може стати джерелом отримання цільових ліпідів для промислових потреб [3]. Щодо прикладних напрямів використання сфінголіпідів, слід зазначити, що вони мають високу термостійкість і хімічну стабільність, що дозволяє використовувати їх у створенні функціональних поверхонь, емульгаторів, стабілізаторів наноструктур. Їхня хімічна модифікація відкриває шлях до синтезу нових сполук з заданими властивостями, наприклад, ліпідних носіїв для ліків або мембранних моделей для дослідження фармакокінетики.

На основі аналізу наведених літературних джерел можна зробити наступний висновок: сфінголіпіди - це перспективні біоактивні молекули, здатні забезпечити новий рівень функціональності біоматеріалів і біотехнологічних систем. Їхні унікальні фізико-хімічні властивості, біологічна активність та можливість біосинтезу роблять їх важливими об'єктами прикладних досліджень у галузі біотехнологій. Подальші дослідження сфінголіпідів у біотехнології можуть охоплювати: розробку біоінженерних систем на основі сфінголіпідних мембран; створення екологічно безпечних методів синтезу з біомаси або відходів; використання сфінголіпідів як біомаркерів у діагностиці та моніторингу терапії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Галік А. К., Оберніхіна Н. В. Сфінголіпіди як ключові молекулярні гравці в онкології [Електронний ресурс] // IRBNMU – Репозитарій НМУ імені О.О. Богомольця. – 2025. – Режим доступу: <http://ir.librarynmu.com/handle/123456789/15599>
2. Grassi S, Giussani P, Mauri L, Prioni S, Sonnino S, Prinetti A. Lipid rafts and neurodegeneration: structural and functional roles in physiologic aging and neurodegenerative diseases. *J Lipid Res.* 2020 May;61(5):636-654. doi: 10.1194/jlr.TR119000427.
3. Tian, Y., Li, Y., Zhao, F. et al. Engineered *Pichia pastoris* production of fusaricide, a selective immunomodulator. *BMC Biotechnol* 19, 37 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12896-019-0532-8>

ОПТИМІЗОВАНИЙ ПІДХІД ДО ПРОЄКТУВАННЯ МАЛОМАСШТАБНИХ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЛОКАЛЬНО АДАПТОВАНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Грицина О. О.

*Національний університет водного господарства та природокористування, Україна
o.o.hrytsyna@nuwm.edu.ua*

Сучасні виклики у сфері сталого розвитку, енергетичної безпеки та поводження з відходами актуалізують потребу у впровадженні маломасштабних біотехнологічних установок. Такі системи дозволяють ефективно використовувати місцеві ресурси, зменшувати екологічне навантаження та створювати додану вартість для підприємств і громад. Оптимізоване проєктування передбачає поєднання інженерних рішень, екологічних вимог та економічної доцільності.

Оптимізація проєктування ґрунтується на трьох ключових принципах: локальна адаптація; модульність і масштабованість; енерго- та ресурсоефективність.

Серед найбільш перспективних напрямів технологічних рішень: анаеробне зброджування органічних відходів із виробництвом біогазу та добрив; біореактори для очищення стічних вод; біореактори з мікрководоростями, що поглинають CO₂ та утворюють біомасу, придатну для виробництва біопалива, кормів чи добрив; комбіновані установки, що інтегрують кілька процесів у єдину технологічну схему.

Економічні та екологічні аспекти маломасштабних установок: зниження витрат на утилізацію відходів; виробництво відновлюваної енергії та добрив; скорочення викидів парникових газів; підвищення стійкості локальних підприємств до зовнішніх ризиків. тВодночас важливо враховувати вартість життєвого циклу, доступність сервісного обслуговування та можливості залучення інвестицій чи грантової підтримки. У країнах ЄС поширені фермерські біогазові установки потужністю 50–150 кВт, що працюють на відходах тваринництва¹. В Україні зростає інтерес до малих біореакторів та локальних очисних споруд для невеликих громад і підприємств, що підтверджується впровадженням природоорієнтованих рішень² та розвитком ринку компактних біореакторів. У власних дослідженнях автор розробив та апробував концептуальні рішення для маломасштабних біореакторів очищення стічних вод із використанням біологічних методів, що поєднують видалення органічних забруднень із вилученням біогенних елементів. Запропоновані підходи базуються саме на принципах оптимізації (локальна адаптація, модульність, ресурсоефективність), що дозволило створити практичні моделі для українських громад і локальних підприємств.

Оптимізоване проєктування маломасштабних біотехнологічних установок є ключем до розвитку циркулярної економіки на локальному рівні. Поєднання інженерної інноваційності, екологічної відповідальності та економічної доцільності дозволяє створювати системи, що одночасно вирішують проблеми утилізації відходів, енергозабезпечення та підвищення конкурентоспроможності підприємств.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kougias, P.G., Angelidaki, I. Biogas and its opportunities - A review. *Front. Environ. Sci. Eng.* 12, 14 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11783-018-1037-8>.
2. WWF Україна. Використання споруд біоплато для очистки стічних вод малих населених пунктів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nbs.wwf.ua/solutions/vykorystannia-sporud-bioplato-dlia-ochystky-stichnykh-vod-malykh-naselenykh-punktiv/> (дата звернення: 15.10.2025).

ОЦІНКА КОМБІНОВАНОГО ВПЛИВУ СВИНЦЮ ТА ВІРУСУ ТЮТЮНОВОЇ МОЗАЇКИ НА РОСЛИНИ *NICOTIANA BENTHAMIANA* З ГЕТЕРОЛОГІЧНИМ ГЕНОМ *ZRNase II*

Потрохов А. О.,¹ Нетреба М. С.,² Шевченко Т.П.,² Овчаренко О. О.^{1*}

¹Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

²ННЦ «Інститут біології та медицини»

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Україна

ovcharenkooo77@gmail.com

Одним з сучасних світових методів ведення сільськогосподарської діяльності є впровадження в практику рослин зі зміненим геномом. В свою чергу в Україні розроблена стратегія у сфері поводження з генетично модифікованими організмами (ГМО) (Закон №5839 про державне регулювання генетично-інженерної діяльності та державний контроль за обігом модифікованих організмів і генетично модифікованої продукції для забезпечення продовольчої безпеки), що регламентує використання генетично модифікованих рослин.

Однак, разом з тим залишається невирішеною низка питань, пов'язаних з впливом абіотичних та біотичних чинників на трансгенні рослини. Одним з найбільш поширених абіотичних факторів в умовах зростаючого антропогенного навантаження є вплив важких металів, особливо у районах активних бойових дій. Важкі метали, такі як кобальт, кадмій, мідь, нікель, свинець і хром, здатні накопичуватись в ґрунті внаслідок вибухів і використання військової техніки. Разом з тим, в Україні, на сьогоднішній день, широко поширені вірусні інфекції рослин. Наслідки впливу вірусних інфекцій на рослини в умовах забруднення оточуючого середовища важкими металами, досі недостатньо вивчені. Додатковий інтерес становить вплив експресії гетерологічного гена рибонуклеази *ZRNase II* та комбінації цих стресових факторів на рослини. Метою даної роботи було дослідження комбінованого впливу біотичних та абіотичних факторів на рослини на прикладі рослин *Nicotiana benthamiana* дикого типу та чотирьох незалежних модельних трансгенних ліній, з геном рибонуклеази *ZRNase II*, отриманих раніше [1, 2].

Для моделювання комбінованого впливу факторів використовували ацетат свинцю у концентраціях 0,01, 0,05 та 0,1 ммоль як абіотичний чинник та вірус тютюнової мозаїки (ВТМ) як біотичний. В роботі визначали загальний зовнішній фізіологічний стан рослин, їх ростові показники та досліджували вміст пігментних сполук (хлорофілів, антоціанів, флавоноїдів) у рослинах. Для визначення вмісту ВТМ проводили непрямий імуоферментний аналіз (ІФА).

У результаті проведених досліджень були встановлені кореляційні зв'язки при комбінованому впливі зазначених стресових факторів (ацетату свинцю та ВТМ) на рослини. Вивчення показників росту досліджуваних рослин, виявило відмінності як між рослинами дикого типу та трансгенними, так і між окремими трансгенними лініями. За результатами ІФА виявлено тенденцію до зниження рівня накопичення білків ВТМ у більшості з трансгенних ліній при зростанні концентрації свинцю. Такий ефект дозволяє припустити, що вміст свинцю у концентраціях 0,05–0,1 ммоль в середовищі для росту рослин пригнічує розмноження та поширення ВТМ в інфікованих рослинах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ovcharenko, O., Potrokhov, A., Sosnovska, D et al. Increased Virus Resistance in Transgenic Petunia with Heterologous *ZRNase II* gene. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 2023, 16(4), pp. 587–592 <https://doi.org/10.54319/jjbs/160403>
2. Potrokhov A.O., Ovcharenko O.O., Detection of total rnase activity in nicotiana benthamiana plants transformed with the ZRNase II gene. Riga, the Republic of Latvia March 6–7, 2024.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ ШКАРАЛУП ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ ЯК ВІДХОДІВ ГОРІХОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ

Самченко К. Ю., Саблій Л. А.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»
samchenko.kateryna@lil.kpi.ua

Україна залишається одним із найбільших експортерів волоських горіхів у світі, наразі близько 66-70% продукції йде на експорт. У майбутньому ця частка може зрости до 85% завдяки розвитку нових ринків і стабілізації логістики [1].

Мета роботи – оцінити потенціал шкаралупи волоського горіха як сировини для промислового застосування, дослідити хімічний склад та властивості біомаси.

З метою мінімізації виснаження природних ресурсів, останнім часом зростає інтерес до використання або переробки сільськогосподарських відходів [2]. Проте високі витрати на їх збір, транспортування та зберігання обмежують їх застосування [3]. Фермери зазвичай збирають ядра горіхів, а шкаралупу та інші залишки спалюють, що спричиняє серйозні екологічні проблеми. Водночас інтерес до використання таких відходів може забезпечити додатковий дохід та принести екологічні і соціально-економічні вигоди [2]. Більше того, шкаралупа їстівних горіхів (близько 67% від загальної ваги плоду [4]), є перспективним джерелом біомаси, що накопичується безпосередньо на горіхопереробних підприємствах [3].

Шкаралупа волоських горіхів в основному складається з лігніну (35,0%), целюлози (30,4%) і геміцелюлози (24,9%). Високий вміст лігніну робить таку шкаралупу перспективною для виробництва біополіолів, смол та адгезивів, а також для використання як біопалива [2]. Шкаралупу волоського горіха можна використовувати для виготовлення деревно-стружкових плит, вона покращує водостійкість плит і знижує потребу у деревині [5].

Нещодавно шкаралупу волоського горіха почали використовувати для виробництва деревного та активованого вугілля (АВ) і як прекурсори АВ для очищення стічних вод від іонів важких металів та барвників. Сира біомаса має низьку пористість і обмежену адсорбційну здатність, тому застосовують її модифікують, причому хімічна активація забезпечує найкращі морфологічні властивості [5].

Отже, шкаралупа волоського горіха є перспективним ресурсом для виробництва біополіолів, смол, адгезивів, деревно-стружкових плит, активованого вугілля тощо. Її використання дозволяє економити природні ресурси та зменшувати екологічний вплив, роблячи використання цієї біомаси економічно вигідним та екологічно доцільним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аналіз ринку волоських горіхів в Україні. 2024 рік. URL: <https://proconsulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-greckih-orehov-v-ukraine-2024-god>.
2. Domingos, Idalina, Ferreira, José, Cruz-Lopes, Luísa P. and Esteves, Bruno. «Liquefaction and chemical composition of walnut shells» *Open Agriculture*, vol. 7, no. 1, 2022, pp. 249-256. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0072>
3. Kujawiak, S.; Makowska, M.; Waliszewska, B.; Janczak, D.; Brózdowski, J.; Czekala, W.; Zyffert, A. The Influence of Drying Sewage Sludge with the Addition of Walnut Shells on Changes in the Parameters and Chemical Composition of the Mixture. *Energies* 2024, 17, 4701. <https://doi.org/10.3390/en17184701>
4. Pirayesh, Hamidreza. "The Potential for Using Walnut (*Juglans Regia* L.) Shell as a Raw Material for Wood-Based Particleboard Manufacturing." *Composites Part B: Engineering*, 2012.
5. Hania Albatrni, Hazim Qiblawey, Mohammed J. Al-Marri, Walnut shell based adsorbents: A review study on preparation, mechanism, and application, *Journal of Water Process Engineering*, Volume 45, 2022, 102527, ISSN 2214-7144, <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102527>.

ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ ЕКСТРАКТІВ «БОРОДАТИХ» КОРЕНІВ *CICHORIUM INTYBUS* L.

Богданович Т.^{1,2}, Матвєєва Н.¹

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

²Державний університет «Київський авіаційний інститут», Україна

bogdanovych_tais@ukr.net

Пошук нових антимікробних засобів є актуальним через нагальну проблему антимікробної резистентності. Універсальним та потужним інструментом у боротьбі з мікробними патогенами можуть слугувати наночастки срібла завдяки різноманітності їх механізмів дії на бактеріальні клітини. З постійним прагненням до пошуку більш екологічно чистих та економічно ефективних методів, останнім часом увага приділяється «зеленому» синтезу наночасток з використанням рослинних екстрактів, таких як екстракти цикорію дикого (Петрові батogi). Це багаторічна лікарська та їстівна рослина, яка відома як продуцент біологічно активних сполук [1].

Метою цієї роботи було проведення скринінгу ліній «бородатих» коренів цикорію для пошуку зразків з високою відновлювальною активністю, яка потім буде використана для синтезу наночасток. Для проведення досліджень було обрано дев'ять ліній «бородатих» коренів цикорію дикого, попередньо отриманими у результаті *Rhizobium rhizogenes*-опосередкованої трансформації. Сім з них мають додаткові плазмиди з гетерологічними генами інтерферону- $\alpha 2b$ людини, дві лінії отримані у результаті трансформації з використанням дикого штаму *R. rhizogenes* A4. З наважок коренів готували етанольні (70%) екстракти та визначали відновлювальну активність за допомогою модифікованого методу Zhao *et al.* (виражено як $EC_{0.5}$, мг ВМ коренів) [2].

В усіх досліджуваних лініях «бородатих» коренів відновлювальна активність була вищою, ніж у контролі (чим нижчі показники $EC_{0.5}$, тим вищою є антиоксидантна активність). Показники $EC_{0.5}$ становили від 0.92 ± 0.16 (лінія №5) до 2.30 ± 0.29 (лінія №3) мг ВМ, у той час як у контролі – 3.16 ± 0.17 мг ВМ. Таким чином, активність варіювала у 3.43 ... 1.37 рази між трансформованими та контрольними коренями, що може бути пояснено роллю перенесених *rol* генів як активаторів вторинного метаболізму, та у 2.5 рази між різними лініями «бородатих» коренів, адже кожна лінія є окремою трансформаційною подією.

Результати проведеного скринінгу виявили варіабельність відновлювальної активності у трансгенних коренях цикорію. Така активність в усіх лініях була вищою, ніж у коренях нетрансформованих рослин. Робота дала можливість обрати кілька ліній «бородатих» коренів цикорію з високою відновлювальною активністю (лінії №№ 5, 6 та 7). Ці зразки можуть бути використані для синтезу наночасток.

Подяка. Робота виконана за індивідуальною науково-дослідною роботою НАН України для молодих вчених «Особливості формування наночасток срібла шляхом «зеленого» синтезу за використання екстрактів з цикорію» (договір №41/11-2025).

ЛІТЕРАТУРА

1. Janda K., Gutowska I., Geszke-Moritz M., Jakubczyk K. The Common Cichory (*Cichorium intybus* L.) as a Source of Extracts with Health-Promoting Properties-A Review. *Molecules*. 2021. Vol. 26(6). P. 1814. <https://doi.org/10.3390/molecules26061814>
2. Zhao H., Fan W., Dong J., Lu J., Chen J., Shan L., Lin Y., Kong W. Evaluation of antioxidant activities and total contents of typical malting barley varieties. *Food Chemistry* 2008. Vol. 107(1). P. 296–304. <https://doi.org/j.foodchem.2007.08.018>.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НІТРИФІКАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ НОСІЇВ ДЛЯ ІММОБІЛІЗАЦІЇ МІКРООРГАНІЗМІВ

Бабій Д. В., Саблій Л. А.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
babii.daria@iill.kpi.ua*

Серед новітніх методів біологічного очищення стічних вод від сполук азоту ефективним та перспективним є метод з використанням іммобілізованих на носіях мікроорганізмів [1]. Очищення стічних вод від сполук азоту актуально та надзвичайно важливо для запобігання евтрофікації водойм та токсичного впливу сполук амонію на гідробіонти. Основою очищення є нітрифікація, що включає окиснення йонів амонію до нітриту та нітриту до нітрату за участі мікроорганізмів-нітрифікаторів.

Метою роботи є оцінка впливу параметрів носіїв на ефективність нітрифікації.

Ефективність нітрифікації значною мірою залежить від питомої площі поверхні (ППП) біоносія. У дослідженні, де за допомогою 3D-друку було створено носії з різною PPP, зразки з поверхнею понад 1980,5 м²/м³ забезпечили 99,33% перетворення йонів амонію, що суттєво перевищило показники носіїв-аналогів з PPP 500 м²/м³ [2].

Матеріал носія також істотно впливає на нітрифікацію. Наприклад, ефективність видалення азоту становила 89,6% для цеоліту, тоді як для керамзиту та легких пористих матеріалів – лише 65,1% і 35,6%, відповідно. Це пов'язано з високою селективністю цеоліту до йонів амонію завдяки негативно зарядженій поверхні. Серед органічних носіїв для біоплівки високою ефективністю нітрифікації (>90%) відзначаються пористий поліуретан і високощільний поліетилен [3].

Форма біоносія впливає на швидкість прикріплення бактерій. Сферична форма носіїв забезпечує кращу нітрифікацію: з носіями сферичної форми (3 зразки) отримано ефективність видалення амонію: 50±13%, 64±13% і 63±7% через 30, 22 і 17 діб, відповідно. Носії циліндричної форми (2 зразки) показали ефективність - 32±17% і 34±5% через 46 і 47 діб [4]. Дослідження впливу розміру біоносіїв показали, що найменший (10×10×10 мм) забезпечував ефективну нітрифікацію вже при навантаженні 0,65 кг ХСК/(м³·добу), тоді як більші – лише при 0,49 кг ХСК/(м³·добу). При використанні найменшого носія спостерігали найвищу питому швидкість окиснення амонію, що вказує на перевагу малих носіїв [5]. Отже, збільшення PPP, використання носіїв із цеоліту, сферичних форм, а також зменшення розміру носіїв сприяють збільшенню ефективності нітрифікації, більш повному видаленню сполук азоту з води та підвищенню стабільності роботи очисних споруд.

ЛІТЕРАТУРА

1. Саблій Л.А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: Монографія. - Рівне: НУВГП, 2013. – 292 с.
2. Proano-Pena G, Carrano AL, Blersch DM. Analysis of very-high surface area 3D-printed media in a moving bed biofilm reactor for wastewater treatment. PLoS One. 2020.
3. Zhao Y, Liu D, Huang W, Yang Y, Ji M, Nghiem LD, Trinh QT, Tran NH. Insights into biofilm carriers for biological wastewater treatment processes: Current state-of-the-art, challenges, and opportunities. Bioresour Technol. 2019.
4. Dias J, Bellingham M, Hassan J, Barrett M, Stephenson T, Soares A. Influence of carrier media physical properties on start-up of moving attached growth systems. Bioresour Technol. 2018.
5. Wen Shi, Zhe Tian, Yun Wang, Bo Yu, Ye Tian, Min Yang. Effects of biocarrier type and size on the performance of nitrification and simultaneous nitrification and denitrification. Journal of Environmental Chemical Engineering, Volume 11, Issue 3, 2023.

**ВИЗНАЧЕННЯ АНТИМІКРОБНОЇ АКТИВНОСТІ КОЛІЦИНУ COL M,
СИНТЕЗОВАНОГО В ТРАНСГЕННИХ РОСЛИНАХ
BRASSICA OLERACEA VAR. SABELLICA**

**Овчаренко О. О.^{1,2}, Удовенко Ю. Р.², Василенко М. Ю.¹, Балко О. І.³,
Балко О. Б.³, Рудас В. А.¹, Кучук М. В.¹**

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

²Національний технічний університет України, Україна

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

³Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

ovcharenkooo77@gmail.com

Зростання антибіотикорезистентності мікроорганізмів до широко застосовуваних в клінічній практиці антибіотиків вважається глобальною проблемою сьогодення. Одними із шляхів подолання цієї загрозливої тенденції вважається пошук нових речовин з антимікробними властивостями [1]. До таких речовин можуть бути віднесені бактеріоцини – білковоподібні сполуки, які пригнічують ріст близькоспоріднених штамів [2]. Бактеріоцини можуть синтезуватись більшістю мікроорганізмів, у т.ч. і колекційними культурами [3]. Виробництво бактеріоцинів у рослинах може становити значний інтерес для харчової промисловості, медицини та ветеринарії. Методи генетичної інженерії дозволяють перенести гени бактеріоцинів – білків бактеріального походження в рослини. Рослини, як продуценти, мають низку переваг, зокрема низьку собівартість виробництва білка, високий рівень біобезпеки та можливість використання їстівних рослин як продуцентів, що дозволяє уникнути етапу очищення білків. Коліцини, як один з класів бактеріоцинів, характеризуються специфічною антимікробною активністю щодо *Escherichia coli*, у тому числі і по відношенню до ентеропатогенних штамів. Можливість продукції у рослинах антимікробних білків коліцинів була раніше показана на прикладі рослин салату та мізуни [4], проте обом видам притаманні невисока біомаса та вміст білку. Рослини капусти кале характеризуються вищою врожайністю зеленої маси, оптимальним амінокислотним складом та високим вмістом протеїну. До основних недоліків використання капусти, як продуцента рекомбінантних протеїнів, можна віднести складність її генетичної трансформації. Нами були отримані генетично трансформовані рослини капусти кале *Brassica oleraceavar. sabellica* та їх нащадки, які експресують коліцин M. Вектор для генетичної трансформації був люб'язно наданий фірмою Nomad Bioscience GmbH. Тестування антимікробної активності екстрактів контрольної та трансгенної капусти проводили методом визначення мінімальної інгібуючої концентрації (МІК) екстрактів на ріст різних штамів *E.coli* (XL-blue, DH5α). Досліджували рослини T₀ та T₁ поколінь капусти. Було визначено, що на відміну від екстрактів з генетично нетрансформованої капусти, екстракти трансгенної капусти проявляли антимікробну активність проти різних штамів *E. coli*. МІК екстракту з T₀ та T₁ рослин капусти становила близько 4,5 млн. УО/г СВ листя. Висока антимікробна активність детектувалася при зберіганні екстрактів у темряві при +4°C протягом тижня.

ЛІТЕРАТУРА

1. Balko O. B. (2021). Interaction between S-Type Pyocins and Microcin-II-Like Bacteriocins in *Pseudomonas aeruginosa*. *Mikrobiolohichniy Zhurnal*, 83(3). 72-80. doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj83.03.072>
2. Balko, O. I., Balko, O. B. & Avdeeva, L. V. (2020). Bacteriocins of Some Groups of Gram-Negative Bacteria. *Mikrobiolohichniy Zhurnal*, 82(3). 71-84. doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj82.03.071>
3. Pidgorskyi, V.S., Kotsofliak, O.I., Kiprianova, O.A., & Gvosdiak O.R. (2007). *Ukrainian collection of microorganisms. Catalogue of cultures*. Naukova Dumka
4. Shcherbak, N., Prochaska, H., Lystvan, K., Ovcharenko, O., Prokhorova, Y., Giritch, A., & Kuchuk, M. (2024, June). Antibacterial activity of the recombinant colicin M in edible transgenic plants. In *10th International Meeting on Recent Advances in Plant Biotechnology* (p. 14).

ПРОДУКЦІЯ САЛЬМОЦИНУ *SalE1b* В ТРАНСГЕННИХ РОСЛИНАХ *Nicotiana tabacum* ТА ВИЗНАЧЕННЯ АНТИМІКРОБНОЇ АКТИВНОСТІ ЕКСТРАКТІВ ТЮТЮНУ ПРОТИ *Salmonella enterica*

Овчаренко О. О.^{1,2}, Рудас В. А.¹, Балко О. І.³, Балко О. Б.³, Кучук М. В.¹

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

²Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

³Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

ovcharenkooo77@gmail.com

Проблема виникнення стійких до антибіотиків штамів в умовах сьогодення має значну актуальність через широке застосування антибіотиків в медицині і сільському господарстві. Мікроорганізми можуть набувати резистентність через ряд механізмів, у т.ч. за допомогою формування біоплівки [1]. Пошук нових антимікробних речовин потребує детальних досліджень. Бактеріоцини є однією із груп сполук з антимікробною активністю [2]. Це речовини білкової природи, які синтезуються багатьма мікроорганізмами. Одними із перспективних представників бактеріоцинів вважаються сальмоцини, які проявляють антимікробну активність щодо широкого спектру бактерій роду *Salmonella*. Рослини можуть бути потенційними продуцентами бактеріоцинів, оскільки характеризуються рядом переваг. Нами була проведена *Agrobacterium*-опосередкована генетична трансформація тютюну (*Nicotiana tabacum*) сорту Самсун генетичною конструкцією pNMD35541 з геном сальмоцину *SalE1b*. В конструкції використано вектор з системою *magnICON*, який несе гени біосинтезу сальмоцину та елементи вірусу тютюнової мозаїки під контролем етаноліндуцибельного промотора, люб'язно наданий фірмою Nomad Bioscience GmbH [3]. Конструкція дозволяє отримувати стабільно трансформовані рослини, які будуть синтезувати гетерологічний білок лише після індукції етанолом, що дозволяє уникнути метаболічного перевантаження рослини продуцента під час росту, підсилити рівні експресії цільового гена та підвищити рівень біобезпеки таких рослин продуцентів, оскільки цільовий ген без індукції не працює. Недоліком такої конструкції є Т-ДНК великий розмір, що ускладнює процес перенесення. Хоча тютюн вважається модельним видом при генетичній трансформації, через значний розмір Т-ДНК методика потребувала модифікації, оскільки неодноразові спроби отримати трансформовані рослини з цією конструкцією за допомогою традиційної методики не були успішними. Регенерація трансгенних пагонів була отримана лише при модифікованому методі генетичної трансформації, для чого збільшили час співкультивування, використали 2,4-Д та ацетосиренгон. Всі експланти в подальшому культивували на середовищі МСР з доданням 100 мг/л канаміцину. Було отримано понад 100 незалежних ліній. Рослини адаптували *ex vitro* та вирощували в теплиці. Після індукції етанолом в рослинах відбувалася експресія гена біосинтезу сальмоцину. Екстракти рослин виявляли антимікробну активність проти *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Ebony* NCTC 6017. Лінії відрізнялися між собою за рівнем антимікробної активності. Були відібрані лінії трансгенних рослин, які мали високу антимікробну активність екстрактів, що становила понад 600 тис. ОА/г СВ листків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Balko, O.I., Avdeeva, L.V., Balko, O. B. (2018). Depositary Function of *Pseudomonas aeruginosa* Biofilm on Media with Different Carbon Source Concentration. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*, 80(6). 15-27. doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.06.015>
2. Balko, O. I., Balko, O. B. & Avdeeva, L. V. (2020). Bacteriocins of Some Groups of Gram-Negative Bacteria. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*, 82(3). 71-84. <https://doi.org/10.15407/microbiolj82.03.071>
3. Schneider, T., Hahn-Löbmann, S., Stephan, A., Schulz, S., Giritch, A., Naumann, M., ... & Gleba, Y. (2018). Plant-made *Salmonella* bacteriocins salmocins for control of *Salmonella* pathogens. *Scientific reports*, 8(1), 4078. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22465-9>

**ВИКОРИСТАННЯ НОСІЇВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД****Жукова В. С., Саблій Л. А.***Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
zhukova.veronika@lpi.kpi.ua*

Біологічне очищення стічних вод (СВ) є економічно вигідним методом видалення основної маси органічних забруднень порівняно з фізико-хімічними. Підвищення ефективності процесів (наприклад, за рахунок оптимізації аерації, вдосконалення конструкції реакторів, інтенсифікації мікробіологічних процесів) дозволяє знизити експлуатаційні витрати (особливо на електроенергію), зменшити обсяги утворення та утилізації відходів та підвищити надійність роботи очисних споруд. Підвищення ефективності біологічного очищення є важливим для забезпечення сталого управління водними ресурсами, охорони довкілля та впровадження принципів циркулярної економіки в Україні. Одним із ефективних шляхів інтенсифікації мікробіологічних процесів є використання іммобілізованих на носії мікроорганізмів (МО) [1]. Носій (форма поверхні, конструкція, гідро- та аеродинаміка потоків) може активно впливати на процеси очищення, стимулювати мікробний метаболізм, захищати клітини від несприятливих факторів та зберігати біохімічну активність МО. Вибір носія біоплівки є критичним фактором, оскільки носій впливає на оптимальну товщину біоплівки, ріст біомаси та деструкцію забруднюючих речовин у СВ.

Природа мікробних клітин в активному мулі сприяє їх прикріпленню та агрегації на твердих поверхнях [2]. Крім того, утримання (збереження на носіях) повільно зростаючих нітрифікуючих колоній у вигляді біоплівки в біореакторі підвищує ефективність очищення СВ (від вуглецю, сполук фосфору та амонію). Біоплівка може бути визначена як біоценоз мікроорганізмів, що складається з бактерій, найпростіших і грибів, що спільно проживають на твердій поверхні носія. Ці МО утворюють позаклітинні полімерні речовини (ППР), що забезпечують стійкість ценозу та сприяють адсорбції органічних і неорганічних речовин, включаючи пестициди, хлорфеноли, поліциклічні ароматичні вуглеводні, йони важких металів тощо. Метаболічна активність, дифузійна здатність, пористість і щільність біоплівки визначаються складом ППР, зокрема, ліпідами, нуклеїновими кислотами, білками та полісахаридами. Метою цієї роботи є визначення характеристик біоплівки на досліджуваному носії. Досліджували концентрацію біомаси, іммобілізованої на поверхні пластмасового носія $d = 9,95$ мм, питому біомасу (на одиницю площі поверхні) для очищення побутових СВ. Було встановлено, що середня концентрація біомаси, іммобілізованої на поверхні носія, становила 5425 ± 10 мг/дм³. Питома біомаса складала $0,83 \pm 0,06$ мг/см². Високу концентрацію біомаси на носії можна пояснити значною зовнішньою поверхнею носія (площа поверхні одного елемента - $20,83 \pm 0,5$ см²), складною конфігурацією носія (багато перегородок, ребер на зовнішній і внутрішній поверхнях колеса), невеликим розміром і великою кількістю елементів в біореакторі (350 шт).

Таким чином, досліджувані носії можуть бути використані в біоплівкових реакторах з рухомим шаром (типу MBBR), а також на діючих очисних станціях в аеротенках для їх модернізації (наприклад, влаштування носіїв у зоні нітрифікації) для підвищення ефективності очищення СВ, зменшення об'ємів споруд, витрат електроенергії та об'ємів відходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Sablii L., Zhukova V., Kozar M., Hrynevych A., Jaromin-Gleń K. Comparison of biofilm characteristics of different types of carriers for wastewater treatment / Environmental Problems. Lviv: Lviv Polytechnic National University, Vol. 10, No. 1, 2025. – P. 20-25. <https://doi.org/10.23939/ep2025.01.020>
2. Саблій Л.А., Жукова В.С., Гриневич А.О. Оцінка складу мікроорганізмів, іммобілізованих на носіях різних видів / Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. К.: КНУБА, 2024, (48) - С. 57–65. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2024.48.57-65>

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

Гриневич А. О., Саблій Л. А.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
grinevich.andriy@lil.kpi.ua

Сучасні умови розвитку промисловості та урбанізації зумовлюють необхідність підвищення ефективності систем очищення стічних вод. Біологічні методи, як екологічно безпечні та енергоощадні, залишаються ключовими у забезпеченні стійкої роботи очисних споруд. Упродовж останніх десятиліть активно розвиваються нові технологічні схеми, які спрямовані на оптимізацію процесів нітрифікації та денітрифікації, скорочення енергоспоживання й підвищення ступеня видалення сполук азоту та фосфору[1].

На основі проведеного аналізу встановлено, що поряд із технологіями - A2/O, Johannesburg, UCT, Bardenpho, впроваджуються новітні біотехнологічні процеси, зокрема ANAMMOX, SHARON та DEMON, які дозволяють зменшити витрати кисню й реагентів, забезпечуючи ефективне видалення азоту за рахунок автотрофного окиснення амонію. Значного поширення набули системи з іммобілізованими мікроорганізмами (MBBR, IFAS), які поєднують переваги завислої та прикріпленої біомаси, підвищуючи стабільність процесів за змінних гідродинамічних умов[2-3].

Розвиток біологічних методів очищення води відбувається у напрямі інтенсифікації масообмінних процесів, автоматизації керування технологічними параметрами та інтеграції природних і штучних біосистем. Перспективними вважаються рішення, які забезпечують одночасне біологічне видалення сполук азоту, фосфору та органічних речовин із мінімальним енергоспоживанням.

Особливу увагу в сучасних дослідженнях приділено формуванню та функціонуванню біоплівки, як ключового елементу ефективної роботи біореакторів. Біоплівкові системи забезпечують високу концентрацію активної біомаси, здатність до самооновлення та стійкість до токсичних впливів, коливань навантаження і температури. Однак на сьогодні залишається низка невирішених питань, пов'язаних із контрольованим формуванням структури біоплівки, рівномірним розподілом біомаси на носіях та оптимізацією умов масообміну. Ці аспекти визначають актуальність подальших досліджень у напрямі поглиблення знань про механізми функціонування біоплівки, що є необхідним для підвищення ефективності, надійності та екологічної безпеки сучасних систем біологічного очищення стічних вод [4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Sabliy L., Kuzminskiy Y., Zhukova V., Kozar M., Sobczuk H. *New approaches in biological wastewater treatment aimed at removal of organic matter and nutrients* / Ecol. Chem. Eng. S., 2019; 26 (2): 331-343. DOI: 10.1515/eces – 2019 – 0023.
2. Mishra S., Singh V., Cheng L., Hussain A., Ormeci B. *Nitrogen removal from wastewater: a comprehensive review of biological nitrogen removal processes, critical operation parameters and bioreactor design* // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2022. – Vol. 10. – DOI: 10.1016/j.jece.2022.107387.
3. Winkler M.K., Straka L. *New directions in biological nitrogen removal and recovery from wastewater* // Current Opinion in Biotechnology. – 2019. – Vol. 57. – P. 50–55. – DOI: 10.1016/j.copbio.2018.12.007.
4. Hrynevych A.O., Sabliy L.A. *The role of microorganism immobilization in biotechnology of nitrogen compound removal* // Biotechnologia Acta. – 2025. – Vol. 18, No 1. – P. 30–37.

АНТИМІКРОБНИЙ ПОТЕНЦІАЛ НАНОЧАСТОК СРІБЛА

Писаренко П. О., Охмат О. А., Майстренко Л. А.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

lpysarenko1@gmail.com, oxmat.aa@knutd.edu.ua

Сучасний розвиток нанотехнологій відкриває нові можливості для створення ефективних антимікробних матеріалів, зокрема на основі наночастинок металів. Особливу увагу серед них привертають наночастки срібла (AgNPs), відомі своїми широкими біоцидними властивостями щодо бактерій, грибів та вірусів [1]. Їх антимікробна активність зумовлена унікальними фізико-хімічними характеристиками: великою питомою поверхнею наноматеріалів, високою реакційною здатністю та здатністю генерувати іони Ag^+ , що взаємодіють із клітинними структурами мікроорганізмів.

Основними механізмами антимікробної дії наночастинок срібла є порушення цілісності клітинної мембрани, дестабілізація білкових і ферментативних систем, а також індукція оксидативного стресу через утворення активних форм кисню. Ці процеси призводять до загибелі мікробних клітин або пригнічення їх росту. Ефективність впливу AgNPs залежить від розміру, форми, концентрації наночастинок та умов їх застосування.

На сьогодні наночастки срібла активно використовують у медичній, фармацевтичній, текстильній та харчовій промисловостях як антимікробні агенти. Особливо перспективним є їх використання у виробництві біоцидних покриттів, перев'язувальних матеріалів, а також у модифікації шкіряних і полімерних виробів для запобігання розвитку мікрофлори. Додавання AgNPs у структуру композиційних матеріалів дозволяє суттєво підвищити їх мікробостійкість, подовжити термін експлуатації та зменшити ризики біопошкодження. Важливою тенденцією сучасних досліджень є пошук безпечних і відновлюваних методів синтезу AgNPs. Згадана тенденція спрямована на зменшення техногенності хімічного та фізичного способів отримання AgNPs. При цьому біогенний або «зелений» синтез AgNPs передбачає використання рослинних екстрактів, мікроорганізмів чи біополімерів на противагу сильним відновникам, органічним розчинникам, застосуванню для реалізації хімічного способу [2, 3]. Окрім цього забезпечується зниження токсичності отриманих AgNPs і мінімізація негативного впливу на довкілля різних фізичних процесів [4]. При цьому слід зауважити, що біогенний метод дозволяє одержати стабільні наночастки з контрольованими властивостями, що робить їх привабливими для медичних і біотехнологічних застосувань.

Отже, AgNPs мають значний потенціал як універсальні антимікробні агенти нового покоління, що поєднують високу біоцидну активність, екологічну безпечність та можливість широкого практичного використання. Сучасні дослідження з отримання AgNPs спрямовані на оптимізацію методів синтезу, підвищення стабільності наночастинок і розробку поліфункціональних матеріалів із пролонгованим антимікробним ефектом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Edwards-Jones, V. (2009). The benefits of silver in hygiene, personal care and healthcare. *Letters in applied microbiology*, 49(2), 147-152.
2. Ahmad, S., Munir, S., Zeb, N., Ullah, A., Khan, B., Ali, J., ... & Ali, S. (2019), "Green nanotechnology: A review on green synthesis of silver nanoparticles - An ecofriendly approach", *International journal of nanomedicine*, 5087-5107.
3. Almatroudi, A. (2024). Unlocking the potential of silver nanoparticles: from synthesis to versatile bio-applications. *Pharmaceutics*, 16(9), 1232.
4. Wang, Y., Westerhoff, P., & Hristovski, K. D. (2012). Fate and biological effects of silver, titanium dioxide, and C60 (fullerene) nanomaterials during simulated wastewater treatment processes. *Journal of hazardous materials*, 201, 16-22.

БАЗАЛЬТОВЕ БОРОШНО ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ҐРУНТІВ ТА ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ CO₂

Радіонов В. С.

*Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова, Україна
agrokontur.ua@gmail.com*

Посилене вивітрювання гірських порід розглядається сьогодні як перспективна технологія пом'якшення наслідків змін клімату. Одним із найбільш ефективних матеріалів для цього є подрібнений базальт, який поєднує властивості ремінералізатора ґрунтів та природного сорбенту вуглецю. Упродовж останніх десятиліть застосування базальтового борошна набуло поширення у багатьох країнах – від Канади до Австралії. Історичні дані свідчать, що подрібнені вулканічні породи використовувалися ще цивілізаціями майя та ацтеків для підвищення родючості ґрунтів.

Мета дослідження розкрити потенціал використання базальтового борошна як інноваційного екологічного матеріалу для ремінералізації ґрунтів і зв'язування атмосферного CO₂ через природний механізм посиленого вивітрювання.

Українське базальтоне борошно ГЕОДАР, сертифіковано за стандартом Organic Standard, переможець конкурсу «Роби своє-2025» [1], допомагає вирішити цю проблему, це перший національний продукт повного циклу, що включає відбір сировини, подрібнення, лабораторний контроль і агрономічний супровід.

На відміну від багатьох аналогічних продуктів, де «базальтовий пил» – це просто побічний продукт або відсів із кар'єрів фракцією 0-3 мм, ГЕОДАР – це цілеспрямовано отриманий надтонкий помел, що: значно збільшує реакційну площу; полегшує засвоєння мінералів у ґрунтовому комплексі; дає швидший і помітніший ефект.

На відміну від побічних продуктів дроблення, ГЕОДАР характеризується надтонким помелом, що збільшує реакційну площу частинок і прискорює мінералізаційні процеси у ґрунтовому комплексі [1].

Механізм дії базальтового борошна полягає в утворенні вугільної кислоти, що, реагуючи з мінералами базальту, сприяє утворенню бікарбонатів кальцію та магнію. Ці сполуки зв'язують CO₂ і транспортуються в океанічні системи, де вуглець зберігається протягом тисячоліть. Одночасно процес вивітрювання сприяє нейтралізації кислотності ґрунтів, підвищенню катіонної обмінної здатності, відновленню запасів кремнезему, калію, фосфору та мікроелементів. Це дозволяє знизити використання мінеральних добрив і вуглецевий слід агровиробництва.

Дослідження Центру Леверхульма з питань пом'якшення наслідків зміни клімату (Велика Британія) підтверджують потенціал базальтового вивітрювання для скорочення викидів CO₂ на глобальному рівні та покращення стану ґрунтів у різних кліматичних умовах.

Базальтоне борошно є екологічно безпечним і доступним матеріалом з подвійним ефектом: покращення родючості ґрунтів і вилучення CO₂ з атмосфери. Український продукт ГЕОДАР демонструє конкурентоспроможність на міжнародному ринку інноваційних матеріалів для сталого землеробства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Геодар від серця Землі. URL: www.geodar.info
2. Crushed basalt: A sustainable solution for soil acidity, crop yields, and climate? URL: <https://farmofthefuture.co.uk/news/crushed-basalt-a-sustainable-solution-for-soil-acidity-crop-yields-and-climate/>

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА БІОСИНТЕЗ МОЛОЧНОЇ КИСЛОТИ МОЛОЧНОКИСЛИМИ БАКТЕРІЯМИ

Волошина І. М., Кужель А. А., Грецький І. О.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
ihorhretskyi@gmail.com

В умовах інтенсифікації біотехнологічних процесів зростає інтерес до застосування фізичних факторів для регуляції метаболізму мікроорганізмів. Одним із перспективних напрямів є використання електромагнітного випромінювання (ЕМВ) надзвичайно високої частоти (НзВЧ) для модифікації біосинтетичної активності молочнокислих бактерій (МКБ). ЕМВ може впливати на проникність клітинних мембран, активність ферментних систем і швидкість біохімічних реакцій, що визначає ефективність синтезу молочної кислоти — основного метаболіту цих бактерій [1].

Мета роботи — дослідження впливу електромагнітного випромінювання НзВЧ різної тривалості експозиції на біосинтез молочної кислоти молочнокислими бактеріями *Lactobacillus acidophilus*.

МКБ культивували на середовищі MRS при 37 °С протягом 96 год. Перед інкубацією культури піддавали впливу мікрохвильового випромінювання частотою 61,22 ГГц з потужністю 1–100 мкВт упродовж 1–30 хв. Концентрацію молочної кислоти у культуральній рідині визначали методом Бюхнера. Для визначення значущих факторів та їх оптимальних значень для процесу отримання молочної кислоти при культивуванні використовувались методи математичної статистики. Накопичення МК оцінювали використовуючи методи регресійного аналізу в теорії планування експерименту по повнофакторному плану 3³. Статистична обробка даних планованого експерименту (розрахунок коефіцієнтів регресії, дисперсійний аналіз (ANOVA) і побудова поверхонь відгуку проводилась з застосуванням тріал-версії програми Statistica (TIBCO Software Inc., <https://www.tibco.com/>) з використанням бібліотеки DOE. Отримані коефіцієнти вважались статистично значущими при $p \leq 0,05$ [2].

Встановлено, що короткочасна дія мікрохвиль (1 хв, 1 мкВт) стимулює біосинтез молочної кислоти, збільшуючи її концентрацію на 15–30 % порівняно з контролем. За тривалості опромінення понад 30 хв відмічено зниження продукції, що свідчить про перевантаження клітинного метаболізму. При збільшенні потужності опромінення оптимальний стимулювальний ефект спостерігався при експозиції 10 хв 100 мкВт. Імовірно, мікрохвилі при заданих параметрах спричиняють короткочасну активацію ферментів гліколізу та покращують транспорт субстратів через мембрану.

Таким чином, електромагнітне випромінювання НзВЧ може бути ефективним фізичним чинником стимуляції біосинтезу молочної кислоти МКБ. Використання контрольованого мікрохвильового впливу може бути впроваджено у біотехнологічні процеси для підвищення виходу продукту без додавання хімічних стимуляторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Soghomonyan D., Trchounian A. Comparable Effects of Low-Intensity Electromagnetic Irradiation at the Frequency of 51.8 and 53 GHz and Antibiotic Ceftazidime on *Lactobacillus Acidophilus* Growth and Survival. *Cell Biochemistry and Biophysics*. 2013 Vol. 67. №. 3. P. 829–35. doi:10.1007/S12013-013-9571-2.
2. Грецький І.О., Волошина І. М. Оптимізація поживного середовища для отримання молочної кислоти. Інноватика в освіті, науці та бізнесі: виклики та можливості : матеріали V Всеукраїнської конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, м. Київ, 15 листопада 2024 року. Т.1. Київ : КНУТД, 2024. С. 253-257.

НАНОТЕХНОЛОГІЇ У СТВОРЕННІ ШТУЧНИХ ТКАНИН ТА ОРГАНІВ

Литвинова М. І., Філіпцова О. В.

*Національний фармацевтичний університет, Україна
mashulalitinova069@gmail.com, philiptsova@yahoo.com*

Розвиток нанотехнологій відкриває нові можливості для медицини, зокрема у галузі тканинної інженерії. Одним із ключових завдань сучасної медичної біотехнології є створення штучних тканин і органів, здатних замінювати або відновлювати функції пошкоджених біологічних структур. Наноматеріали завдяки своїм унікальним фізико-хімічним властивостям дають змогу моделювати середовище, максимально наближене до природного позаклітинного матриксу, що значно підвищує ефективність клітинної регенерації.

Метою дослідження було проаналізувати роль нанотехнологій у створенні штучних тканин і органів, визначити їхні переваги, принципи використання та перспективи розвитку у медичній біотехнології.

Інформаційна база сформована на основі сучасних наукових публікацій журналів eBioMedicine, Frontiers in Bioengineering and Biotechnology та відкритих матеріалів PubMed Central. Застосовано методи системного аналізу, порівняльного огляду та узагальнення результатів досліджень щодо використання наноматеріалів у тканинній інженерії.

Покращення нашого розуміння взаємодії між імплантатами та клітинами спрямували увагу на нанорозмірні технології. На сьогоднішній день нанотехнології зіграли допоміжну руку в розробці синтетичних штучних органів та регенеративної медицини. Це включає виробництво інтелектуальних нанокомпозитних матеріалів; флуоресцентних наночастинок, таких як квантові точки, та магнітних наночастинок для відстеження стовбурових клітин; а також вуглецевих нанотрубок та графену для покращення властивостей матеріалів.

Велику роль приділяють наночастинок у розробці наноматеріалів; хімічні модифікації поверхні, можливі для покращення функції імплантатів, та огляд ефективності наноінженерних органів на сьогоднішній день. Це включає імплантати, розроблені для естетичних цілей, такі як носові та вушні каркаси, пластичні та реконструктивні хірургічні конструкції (тобто дермальні трансплантати), порожнисті органи для кардіоторакального застосування; і, нарешті, але не менш важливо, ортопедичні імплантати.

Встановлено, що нанотехнології відіграють провідну роль у створенні біосумісних каркасів для росту клітин. Нановібри, наночастинок металів і полімерів забезпечують оптимальну топографію поверхні, покращують адгезію та проліферацію клітин. Наночастинок також використовуються як носії факторів росту, білків або генетичного матеріалу, що сприяє цільовій стимуляції регенераційних процесів.

У поєднанні з технологією 3D-біодруку наноматеріали дозволяють створювати багатопланові тканинні структури зі складною архітектурою, наближену до природних органів. Особливу увагу приділено питанням безпеки та біосумісності наночастинок, що залишається актуальним напрямом подальших досліджень.

Нанотехнології є ключовим інструментом у розвитку медичної біотехнології, оскільки забезпечують можливість створення штучних тканин і органів з високою точністю та функціональністю. Поєднання наноматеріалів, клітинних технологій і 3D-біодруку відкриває перспективи для персоналізованої регенеративної медицини. Подальший прогрес у цій галузі залежить від міждисциплінарного підходу, етичного ведення досліджень і дотримання принципів академічної доброчесності.

БІОТЕХНОЛОГІЧЕ ЗНАЧЕННЯ ГАЛОФІТОНОВИХ ВОДОРОСТЕЙ ДЛЯ ОПРІСНЕННЯ СОЛОНИХ ВОД ТА ЯК ПРОДУЦЕНТІВ КОРИСНИХ РЕЧОВИН

Філіпцова О. В., Дроздова А. С.

Національний фармацевтичний університет, Україна
philiptsova@yahoo.com, drozdovanasta13@gmail.com

Швидке зростання населення, збільшення споживання на душу населення та швидке зростання урбанізації створюють критичний попит на воду. Нові технології відновлення води та вдосконалення інфраструктури водних громад можуть частково полегшити потребу. Однак ці підходи вимагають довгострокових інвестицій, і багато країн стикаються зі зростаючими хронічними проблемами з водою. Таким чином, існує потреба в покращенні доступних водних ресурсів за доступними цінами для підтримки процвітання міських та сільських районів, а також для захисту навколишнього середовища. Опріснення солонуватої ґрунтової та морської води може розкрити величезні водні ресурси та забезпечити сталим джерелом води для регіонів світу з дефіцитом води. Термічна дистиляція та мембранне розділення становлять 33% та 53% світового споживання відповідно. Однак сучасні технології опріснення споживають велику кількість енергії та вимагають великих капіталовкладень. Найсучасніша технологія зворотного осмосу досягає термодинамічної межі потреби в енергії. Вартість води, отриманої шляхом опріснення, у 3-5 разів перевищує вартість води, отриманої з традиційних джерел. Таким чином, постачання води за допомогою сучасних технологій опріснення для сільського господарства може не забезпечити продовольчу безпеку через логістичні, фінансові та екологічні проблеми. Це питання все ще обговорювалося під час нещодавньої посухи в Каліфорнії. Вплив технологій опріснення на навколишнє середовище зумовлений 1) високим використанням термоелектрики, що призводить до високих викидів CO₂, та 2) скиданням концентрованого розсолу у водне середовище. Галофітні рослини процвітають у середовищах з високою концентрацією солі. Деякі галофільні водорості не тільки стійкі до солі, але й можуть концентрувати в кілька разів більше солі, ніж вода, в якій вони живуть. Рослини та водорості, що населяють естуарії та засолені внутрішні регіони з високою солоністю вздовж солонуватих та солонуватих боліт, можуть зазнати значного відбору на здатність переносити сіль. Цей великий басейн рослин і водоростей пропонує багато кандидатів для використання в інженерних біотехнологічних системах, призначених для очищення солоної води. Концепція біоопріснення є новою, і дослідження все ще перебувають на початковій стадії. Макрофітні водорості поєднують солі у своїх каркасах та видаляють їх з розчину. Водорості, пор. *Pheridia tenuis*, показали, що поєднують сіль у вакуолях своїх тканин і перетворюють воду на безсолеву, якщо їх залишити рости у відрі з морською водою. Поглинання солей галофітом являє собою стан, при якому сіль накопичується на тлі зростаючого осмотичного градієнта. Галофітони мають низку унікальних адаптацій, що дозволяють витримувати екстремальні умови: високий осмотичний тиск, нестачу прісної води, підвищену інтенсивність ультрафіолетового випромінювання та великі концентрації солей. Завдяки цим адаптаціям галофітони синтезують спеціальні метаболіти, які виконують захисні функції, наприклад, полісахариди, антиоксиданти, екстремостійкі ферменти, білки та жирні кислоти. Біотехнологічне значення галофітонів зумовлене саме цими біохімічними властивостями. Наприклад, мікроводорість *Dunaliella salina* є основним джерелом β-каротину, який використовується у фармацевтичній промисловості, косметичі та як харчова добавка. Червона водорість *Galdieria sulphuraria* виробляє стійкий до високих температур і кислот фікоціанін, який застосовується як природний барвник та антиоксидант у харчовій та фармацевтичній галузях. Інші види, такі як *Salicornia* та *Suaeda*, багаті на фенольні сполуки та флавоноїди, що мають протизапальні та антиоксидантні властивості.

БІОДЕГРАДАБЕЛЬНІ ПОЛІЛАКТИДНІ ПЛІВКИ З АНТИБАКТЕРІАЛЬНОЮ ТА ФУНГІЦИДНОЮ АКТИВНІСТЮ

Семенюк Н., Дудок Г., Малиновський В., Пакош А., Шалата Н., Скорохода В.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

nataliia.b.semeniuk@lpnu.ua

Серед перспективних біорозкладних полімерів полілактиди привертають особливу увагу завдяки широкому спектру застосувань у харчовій та пакувальній промисловості, ламінуванні паперу, сільському господарстві, медицині та біотехнології. Це зумовлено їхніми експлуатаційними властивостями, зокрема здатністю до біологічного розкладання. Для покращення функціональних характеристик полілактидні матеріали, зокрема, у формі плівок, модифікують різними добавками – наночастинками, пластифікаторами та сумісними полімерними компонентами. Особливе значення мають наночастинки благородних металів, зокрема, срібла, які можуть використовуватися як антимікробні агенти для надання матеріалам для харчових продуктів і лікарських засобів фунгібактерицидних властивостей [1]. Досліджено закономірності отримання полілактидних плівкових композицій методом заливання з розчину з одночасним формуванням срібних наночастинок у структурі плівки. Для направленої впливу на властивості полілактидних матеріалів, їх структуру і морфологію здійснено модифікування полілактидів гліцерином та полівінілпіролідом. Встановлено вплив природи полілактиду та його структури, модифікатора полівінілпіролідону та пластифікатора гліцерину на кінетику випаровування розчинника та особливості формування полілактидних плівкових матеріалів. Обґрунтовано концентраційні та температурно-часові параметри формування модифікованих полілактидних плівкових матеріалів. Виявлено морфологічні особливості полілактидних плівок і підтверджено, що поверхнева морфологія композитних плівок з ПЛА визначається багатьма факторами, зокрема, природою полімеру, вмістом та природою пластифікатора, температурними режимами формування, змінюючи які, можна впливати на структуру композитів і їхні властивості. Плівки без наночастинок мають гладку, міцну та однорідну структуру, тоді як плівки зі срібними наночастинками змінюють колір від світло- до темно-коричневого залежно від їх концентрації.

За даними термічного аналізу встановлено, що зразки на основі ПЛА та сумішей ПЛА з гліцерином відзначаються високою теплостійкістю та термостійкістю. Початок інтенсивної втрати маси зразків, викликані глибокими деструктивними та термоокисними процесам, зміщений в область високих температур (265°C і вище). Досліджено вплив умов формування плівок, кількості модифікувальних добавок, природи ПЛА на фізико-механічні і пружно-деформаційні властивості полілактидних матеріалів. Найміцніші плівки вдалося сформувати використовуючи ПЛА марки Luminy LX175. Для надання композиціям фунгіцидних властивостей застосовано реакцію відновлення срібла взаємодією солей срібла з полівінілпіролідом. Формування наночастинок підтверджено методом енергетично-дисперсійного аналізу. Отримані композиційні матеріали продемонстрували фунгіцидну та бактерицидну активність проти *Escherichia coli* HB 101, *Staphylococcus aureus* та цвілевого гриба *Aspergillus niger*. Композиції зі срібними наночастинками проявляли високі показники активності (зони пригнічення: 60–100% для бактерій і до 80% для грибів), тоді як плівки без наночастинок не мали фунгіцидних властивостей. Отримані полілактидні плівкові матеріали з фунгіцидними властивостями мають перспективу використання як пакувальні матеріали для харчових продуктів і ліків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Semenyuk N., Dudok G., Skorokhoda T., Bratychak M., Sadova U., Skorokhoda V. Regularities of obtaining silver nanoparticles in the presence of polyvinylpyrrolidone and their application for osteoplastic composites. *Chemistry and Chemical Technology*, 2022. 16 (3) , p. 404-410.

SCHIZANDRA CHINENSIS ЯК ПЕРСПЕКТИВНЕ ДЖЕРЕЛО БІОАКТИВНИХ ЛІГНАНІВ У КОСМЕТОЛОГІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

Нікітіна О. О., Модженкова М. А.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
nikitina.oo@knutd.edu.ua

Все більше засобів догляду за шкірою включають рослинні агенти, що мають потенційні антиоксидантні, протизапальні та протиканцерогенні властивості, які можуть запобігти пошкодженню шкіри ультрафіолетовим випромінюванням. Дібензоциклооктанові лігнани, виділені з плодів лимонника відомі як складові антигепатотоксичних, протиастматичних, протидіабетичних, седативних та тонізуючих засобів. Схізандрин В, що відноситься до цієї групи здатен значно пом'якшувати пошкодження фібробластів шкіри та епідермальних кератиноцитів, викликане УФ-опроміненням. Функціональний механізм інгібування схізандрином В окисного пошкодження клітин, викликаного УФ-опроміненням, може бути наступним: особливі ефекти запального інтерлейкіну 6 та 18 у кератиноцитах; зниження рівня експресії колагенолітичної матричної металопротеїнази; зменшення деградації колагену [1]. Автори працюють над розробленням складу відновлювального тонеру з природними адаптогенами *Schizandra chinensis*. Однак ці компоненти є рідкісні і коштовні. Рослини родини *Schizandraceae* є незамінним джерелом дібензоциклооктанових лігнанів для ліків, харчових добавок та косметики, але вони ростуть повільно. Основними та унікальними особливостями дібензоциклооктанових лігнанів є діфенілпропановий фрагмент та циклооктадієнове кільце, які хіміки-органіки давно вважають цікавими але складними для синтезу. Хімічний синтез дібензоциклооктанових лігнанів теоретично можливий, але він багатостадійний та дає низький загальний вихід, все це перешкоджає ефективному та стабільному виробництву схізандрину В і підвищує ціну готового продукту. В останні роки зростають асортимент та попит на натуральні продукти, що знайдені в рослинах і синтезовані мікроорганізмами. Метод рослинної біотехнології культивування лимонника китайського *in vitro* має потенційну користь. Останнім часом у метаболічній інженерії для виробництва лігнанів рослинами досягнуто багатьох успіхів, зокрема: молекулярна характеристика нових генів, що кодують ферменти для шляхів біосинтезу цінних лігнанів; виробництво як ендогенних, так і екзогенних лігнанів шляхом тимчасової або стабільної трансфекції біосинтетичних генів лігнанів у культивовані клітини, тканини та рослини. Проте з'ясування біосинтетичного шляху дібензоциклооктанових лігнанів залишається складним, оскільки біосинтетичні гени, система генетичної трансформації та весь геном *S. chinensis* ще недоступні. Як вже відмічалось, рослина росте повільно, методи конструювання мутантів та трансгенні експерименти є трудомісткими, відкриття біосинтетичних генів, що беруть участь у біосинтезі схізандринів, є новаторським та складним. Хоча Сузукі та ін. [2] запропонували біосинтетичний шлях для дибензоциклооктадієнових лігнанів ще у 2007 році, досі не було досягнуто жодного прогресу в розробці функціонально охарактеризованих ферментів, це дає нові виклики щодо їх вивчення і подальшого застосування в біотехнології.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ehambarampillai D, Wan MLY. A comprehensive review of Schisandra chinensis lignans: pharmacokinetics, pharmacological mechanisms, and future prospects in disease prevention and treatment. Chin Med. 2025 Apr 9;20(1):47.
2. Qiang TY, Liu JS, Dong YQ, Mu XL, Chen Y, Luo HM, Zhang BG, Liu HT. Identification, Molecular Cloning, and Functional Characterization of a Coniferyl Alcohol Acyltransferase Involved in the Biosynthesis of Dibenzocyclooctadiene Lignans in *Schisandra chinensis*. Front Plant Sci. 2022 Jun 23;13:881342.

**КРИТЕРІЇ ВИБОРУ СУБСТРАТУ ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ ГРИБІВ
ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАМІННИКА ШКІРИ****Довга С. П.***Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
dovha.sofiia@iit.kpi.ua*

В останні роки шкіряна промисловість зазнає критики у зв'язку з високим рівнем витрат води та енергії, застосуванням токсичних реагентів та експлуатацією тварин, а штучні полімерні замінники шкіри відрізняються низькою екологічною безпечністю. Зважаючи на це, вдосконалення та здешевлення технології виробництва замінника шкіри з міцелію грибів, а саме підбір оптимального субстрату є перспективним напрямом досліджень. На основі аналізу літератури та патентів, було визначено потенційні компоненти субстратів, їх переваги у використанні для поверхневого культивування базидіоміцетів з метою отримання суцільного пласту міцелію. Субстрат повинен бути джерелом вуглецевого та азотистого живлення для гриба, забезпечувати необхідний мінеральний склад і бути придатним для конкретного виду. Крім того, низька вартість і легкодоступність є в пріоритеті. Особливості ферментативних комплексів ксилотрофних базидіоміцетів дозволяють їм засвоювати лігноцелюлозну біомасу, яка складає значну частину деяких відходів деревообробної, харчової та агропромисловості. Перспективними складовими субстратів є солома, тирса різних деревних порід, кукурудзяні качани, зернове та кавове лушпиння, буряковий жом. Згадана сировина має високий вміст полісахаридів, однак, часто характеризується недостатньою кількістю макро- та мікроелементів, тому необхідне їх окреме додавання [1]. Субстрат на основі тирси застосовується компанією ММЕ і містить 60% води та 30% букової тирси [2]. Також, український бренд Mycelia Tech для твердофазного культивування використовує субстрат на основі зерна полби та тирси листяних порід дерев [3]. Субстрат, що використовується в процесі культивування має значний вплив на морфологію, хімічний склад клітинної стінки й структуру грибного міцелію. Так, Amobonye A. з співавторами встановили залежність вологості міцелію *Trametes versicolor* від використаного субстрату (середній рівень вологості 6,5% на бавовняній і 8,6% на ріпаковій соломі) [1]. Також, характер субстрату впливає на ризик контамінації, так, зараження є більш імовірним для субстрату на основі тирси сосни ніж ясена [2]. Відповідно, для поверхневого твердофазного та рідинного культивування базидіоміцетів у вигляді міцеліального шару, придатного для виготовлення мікошкіри, підходять субстрати з відходів агро- та деревообробної промисловості, що характеризуються високим вмістом целюлози та лігніну, а саме: тирса, солома, кукурудзяні качани тощо. Для покращення мінерального живлення грибів необхідно додавати в середовище різноманітні добавки та солі. Таким чином, культивування на різних субстратах дозволяє отримати міцелій з відповідними властивостями для подальшої переробки на замінник шкіри.

ЛІТЕРАТУРА

1. Amobonye A., Lalung J., Awasthi M. K., Pillai S. Fungal mycelium as leather alternative: A sustainable biogenic material for the fashion industry. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 368. P. 1-13.
2. Baars J. J. P., Mishra P., Hendrickx P., van der Horst C., van Peer A. Development of a circular sustainable culturing process for natural leather-like materials based on fungal mycelium: report / Wageningen Plant Research, Business Unit Plant Breeding. Wageningen: Stichting Wageningen Research, 2024. 61 p.
3. Спосіб виготовлення штучної шкіри з міцелію: пат. 155334 Україна : D06N 3/00, D06N 3/12. Кондрин Марта Богданівна (UA). – № u202304268 ; заявл. 11.09.2023 ; опубл. 14.02.2024, Бюл. №\ 7. – 6 с

ВПЛИВ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ІМУНІТЕТ ЛЮДИНИ

Стогній К. М.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
karinastohnii@gmail.com

Пробіотики – це «живі мікроорганізми, які за умови вживання в достатній кількості приносять користь здоров'ю господаря» (ВООЗ та ФАО) [1].

Одною із вимог до пробіотичних препаратів є їхня здатність позитивно впливати на організм хазяїна. Ця особливість має бути підтвердженою дослідженнями або клінічними випробуваннями. У цій роботі проведено аналіз впливу пробіотичних препаратів на імунну систему людини, для потенційного застосування у даній сфері.

Результати аналізу на досліджень на людях і тваринах свідчать, що пробіотики мають потенціал клінічної ефективності при захворюваннях кишечника, зокрема інфекційній діарей, діарей, що асоціюється з антибіотиками, atopічних хворобах, некротичному ентероколіті, виразковому коліті та синдромі подразненого кишечника, а також при позакишкових захворюваннях, таких як алергія [2].

Коли перорально вводяться пробіотичні бактерії, вони взаємодіють з клітинами епітелію кишечника або з імунними клітинами, що асоціюються з власною пластинкою (lamina propria), через тол-подібні рецептори (Toll-like receptors), і стимулюють утворення різних цитокінів або хемокинів. Макрофаговий хемотаксисний білок-1 (macrophage chemoattractant protein-1), який виробляється IECs, надсилає сигнали до інших імунних клітин, що приводить до активації слизової імунної системи (MIS), що характеризується збільшенням кількості клітин, що продукують імуноглобулін А (IgA+) у кишечнику, бронхах і молочних залозах, та активацією Т-клітин. Зокрема, пробіотики активують регуляторні Т-клітини, які виділяють ІЛ-10. Цікаво, що пробіотики зміцнюють кишковий бар'єр за рахунок підвищення виробництва муцину, білків щільних контактів (tight junction proteins) та збільшення кількості келихоподібних та Панеттових клітин [3].

Захист від вірусної інфекції також було встановлено як перевагу дії пробіотиків. Інтраназальне зараження мишей дикого типу живими або термічно інактивованими *Lactobacillus plantarum* або *Lactobacillus reuteri* повністю захистило їх від летальної інфекційного патогену гризунів, інфекції вірусу пневмонії, зменшило залучення гранулоцитів і експресію декількох прозапальних цитокінів, а також знизило здатність вірусу до відновлення [2].

Отже використання пробіотиків є перспективним напрямом у клінічній практиці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tan, L. L., Mahotra, M., Chan, S. Y., & Loo, S. C. J. (2022a). In situ alginate crosslinking during spray-drying of lactobacilli probiotics promotes gastrointestinal-targeted delivery. *Carbohydrate Polymers*, 286, 119279. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119279>
2. Yan, F., & Polk, D. B. (2011). Probiotics and immune health. *Current opinion in gastroenterology*, 27(6), 496–501. <https://doi.org/10.1097/MOG.0b013e32834baa4d>
3. Maldonado Galdeano, C., Cazorla, S. I., Lemme Dumit, J. M., Vélez, E., & Perdigon, G. (2019). Beneficial Effects of Probiotic Consumption on the Immune System. *Annals of nutrition & metabolism*, 74(2), 115–124. <https://doi.org/10.1159/000496426>

БІОЗАХИСТ ТЕКСТИЛЬНИХ ПОСТІЛЬНИХ ВИРОБІВ З ОБ'ЄМНИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ

Михайлова Г. М., Осієвська В. В.

Державний торговельно-економічний університет, Україна

h.mykhaylova@knute.edu.ua, v.osiiyevska@knute.edu.ua

Суттєвим фактором покращення безпеки життя, здоров'я людей та охорони довкілля є використання товарів, які є безпечними. Постільні вироби постійно мають безпосередній контакт з тілом людини і суттєво впливають на її самопочуття та здоров'я, тому підвищення рівня якості життєдіяльності людини в значній мірі залежить від якості та безпечності цих виробів. Здатність ковдр, подушок та на матрациків створювати комфортні умови повноцінного відпочинку людини, захищати її організм від несприятливого впливу навколишнього середовища, обумовлює необхідність розширення асортименту цієї групи товарів за рахунок використання новітніх матеріалів та технологій їх виготовлення.

Зважаючи на важкий стан текстильної промисловості України перед нею гостро стоїть проблема якості та безпечності продукції, зокрема текстильних постільних виробів з об'ємними наповнювачами. Поряд з традиційними видами наповнювачів (бавовняне волокно, вовна – овеча, кашемірова, верблюжа, натуральний шовк) сьогодні актуальними є можливості зміни у складі наповнювача, зокрема використання нових видів волокон і волокнистих сумішей. Також важливим елементом є застосування сучасних інноваційних технологій їх оброблення біоцидною обробкою з метою поліпшення споживних властивостей.

Перспективи інтеграції до світового ринку зумовлюють потребу у системному підході до організації виробництва в Україні постільних виробів з об'ємним наповнювачем, що оброблені біоцидними препаратами та відповідають сучасним вимогам, мають необхідний рівень якості та конкурентоспроможності.

Під час експлуатації ковдри, подушки і матрацики піддаються впливу різних фізико-механічних та біологічних чинників, що призводить до скорочення терміну їх використання та негативної дії на організм людини, зумовлюючи алергічні та інші захворювання. Крім того, вони не підлягають багаторазовому пранню, а їх використання відбувається при підвищеній відносній вологості та температурі повітря.

Новою сучасною гігієнічною нормою для текстильних матеріалів стало їх оброблення антимікробними засобами. Препарати різної хімічної будови використовуються для боротьби з мікроорганізмами (бактерії, гриби), які знаходяться на текстильному матеріалі. Питання усунення шкідливих мікроорганізмів на текстильних матеріалах необхідно вирішувати для задоволення наявних та передбачуваних потреб в окремих групах виробів [1].

За участю авторів розроблено ряд технологій, у тому оброблення текстильних наповнювачів розчинами на основі трикорзану. Однак, дослідження якості текстильних постільних виробів під час експлуатації ще не проводилися.

Таким чином, проведені дослідження підтвердили доцільність використання триклозану для забезпечення біостійкості текстильних постільних виробів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Михайлова Г.М. Текстильні постільні вироби з об'ємними наповнювачами: монографія / Г.М. Михайлова, А.М. Слізков. Київ: Держ. торг.-екон. ун-т, 2024. 252 с.

КУЛЬТИВОВАНЕ М'ЯСО ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ НАПРЯМ БІОТЕХНОЛОГІЇ**Горайнова Є. С., Пилипенко Д. М.***Державний біотехнологічний університет, Україна**pdmforwork@btu.kharkiv.ua*

Культивоване м'ясо – це новітній напрям сучасної біотехнології, що дає змогу отримувати м'ясні продукти без вирощування і забою тварин. Його виробництво базується на культивуванні клітин тварин у контрольованих умовах *in vitro* – від ізоляції клітин до формування тканин, подібних до справжнього м'яса [1].

Першим етапом є отримання клітин та створення банків клітин, що забезпечують стабільність і відтворюваність процесу. Використовуються різні типи клітин – ембріональні, індуковані плюрипотентні, первинні та іморталізовані клітинні лінії. Кожен тип має свої переваги й обмеження: первинні клітини легко отримати, але вони мають обмежену кількість поділів; натомість стовбурові клітини здатні до необмеженого розмноження, однак потребують ретельного етичного та регуляторного контролю [2, 3]. Перспективним напрямом розвитку є використання генетичної інженерії. Завдяки технології CRISPR можливо створювати клітинні лінії, стійкі до старіння, або такі, що самостійно виробляють необхідні фактори росту [1].

Наступним етапом є проліферація клітин, тобто їх активне розмноження у живильному середовищі. Сучасні дослідження спрямовані на створення безсироваткових середовищ, які не містять компонентів тваринного походження. Це дозволяє підвищити етичність і безпечність виробництва, хоча висока вартість факторів росту залишається проблемою [2]. У процесі довготривалого культивування клітини втрачають здатність до поділу, що значно знижує ефективність виробництва. Для подолання цієї проблеми дослідники експериментують з інгібіторами певних сигнальних шляхів, наприклад р38 MAPK, або використовують умови культивування з пониженим вмістом кисню, щоб зменшити окислювальний стрес [1, 3].

Важливим кроком є диференціація клітин у м'язову та жирову тканину. У природі ці процеси регулюються складними сигналами, тому у лабораторії їх відтворюють шляхом зміни умов живлення або додавання спеціальних речовин, які активують експресію потрібних генів. Зокрема, для утворення жирових клітин застосовують регулятори, що активують білки PPAR γ та C/EBP α , відповідальні за процес адипогенезу [1, 2]. Щоб отримати текстуру, подібну до натурального м'яса, клітини вирощують у тривимірних структурах на біосумісних каркасах або гідрогелях. Серед перспективних матеріалів – альгінат, желатин та соєвий білок, які є харчовими, безпечними та не містять компонентів тваринного походження.

Таким чином, культивоване м'ясо є перспективним напрямом, який може стати вирішенням багатьох глобальних проблем – екологічних, продовольчих та етичних проблем: суттєво зменшити екологічне навантаження, знизити викиди парникових газів та підвищити добробут тварин. Подальші дослідження у сфері клітинної біології, інженерії біоматеріалів і масштабування виробництва є ключем до впровадження цієї технології у харчову промисловість.

ЛІТЕРАТУРА

1. Martins B., Bister A., Dohmen R.G.J. et al. Advances and Challenges in Cell Biology for Cultured Meat. *Annual review of animal biosciences*. 2024. Vol. 12. P 345–368.
2. Lanzoni D., Bracco F., Cheli F. et al. Biotechnological and Technical Challenges Related to Cultured Meat Production. *Applied Sciences*. 2022. Vol 12(13). 6771.
3. Chodkowska K.A., Wodz K., Wojciechowski J. Sustainable Future Protein Foods: The Challenges and the Future of Cultivated Meat. *Foods*. 2022. Vol. 11(24). 4008.

ГМО В УКРАЇНІ ТА СВІТІ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Чорнорот О. Ю.

Дніпровський політехнічний фаховий коледж, Україна

chabanenko.olga07@gmail.com

Генетично модифіковані організми (ГМО) є одним із ключових напрямів сучасної біотехнології. Вони широко застосовуються у сільському господарстві, медицині та харчовій промисловості. У світі ГМО розглядають як інструмент вирішення проблем продовольчої безпеки та підвищення ефективності виробництва, водночас їх використання супроводжується екологічними, етичними та соціально-економічними дискусіями. Для України, як однієї з провідних аграрних держав, питання впровадження та контролю за ГМО має особливе значення.

Провідними виробниками та споживачами ГМО в світі є США, Бразилія, Аргентина, Канада, Індія – лідери з вирощування ГМО-культур (соя, кукурудза, бавовник, ріпак). ГМО забезпечують високу врожайність, стійкість до шкідників і кліматичних факторів. Водночас суспільство стурбоване можливим зниженням біорізноманіття та монополізацією ринку насіння. Використання ГМО дозволяє зменшувати втрати врожаю, оптимізувати застосування засобів захисту рослин, але викликає соціальні та екологічні дискусії [1].

Україна є великим аграрним виробником і експортером зернових, олійних культур. Законодавство України довгий час було спрямоване на обмеження ГМО та контроль їх вмісту в продуктах харчування. З 2023 року розпочато гармонізацію законодавства з нормами ЄС, що передбачає впровадження реєстрації та маркування ГМО. У наукових колах України ведуться дослідження у сфері генної інженерії та біотехнології, проте масове використання ГМО офіційно залишається обмеженим.

Перспективи розвитку ГМО в Україні пов'язані насамперед із вдосконаленням методів редагування геному, таких як CRISPR-Cas9, що дозволяє створювати точніші та безпечніші модифікації порівняно з класичними методами. Важливим напрямом є також інтеграція української науки та аграрного бізнесу у міжнародні біотехнологічні програми, що сприятиме обміну досвідом і впровадженню сучасних технологій. Крім того, перспективним завданням є формування прозорої політики щодо ГМО в Україні, яка враховуватиме як європейські стандарти, так і інтереси споживачів.

Переваги застосування ГМО – це підвищення врожайності, зменшення витрат на пестициди, можливість створення продуктів із поліпшеним складом (вітаміни, амінокислоти), використання у медицині (інсулін, вакцини, біофармацевтика). Ризики та виклики: екологічні (поширення трансгенів у дикі популяції, зменшення біорізноманіття), соціально-економічні (залежність фермерів від корпорацій-постачальників насіння), етичні (ставлення суспільства до «штучної» їжі) [2]. ГМО є важливим інструментом розвитку сучасного сільського господарства та медицини. Світовий досвід демонструє значні переваги їх використання, проте потребує посиленого контролю за безпечністю. Для України актуальним є поєднання наукових досягнень із чітким законодавчим регулюванням та гармонізацією з європейськими нормами. Подальший розвиток біотехнологій відкриває нові можливості у виробництві продуктів харчування та фармацевтиці, але вимагає суспільного діалогу щодо етичних та екологічних аспектів.

ЛІТЕРАТУРА

1. James, C. Global status of commercialized biotech/GM crops: 2022. ISAAA Brief No. 58. Ithaca, NY, 2022. 140 p.
2. Domingo, J. L. Health risks of genetically modified foods: a review of scientific literature. – Food and Chemical Toxicology, 2021. Vol. 156. P. 112–118.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ РЕКОМБІНАНТНОГО АНТИГЕНУ ДЛЯ ІМУНОФЕРМЕНТНОЇ ДІАГНОСТИКИ ВІРУСУ ГЕРПЕСУ І ТИПУ

Гоголь І. М.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
gogol.igor@lil.kpi.ua*

Вірус простого герпесу І типу (HSV-1) є одним із найпоширеніших патогенів людини, що викликає латентні та рецидивні інфекції. Для ранньої діагностики та визначення імунного статусу пацієнтів широкого застосування набули імуноферментні тести (ІФА), однак традиційні антигени, отримані з вірусних культур, мають обмеження через складність стандартизації та ризик контамінації. Перспективним напрямом є використання рекомбінантних антигенів, що забезпечують високу специфічність і відтворюваність результатів [1-2].

Ген *gB-1* було модифіковано шляхом видалення ділянки, що кодує трансмембранний фрагмент, і клоновано у реплікативний вектор під контролем промотора вірусу саркоми Рауса. Отриману конструкцію трансфектовано у клітини людини НЕК-293, які стабільно експресували та секретували глікопротеїн *gB-1s* у культуральне середовище. Після ультрафільтрації культуральної рідини білок очищували методом імуноафінної хроматографії з використанням моноклональних антитіл до *gB*. Концентрацію рекомбінантного білка визначали спектрофотометрично, після ультрафільтрації та афінної очистки антиген використовувався як тверда фаза в ІФА [1]. Розроблений ІФА передбачав інкубацію тест-сироваток із твердою фазою, сенсibilізованою *gB-1s*, подальше зв'язування антиген-антитіло детектувалося за допомогою пероксидазного кон'югату анти-IgG та хромогенного субстрату ортофенілендіаміну. Оптимальні параметри визначено експериментально: концентрація антигену – 10-50 нг/лунку, розведення сироваток – 1:50, температура інкубації – 37°C [1].

Отримана тест-система продемонструвала високу діагностичну ефективність: збіг результатів із традиційним ІФА на нативних антигенах перевищував 98%. Перехресних реакцій із сироватками пацієнтів, інфікованих іншими герпесвірусами людини (VZV, CMV, EBV, HHV-6), не виявлено. Завдяки відсутності необхідності працювати з інфекційним матеріалом, метод є безпечним і придатним для масової діагностики. Крім того, стабільність та стандартизованість рекомбінантного антигену дають можливість створювати уніфіковані ІФА-набори для серодіагностики як первинної, так і латентної герпесвірусної інфекції, а також для контролю ефективності вакцинації [1-2].

Таким чином, запропонована інтегрована технологія рекомбінантних *gB-1s* створює високоаналітичну, безпечну ELISA-систему для HSV-1 діагностики, мінімізуючи ризики контамінації та крос-реакцій, з високою стабільністю та точністю. Це сприяє інноваційному біотехнологічному виробництву тест-систем, орієнтованих на екологічну безпеку та ресурсозбереження в медичній діагностиці. Методика може бути стандартизована для діагностики як гострих, так і латентних форм герпесвірусної інфекції, а також для серомоніторингу після вакцинації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Revello M.G. et al. Development and evaluation of an ELISA using secreted recombinant glycoprotein B for determination of IgG antibody to herpes simplex virus. *Journal of Virological Methods*. 1991. Vol. 34. P. 57–70.
2. Zheng Z. et al. Serum Reactivity Against Herpes Simplex Virus Type 1 UL48 Protein in Behçet's Disease Patients and a Behçet's Disease-like Mouse Model. *Acta Dermato-Venereologica*. 2015. Vol. 95. P. 952–958.

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ІМУНФЕРМЕНТНОЇ ТЕСТ-СИСТЕМИ ДЛЯ ОДНОЧАСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ АНТИТІЛ ДО ВІРУСІВ ГЕРПЕСУ I ТА II ТИПУ

Гоголь І. М.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
gogol.igor@lil.kpi.ua*

Віруси простого герпесу першого (HSV-1) та другого (HSV-2) типів є близькоспорідненими патогенами, що викликають латентні та рецидивні інфекції, мають схожу антигенну структуру та значний рівень серологічного перехресного реагування. Це створює труднощі у диференціації типів при серологічній діагностиці, що особливо важливо для епідеміологічного моніторингу і вибору терапевтичної тактики. Використання імуноферментного аналізу (ІФА) для одночасного визначення антитіл до HSV-1 і HSV-2 є перспективним напрямом, проте потребує оптимізації складу антигенів для досягнення високої чутливості та специфічності [1]. Розробка типоспецифічних ІФА-систем є актуальним завданням сучасної діагностики, адже стандартизація таких наборів дозволяє уніфікувати результати аналізів між лабораторіями та підвищити відтворюваність досліджень. Точність ІФА значною мірою залежить від використання типоспецифічних глікопротеїнів як антигенів. Дослідження показали, що комбінація глікопротеїнів gC і gD для HSV-1 та gD і gF для HSV-2 забезпечує оптимальне співвідношення чутливості й специфічності тесту – понад 90% узгодження результатів із мікронеутралізаційним методом. Абсорбція сироваток гетерологічними антигенами дозволяє усунути перехресні реакції, що підвищує достовірність типоспецифічного виявлення антитіл [1]. Поєднання антигенів, розташованих у різних регіонах вірусного геному, забезпечує ефективне розділення сигналів HSV-1 та HSV-2, що може бути використано й у серологічних тестах. Впровадження аналогічного підходу у форматі ІФА дозволяє підвищити точність визначення змішаних інфекцій та виявляти низькотитровані антитіла, які часто залишаються поза межами чутливості стандартних тестів [2].

Оптимізація складу ІФА-системи передбачає відбір антигенних компонентів із мінімальною структурною гомологією між типами HSV, регулювання їх концентрацій у реакційній суміші та стандартизацію співвідношення глікопротеїнів у твердій фазі планшета. Застосування моноклональних антитіл для іммобілізації антигенів підвищує стабільність та відтворюваність системи, тоді як скорочення часу інкубації сироваток до 30 хв без втрати чутливості дозволяє адаптувати метод для високопродуктивного аналізу [1].

Таким чином, комбіноване використання очищених глікопротеїнів gC/gD (HSV-1) та gD/gF (HSV-2) у складі тест-системи забезпечує збалансовану чутливість і специфічність при одночасному визначенні антитіл до обох типів вірусу герпесу. Оптимізована ІФА-платформа може бути рекомендована для стандартизованої лабораторної діагностики та сероепідеміологічних досліджень, а також як основа для створення вітчизняних тест-наборів із диференційованим типоспецифічним визначенням HSV-інфекцій. Її впровадження дозволить розширити доступність точних методів діагностики герпесвірусних інфекцій та підвищити ефективність моніторингу їх поширення серед населення України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hampar B. et al. Enzyme-linked immunosorbent assay for determination of antibodies against herpes simplex virus types 1 and 2 in human sera. *Journal of Clinical Microbiology*. 1985. Vol. 21(4). P. 496–500.
2. Corey L. et al. Differentiation of herpes simplex virus types 1 and 2 in clinical samples by a real-time Taqman PCR assay. *Journal of Clinical Microbiology*. 2005. Vol. 43(7). P. 3299–3302.

МІКРОБНІ ПАЛИВНІ ЕЛЕМЕНТИ У ПЕРЕРОБЦІ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД

Марченко М. А., Русакова М. Ю.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Україна
bio.3020@stud.onu.edu.ua

Наразі стічні води цукрової, пивоварної та м'ясопереробної промисловості, створюють значні екологічні проблеми через високе органічне навантаження та концентрацію забруднюючих речовин. Технологія мікробних паливних елементів (МПЕ) пропонує перспективні рішення для сталого очищення та виробництва електроенергії. МПЕ – це біоелектрохімічна система, яка може перетворювати хімічну енергію на електричну за допомогою мікробного каталізу на електродах. Таким чином, такі забруднювачі у стічних водах, що містять Карбон, Нітроген, Фосфор або важкі метали, можуть бути окиснені мікроорганізмами в камерах МПЕ [Nitisoravut et al., 2017].

Цукрова промисловість виявляє кілька побічних продуктів, таких як меляса, багаса та пресовий шлам [Cheesman, 2004]. Незважаючи на вміст цукрів, які самі по собі можуть бути гарним джерелом поживних речовин для мікроорганізмів, утилізація стічних вод з мелясою є складною через їх високий рівень хімічного (65 000–130 000 мг/л) та біохімічного споживання кисню (30 000–96 000 мг/л). Zhang та ін. для вирішення цієї проблеми, використали інтегровану систему, що складалася з анаеробної установки, яка розкладала похідні меляси з виділенням сульфідної кислоти, а також МПЕ, в якому відбувалось перетворення сульфідів на елементарну сірку з вироблення електроенергії. Коли використовувалися висококонцентровані стічні води з мелясою, система досягла максимальної щільності потужності 1410,2 мВт/м² [Zhang et al., 2009]. Таким чином, це була успішна спроба поєднати технологію МПЕ з традиційними анаеробно-аеробними процесами.

Стічні води пивоварень також є дуже поширеним субстратом, який привернув увагу кількох дослідників МПЕ завдяки своїм унікальним характеристикам. Фактично, концентрація органічних матеріалів у стічних водах пивоварень приблизно в 10 разів більша, ніж у органічних речовинах у побутових стічних водах [Li et al., 2006]. Крім того, цей субстрат може бути найкращим варіантом для підвищення ефективності МПЕ через низьку концентрацію амонію та високий вміст вуглеводів. Gao et al. запропонували і розробили МПЕ з повітряним катодом для виробництва електроенергії зі стічних вод пивоварень, досягнувши максимальної щільності потужності 0,27 Вт/м² з приблизно 60% видаленням ХСК [Gao et al., 2020].

Хоча промислові м'ясні відходи все ще не є поширеним субстратом у МПЕ, вже було проведено кілька успішних досліджень. Наприклад, робота Meignanalakshmi показала, що МПЕ, який працює на рідині рубця кіз, зібраний з боєнь, та рисовій соломі з цинк-мідними електродами, був ефективним у виробництві біоелектроенергії, досягаючи потужності 8490 мВт/м² [Meignanalakshmi et al., 2016]. В іншому дослідженні було досягнуто щільність потужності 700 мВт/м² з майже 70% видаленням ХСК шляхом обробки стічних вод бойні різними дозами рубцевої рідини в МПЕ з графітовими електродами [Christwardana et al., 2016]. Таким чином, з огляду на отримані результати та споживання м'яса у всьому світі, подальше дослідження використання відходів бойні представляє значний інтерес при створенні МПЕ.

Отже, технологія МПЕ, яка використовує як промислові, так і побутові відходи, пропонує трансформаційний підхід до вирішення екологічних проблем, одночасно виробляючи біоелектроенергію. Традиційні субстрати, такі як меляса, стічні води пивоварень та м'ясної промисловості, продемонстрували значний потенціал завдяки вмісту органічних компонентів та особливостям їх біохімічних перетворень, що сприяє мікробній активності щодо вироблення електроенергії.

ДОСЛІДЖЕННЯ АКУМУЛЮВАННЯ ЗАЛІЗА ДРІЖДЖАМИ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* В РІЗНИХ ПОЖИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ**Бондар Г. М., Клименко М. А., Красінько В. О.***Національний університет харчових технологій, Київ, Україна**abn2292@gmail.com*

Акумуляування мікроелементів у дріжджовій біомасі є перспективним напрямом біотехнології, адже поєднує мікробні механізми засвоєння металів із можливістю створення нових функціональних продуктів для харчової та кормової промисловості. Серед різних мікроелементів особливе місце займає залізо, яке необхідне для дихального ланцюга, синтезу гемових і негемових білків, а також підтримки антиоксидантної рівноваги клітин. Разом з тим залізо в надлишкових кількостях може бути токсичним, тому адаптація дріжджів до високих його концентрацій є складним завданням.

Метою цього дослідження було порівняти здатність клітин *Saccharomyces cerevisiae* акумулювати іони заліза з різних джерел (ферум (II) сульфат, ферум (III) хлорид, ферум (III) цитрат) у чотирьох поживних середовищах: стандартному середовищі Рідера, глюкозо-фосфатно-амонійному середовищі, середовищі із солодовим екстрактом та середовищі на основі меляси.

Результати показали значні відмінності у здатності дріжджів накопичувати залізо залежно від природи джерела металу та складу поживного середовища. У середовищі Рідера акумуляція заліза була порівняно низькою: для ферум (II) сульфат середнє значення склало $1,23 \pm 0,07$ мг/г, для ферум (III) хлорид - $2,72$ мг/г, тоді як ферум (III) цитрат взагалі не забезпечував засвоєння. Це вказує на обмеженість даного класичного середовища для біотехнологічних цілей збагачення дріжджів мікроелементами.

У запропонованому глюкозо-фосфатно-амонійному середовищі спостерігався підвищений рівень акумулювання заліза порівняно з середовищем Рідера. Зокрема, ефективність засвоєння була вищою як у випадку ферум (II) сульфату, так і ферум (III) хлориду, а також проявилася певна здатність клітин накопичувати залізо із ферум (III) цитрату, яка раніше майже не засвоювалася. Це можна пояснити збалансованим складом поживних компонентів і буферними властивостями середовища, що підтримували кращу доступність іонів для клітинних транспортерів.

У середовищі із солодовим екстрактом ситуація була менш стабільною: спостерігалися коливання у здатності дріжджів накопичувати різні форми заліза. Ймовірно, органічні сполуки солодового екстракту взаємодіяли з цитратною формою, знижуючи її біодоступність, але водночас створювали сприятливі умови для ефективного засвоєння трьохвалентного заліза. Найвищі показники засвоєння заліза були отримані у середовищі з мелясою, що особливо важливо з практичної точки зору, оскільки меляса є дешевим і доступним відходом цукрового виробництва. У цьому середовищі дріжджі накопичували $9,25 \pm 0,35$ мг/г у варіантах із ферум (II) сульфатом, $11,4 \pm 0,2$ мг/г із ферум (III) хлоридом та $6,6 \pm 1,0$ мг/г із ферум (III) цитратом. Очевидно, що наявність цукрів, вітамінів та органічних кислот у мелясі створювала оптимальні умови для росту клітин і їхньої активності щодо засвоєння іонів заліза. Це узгоджується з сучасними уявленнями про роль органічного субстрату та комплексоутворювачів у біодоступності металів для мікроорганізмів.

Дані експерименту підтверджують важливість вибору як джерела металу, так і складу поживного середовища. Середовище Рідера виявилось найменш придатним для задач біотехнологічного збагачення, тоді як середовище з мелясою показало найкращий результат, що робить його перспективною платформою для створення залізозбагачених дріжджів із потенційним використанням у кормовій та харчовій промисловості.

БІОЕНЕРГЕТИЧНІ МЕТОДИ ЯК ДОПОМІЖНИЙ ЗАСІБ У ЛІКУВАННІ ТА РЕАБІЛІТАЦІЇ

Розумна А. Р.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
rozumna_alyna@ukr.net

Біоенергетика – це напрям комплементарної медицини, який базується на припущенні, що життєва енергія є основою функціонування організму, а її дисбаланс призводить до розвитку захворювань. Біоенергетичні терапії (рейкі, зовнішній цигун, біоелектрична меридіанна терапія) застосовуються для гармонізації енергетичного поля, зменшення психоемоційного напруження та підтримки фізичного стану.

Дослідження, опубліковане у 2016 році, показало, що короточасний сеанс біоенергетичної терапії сприяв суттєвому зниженню рівня стресу та підвищенню відчуття розслаблення у 39 учасників. Це свідчить про потенційну ефективність методу у психоемоційній саморегуляції та відновленні після стресових станів [1].

В онкологічній практиці біоенергетичні втручання розглядаються як допоміжні. Систематичний огляд клінічних досліджень із залученням 1375 пацієнтів показав, що подібні методи можуть знижувати біль, нудоту, втому та покращувати якість життя під час хіміо- чи променевої терапії. Проте результати високоякісних досліджень не виявили значущих відмінностей порівняно з плацебо, що свідчить про переважно психоемоційний характер ефектів [2].

У клінічному випадку застосування біоелектричної меридіанної терапії у пацієнта після COVID-19 відзначено поступове поліпшення когнітивних, сенсорних і м'язових функцій, що може свідчити про потенційну роль біоенергетики у відновлювальній медицині [3].

Натомість дослідження ефективності зовнішнього цигун у жінок із раком молочної залози не продемонструвало об'єктивного впливу на пухлину чи клінічні показники, хоча частина пацієнок відзначала покращення самопочуття. Це підтверджує, що біоенергетика не може замінити традиційне лікування, але може слугувати допоміжним засобом емоційної та психологічної підтримки [4].

Таким чином, біоенергетичні методи відіграють важливу допоміжну роль у комплексному підході до лікування, сприяючи зниженню стресу, покращенню емоційного стану та якості життя пацієнтів. Однак доказова база їхньої клінічної ефективності залишається обмеженою. Необхідні подальші дослідження з чітким контролем змінних, щоб оцінити реальні фізіологічні ефекти біоенергетичних втручань та визначити їх місце в доказовій медицині.

ЛІТЕРАТУРА

1. A Pilot Study - PubMed. *PubMed*. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26984883/>
2. Bioenergy therapies as a complementary treatment: a systematic review to evaluate the efficacy of bioenergy therapies in relieving treatment toxicities in patients with cancer - PubMed. *PubMed*. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36166091/>
3. Recovery From Long COVID: The Role of Bioelectric Meridian Therapy in Restoring Health and Well-Being - PubMed. *PubMed*. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39726863/>
4. External qigong therapy for women with breast cancer prior to surgery - PubMed. *PubMed*. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21106615/>

БІОКОНВЕРСІЯ ЛІГНОЦЕЛЮЛОЗНИХ ВІДХОДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГРИБІВ РОДУ *TRICHODERMA* ТА *ASPERGILLUS*

Дзюбенко Вікторія

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
vika93347@gmail.com

Лігноцелюлоза є найпоширенішою складовою біомаси, а її перетворення на біопаливо має велике значення для зменшення викидів вуглецю. Проте її складна структура зумовлює низьку ефективність і високу вартість ферментативного гідролізу. Основними чинниками стійкості є кристалічність целюлози, заміщення ксилану арабінозою та складна мережа полімерів, яку можна частково подолати попередньою обробкою біомаси [1].

Попри подібний склад трав'янистої біомаси, різні методи попередньої обробки суттєво змінюють її структуру, що впливає на індукцію ферментів, проте цей вплив досі недостатньо досліджений. Для створення ефективних ферментних коктейлів важливо встановити взаємозв'язки між властивостями індукторних субстратів і секреторами мікроорганізмів, що руйнують лігноцелюлозу [3].

Наразі застосовуються різні методи розщеплення складної структури лігніну з метою підвищення доступності целюлози та геміцелюлози для дії мікробних ферментів. Ці методи поділяються на фізичні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні, серед яких найефективнішою вважається комбінована хімічно-біологічна обробка [2]. Хімічна передобробка руйнує структуру лігноцелюлози, прискорюючи її подальшу біодеградацію, тоді як біологічна базується на дії ферментів і метаболітів мікроорганізмів, забезпечуючи екологічно безпечну, хоча й повільнішу, трансформацію.

Одним із ефективних біотехнологічних підходів є твердофазна ферментація (ТФФ), під час якої мікроорганізми метаболізують лігноцелюлозу, підвищуючи вміст білків і цукрів у субстраті та збагачуючи його поживну цінність. Серед мікроорганізмів, здатних до деградації лігноцелюлози, особливу увагу привертають гриби м'якої гнилі — представники аскоміцетів і дейтероміцетів, зокрема роди *Trichoderma* та *Aspergillus*. Вони ефективно розкладають целюлозу та геміцелюлозу й частково — лігнін. Серед них *Trichoderma reesei* є одним із найвивченіших продуцентів целюлаз і геміцелюлаз, що визначає його як основний штам для промислового виробництва ферментів. Подібні властивості мають також *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride* та *Trichoderma asperellum* [4].

В дослідженнях для твердофазної ферментації (SSF) соломи рисової (WS) та WS, попередньо обробленої 3% NaOH, використовували *T. asperellum*. Штам демонстрував високу здатність до деградації лігноцелюлози завдяки потужній ферментативній активності та секретував повний набір лігноцелюлозолітичних ферментів (гідролази, естерази, ліази, оксидоредуктази, лігнінмодифікуючі пероксидази), що робить його перспективним для виробництва ферментів. Попередня обробка WS дозволяла зменшити втрати продуктів ферментації.

Для культивування використовували картопляно-декстрозний бульйон (PDB) та агар (PDA). Міцеліальні гранули отримували шляхом перенесення частини колонії на PDB і культивування при 30°C на струшувачі 5 днів, після чого гранули фільтрували для інокуляції. До чашок із 10 г WS (обробленого та необробленого) додавали поживний розчин (глюкоза 0,025 г/мл; сульфат амонію 0,015 г/мл; дикалійфосфат та сульфат магнію по 0,0025 г/мл) у співвідношенні 1:2, перемішували з міцелієм та інкубували при 30°C.[4]

Традиційно компоненти рослинної біомаси, такі як целюлоза та геміцелюлоза, за допомогою ефективних ферментних коктейлів, що виробляються мікробними клітинними фабриками розкладаються на моносахариди. Моносахариди потім використовуються для живлення інших мікробних клітинних фабрик, наприклад, *Saccharomyces cerevisiae*. *Нещодавно ефективний та економічно вигідний альтернативний підхід пропонує використовувати олігосахариди, отримані з частково деградованого лігноцелюлозного матеріалу, замість моносахаридів для ферментації.*

Сконструйований штам *Aspergillus niger*, вирощений на лігноцелюлозному субстраті, продукує спеціалізований ферментний коктейль для часткової деградації лігноцелюлози. Використання цього секретому для обробки біомаси цукрової тростини забезпечує підвищене співвідношення целоолігосахариди/глюкоза, що свідчить про ефективність видалення певних ферментативних компонентів. Гриб демонструє високу пластичність, секретиючи альтернативні целюлази та ферменти, активні щодо другорядних компонентів клітинної стінки, без порушення росту на рослинній біомасі. Це доводить здатність штаму використовувати целооолігосахариди як джерело вуглецю. Таким чином, делеція екзоферментів є перспективним підходом для створення спеціалізованих коктейлів, придатних для одержання олігосахаридів із рослинної біомаси. Отримані результати підкреслюють адаптивність грибів і відкривають можливості для виробництва пребіотиків, косметичних засобів і біопалива на основі олігосахаридної ферментації [1].

Підводячи висновок можна сказати, що лігноцелюлоза є найпоширенішою складовою біомаси та перспективним відновлюваним джерелом вуглецю для виробництва біопалива. Проте її складна полімерна структура ускладнює ефективний ферментативний гідроліз. Поєднання хімічної попередньої обробки з біологічною деградацією підвищує ефективність перетворення біомаси, зменшуючи кристалічність целюлози та руйнуючи зв'язки між лігніном і полісахаридами. Перспективним напрямом також є створення генетично модифікованих штамів здатних продукувати селективні ферментні коктейлі для часткової деградації лігноцелюлози з утворенням олігосахаридів. Це відкриває нові можливості для одержання пребіотиків, біопалива та біоактивних сполук.

ЛІТЕРАТУРА

1. de Figueiredo, F. L., Contesini, F. J., Terrasan, C. R. F., Gerhardt, J. A., Corrêa, A. B., Antoniel, E. P., Wassano, N. S., Levassor, L., Rabelo, S. C., Franco, T. T., Mortensen, U. H., & Damasio, A. (2024). Engineering the secretome of *Aspergillus niger* for cellooligosaccharides production from plant biomass. *Microbial Cell Factories*, 23(1), 323. <https://doi.org/10.1186/s12934-024-02578-9>.
2. Mohanram, S., Rajan, K., Carrier, D. J., Nain, L., & Arora, A. (2015). Insights into biological delignification of rice straw by *Trametes hirsuta* and *Myrothecium roridum* and comparison of saccharification yields with dilute acid pretreatment. *Biomass and Bioenergy*, 76, 54–60. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.02.031>
3. Zhang, Y., Wang, R., Liu, L., Wang, Y., Yang, J., & Yuan, H. (2023). Distinct lignocellulolytic enzymes produced by *Trichoderma harzianum* in response to different pretreated substrates. *Bioresource Technology*, 382, 128990. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128990>
4. Zhu, Q., Liu, W., Song, L., Guo, Z., Bian, Z., Han, Y., Cai, H., Yang, P., & Meng, K. (2025). The potential of *Trichoderma asperellum* for degrading wheat straw and its key genes in lignocellulose degradation. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1550495. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1550495>

СТРАТЕГІЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ БІОПОЛІМЕРНИХ НОСІЇВ З ВИСОКИМ ЗАВАНТАЖЕННЯМ ЛЕТКИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Наконечний В. І., Гавриляк В. В.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

vnakon@gmail.com

До споживчих властивостей ароматизованих плівок і пластин є важливими такі вимоги, як відсутність крихкості, довгий термін зберігання й експлуатації, зменшення впливу зовнішнього середовища на реологічні параметри. Зі зростанням завантаження летких органічних сполук у носії, зокрема, ефірних олій, полімерна матриця зазвичай втрачає жорсткість і форму, тому одним з ключових завдань є поєднання високого завантаження із структурною стабільністю носія. Аналіз літератури свідчить, що найефективніші рішення базуються на поєднанні декількох підходів до фіксації летких молекул у носіях, а саме на виборі компонентів, таких як желатин, хітозан, циклодекстрини, монтморилонітових глин та форм - як багатошаровості чи інкапсуляції. Найбільше завантаження спостерігається при інкапсуляції ефірних олій на полімерні матриці чи мікрокапсули що дозволяє отримувати до 50-80% завантаження леткими молекулами в залежності від подальшої їх фіксації та розмірів мікрокапсул. При малих розмірах та потребі іммобілізації на пластинах чи поверхнях загальний об'єм може бути меншим. Іншим варіантом є завантаження ефірних олій в пористі носії, такі як цеоліти, активоване вугілля чи інші пористі мінерали. Перевагою таких носіїв є те, що після абсорбції їх реологічні властивості не зазнають змін, не стають вологими чи липкими. Цеоліти демонструють завантаження 27-38% без значної зміни структури носія. Клеї, зокрема такі, як монтморилоніт, мають більший розмір пор — тож можуть інкапсулювати більший об'єм олії, але також і швидше його вивільняти. Пористі носії можуть бути пресовані в тверді форми, або змішуватись з полімерами та виливатись в тверді листи. Основною перевагою таких матеріалів є їх структурна стабільність. Нанонаповнювачі, як монтморилоніт чи целюлозні нанопікри, посилюють міжфазну адгезію, знижують газо- і паропроникність та діють як антисинерезисні якорі для летких молекул, зменшуючи початкову втрату, а також вплив підвищеної температури. Інший тип фіксаторів - циклодекстрини, які працюють більш точково, утворюють комплекси включення з молекулами завдяки чому дифузія відбувається повільніше. Самі по собі вони дають обмежене завантаження тому поєднання із плівками чи порошками-адсорбентами, може збільшити об'єм завантаження молекул включення. Зазвичай одна молекула циклодекстрину зв'язує 1-2 молекули включення. Оскільки сам циклодекстрин має досить велику молекулярну масу ~1.135 кДа, масова частка включення в комплекси в багатьох випадках становить лише 6-15%. Це суттєво нижчий рівень інкапсуляції порівняно з мікрокапсулами або пористими полімерами. Щоб отримати більше завантаження, потрібно великий об'єм циклодекстрину, що робить матеріал об'ємним та крихким. Крім того, з наших експериментів ми зауважили, що комплекси циклодекстрину схильні вивільняти леткі молекули не повністю, частина може залишатися зв'язаною. Тому в задачах, де пріоритетом є максимізація завантаження, циклодекстрин не є оптимальним вибором, але він може бути складовою багатокомпонентної системи. Архітектура носія є важливою. Багатошарові або ламіновані системи з тонкими бар'єрними шарами, наприклад, кисне- та вологонепроникними і контрольованою мікроперфорацією дозволяють розділити функції: внутрішній шар акумулює леткі молекули, зовнішній забезпечує механічні властивості й контроль вивільнення. Сукупне застосування зазначених підходів дозволяє регулювати властивості кінцевого матеріалу із максимальним завантаженням леткими молекулами. Циклодекстрин впливає на молекулярний рівень фіксації, біополімери, як желатин/хітозан створюють структуру, що утримує форму, монтморилоніт підсилюють каркас, та бар'єрні шари можуть коригувати транспорт, вологу та кисень й швидкість вивільнення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Perinelli DR, Palmieri GF, Cespi M, Bonacucina G. Encapsulation of Flavours and Fragrances into Polymeric Capsules and Cyclodextrins Inclusion Complexes: An Update. *Molecules*. 2020 Dec 11;25(24):5878.
2. Ferreira, A.P.; Almeida-Aguiar, C.; Costa, S.P.G.; Neves, I.C. Essential Oils Encapsulated in Zeolite Structures as Delivery Systems (EODS): An Overview. *Molecules* 2022, 27, 8525.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ АНАЕРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЙ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД

Дубовенко В. Ю., Саблій Л. А.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
dubovenko.vladislav@iitl.kpi.ua

Інтенсивний розвиток харчової промисловості у світі супроводжується утворенням значних обсягів високозабруднених стічних вод. Скидання неочищених або недостатньо очищених виробничих стічних вод (СВ) призводить до евтрофікації водойм, забруднення ґрунтових вод, поширення патогенних мікроорганізмів та деградації водних екосистем. Стічні води харчових підприємств (СВХП) утворюються під час технологічного процесу, миття обладнання та ін. Вони характеризуються високими концентраціями органічних забруднень: БСК₅ 750-4700 мг/дм³; ХСК 1000-11000 мг/дм³; жири 40-600 мг/дм³, загального азоту 160-430 мг/дм³; фосфору 16-60 мг/дм³; завислих речовин (ЗР) 300-2500 мг/дм³. Відношення БСК₅/ХСК > 0,6 свідчить про їх високу здатність до біорозкладання [1]. Для очищення СВХП широко застосовують анаеробні технології завдяки перевагам: низький приріст мулу та енерговитрати, високі навантаження за ХСК та утворення біогазу. Це такі, як: UASB, EGSB, періодичні ANSBR, біофільтри AF, комбіновані AnMBR [2,3]. UASB-реактори (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) забезпечують ефекти за ХСК 65-80% при навантаженні 2-11 кг ХСК/(м³·добу) та тривалості 1-2 доби [2]. Основною перевагою їх є утворення гранул мулу великої гідравлічної крупності. Недоліки – чутливість до високого вмісту жирів та СПАР, що можуть спричинити винесення дрібних гранул мулу з реактора. EGSB-реактори (Expanded Granular Sludge Bed) є удосконаленням UASB з підвищеною швидкістю потоку – 4-10 м/год, що забезпечує кращий контакт мулу із СВ. Зниження ХСК – 83-87% при навантаженнях до 35 кг ХСК/(м³·добу). Рециркуляція СВ покращує масообмін та запобігає накопиченню жирів на поверхні води [1]. Анаеробні фільтри (AF) дозволяють знизити ХСК на 60-85% [1], їх переваги – стійкість до зміни навантаження та температури, недолік – ризик колюматції завантаження жирами і ЗР. Анаеробні секвенційні реактори (ANSBR) працюють у періодичному режимі з чергуванням фаз заповнення, анаеробного очищення, осадження та відокремлення очищеної води. Ефективність за ХСК – 90-95%, БСК₅ – 94%, азотом – 61%, фосфором – 50% [2,4]. Переваги: простота конструкції та експлуатації, відсутність вторинних відстійників. Анаеробні мембранні біореактори (AnMBR) поєднують анаеробне біологічне очищення з мембранною фільтрацією, забезпечуючи зниження ХСК до 97% та мінімізуючи винос біомаси. Технологія дозволяє працювати при навантаженнях до 40 кг ХСК/(м³·добу), однак передбачає високі капітальні та експлуатаційні витрати на регенерацію мембран [2]. Отже, анаеробні технології є ефективним рішенням для висококонцентрованих СВХП. Сучасні анаеробні реактори забезпечують видалення 85-95% органічних забруднень та завислих речовин при одночасному виробництві біогазу. Перспективними є інтегровані анаеробно-аеробні системи з рекуперацією енергії та біогенних речовин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Aziz A. et al. Biological wastewater treatment technologies for safe discharge of treated slaughterhouse wastewater. Science of The Total Environment. 2019. Vol. 686. P. 681–708.
2. Baker B. R. et al. Advanced technologies for poultry slaughterhouse wastewater treatment: A systematic review. Journal of Dispersion Science and Technology. 2020. P. 1–20.
3. Shende A. D., Pophali G. R. Anaerobic treatment of slaughterhouse wastewater: a review. Environmental Science and Pollution Research. 2020. Vol. 28, no. 1. P. 35–55.
4. Kundu P. et al. Treatment of Slaughter House Wastewater in a Sequencing Batch Reactor: Performance Evaluation and Degradation Kinetics. BioMed Research International. 2013. Vol. 2013.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІСТИДИНУ В ЯКОСТІ СТАБІЛІЗАТОРА ДОПОВАНИХ РУТЕНІЄМ НАНОЧАСТОК ДІОКСИДУ ЦЕРІЮ: АНАЛІЗ ЦИТОТОКСИЧНОСТІ

Дубова І. В.¹, Щербаков О. Б.¹, Жолобак Н. М.¹

¹Інститут мікробіології і вірусології ім.Д.К.Заболотного НАН України
irynavdubova@gmail.com

Відомо, що наночастки (НЧ) діоксиду церію є перспективними об'єктами для біомедичного застосування, а доповані рутенієм – поєднують властивості обох металів: рутенію (Ru, Pt група) – реалізує цитотоксичну, протипухлинну і фототерапевтичну дію і церію (Ce, La група) – проявляє антиоксидантну, протизапальну та регенераційну активність. Гістидин (His) – умовно незамінна полярна амінокислота з імідазольним кільцем. Завдяки своїм координаційним, буферним, антиоксидантним і сигнальним властивостям, His може суттєво змінювати характер взаємодії НЧ із клітинами. Тому метою нашого дослідження було вивчення цитотоксичності нестабілізованих та стабілізованих His НЧ CeRu.

Синтез НЧ CeRu проведено за методом, описаним (DOI: 10.1039/d4na00857j); отримано дві лінійки зразків (нестабілізовані та стабілізовані His) з різними концентраціями Ru у складі НЧ. Цитотоксичність НЧ вивчали на культурі нетрансформованих клітин нирки мавпи МА-104, визначаючи пошкодження мембран клітин (виключення трипанового синього), збереженість моношару (окраска кристалічним фіолетовим), метаболічну (МТТ-тест), лізосомальну (нейтральний червоний) і проліферативну активність (сульфородамін В) клітин.

В тесті із трипановим синім всі зразки викликали концентраційно-залежне зниження пошкодження мембран, при цьому застосування His-стабілізованих НЧ починаючи з 40 μM CeO₂ супроводжувалось збільшенням кількості адгезованих клітин МА104. Показано, що на відміну від нестабілізованих НЧ CeRu, які підвищували метаболічну активність клітин, присутність His у складі НЧ супроводжується зниженням їх метаболічної активності. З іншого боку, саме His-стабілізовані НЧ CeRu суттєво підвищували лізосомальну активність клітин: пік лізосомальної активності виявлено за умови контакту з НЧ CeRu, що містили 0,5 та 1% Ru, тоді як нестабілізовані НЧ CeRu концентраційно залежно (max ~60% за 4 мМ) пригнічували лізосомальну активність клітин МА104. Якщо нестабілізовані НЧ CeRu в концентрації 4 – 0,4 мМ, незалежно від вмісту Ru, знижували на ~35% проліферацію клітин, а стимуляція на ~20% показана в діапазоні 0,4 – 40 μM , то внесення до клітин His-стабілізованих НЧ CeRu за виключенням максимальної концентрації суттєво активували процес поділу клітин (на ~30% відносно інтактних). Ефект концентраційно залежний: наближався до показників контрольних клітин за мінімальних досліджених концентрацій.

Отримані результати свідчать, що застосування His як стабілізатора в складі НЧ CeRu суттєво змінює прояви їх впливу на показники життєздатності нетрансформованої лінії клітин МА104: сприяє збільшенню кількості адгезованих, знижує метаболічну та підвищує лізосомальну активність, стимулює проліферацію клітин. Наступною задачею є подальше поглиблене порівняльне вивчення цитотоксичності зразків на трансформованих культурах клітин та їх антивірусної активності.

ВИРОБНИЦТВО ТА ЗАСТОСУВАННЯ МОРСЬКОГО КОЛАГЕНУ У БІОФАРМАЦІЇ

Січевлюк А. В., Мокроусова О. Р.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

olenamokrousova@gmail.com

Колаген є основним структурним білком сполучної тканини, який забезпечує міцність, еластичність і регенерацію тканин. Серед різних джерел цього білка морський колаген, отриманий із шкіри, кісток, луски та плавників риб, а також з інших морських організмів, вирізняється високою біодоступністю та безпечністю, що робить його перспективним для фармацевтичної промисловості.

Основними сировинними джерелами отримання морського колагену є відходи переробки морепродуктів – шкіра тріски, лосося, тунця, а також панцирі ракоподібних.

Технологічний процес виробництва морського колагену включає кілька етапів:

- підготовка сировини (очищення, демінералізація, знежирення);
- екстракція кислотним або ферментативним методом;
- очищення, концентрування та ліофілізація.

Порівняно з кислотними ферментативні методи з використанням пепсину або трипсину забезпечують вищу чистоту колагену та збереження його амінокислотного складу.

Морський колаген характеризується рядом важливих властивостей, що обумовлено, в першу чергу, його відповідністю до типів I та III, який має низьку молекулярну масу, добре розчиняється у воді та характеризується високою біосумісністю. Морський колаген містить значну кількість таких амінокислот, як гліцин, пролін та гідроксипролін. Ці амінокислоти є важливими для відновлення тканин після пошкоджень.

Саме ця особливість визначає широке застосування морського колагену у фармації в якості різних засобів або напрямів медицини.

Відомо застосування морського колагену як основи для дерматологічних засобів для кремів, мазей і гелів, що стимулюють регенерацію шкіри, зменшують запалення та покращують загоєння ран. Також регенеративна медицина використовує морський колаген у виробництві біоплівки, гідрогелів та імплантатів, сумісних із тканинами людини. Набуває поширення застосування морського колагену в сфері нутрицевтики як компонентів харчових добавок для підтримки здоров'я шкіри, суглобів і кісткової тканини. Більш інноваційний напрям – це таргетна доставка ліків, з метою якої морський колаген застосовують як матрицю для контрольованого вивільнення активних речовин.

Сучасне широке застосування морського колагену ґрунтується на ряді переваг, серед яких можна виділити основні:

- вища біодоступність порівняно з колагеном тваринного походження;
- менший ризик передачі зоонозів;
- використання екологічно безпечної сировини (вторинне використання відходів рибної промисловості);
- технологія виробництва, що зберігає біоактивність білка.

Отже, морський колаген є перспективною біоактивною сполукою для біофармацевтичної галузі завдяки своїм фізико-хімічним і біологічним властивостям. Розвиток технологій його отримання та очищення сприяє створенню нових ефективних лікарських форм та біоматеріалів із широким спектром застосування.

КОМПЛЕКСНА ОПТИМІЗАЦІЯ ВІДМИВКИ БАКТЕРІАЛЬНИХ КЛІТИН ТА ТІЛЕЦЬ ВКЛЮЧЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ РЕКОМБІНАНТНОГО ІНСУЛІНУ ЛЮДИНИ

Хейломський Д. О., Майстренко Л. А., Мокроусова О. Р.
Київський національний університет технологій та дизайну, Київ
olenamokrousova@gmail.com

Процеси відмивки бактеріальних клітин штаму генно-модифікованого штаму-продуценту рекомбінантного інсуліну людини на основі *Escherichia coli* BL21 від компонентів культурального середовища, а також відмивки виділених в результаті руйнування зазначених бактеріальних клітин тілець включення (ТВ) від компонентів цитоплазми та клітинного дебрису, значною мірою визначають технологічність, вихід та якість очищення цільового продукту на наступних етапах даунстрім-процесу біотехнологічного виробництва рекомбінантного інсуліну людини. Зокрема, оптимізація режимів роботи відцентрового сепаратора в процесі відмивки бактеріальних клітин штаму-продуценту від компонентів культурального середовища, відмивки ТВ, виділених в результаті руйнування зазначених бактеріальних клітин, а також оптимізація складу середовища для відмивання ТВ, є важливими з огляду на підвищення якості відмивки, зменшення втрат цільового продукту та покращення технологічності проведення наступної стадії даунстрім-процесу (розчинення ТВ), що визначило мету даної роботи.

В результаті проведених досліджень показано, що діапазони швидкості подачі суспензії на відцентровий сепаратор з автоматичним вивантаженням 300 – 650 л/г та часу між вивантаженнями 250 – 350 С за максимальної швидкості обертання барабану 11 700 об/хв входять до простору дизайну оптимальних параметрів відцентрового розділення. В процесі оптимізації було також визначено ймовірну причину виникнення високих пускових струмів мішалок в реакторах під час відмивки та розчинення гібридного білку (ГБ) перед рефолдінгом (вміст нуклеїнових кислот), що в свою чергу може викликати їх аварійне відключення під час запуску. Було запропоновано альтернативні рішення зазначеної проблеми: використання ДНКаз під час відмивки суспензії ТВ або використання нового, потужнішого обладнання, конструкція якого враховує можливість виникнення високих пускових струмів.

Отримані експериментальні залежності дозволили запропонувати кореляцію порядків величин нормалізованої відмінності між значеннями в'язкості суспензій та вмістом в них сухого залишку для впровадження в якості індикатору якості концентрування ТВ для поточного контролю технологічного процесу. Крім того, в модельних експериментах було досліджено вплив таких ПАР, як PEG 300, PEG 400, PEG 600, PEG 1500, ROKamin K15K, ROKwinol 80 та ROKanol CML10, під час відмивки ТВ на повноту видалення нуклеїнових кислот, відсутність втрат продукту при відмивці, та повноту розчинення ТВ перед рефолдінгом. Найкращий показник повноти розчинення (83,21%) знайдено після відмивки ТВ розчином ПАР ROKwinol (Твін або Полісорбат) 80. На жаль, жодний склад розчину для відмивки з досліджуваних не дозволяє досягнути повного видалення нуклеїнових кислот.

Загалом, результати проведених досліджень дозволили окреслити простір дизайну оптимальних параметрів відцентрового розділення, що вже використовується в процесі виробництва. Результати визначення параметрів в'язкості технологічних середовищ дозволили висунути гіпотезу та запропонувати можливі шляхи вирішення проблем експлуатації ємнісного обладнання, а також уточнити технічні вимоги до нього. Порівняльні дослідження доступних ПАР щодо їх використання у розчині для відмивки ТВ дозволили сформулювати перспективні напрямки подальших досліджень.

БІОСИНТЕЗ МОЛОЧНОЇ КИСЛОТИ *LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS* З ДОДАВАННЯМ НАНОСРІБЛА

Гусейнова К. Е.¹, Петрух А. О.¹, Золотар О. С.¹, Шкотова Л. В.², Волошина І. М.¹

¹Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

²Інститут молекулярної біології і генетики НАН України

wirn@ukr.net

Молочна кислота (МК) є важливою органічною сполукою, яка широко застосовується у медицині, харчовій, косметичній та фармацевтичній промисловості. Для виробництва молочної кислоти найчастіше використовують молочнокислі бактерії, серед яких провідне місце займають представники роду *Lactobacillus*, оскільки вони характеризуються гомоферментативним типом бродіння [1]. З огляду на те, що на процес накопичення МК впливає низка факторів (зокрема, температура, рівень рН, склад поживних речовин та тип субстрату), актуальним є пошук та впровадження ефективних біологічних агентів для модифікації поживного середовища з метою підвищення виходу молочної кислоти екологічно безпечним способом. Температура вважається найважливішим чинником, тому що вона безпосередньо визначає активність клітин та швидкість метаболічних процесів, що відбуваються під час біосинтезу молочної кислоти. Не менш важливим є контроль рН середовища, адже його коливання впливають на ріст мікроорганізмів, що, у свою чергу, позначається на продуктивності синтезу кислоти. Крім того, поживні речовини та субстрат також безпосередньо визначають кількісні та якісні показники отриманої МК [2].

Зважаючи на вищезазначене та враховуючи потенціал нанометалів у взаємодії з живими системами, у даній роботі досліджено вплив різних концентрацій (0,01 мМ – 5 мМ) наночасток срібла (18,75 нм) на ріст та метаболічну активність *Lactobacillus acidophilus* УКМ В-2691, з метою збільшення синтезу молочної кислоти, як попередника для виробництва біорозкладного полімеру полімолочної кислоти (ПМК). Для аналізу результатів експерименту на 48-му та 96-ту годину культивування було проведено оцінку накопичення біомаси за допомогою УФ-спектрофотометра ULAB102UV при 600 нм, а також визначали концентрацію МК методом Бюхнера.

Таким чином, результати дослідження продемонстрували, що вплив AgNPs на *Lactobacillus acidophilus* УКМ В-2691 не має лінійної залежності, проявляючи як стимулювальний, так і інгібувальний ефекти. Щодо накопичення біомаси встановлено, що концентрації 0,01 та 0,05 мМ проявили стимулювальний ефект, підвищуючи оптичну густину (ОГ) на 48-му годину до 1,65 та 1,57 у.о. відповідно. Водночас відзначалася цікава динаміка при концентрації 1 мМ, зокрема початкове інгібування (0,34 у.о.) змінилося значним зростанням на 96-ту годину (1,844 у.о.). Тоді як високі концентрації (0,1 мМ, 0,5 мМ та 5 мМ) виявилися токсичними. Вплив AgNPs на синтез МК показав, що низькі концентрації (0,01 мМ – 1 мМ) не забезпечували високого виходу на 48-й годині, але стимулювали накопичення МК до 96-ї години, призводячи до максимального виходу 21,3 г/л при 0,01 мМ, на відміну від контролю, де рівень МК падав. Концентрація 5 мМ показала виражений токсичний ефект, критично знижуючи як ріст (0,13 у.о.), так і метаболічну функцію (5,4 г/л).

ЛІТЕРАТУРА

1. Anumudu C. K., Miri T., Onyeaka H. Multifunctional applications of lactic acid bacteria: enhancing safety, quality, and nutritional value in foods and fermented beverages. *Foods*. 2024. V. 13, No. 23. P. 3714. <https://doi.org/10.3390/foods13233714>
2. Abedi E., Hashemi S. M. B. Lactic acid production – producing microorganisms and substrates sources-state of art. *Heliyon*. 2020. V. 6, No. 10. P. e04974. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04974>

КУЛЬТИВУВАННЯ SCOBY НА СЕРЕДОВИЩІ З БІЛКАМИ ЛЬОНУ

Косинська Т. В.¹, Потупа В. Ю.¹, Федько М. М.^{1,2},
Жеревчук С. М.¹, Волошина І. М.¹

¹Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

²ТОВ «Фармхім», м. Шостка, Україна

wirn@ukr.net

Бактеріальна целюлоза (БЦ) є унікальним біополімером із тривимірною наноструктурою, що характеризується високою чистотою, міцністю, біосумісністю та здатністю утримувати вологу. На відміну від рослинної целюлози, вона не містить лігніну, геміцелюлози та пектину, що значно спрощує її очищення. Продуцентами БЦ є бактерії родів *Komagataeibacter*, *Acetobacter*, *Gluconacetobacter*, *Lactobacillus*, *Bacillus* та ін. Для біосинтезу БЦ найчастіше використовують мікробну асоціацію SCOBY, що містить оцтовокислі бактерії, дріжджі та молочнокислі бактерії, які разом забезпечують утворення целюлозної біоплівки. Застосування БЦ охоплює медицину (ранові покриття, імплантати), косметологію (гідрогелеві маски, патчі), харчову промисловість (добавки, пакування) та текстильну сферу. Найбільший інтерес викликають біомедичні напрямки через високу чистоту та біосумісність БЦ [1]. Актуальність дослідження полягає у пошуку альтернативних і доступних джерел живлення для мікробної асоціації. Важливими факторами синтезу є склад поживного середовища, температура, рН та джерела поживних речовин. Традиційне середовище Хестрин-Шрамма (HS) є ефективним, але дорогим. Тому перспективним є використання аграрних відходів, зокрема білкового концентрату льону, який містить цінні азотисті сполуки. Білковий концентрат льону може виступати джерелом нітрогену, стимулюючи ріст мікроорганізмів і синтез целюлози[2].

У роботі використовували симбіотичну культуру SCOBY, яку культивували статично при 30°C на середовищі, що містило чорний чай, сахарозу, глюкозу, дріжджовий автолізат і білковий концентрат льону у концентраціях (БКЛ) 0,1%, 0,2% та 0,3%. Рівень рН підтримували на рівні 4–5. Біоплівки, що утворювались на межі поділу повітря і рідини, очищували 5% NaOH, висушували та зважували.

Встановлено, що найвищий вихід БЦ (144 г/л на 7-му добу) спостерігався у середовищі в яке вносили 0,1% БКЛ і 80 г/л глюкози. Збільшення концентрації білкового концентрату льону до 0,2 та 0,3% призводило до зниження маси біополімеру (44,6 г/л та 55,3 г/л відповідно). Поєднання цукрів (сахароза/глюкоза 40/80 г/л) забезпечувало стабільний вихід БЦ на 7-му та 14-ту добу культивування (111,3 та 114,6 г/л). Збільшення концентрації білкового концентрату льону інгібує біосинтез біоплівок. Отримані результати підтверджують доцільність використання аграрних відходів як джерела живлення для мікроорганізмів-продуцентів БЦ, що сприяє зниженню вартості та підвищенню екологічності виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Saleh A. K. et al. Bioprocess development for bacterial cellulose biosynthesis by novel *Lactiplantibacillus plantarum* isolate along with characterization and antimicrobial assessment of fabricated membrane. *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06117-7>
2. A. Kadier et al. Use of Industrial Wastes as Sustainable Nutrient Sources for Bacterial Cellulose (BC) Production: Mechanism, Advances, and Future Perspectives. *Polymers*. 2021. Vol. 13, no. 19. P. 3365. URL: <https://doi.org/10.3390/polym13193365>

ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ СТРЕСОВИХ ФАКТОРІВ НА БІОСИНТЕЗ ЕКЗОПОЛІСАХАРИДІВ *LACTOBACILLUS*

Юркевич А. І.¹, Майстренко Л. А.¹, Шкотова Л. В.², Волошина І. М.¹

¹Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ, Україна,

²Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, м. Київ, Україна

wirn@ukr.net

Екзополісахариди (ЕПС) молочнокислих бактерій (МКБ) це високомолекулярні біополімери які синтезуються та виділяються за межі клітин. Екзополісахариди мають структурну варіативність, через що мають різні фізико-хімічні властивості, вони є біосумісними тому вони вважаються безпечними для використання в харчових, фармацевтичних та медичних галузях [1]. Однак слід зазначити, що найчастіше синтез ЕПС бактеріями відбувається у стресових умовах. Серед варіації таких фізичних стресових умов можуть бути такі фактори, як зміна рН та температури культивування. Ці показники впливають не тільки на ріст біомаси, а й на кількість синтезованого ними ЕПС [2].

Вплив фізичних стресових факторів проводили за допомогою зміни рН середовища та температури. Культуру *Lactobacillus acidophilus* УКМ В-2691 вирощували на модифікованому глюкозо-пептонному середовищі (ГПС), г/л: дріжджовий екстракт – 20,0; пептон – 20,0; глюкоза – 30,0; $MnSO_4$ – 0,05; $NaCl$ – 2,0; вода дистильована – до 1000,0 мл. Вирощували *L. acidophilus* УКМ В-2691 48 год за оптимальних умов, а саме температурі 37°C упродовж 48 год, після чого змінювали температуру на 20°C, 25°C, 30°C та 42°C і культивували до 96 год. Якщо проаналізувати результати впливу температури накопичення ЕПС, як стресового фактору після накопичення біомаси то бачимо, що за температури 20-25°C та 42°C рівень ЕПС становить 4,95 – 5,3 г/л відповідно, тоді як за температури 37°C – 6,13 г/л і найбільше значення 7,73 г/л за температури 30°C. Це може свідчити про те, що клітини знаходячись в температурних умовах відчувають стрес і починають синтезувати ЕПС.

Зміна рН середовища є одним з найважливіших фізичних стресових факторів, що впливає як на виробництво ЕПС так і на накопичення біомаси *L. acidophilus* УКМ В-2691. Дослідження стресового фактору рН середовища проводили 2 варіантами. У першому випадку змінювали рН на початку культивування до значень рН 3, рН 7 та рН 9 та проводили культивування 96 год за температури 37 С. У другому випадку вирощували культуру у оптимальних умовах до 48 год, після чого змінювали рН середовища до значень рН 3, рН 7 та рН 9 та проводили подальше культивування до 96 год за тих же оптимальних умов, а саме температури 37С. рН змінювали за допомогою H_2SO_4 та $NaOH$ відповідно. Найвищі результати накопичення ЕПС (16,5 г/л) спостерігали на 96 добу з початковим значенням рН 3. Це може свідчити про те, що клітини знаходячись в кислих умовах рН відчувають сильний стрес і починають синтезувати ЕПС.

Таким чином, можна зробити висновок, що для збільшення накопичення екзополісахаридів за допомогою *Lactobacillus acidophilus* УКМ В-2691 потрібно змінювати оптимальні параметри культивування культури на початкове рН середовища 3 та температуру культивування 30°C упродовж 96 годин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Voloshyna I.M., Shkotova L.V., Skorokhod S.O., Appolonova I.Ye., Zholobak N.M. *Lactobacillus* Bacteria: Biological and Therapeutic Properties. Mikrobiol. Z. 2019. 81(6). P. 131-146. doi.org/10.15407/mikrobiolj81.06.131

2. Yadav MK, Song JH, Vasquez R, Lee JS, Kim IH, Kang DK. Methods for Detection, Extraction, Purification, and Characterization of Exopolysaccharides of Lactic Acid Bacteria-A Systematic Review // Foods. – 2024 Nov 19. – Vol. 13, № 22. – Article 3687. – DOI: 10.3390/foods13223687.

КАЛУСНА БІОМАСА *ARNICA MONTANA* ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ПРИРОДНІЙ ФІТОСИРОВИНІ

Домашовець А. О., Петріна Р. О.

Національний університет «Львівська політехніка»

anhelina.domashovets.mnbtm.2024@lpnu.ua

Попит на фітосировину *Arnica montana* у фармацевтичній і косметичній індустрії демонструє стійку висхідну динаміку: лише у 2024 році глобальний ринок продукції на її основі оцінювався приблизно у 300 млн. доларів США, а за прогнозами до 2033 року його обсяг перетне межу в 450 млн. дол. США. Найвищий рівень споживання спостерігається у Північній Америці та Європі, тоді як Азіатсько-Тихоокеанський регіон наразі демонструє помірні, але стабільно зростаючі темпи залучення до цього сегменту [1]. Водночас забезпечення попиту традиційними методами заготівлі стикається з об'єктивними обмеженнями: природні популяції *A. montana* виснажуються внаслідок антропогенного тиску та низької регенераційної здатності виду, а культивування в умовах відкритого ґрунту супроводжується високою варіабельністю вмісту біоактивних компонентів. Зважаючи на те, що саме ці метаболіти визначають характерну протизапальну, протинабрякову, анальгетичну та антимікробну дію сировини, постає критична потреба у впровадженні відтворюваних технологій отримання стандартизованого продукту поза межами природних екосистем.

Одержання калусної біомаси *A. montana* розглядається як перспективний інструмент для створення стабільного джерела фармакологічно цінної біомаси. Культивування в умовах *in vitro* забезпечує повний контроль над морфогенезом і хімічним складом рослинного матеріалу, що дозволяє отримувати калусну біомасу з відтворюваною якістю. Окрім виробничої функції, ця технологія виконує й екологічну роль – слугує засобом збереження генофонду виду, природні популяції якого перебувають під загрозою виснаження. У межах дослідження було проведено порівняльну оцінку шести модифікацій середовища Мурасиге-Скуга, що відрізнялися варіаціями гормонального і вітамінного блоків. Калусну біомасу *Arnica montana* індукували з насінневого матеріалу та підтримували в умовах культивування протягом 28 діб. Результати спостережень засвідчили, що найвищий рівень проліферації калусної тканини був досягнутий на двох варіаціях середовища, до складу яких входив стандартний набір макро- та мікроелементів середовища Мурасиге-Скуга у поєднанні з класичним вітамінним блоком за Гамборгом (тіамін, піридоксин, нікотинова кислота та міоїнозит). Ключовим фактором, що визначав успішність ростових процесів, виявилася наявність фітогормонів ауксинової і цитокинової природи, тоді як середовище без гормональної підтримки демонструвало суттєво нижчий рівень ініціації та проліферації калусу. Таким чином, регуляція співвідношення ауксинів і цитокинінів є критичною умовою для ефективного запуску калусогенезу *A. montana* в культурі *in vitro*, що створює підґрунтя для подальшої оптимізації протоколів одержання калусної біомаси.

Отримані результати підтверджують ефективність досліджуваних варіацій середовища Мурасиге-Скуга для одержання стандартизованої біомаси *A. montana*, здатної замінити або доповнити фітосировину. Масове отримання калусної біомаси *in vitro* забезпечує стабільність хімічного складу й відтворюваність біологічної активності, що є критично важливим для фармацевтичного застосування. В умовах зростання дефіциту природних ресурсів виду впровадження таких біотехнологічних підходів набуває стратегічного значення для створення промислового регламенту виробництва фітопрепаратів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Verified Market Reports. (2025). *Global Arnica montana market size by application based, product form, end-user, distribution channel, functionality, geographic scope and forecast*. Режим доступу: <https://www.verifiedmarketreports.com/product/arnica-montana-market/> (дата звернення 18 жовтня 2025).

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КАЛЮСНИХ КУЛЬТУР *PRUNELLA VULGARIS* L. ТА *ABIES* SPP. ПРИ РОЗРОБЦІ ЗАСОБУ АНТИМІКРОБНОЇ ДІЇ

Зіміна Л. Ю., Глущенко О. М., Полова Ж. М.

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Україна

Chocolategirl1177@gmail.com

Вирощування лікарської рослинної сировини та накопичення в ній біологічно активних речовин залежить від погодних умов, сезону, географічного поширення та екологічного стану середовища. Використання калюсних культур: недиференційованої маси рослинних клітин, дозволить нівелювати ці проблеми. Даний метод включає контроль умов культивування (поживне середовище, гормони та освітлення), дозволяє отримувати біомасу зі стабільним та прогнозованим вмістом біологічно активних речовин. Крім того, клітинні культури здатні продукувати цінні метаболіти значно швидше, ніж ціла рослина, а в отриманій біомасі відсутні мікробна контамінація чи залишки пестицидів, що критично важливо для лікарських засобів. При розробці лікарського препарату антимікробної дії нами можуть бути використані калюсні культури *Prunella vulgaris* L. та *Abies alba*. *Prunella vulgaris* L. – містить поліфенольні сполуки, зокрема розмаринову кислоту, флавоноїди (лютеолін, кверцетин), тритерпеноїди (урсолова кислота) та дубильні речовини. Tang, H. et. al. (2023) встановили, що для вирощування листочків калюсних культур цієї рослини варто використовувати метилжасмонат та саліцилову кислоту, які сприятимуть накопиченню вторинних метаболітів (розмаринової та олеанової кислот, поліфенолів та флавоноїдів). Zaka et. al (2017) виявили, що *Prunella vulgaris* L. має широкий спектр дії як протизапальний засіб при остеоартритах, маститах, діабетичній нефропатії, а також широко відома своїми потужними противірусними та ранозагоювальними властивостями, які проявляються завдяки фенольним сполукам, зокрема розмариновій кислоті, що обґрунтовує доцільність використання екстрактів калюсів *P. vulgaris* у лікарських засобах для лікування респіраторних інфекцій та запальних процесів слизової оболонки. Представники роду *Abies* в наземній частині дерева (у хвої, молодих пагонах і бруньках) містять ефірні олії (α -пінен, камфен, борнілацетат), поліфеноли (у великій кількості в корі) та лігнани (в корі та деревині). Fett-Neto et. al (1992), Hussain et. al. (2013) прийшли до висновку, що сегмент стебла є найкращим експлантатом для індукції калюсу у *Abies* spp.. Дослідження Dhuli. P. et. al. (2023) показують, що клітинні культури цього роду можуть використовуватись як біотехнологічні системи для одержання летких терпеноїдів і смолистих компонентів. Тоді як Ancuseanu R. et. al. (2023) встановили, що сполуки з ефірної олії здатні до антиоксидантної, антипсоріатичної та вираженої антисептичної дій, що важливо для боротьби з вторинними бактеріальними інфекціями різної етіології. Компоненти ялиці також сприяють протинабряковому ефекту, покращуючи носове дихання, та виявляють муколітичну дію. Тому використання екстрактів калюсних культур *herba Prunella vulgaris* та *cormi Abies* у складі інтраназального спрею мають низку переваг. По-перше, така форма забезпечує місцеву дію без системного навантаження, сприяє швидкому усуненню запалення та зменшенню набряку слизової. По-друге, біоактивні речовини *Prunella vulgaris* L. чинять противірусний і антиоксидантний ефект, тоді як сполуки *Abies alba* підсилюють антисептичну й протимікробну дію препарату. Поєднання цих компонентів створює потенціал для розробки комбінованого засобу природного походження з комплексною дією. Застосування калюсних культур у фармацевтичній розробці відповідає концепції «зеленої фармації», оскільки дозволяє одержувати високоякісну сировину в контрольованих умовах без шкоди для природних ресурсів. Висока стабільність складу, можливість масштабування та екологічна безпечність роблять ці культури перспективною основою для створення нових лікарських засобів. Отже, калюсні культури *Prunella vulgaris* L. і *Abies* spp. є перспективними біотехнологічними джерелами природних сполук із вираженою фармакологічною активністю.

БІОТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ РОСЛИННИХ БІЛКІВ ДЛЯ СТАЛОГО ХАРЧУВАННЯ

Петріна Р., Гавриляк В., Федорова О., Подольчак А.
Національний університет «Львівська політехніка», Україна
romanna.o.petrina@lpnu.ua

Нині у світі є проблема нестачі білка у харчуванні людей. Основними джерелами білка на сьогодні є тварини, тваринні білки містять повний набір незамінних амінокислот та мають високу поживну цінність, але масштабне виробництво призводить до забруднення та виснаження довкілля, втрати біорізноманіття та до значних викидів парникових газів. Тому зростає попит на альтернативні джерела білку, а саме рослинного. Ринок рослинних альтернатив розширюється, тому постійно необхідне вдосконалення методів переробки та глибшого розуміння функціональності рослинного білка. Попит підсилюється і зростанням населення, критичною роллю білків для здоров'я людини та зростаючою обізнаністю про вплив тваринництва на довкілля. Дані дослідження входять в спільний проєкт Excel4Pro, який виконується разом з грецькими та турецькими партнерами.

Мета цього дослідження полягає у аналізі нутриціологічного, білкового профілю та потенціалу обробки десяти рослин, які ростуть в Україні та є потенційними кандидатами для виділення білка. Об'єктами дослідження були такі рослини - соняшник, гарбуз, конопля, льон, гірчиця, люпин, горох, квасоля, сочевиця, амарант. Брали до уваги такі показники: загальний вміст білку, амінокислотний склад, коефіцієнт засвоєння, антинутрієнтні фактори, біоактивні речовини, особливості екстракції, функціональні властивості, ферментація та стабільність при зберіганні.

За нутрієнтними характеристиками найвищі результати серед олійних культур має соняшник та конопля, серед бобових – люпин, також високі показники отримано для амаранту. За характеристиками потенціалу обробки сировини найвищі показники мають знову ж таки конопля, люпин та амарант.

Методи, які використовуються для отримання білку – це ферментативний гідроліз, лужна екстракція, поєднана із осадження тощо. За допомогою екстракції білок вилучають з сировини за допомогою водних розчинів із контрольованими параметрами рН та температури для максимізації виходу. Для ферментативного гідролізу використовують протеолітичні ферменти протеази, що покращує розчинність та підвищує біодоступність. Також можна використовувати ультрафільтрацію або нанофільтрацію для відділення білкових молекул від низькомолекулярних домішок, солей, вуглеводів та небажаних пігментів. Цей етап критично важливий для очищення та концентрування білка. Очищений та гідролізований білок осаджують за ізоелектричною точкою або з використанням солей з подальшим сушінням для отримання білкового концентрату або ізоляту.

Отримані результати пошуку нових джерел рослинних білків та методів їх виділення відповідають Зеленій угоді ЄС та стратегії «Від ферми до виделки», що сприяє сталому, здоровому та стійкому харчуванню. Створено також в межах цих досліджень хаб екосистеми рослинного білку, що дозволяє комунікувати з науковцями з інших країн та просувати трансформаційні зміни в агропродовольчій сектор шляхом розробки інноваційних харчових продуктів на основі рослинних білків.

Матеріал підготовлено в рамках проєкту Excel4Pro, який фінансується Європейським Союзом через ГРАНТОВУ УГОДУ № 101186662 - конкурс Horizon Europe HORIZON-WIDERA-2023-ACCESS-07-01 під назвою «Зміцнення потенціалу центрів передового досвіду Туреччини, Греції та України для підтримки інноваційної екосистеми нових продуктів харчування на основі рослинних білків», відповідно до повноважень, делегованих Європейською Комісією.

ОДЕРЖАННЯ ЕКСТРАКТІВ КАЛУСНОЇ БІОМАСИ АМАРАНТУ ДЛЯ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Гуцько К. І., Петріна Р. О.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

kateryna.i.hutsko@lpnu.ua

Амарант культивують та використовують як харчову, кормову, декоративну та лікувальну рослину у різних країнах світу. Насіння та трава амаранту містять багато вторинних метаболітів, таких як флавоноїди, алкалоїди, таніни, фенольні речовини, сапоніни, глікозиди, також високий вміст білка, незамінні амінокислоти, ненасичені жирні кислоти, сквален, токоферолі. Екстракти амаранту проявляють виражену антиоксидантну, антимікробну, протизапальну, ранозагоювальну дію, що робить їх привабливими для використання у косметичних засобах. Особливу увагу мають екстракти з високим вмістом поліфенольних сполук та флавоноїдів. Перспективним є одержання біомаси амаранту біотехнологічним культивуванням рослинних тканин *in vitro*, що забезпечує безперервне і надійне джерело метаболітів протягом року.

Метою дослідження було одержання екстрактів калусної біомаси амаранту та проведення кількісного визначення поліфенольних сполук та флавоноїдів у них.

Для отримання калусної біомаси амаранту сорту «Ультра» насіння амаранту замочували на 48 годин у дистильованій воді, стерилізували 20 хв у 30% перексиді водню та вносили на модифіковане середовище Мурасиге-Скуга із регуляторами росту 3 мг/л бензиламінопурину та 0,5 мг/л 1-нафтилоцтової кислоти. Культивування проводили протягом трьох місяців при освітленні 2000 лк, фотоперіоді 16/8 год (світло/темрява), температурі $20 \pm 1^\circ\text{C}$, вологості 80%.

Калусну біомасу збирали свіжою, проводили екстракцію мацерацією, використовуючи як екстрагенти речовини, що широко використовуються у косметичній галузі: гліцерин, пентиленгліколь, тригліцериди, амодиметикон. Тривалість екстракції становила 10 діб, співвідношення сировина до екстрагенту 1:10, температура $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Після закінчення екстракції проводили фільтрування через тканинний фільтр. Тригліцеридовий екстракт змішували із полісорбатом-80 для зумовлення розчинення екстракту у водних розчинах.

Кількісне визначення поліфенольних сполук проводили спектрофотометричним методом із реактивом Фоліна-Чекольтеу у перерахунку на галову кислоту. Кількісне визначення флавоноїдів проводили спектрофотометричним методом із хлоридом алюмінію у перерахунку на рутин.

Було виявлено, що найбільша кількість поліфенольних сполук ($0,2254 \text{ мг/мл}$) та флавоноїдів ($0,582 \cdot 10^{-4} \text{ мг/мл}$) екстрагується силіконом амодиметиконом. При екстрагуванні 100% гліцерином вміст поліфенольних сполук - $0,1322 \text{ мг/мл}$, а флавоноїдів $-0,0308 \cdot 10^{-5} \text{ мг/мл}$. Вміст вторинних метаболітів при екстрагуванні 50% гліцерином, тригліцеридами та пентиленгліколем був у десять разів нижчим, порівняно із 100% гліцериновим екстрактом.

Отже, для отримання екстрактів калусу амаранту із високим вмістом поліфенольних сполук та флавоноїдів доцільно проводити екстрагування амодиметиконом та 100% гліцерином. Такі екстракти є перспективними для використання в косметичних засобах із протизапальною, антиоксидантною, протимікробною дією, які стимулюють регенерацію шкіри.

Adegbola, P.I., Adetutu, A., & Olaniyi, T.D. (2020). Antioxidant activity of *Amaranthus* species from the *Amaranthaceae* family – A review. *South African Journal of Botany*, 133, 111-117.

Hutsko K. I., Petrina R. O. (2025). Obtaining *in vitro* callus biomass of *Amaranth* variety “Lera”. *Biotechnologia Acta*, 18 (2), 41–44.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ІНГІБУВАННЯ ГЕНІВ АНТИБІОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТІ У ПАТОГЕННИХ БАКТЕРІЙ

Горбань В. О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
horban.vladyslav@lil.kpi.ua

До актуальних проблем сучасної мікробіології та біотехнології належить стрімке поширення антибіотикорезистентності серед патогенних бактерій, що становить серйозну загрозу для систем охорони здоров'я. Незважаючи на появу нових антибактеріальних засобів, ефективність лікування інфекційних захворювань невпинно знижується внаслідок формування у мікроорганізмів механізмів стійкості до більшості відомих антибіотиків. Тому розроблення біотехнологічних методів, спрямованих на інгібування або деактивацію генів антибіотикорезистентності, є пріоритетним напрямом сучасних досліджень.

Встановлено, що основними генетичними детермінантами резистентності є плазмідні та хромосомні гени, які кодують β -лактамази, ефлюксні насоси, модифікуючі ферменти та білки-мішені зі зниженою спорідненістю до антибіотиків. Біотехнологічний підхід до їх інгібування базується на використанні генетичних інструментів, здатних блокувати транскрипцію або трансляцію цих генів. Зокрема, технології CRISPR/Cas дозволяють здійснювати таргетне руйнування або репресію специфічних ділянок ДНК, відповідальних за синтез ферментів стійкості.

Проведені літературні огляди свідчать, що застосування систем CRISPRi забезпечує зниження експресії гена *blaCTX-M*, відповідального за β -лактамазну активність у штамів *Escherichia coli*, більш ніж на 80 %, що супроводжується відновленням чутливості до цефалоспоринов. Аналогічно, використання антисенсових РНК та малих інтерферуючих РНК (siRNA) показало високу ефективність у пригніченні активності генів *mecA* у *Staphylococcus aureus* та *ndm-1* у *Klebsiella pneumoniae*.

Таким чином, дослідження в галузі інгібування генів антибіотикорезистентності демонструють значний потенціал для подолання глобальної проблеми стійкості до антибіотиків. Найбільш перспективними є технології, що ґрунтуються на використанні CRISPR/Cas-комплексів, антисенсових РНК і фагових систем доставки, які відкривають нові можливості для розвитку цілеспрямованої антибактеріальної терапії майбутнього.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bikard D., Barrangou R. Using CRISPR–Cas systems as antimicrobials. *Current Opinion in Microbiology*. 2017. Vol. 37. P. 155–160.
2. Yosef I., Manor M., Kiro R., Qimron U. Temperate and lytic bacteriophages programmed to sensitize and kill antibiotic-resistant bacteria. *PNAS*. 2015. Vol. 112(23). P. 7267–7272.

ТЕХНОЛОГІЯ БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ З ВИКОРИСТАННЯМ КОСУБСТРАТІВ

Горбань В. О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
horban.vladyslav@lil.kpi.ua

До технологічних і екологічних властивостей біогазових систем висувається ціла низка вимог, оскільки ефективність анаеробного зброджування визначається не лише складом сировини, а й стабільністю процесу в часі. Основні показники якості біогазу — вміст метану, вологість, теплота згоряння — залежать від співвідношення основного субстрату та косубстратів, а також від параметрів зброджування. Біомаса великої рогатої худоби характеризується збалансованим вмістом вуглецю та азоту, проте для підвищення газоутворюючої здатності доцільно використовувати косубстрати рослинного або харчового походження, що забезпечують додаткове надходження вуглеводів і легкодоступних органічних сполук.

Літературні дані свідчать, що за нормальних умов зброджування (температура 35–38 °С, рН 6,8–7,2) вихід біогазу з гною великої рогатої худоби становить 0,20–0,25 м³/кг органічної речовини. При додаванні косубстратів — зокрема подрібнених залишків кукурудзи, бурякової меляси або харчових відходів — продуктивність підвищується на 25–40 %. Надмірне збільшення частки рослинного матеріалу, однак, може викликати підвищення кислотності середовища і тим самим знижувати активність метаногенних бактерій.

Аналіз сучасної літератури свідчить, що серед найефективніших косубстратів для змішаного зброджування з відходами великої рогатої худоби є солома злакових культур, силос кукурудзи, залишки овочевих культур і гліцеринові відходи біодизельного виробництва. Завдяки високому вмісту вуглецевих сполук ці добавки підвищують коефіцієнт конверсії органічної речовини та покращують енергетичний баланс системи. Проведені літературні огляди показали, що за оптимального співвідношення субстратів 3:1 вихід метану може досягати 65–70 % від загального об'єму біогазу, що відповідає вимогам до якісного палива для когенераційних установок.

Таким чином, результати огляду підтверджують доцільність використання технології косубстратного зброджування як ефективного способу підвищення енергетичної віддачі та екологічної безпеки біогазових систем. Використання комбінованих сировинних потоків забезпечує більш повну утилізацію відходів тваринництва, стабільність мікробіологічних процесів і скорочення викидів парникових газів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Angelidaki I., Sanders W. Assessment of the anaerobic biodegradability of macropollutants. *Water Research*. 2004. Vol. 38(12). P. 2934–2944.
2. Møller H. B., Sommer S. G., Ahring B. K. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. *Biomass and Bioenergy*. 2004. Vol. 26. P. 485–495.

БІОСИНТЕЗ ПОЛІГІДРОКСІАЛКАНОАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АГРОПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ У КОНЦЕПЦІЇ ІНТЕГРОВАНОЇ БІОПЕРЕРОБКИ

Ворожко Є. Ю.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
vorozhko126@gmail.com

Світова екологічна криза, що була спричинена мільйонами тонн нерозкладних нафтохімічних пластиків, наразі вимагає термінового впровадження біорозкладних альтернатив. Найбільш перспективними серед них є полігидроксіалканоати (РНА), зокрема полі-3-гідроксібутират (РНВ). Ці поліестери є внутрішньоклітинним запасом енергії для бактерій і можуть повністю біорозкладатися до вуглекислого газу і води. Але висока собівартість виробництва РНА/РНВ є головною перешкодою для їхньої комерціалізації. Згідно з аналізом літератури, зниження собівартості вимагає використання недорогих, відновлюваних агропромислових відходів та інтеграції інноваційних технологій і оптимізованого масштабування ферментації для підвищення виходу та якості продукту [1-3]. Використання лігноцелюлозної біомаси, наприклад, кукурудзяної соломи, вимагає розробки ефективних технологій попередньої обробки для вивільнення цукрів. У дослідженні [1] був застосований мікрохвильовий кислотний гідроліз, що дозволив скоротити час реакції і досягти високого виходу цукрів при мінімальній витраті кислоти. Критично важливим етапом після гідролізу є очищення та нейтралізація отриманої суміші, щоб зменшити шанси мікробного росту. Також було доведено ефективність застосування іонообмінних смол, які забезпечили необхідну десолінізацію та довели рН розчину до оптимального для подальшої ферментації. Наступний ключовий етап – оптимізація мікробного синтезу, оскільки накопичення РНВ/РНА відбувається в умовах надлишку вуглецю при обмеженні ключових поживних речовин, наприклад, азоту. Згідно з дослідженням [2], шляхом скринінгу було виявлено, що штами, як-от *Lactobacillus acidophilus*, здатні досягати високого виходу РНВ при культивуванні на фініковій мелясі, що підтверджує доцільність використання саме цього типу агровідходів. Для зниження витрат і підвищення надійності успішно застосовується змішана мікробна культура, збагачена з активного мулу, що усуває потребу в дорогих протоколах стерилізації. Важливим також є те, що перехід до промислових масштабів, вимагає оптимізації ферментативного обладнання. У процесі масштабування, проведеному авторами у дослідженні [3], було доведено, що біореактори з механічним перемішуванням значно покращує гідродинаміку порівняно з колбами. Таким чином, у біореакторі було досягнуто значно вищого виходу РНА від сухої маси клітин. При цьому кінцевий продукт був ідентифікований як кополімер РНВV, а не чистий РНВ, що є позитивним фактором, оскільки включення одиниць гідроксивалерата покращує механічні властивості полімеру, роблячи його більш придатним для пакувальних матеріалів. Таким чином, проведений аналіз досліджень підтверджує, що економічна доцільність та екологічна стійкість виробництва РНА досягається за рахунок інтеграції оптимізованих технологічних кроків на всьому ланцюгу біопереробки агропромислових відходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. From Agri-Food Wastes to Polyhydroxyalkanoates through a Sustainable Process / F. Verdini et al. *Fermentation*. 2022. Vol. 8, no. 10. P. 556.
2. Enzyme Engineering Agro-Industrial Waste as Potential Renewable Feedstock for Biopolymer Poly-Hydroxyalkanoates (PHA) Production / Mayur Giridhar Naitam et al. *Enzyme Engineering*. 2022. Vol. 1.1, no. 190. P. 16.
3. Alyaa Hamieh, Zakia Olama, Hanafi Holail. Microbial production of polyhydroxybutyrate, a biodegradable plastic using agro-industrial waste products. *Full Length Research Paper*. 2013. Vol. 2. P. 54–64.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДЕКАРБОКСИЛАЗ ЖИРНИХ КИСЛОТ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА

Віннічук В. С.

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

vinnichuk.vasyl@iill.kpi.ua

Декарбоксилази, зокрема декарбоксилази жирних кислот (fatty acid decarboxylases (FADCs)), розглядаються як перспективні ферменти для виробництва біопалива нового покоління. Їх головна перевага полягає у здатності безпосередньо перетворювати вільні жирні кислоти у вуглеводні — алкени або алкани, які можуть використовуватися як так зване «drop-in» паливо, тобто паливо, сумісне з існуючими двигунами та інфраструктурою без потреби додаткової модифікації. Такі сполуки за своїми властивостями наближені до традиційних вуглеводнів нафтового походження, що робить біокаталітичне декарбоксилювання особливо привабливим напрямом у розробці сталих паливних технологій [1–3].

Одним із найвідоміших прикладів ферментів цього типу є P450-залежна декарбоксилаза жирних кислот OleT_{LE}, здатна каталізувати утворення 1-алкенів із довголанцюгових жирних кислот. Іншим перспективним варіантом є фотодекарбоксилаза жирних кислот (fatty acid photodecarboxylase (FAP)) CvFAP, виділена з мікроводоростей *Chlorella variabilis*, яка активується світлом і дозволяє здійснювати перетворення жирних кислот у алкани. Застосування таких ферментів у системах на основі дріжджів, таких як *Yarrowia lipolytica* відкриває можливість створення рекомбінантних мікроорганізмів, здатних синтезувати вуглеводні безпосередньо з біомаси [2]. Комбінування декарбоксилаз із ліпазами або іншими ферментами у каскадних реакціях дозволяє ще більше підвищити ефективність процесу, перетворюючи, наприклад, тригліцериди рослинних олій у вільні жирні кислоти, а потім в алкени. Крім того, біопаливо, отримане з використанням декарбоксилаз, характеризується низьким вуглецевим слідом, адже вихідною сировиною можуть бути відновлювані джерела — рослинні олії, мікроскопічні водорості або промислові відходи [1–2].

Водночас існують і певні виклики. Основними проблемами залишаються: низька продуктивність і нестабільність процесу, необхідність кофакторів здатних інгібувати фермент, наявність світла для фотодекарбоксилаз, кількість утвореного палива недостатня для повноцінного промислового використання. Вирішення цих проблем можливе завдяки сучасним підходам генної та метаболічної інженерії — створення більш продуктивних рекомбінантних штамів продуцентів декарбоксилаз, мутагенезу активного центру, пошуку стабільних та більш активних варіантів ферментів [1].

Попри труднощі, перспективи використання декарбоксилаз у виробництві біопалива залишаються високими, оскільки з відкриття даних ферментів не минуло і двадцяти років [1]. У майбутньому, за умови підвищення активності та стабільності ферментів і зниження вартості процесу, можливо саме декарбоксилази можуть стати одними з можливих варіантів для промислового виробництва біопалива.

ЛІТЕРАТУРА

1. Santner, P., Chanquia, S. N., Petrovai, N., Benfeldt, F. V., Kara, S., & Eser, B. E. (2023). Biocatalytic conversion of fatty acids into drop-in biofuels: Towards sustainable energy sources. *EFB Bioeconomy Journal*, 3, 100049.
2. Bruder, S., Moldenhauer, E. J., Lemke, R. D., Ledesma-Amaro, R., & Kabisch, J. (2019). Drop-in biofuel production using fatty acid photodecarboxylase from *Chlorella variabilis* in the oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica*. *Biotechnology for Biofuels*, 12(1), 1–13.
3. Van Dyk, S., Su, J., Mcmillan, J. D., & Saddler, J. (John). (2019). Potential synergies of drop-in biofuel production with further co-processing at oil refineries. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 13(3), 760–775.

ЗАСТОСУВАННЯ СПОРОУТВОРЮЮЧИХ ПРОБІОТИКІВ НА ОСНОВІ *BACILLUS SPP.* У ТВАРИННИЦТВІ ТА ПТАХІВНИЦТВІ

Татарчук Р.І.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
rarara201601@gmail.com

Глобальна тенденція до обмеження використання антибіотиків як стимуляторів росту та профілактичних засобів у тваринництві зумовлює пошук ефективних та безпечних альтернатив. Однією з найперспективніших є застосування пробіотиків на основі спороутворюючих бактерій роду *Bacillus*. На відміну від звичайних пробіотичних культур, які часто мають низьку стійкість до агресивних умов шлунково-кишкового тракту, спороутворюючі бактерії здатні виживати в екстремальних умовах завдяки утворенню ендоспор [1].

Бактерії роду *Bacillus*, зокрема *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. coagulans* та *B. amyloliquefaciens*, широко застосовуються у ветеринарній практиці. Їхня ефективність зумовлена комплексним механізмом дії: відновлення нормобіоценозу кишечника через конкурентне витіснення патогенних мікроорганізмів, продукування широкого спектру біологічно активних речовин (ліпопептидів, ферментів, бактеріоцинів), стимуляція імунної системи та покращення перетравності кормів [2].

Особливу увагу заслуговують антимікробні метаболіти, що синтезуються бацилами. Ліпопептиди циклічної будови – сурфактин, ітурин та фенгіцин – проявляють виражену фунгіцидну та бактерицидну активність проти широкого спектру патогенів, включаючи *Salmonella*, *E. coli*, *Clostridium* та мікроскопічні гриби. Продукування гідролітичних ферментів (амілаз, протеаз, ліпаз) сприяє кращому засвоєнню поживних речовин корму, що підвищує конверсію та продуктивність тварин.

Технологічні переваги спороутворюючих пробіотиків включають високу термостабільність (витримують температуру до 80-90°C), стійкість до гранулювання кормів, тривалий термін зберігання (до 24 місяців) та можливість транспортування без додаткового охолодження. Це робить їх економічно вигідними для масового виробництва та застосування у промислових умовах.

Численні дослідження підтверджують ефективність застосування пробіотиків на основі *Bacillus spp.*: збільшення середньодобових приростів маси на 8-15%, зниження захворюваності на 20-30%, покращення конверсії корму на 5-12%. При цьому відсутність токсичності та алергенності робить їх безпечними як для тварин, так і для споживачів продукції тваринництва.

Таким чином, спороутворюючі пробіотики на основі бактерій роду *Bacillus* є перспективним напрямком розвитку біологічних засобів профілактики та лікування дисбактеріозів у сільськогосподарських тварин, що відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки та якості продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bacon C.W. *Bacillus amyloliquefaciens*: A Review of Its Properties and Applications in Agriculture and Industry. *PMC*. 2022.
2. Cutting S.M. *Bacillus* probiotics. *Food Microbiology*. 2011. Vol. 28, No. 2. P. 214-220.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ *STREPTOMYCES* SP. LG23 У БОРОТБІ З АНТИБІОТИКОРЕЗИСТЕНТНІСТЮ

Лижнюк Д. В., Гебеш Е. М.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
hebesh.elina@lkl.kpi.ua

Зростання антибіотикорезистентності, зокрема метицилін-резистентних штамів *Staphylococcus aureus* (MRSA), що становлять до 50% ізолятів у деяких регіонах, робить пошук нових продуцентів антибіотиків критично важливим для сучасної медицини [1].

Представники роду *Streptomyces* історично є найбільш продуктивними продуцентами антибіотиків, будучи джерелом більшості усіх природних антимікробних препаратів, що підкреслює їхнє виняткове біотехнологічне значення. Проте генетичне різноманіття стрептоміцетів у природних екосистемах залишається недостатньо вивченим, що створює перспективи для виявлення нових штамів-продуцентів з унікальними властивостями. За нашими попередніми дослідженнями, виділений з ґрунту штам *Streptomyces* sp. LG23 демонструє високу антагоністичну активність саме проти *S. aureus* (зона затримки росту 18 мм), що робить його перспективним об'єктом для подальших біотехнологічних досліджень у контексті боротьби з резистентними стафілококовими інфекціями. Клінічна значущість результатів обумовлена тим, що *S. aureus* входить до групи ESKAPE-патогенів, які швидко розвивають резистентність до антибіотиків та спричиняють інфекції від поверхневих уражень шкіри до септицемії, ендокардиту та пневмонії. MRSA-штами особливо поширені у госпітальному середовищі, де обмежені опції лікування часто призводять до несприятливих наслідків. Здатність штаму LG23 пригнічувати ріст стафілококів може свідчити про синтез антибіотичних речовин з механізмом дії, ефективним проти цільових структур, на які не впливають існуючі препарати. Генетична інженерія революціонізувала розуміння та використання стрептоміцетів у біотехнологічних застосуваннях. Сучасні методи генетичної модифікації, такі як клонування генних кластерів, надекспресія цільових генів та технологія CRISPR-Cas9, надають потужні інструменти для посилення продукції антибіотиків та створення нових, більш ефективних сполук. Застосування цих технологій до штаму LG23 може забезпечити покращення синтезу вторинних метаболітів та розробку нових клінічних препаратів для лікування резистентних бактеріальних штамів. Геномне секвенування дозволить виявити біосинтетичні генні кластери, включаючи «мовчазні», активація яких може відкрити нові антибіотичні сполуки [2]. З точки зору промислового впровадження, стрептоміцети мають низку переваг: добре вивчена фізіологія, можливість культивування у великих біореакторах, наявність відпрацьованих технологій екстракції та очищення вторинних метаболітів. Масштабування процесу від лабораторного до промислового рівня для штаму LG23 може бути здійснене з використанням існуючої біотехнологічної інфраструктури антибіотичних виробництв. Таким чином, штам *Streptomyces* sp. LG23 являє собою перспективний біотехнологічний об'єкт для розробки нових антимікробних препаратів, спрямованих на боротьбу з антибіотикорезистентністю. Виявлена активність проти *S. aureus*, в поєднанні з можливостями сучасної біотехнології для оптимізації та масштабування виробництва, створює підґрунтя для подальших досліджень у напрямку створення ефективних засобів проти MRSA та інших резистентних патогенів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Li J, Cheng F, Wei X, Bai Y, Wang Q, Li B, Zhou Y, Zhai B, Zhou X, Wang W, et al. Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA): Resistance, Prevalence, and Coping Strategies. *Antibiotics*. 2025; 14(8):771. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14080771>
1. Martinou K. The Role of *Streptomyces* in Antibiotic Production and Biotechnology: Genetic Mechanisms, Applications, and Future Prospects. 2025.

ШЛЯХИ ВИРОБНИЦТВА ГІАЛУРОНОВОЇ КИСЛОТИ

Пашина К. О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
pashchyna.kateryna@lil.kpi.ua

Біотехнологічне виробництво гіалуронової кислоти останнім часом набуло значного наукового та промислового інтересу у зв'язку зі зростанням попиту на цей біополімер у різних галузях. Гіалуронова кислота являє собою лінійний нессульфатований глікозаміноглікан, поширений у природі, що складається з повторюваних залишків N-ацетилглюкозаміну та глюкуронової кислоти. Завдяки своїй будові гіалуронова кислота добре іммобілізує воду в тканинах, що робить її чудовим засобом для зволоження та глибокого відновлення тканин [1].

Раніше основним джерелом отримання гіалуронової кислоти були тваринні тканини, зокрема гребені півнів, склоподібне тіло ока великої рогатої худоби тощо. Видобування здійснювалося шляхом ферментативного або хімічного гідролізу тканин, після чого проводили очищення та осадження полімеру з використанням органічних розчинників. Однак даний метод мав низку недоліків, зокрема високий ризик контамінації гіалуронової кислоти сторонніми домішками, складність контролю тваринних тканин, а також етичні проблеми та високу вартість [1].

На даний момент для виготовлення гіалуронової кислоти використовують біотехнологічні методи. Даний продукт отримують шляхом культивування бактерій, найчастіше *Streptococcus zooepidemicus*, *Bacillus subtilis* та *Escherichia coli*.

Різні штами *S. zooepidemicus* використовують для виробництва гіалуронової кислоти. Даний мікроорганізм виробляє високомолекулярну гіалуронову кислоту, яка добре підходить для використання в медицині. *S. zooepidemicus* дає високий вихід продукту, однак є повільноростучим, через що на його культивування витрачається більше часу, ніж це потрібно для інших продуцентів [2].

B. subtilis використовують для виробництва низькомолекулярної гіалуронової кислоти, яка використовується для виробництва великої кількості косметологічних препаратів. Даний мікроорганізм дає високий вихід продукту та швидко росте, проте потребує більших затрат на процес культивування, ніж інші продуценти.

E. coli також використовується для виробництва гіалуронової кислоти різної молекулярної маси. Цей мікроорганізм швидко росте, проте має значно нижчий вихід продукту, ніж інші мікроорганізми [2].

Таким чином, показано, що біотехнологічний спосіб отримання гіалуронової кислоти є простішим, більш ефективним та менш затратним, ніж її отримання з тваринних клітин. Найкращим мікроорганізмом-продуцентом гіалуронової кислоти для медичного застосування є *S. zooepidemicus*, в той час як для косметологічного – *B. subtilis*.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hyaluronic acid (hyaluronan): a review / J. Necas et al. *Veterinárni Medicina*. 2008. Vol. 53, No. 8. P. 397–411.
2. Microbial Hyaluronic Acid Production: A Review / M. Serra et al. *Molecules*. 2023. Vol. 28, no. 5. P. 2084.

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ КУЛЬТУР У ВИРОБНИЦТВІ КОРМІВ ДЛЯ ПТИЦІ

Біловодська М. Б., Швець О. Г.

Сумський національний університет, Україна
marinabilovodska@gmail.com, olgylasenko@gmail.com

Розробка екологічно чистих та інноваційних біоматеріалів для агропромислового комплексу, зокрема в птахівництві, це один з провідних напрямків сучасних біотехнологічних досліджень. Застосування антибіотиків як кормових стимуляторів росту для сільськогосподарської птиці обмежено на законодавчому рівні у багатьох країнах світу, що зумовлено ризиками розвитку антибіотикорезистентності. Тому, сучасна біотехнологія та біоінженерія пропонують корисні альтернативи синтетичним агентам, фокусуючись на використанні біоактивних кормових добавок, зокрема пробіотиків, пребіотиків та фітоекстрактів. Включення їх до раціону сприяє покращенню складу кишкової мікробіоти, підвищенню забійного виходу, покращенню якості м'яса птиці та загальному зміцненню здоров'я поголів'я. При застосуванні в оптимальних дозах ці сполуки мають потенціал для нормалізації мікробної рівноваги в шлунково-кишковому тракті птахів, що покращує процеси травлення, сприяють засвоєнню поживних речовин і забезпечують захист організму від патогенних бактерій.

Трансформація трактування терміну "пробіотики" відображає його поступове уточнення. Спочатку, на етапі початкової концептуалізації, пробіотики визначалися як речовини, що продукуються мікроорганізмами і стимулюють ріст інших мікроорганізмів. Згодом, термін розширив своє значення і почав застосовуватися для позначення кормових добавок для тварин, які сприятливо впливають на організм господаря (зокрема, покращують здоров'я та продуктивність). Фінальне, загальновизнане уточнення сформулювало сучасне визначення: пробіотики — це живі мікроорганізми, які при введенні в достатній кількості надають корисний ефект здоров'ю господаря.

Пробіотики можна використовувати окремо або в поєднанні з іншими добавками, які вважаються безпечними для птахів. Пребіотики є поживними субстратами для корисних мікроорганізмів і включають речовини, що сприяють підтриманню здорової мікрофлори кишечника, зокрема клітковину, поліфеноли, поліненасичені жирні кислоти та кон'юговану лінолеву кислоту. Пробіотики, пребіотики та фітоекстракти сприяють покращенню якості м'яса птиці, оптимізують ліпідний профіль, запобігають псуванню продукції, подовжують термін її зберігання та надають м'ясу додаткових корисних властивостей. Продукція птахівництва, отримана із застосуванням таких біотехнологічних добавок, відповідає сучасним вимогам споживачів щодо екологічно чистих та функціональних продуктів харчування.

Такі підходи узгоджуються з глобальною тенденцією до здорового харчування, оскільки сприяють зниженню вмісту жиру в м'ясі та потенційно зменшують ризики розвитку хронічних захворювань, зокрема діабету, ожиріння, жирової хвороби печінки та серцево-судинних патологій. Отже, використання пробіотиків, пребіотиків і природних біоактивних сполук у виробництві комбікормів для птиці має важливе значення для підвищення якості продукції, поліпшення здоров'я птахів і забезпечення суспільного попиту на безпечне, корисне м'ясо.

ЛІТЕРАТУРА

1. El-Ghany, W. A. A. . (2020). Paraprobiotics and postbiotics: Contemporary and promising natural antibiotics alternatives and their applications in the poultry field. *Open Veterinary Journal*, 10(3), 323–330. <https://doi.org/10.4314/ovj.v10i3.11>
2. Alagawany, M., Abd El-Hack, M. E. A., Farag, M. R., Sachan, S., Karthik, K., & Dhama, K. (2018). The use of probiotics as eco-friendly alternatives for antibiotics in poultry nutrition. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(11), 10611–10618

БІОЕТАНОЛ ДРУГОГО ПОКОЛІННЯ. МЕТОДИ ОБРОБКИ СИРОВИНИ

Коломієць В. Г.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

vika.kolomiet.05@gmail.com

Біоетанол другого покоління отримують із лігноцелюлозної біомаси – рослинних відходів (соломи, жому, деревини), основними компонентами якої є целюлоза, геміцелюлоза та лігнін. На відміну від біопалива першого покоління, його виробництво не конкурує з продовольчим сектором і сприяє раціональному використанню земельних ресурсів. Основною технологічною складністю є руйнування міцної структури лігноцелюлози для подальшої ферментації цукрів [1].

Попередня обробка біомаси – ключовий етап, що визначає ефективність гідролізу та бродіння. Застосовують фізичні, хімічні, фізико-хімічні, біологічні та комбіновані методи: 1) фізичні методи (подрібнення, мікрохвильова, ультразвукова обробка) зменшують розмір частинок, підвищують пористість, але є енергоємними; 2) хімічні методи (кислотна, лужна обробка, із розчинниками) ефективно руйнують лігнін і геміцелюлозу, проте утворюють інгібітори. Перспективними вважаються глибокі евтектичні розчинники, що вибірково видаляють лігнін без пошкодження целюлози; 3) фізико-хімічні методи (паровий вибух, AFEX, гаряча вода, надкритичний CO₂) поєднують дію температури, тиску й реагентів, забезпечуючи добру ефективність при нижчих енергозатратах; 4) біологічна обробка із використанням грибів *Phanerochaete*, *Trametes*, *Pleurotus* є екологічною, але повільною; 5) комбіновані технології (лужно-пероксидна, біо-кислотна) дозволяють знизити енергоспоживання та кількість інгібіторів; 6) після попередньої обробки проводять гідроліз ферментами (*Trichoderma reesei*, *Aspergillus niger*), ферментацію (*Saccharomyces cerevisiae*) та очищення біоетанолу мембранними методами (дистиляція, первапорація) [2].

На основі аналізу літератури порівняно біологічні та фізико-хімічні методи обробки. Біологічна обробка відзначається низькими енергозатратами й екологічністю. Грибні культури (*Phanerochaete chrysosporium*, *Pleurotus ostreatus*) здатні руйнувати до 80% целюлози, тоді як бактеріальні – видаляти близько 60% лігніну. Проте процес тривалий і складно масштабовується [3].

Фізико-хімічні методи забезпечують швидке розщеплення біомаси: при гідротермальній обробці пшеничної соломи видаляється до 97% геміцелюлози та 23% лігніну, але процес потребує високих температур (160-260 °C) і тиску (20-60 бар), що спричиняє значні енергозатрати та утворення інгібіторів [4].

Отже, попередня обробка є ключовим етапом виробництва біоетанолу другого покоління. Біологічні методи є екологічно безпечними, але повільними; фізико-хімічні – ефективними, проте енергоємними. Найбільш доцільним є поєднання цих підходів для забезпечення балансу між екологічністю та технологічною ефективністю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Igwebuike C. M., Awad S., Andr s Y. Renewable energy potential: second-generation biomass as feedstock for bioethanol production. *Sustainable Development and Application of Renewable Chemicals from Biomass and Waste II*. 2024. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules29071619>.
2. Broda M., Yelle D. J., Serwa nska K. Bioethanol production from lignocellulosic biomass–challenges and solutions. *Lignocellulosic Biomass II*. 2022. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules27248717>.
3. Soni S. K., Sharma A., Soni R. Microbial enzyme systems in the production of second generation bioethanol. *Sustainable Development of Enzyme System for Industrial Applications*. 2023. URL: <https://doi.org/10.3390/su15043590>.
4. Pretreatments applied to wheat straw to obtain bioethanol / C. O. Rus nescu et al. *Advances in Biofuels and Bioenergy Production*. 2024. URL: <https://doi.org/10.3390/app14041612>.

BUILDING ENGLISH-LANGUAGE SOFT SKILLS IN BIOTECHNOLOGY EDUCATION

Vozniuk T.M.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
vostana@nubip.edu.ua

In the modern world, biotechnology professionals must possess not only technical knowledge but also a high level of English-language communication skills, particularly soft skills. These competencies are essential for successful integration into the global scientific and professional community.

With the globalization of science and the internationalization of higher education, biotechnology professionals are increasingly involved in international projects, conferences, publications, and collaborations. English has become the dominant language of communication in the biotech field. However, mastering terminology alone is insufficient. Soft skills, especially those practiced in English, are vital for future specialists to effectively engage in teamwork, confidently present their ideas, and adapt to multicultural environments.

Key soft skills required for future biotechnologists include **Communication skills** – the ability to express ideas clearly, logically, and confidently in both spoken and written English. **Public speaking and presentations** – delivering scientific results at conferences, seminars, and professional meetings in English. **Academic writing skills** – writing research papers, abstracts, reports, and grant proposals in English. **Critical thinking and argumentation** – formulating arguments, asking questions, analyzing data, and engaging in evidence-based discussions. **Intercultural competence** – understanding cultural differences and effectively interacting in multicultural professional settings.

The development of English-language soft skills is an essential component of effective biotechnology education. This approach not only enhances students' language proficiency but also prepares them for real-world professional challenges in a globalized context. Integrating soft skills into English language instruction makes learning more relevant, engaging, and aligned with the current demands of the international labor market and scientific community.

Integrating English-language soft skills development into biotechnology curricula requires a well-structured pedagogical framework. Educators should employ interactive and student-centered methods such as project-based learning, case studies, role-playing, and collaborative research tasks conducted in English. These approaches simulate real professional situations and promote active communication, teamwork, and problem-solving. Furthermore, digital tools — including online scientific platforms, virtual conferences, and professional networking environments — can provide authentic contexts for students to practice their communication and collaboration skills. By combining linguistic training with practical applications relevant to biotechnology, universities can create a dynamic learning environment that fosters both professional competence and global employability.

REFERENCES

1. Hyland, K. (2006). *English for Academic Purposes: An Advanced Resource Book*. Routledge.
2. Seidlhofer, B. (2011). *Understanding English as a Lingua Franca*. Oxford University Press.

ІНТЕГРАЦІЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ ТА МІКРООРГАНІЗМІВ У ВИРОБНИЦТВО БІОПАЛИВА

Губеня О. С.

Київський національний університет технологій та дизайну
olyagubenya@icloud.com

Біоенергетика на основі мікроорганізмів є одним із найперспективніших напрямів відновлюваної енергетики, що поєднує екологічність, технологічну ефективність та відновлюваність ресурсів. Використання мікроводоростей та бактеріальних культур у виробництві біопалива дозволяє не лише зменшити залежність від викопних джерел енергії, а й ефективно утилізувати вуглекислий газ та відходи органічного походження.

Мікроводорості, зокрема *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus obliquus*, *Nannochloropsis oculata*, мають високу швидкість росту, значний вміст ліпідів (до 60 % від сухої маси) та здатні накопичувати тригліцериди, що є сировиною для отримання біодизелю. Водночас генетично модифіковані мікроорганізми, такі як *Escherichia coli* або *Saccharomyces cerevisiae*, використовуються для підвищення продуктивності біоетанолу та біобутанолу з лігноцелюлозних відходів.

Інтеграційні біотехнологічні системи, що поєднують культивування мікроводоростей із використанням побічних продуктів промисловості (CO₂, стічні води, органічні відходи), дозволяють створювати замкнуті цикли виробництва. Такі системи забезпечують одночасне очищення середовища і виробництво біопалива, що відповідає принципам циркулярної економіки.

Проведені дослідження [1–2] свідчать, що оптимізація параметрів культивування (освітленість, концентрація поживних речовин, рН, температура) та біохімічних процесів переробки (транскестерифікація, ферментація) може підвищити енергетичний вихід палива на 20–40 %. Використання мікроводоростей у поєднанні з бактеріальними консорціумами також сприяє більш повному розкладанню органічних речовин і підвищенню ефективності біогазових установок.

Таким чином, інтеграція мікроводоростей та мікроорганізмів у виробництво біопалива є перспективним напрямом розвитку зеленої енергетики. Вона забезпечує енергетичну безпеку, зниження викидів парникових газів і сталий розвиток промисловості. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення генетичних і технологічних рішень, що забезпечать комерційну ефективність цих процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Chisti Y. Biodiesel from microalgae beats bioethanol. Trends in Biotechnology. 2008. Vol. 26, No. 3. P. 126–131.
2. Gaurav N., Sivasankari S., Kiran G. S., Ninawe A., Selvin J. Utilization of bioresources for sustainable biofuels: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. Vol. 73. P. 205–214.

БІОРОЗКЛАДНІ ХІТОЗАНОВІ ПЛІВКИ, ФУНКЦІОНАЛІЗОВАНІ НАНОЧАСТИНКАМИ, ДЛЯ ІНГІБУВАННЯ РОСТУ ПАТОГЕНІВ В УПАКОВЦІ

Черевко А. В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
cherevko.anastasia@iit.kpi.ua

Зростання попиту на екологічно безпечні пакувальні матеріали та необхідність зниження мікробного псування харчових продуктів стимулюють розробку біорозкладних полімерних систем з антимікробними властивостями. Хітозан – природний біополісахарид, відомий своєю біодеградованістю, біосумісністю та здатністю пригнічувати ріст мікроорганізмів завдяки позитивно зарядженим аміногрупам, які взаємодіють із клітинними мембранами бактерій [1]. Проте, його основні недоліки – крихкість та недостатні бар’єрні властивості проти водяної пари – вимагають функціональної модифікації. Інтеграція наночастинок металів (оксид цинку, срібла) та біоматеріалів (наноцелюлоза, нанолігнін) є ключовим механізмом для створення високоефективної упаковки. Наночастинки функціонують як армуючі агенти, що призводить до значного покращення фізико-механічних властивостей, зокрема, зростання межі міцності на розрив та еластичності [2]. Критично важливо, що додавання наночастинок успішно зменшує гідрофільність матриці та підвищує бар’єрні властивості плівки проти водяної пари, що є фундаментальним для збереження якості продукту. З точки зору інгібування патогенів, наночастинки посилюють антимікробну ефективність хітозану через генерацію активних форм кисню та пряме порушення цілісності клітинних мембран мікроорганізмів. Додавання наночастинок, зокрема оксиду цинку, дозволяє модулювати антимікробну селективність, підвищуючи ефективність композиту проти грамнегативних бактерій (*Escherichia coli*), які менш чутливі до чистого хітозану [3]. Синергічний ефект структурного зміцнення та посиленого інгібування патогенів прямо корелює з подовженням терміну зберігання. Практичне застосування підтверджує, що нанокompозитні плівки, армовані наночастинами лігніну або срібла/діоксиду титану, здатні суттєво подовжити термін зберігання продуктів, які швидко псуються [1]. Наприклад, плівки хітозан, армовані наночастинами лігніну або наногеміцелюлози, зберегли якість свіжого м’яса до 18-го дня зберігання при 4 °C, тоді як м’ясо в традиційній поліетиленовій плівці зіпсувалося вже на шостий день. Нанокompозитні покриття на основі хітозан-срібло/діоксид титану ефективно подовжили термін зберігання чилі та банана, продемонструвавши високу швидкість інгібіції бактерій та грибків [2].

Отже, функціоналізація біорозкладних хітозанових плівок наночастинами є високopersпективною сталою технологією, що забезпечує підвищену антипатогенну ефективність та покращені фізико-механічні властивості. Ключовими викликами для широкої комерціалізації залишаються питання забезпечення відтворюваності властивостей та довгострокової стабільності плівок, а також необхідність ретельної токсикологічної оцінки для контролю міграції наночастинок металів у харчові продукти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Babaei-Ghazvini A., Acharya B., Korber D.R. Antimicrobial Biodegradable Food Packaging Based on Chitosan and Metal/Metal-Oxide Bio-Nanocomposites: A Review. *Polymers*, 2021, 13(16), 2790.
2. Tshilwane L. I., Ndangili P. M. Chitosan-Metal/Metal Oxide Bio-Nanocomposites for Active Food Packaging Applications. // *Polymers*. 2021. Vol. 13, № 16. Art. 2790. DOI: 10.3390/polym13162790.
3. Jacob Rani B. S., Venkatachalam S. Biomass-derived nanoparticles reinforced chitosan films: as high barrier active packaging for extending the shelf life of highly perishable food. // *J Food Sci Technol*. 2023. Vol. 61, № 5. P. 990–1002. DOI: 10.1007/s13197-023-05896-9.

БІОТЕХНОЛОГІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО АНТИОКСИДАНТНИХ СПОЛУК ІЗ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ

Черевко А. В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
cherevko.anastasia@lil.kpi.ua

Щорічно агропромисловий комплекс генерує мільйони тон побічних продуктів (наприклад, вичавок, макухи, соломи). Утилізація цієї біомаси становить значну екологічну та економічну проблему. Проте ці відходи є недооціненими, але багатими джерелами біологічно активних сполук, зокрема поліфенолів, відомих своєю високою антиоксидантною активністю [1]. Оскільки антиоксиданти критично важливі для захисту організму від окислювального стресу та захворювань, тому однією з актуальних задач біотехнології є розробка ефективних та екологічно чистих методів вилучення цих цінних речовин із вторинної сировини.

Традиційна екстракція поліфенолів є енергозатратною та часто використовує органічні розчинники, високі температури і тиск, що може спричинити деградацію цільових сполук. Екологічною альтернативою слугують біотехнологічні підходи [2]. Вони використовують мікробні ферменти для руйнування компонентів рослинних клітинних стінок (лігніну, целюлози, геміцелюлози), сприяючи ефективному вивільненню зв'язаних фенольних сполук.

Особливо ефективним методом є твердофазна ферментація (ТФФ), коли мікроорганізми, переважно мікроскопічні гриби (*Aspergillus*, *Rhizopus*, *Trichoderma*), культивують на зволоженому твердому субстраті з мінімальною кількістю вільної води – моделюючи природні умови росту. У процесі синтезуються гідролітичні ферменти (целюлази, ксиланази, пектинази), які розщеплюють полісахариди рослинної біомаси, вивільняють зв'язані поліфеноли і часто трансформують їх у форми з вищою біодоступністю та антиоксидантною активністю [3]. Численні дослідження підтверджують ефективність ТФФ: наприклад, ферментація виноградних вичавок *Aspergillus niger* підвищувала загальний вміст фенолів на 50–70% і антиоксидантну активність екстрактів у 1,5–2,0 рази порівняно з неферментованою сировиною. Такі ферментовані субстрати є джерелом збагачених антиоксидантами екстрактів для харчової, фармацевтичної та косметичної промисловості.

Біотехнологічна конверсія сільськогосподарських відходів є інноваційною та екологічно вигідною стратегією для отримання цінних антиоксидантів. Зокрема, твердофазна ферментація (ТФФ) дозволяє ефективно вивільняти біологічно активні сполуки з рослинної сировини, значно підвищуючи їх кінцевий вихід та активність. Цей підхід відповідає принципам циркулярної економіки та ресурсозбереження, перетворюючи низьковартісні побічні продукти на сировину для функціональних матеріалів. Подальші дослідження мають зосередитися на оптимізації процесів ТФФ та масштабуванні технологій для промислового застосування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Corrales, M., Toepfl, S., Butz, P., Knorr, D., & Tauscher, B. (2008). Extraction of anthocyanins from grape by-products assisted by pulsed electric fields, high hydrostatic pressure or conventional thermal processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(1), 85-91.
2. Martins, S., Mussatto, S. I., Martínez-Avila, G., Montañez-Saenz, J., Aguilar, C. N., & Teixeira, J. A. (2011). Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnology Advances*, 29(3), 365-373.
3. Ajila, C. M., Brar, S. K., Verma, M., Tyagi, R. D., Godbout, S., & Valéro, J. R. (2011). Solid-state fermentation of apple pomace for the production of phenolic compounds: a rich source of antioxidant. *Food and Bioprocess Technology*, 4(5), 845-853.

БІОГІБРИДНІ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ В МІСТАХ**Окольнічий К. М.***Науковий парк «Алгоритм інновацій», Україна
okolnichiy.kyrylo@gmail.com*

Проблема забруднення повітря в містах є одним із найгостріших екологічних викликів сучасності. Висока концентрація дрібнодисперсних частинок (PM_{2.5}, PM₁₀), оксидів азоту, сірки та летких органічних сполук (ЛОС) завдає непоправної шкоди здоров'ю населення та екосистемі. Традиційні методи очищення повітря часто є енергозатратними, вимагають постійного обслуговування та мають обмежену ефективність у великих масштабах. Нанотехнології відкривають нові горизонти для створення значно рішень, здатних змінити підхід до покращення якості міського середовища.

На сьогодні формується концепція біогібридних панелей - «живих стін», що поєднують природні можливості моху з унікальними властивостями наноматеріалів. Система функціонує як самодостатній біореактор, інтегрований в архітектуру міст. Біологічний компонент - мох - виконує роль природного фільтра, адсорбуючи дрібнодисперсний пил і токсичні органічні сполуки [1]. Симбіотичні мікроорганізми, що мешкають на поверхні моху, здійснюють біодеградацію частини шкідливих речовин, а сам мох у процесі фотосинтезу сприяє збагаченню повітря киснем.

Основу панелі становить наноструктурована мережа гідрофільних полімерних нановолокон, яка створює сприятливий мікроклімат, утримує вологу з повітря й забезпечує оптимальні умови для життєдіяльності моху навіть у сухих періодах [1, 2]. Завдяки площі поверхні наноматеріалу підвищується ефективність уловлювання забруднювачів, що збільшує продуктивність системи. У структуру нановолокон можуть інтегруватися хімічні та біологічні наносенсиори - наприклад, на основі оксиду графену чи наночастинок діоксиду титану (TiO₂). Такі сенсори дають змогу в реальному часі відстежувати концентрацію основних забруднювачів (CO₂, NO_x, летких органічних сполук), а також фізіологічний стан моху [3]. Отримані дані можуть передаватися до централізованих систем екологічного моніторингу міста, формуючи елемент розумної екологічної інфраструктури.

Таким чином, біогібридні панелі на основі моху та нановолокон є перспективним рішенням проблеми забруднення повітря у містах а інтегровані сенсори роблять їх частиною «розумного міста». Синергія біологічного компонента та нанотехнологічної платформи створює пасивну, саморегульовану систему, здатну не лише фільтрувати, а й переробляти забруднювачі. Фасади будівель перетворюються на екологічні елементи, що очищують атмосферу, і підвищують привабливість міського простору, тому ця технологія сприятиме формуванню збалансованого міського середовища майбутнього.

ЛІТЕРАТУРА

1. Використання наночастинок. URL: https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/7801/1/Vykorystannia_nanochastynok.pdf (Last accessed: 14.10.2025)
2. Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Графен як перспективний матеріал електронної техніки» URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/339163836.pdf> (Last accessed: 14.10.2025)
3. Kitadai, H., Yuan, M., Ma, Y., & Ling, X. (2021). Graphene-Based Environmental Sensors: Electrical and Optical Devices. *Molecules*, 26(8), 2165. <https://doi.org/10.3390/molecules26082165>

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНОЇ БІОЛОГІЧНО АКТИВНОЇ ДОБАВКИ ГУМІЛІД ЗА ВИРОЩУВАННЯ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ КРОСУ КОББ-500

Дьомшина О. О.¹, Степченко Л. М.²

¹Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна

²Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна
olga-d2009@ukr.net

Поліфункціональний вплив кормових добавок гумінової природи на різні органи, тканини і системи організму різних тварин відомий факт (Buchko, 2013; Dyomshina et al., 2017; de Lourdes Angeles et al., 2022). До таких препаратів відноситься природна кормова добавка “Гумілід” розроблена та апробована у проблемній лабораторії з гумінових речовин ім. Л. А. Христової Дніпровського державного аграрно-економічного університету (м. Дніпро). Біологічно активні речовини, що входять до складу препарату виявляють антидіарейні, знеболюючі, імуностимулюючі та антимікробні властивості, здатні впливати на конверсію корму, ріст і якість м'яса сільськогосподарських тварин. Однак, застосування екзогенних речовин може спровокувати розвиток оксидативного стресу. Тому, мета дослідження встановити доцільність використання природної біологічно активної добавки Гумілід за вирощування курчат-бройлерів кросу Кобб-500.

Матеріал дослідження печінка та м'язи курчат-бройлерів кросу Кобб-500, які поділені на дві дослідні групи: 1 – інтактні курчата (контроль), 2 – курчата, яким у воду при випоюванні додавали Гумілід в оптимальній кількості: 5 мг/кг маси тіла протягом 14 днів. Методи дослідження: диференційне центрифугування, спектрометрії. Визначення біохімічних параметрів проводили згідно загально прийнятих методик. Статистичний аналіз отриманих результатів проводили методом ANOVA. Вірогідними вважали дані при $P < 0,05$.

В наших дослідженнях показано відсутність окисного стресу в водорозчинній фракції печінки та м'язів дослідних птахів, яким у питну воду додавали Гумілід, що підтверджено змінами кількості ТБК-активних речовин, цитохрому с та активності супероксиддисмутази у межах контрольної групи. Встановлено інтенсифікацію ензиматичної активності антиоксидантної системи захисту за рахунок активізації каталази у 2 рази. Окрім того, даний факт свідчить про стимуляцію адаптивних процесів у клітинах за умов дії біологічно активних речовин у складі Гуміліду. Також, активізація захисної системи пов'язана з підвищенням концентрації металів, які входять до складу активних центрів металопротеїнів. Одночасно, гумінові сполуки, які складають основну частку Гуміліду, виявляють антиоксидантні властивості та можуть самостійно гальмувати утворення перекисів.

Отримані результати вказують на адаптогенні властивості препарату Гумілід та є основою для рекомендації широкого впровадження даної природної біологічно активної кормової добавки у птахівництво.

ЛІТЕРАТУРА

1. Buchko, A.M. (2013). Free radical processes in the pig lets for the actions of humic additive. *Animal Biology*. 1(15), 27 – 33.
2. Dyomshina, O.O.; Ushakova, G.O.; Stepchenko, L.M. (2017). The effect of biologically active feed additives of humilid substances on the antioxidant system in liver mitochondria of gerbils. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8, <https://doi.org/10.15421/021729>.
3. de Lourdes Angeles, M.; Gómez-Rosales, S.; Téllez-Isaias, G. (2022). Mechanisms of Action of Humic Substances as Growth Promoters in Animals. In (Eds.), *Humus and Humic Substances - Recent Advances* [Working Title]. Publisher: IntechOpen, London, UK, <https://doi.org/10.5772/intechopen.105956>

ЕКОНОМІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БІОПАЛИВА ТРЕТЬОГО ПОКОЛІННЯ

Грецький І.О.¹, Грецька Н.А.²¹Київський національний університет технологій та дизайну²Державна установа «Інститут економіки та прогнозування Національної академії наук України»ihorhretskyi@gmail.com

В умовах зростання енергетичної залежності від викопних ресурсів та посилення міжнародної кліматичної політики питання розвитку альтернативних джерел енергії набуває стратегічного значення. Одним із перспективних напрямів переходу до низьковуглецевого розвитку є виробництво біопалива третього покоління — енергоносія, що ґрунтується на використанні мікроводоростей. Ці мікроорганізми характеризуються високою продуктивністю, здатністю до накопичення значних кількостей ліпідів і, на відміну від традиційних енергетичних культур, не конкурують із продовольчими ресурсами за орні землі або прісну воду [1].

Мікроводорості є одноклітинними фотосинтетичними організмами, здатними накопичувати до 70 % ліпідів у сухій біомасі, що робить їх придатними для виробництва біодизеля. Світові дослідження демонструють, що собівартість виробництва біодизеля з мікроводоростей коливається в межах 0,54–1,30 дол. США за літр, залежно від масштабів виробництва, типу реакторної системи та енергетичних витрат [2]. Висока фотосинтетична ефективність, короткий життєвий цикл (у 5–10 разів швидший, ніж у наземних культур) та можливість культивування на непридатних для сільського господарства землях формують низку технологічних переваг. Крім того, використання стічних або солонуватих вод у процесі вирощування знижує навантаження на прісноводні ресурси та сприяє реалізації принципів замкнутого водного циклу. Додатковою перевагою є можливість отримання супутніх продуктів — кормових добавок, пігментів, вітамінів та антиоксидантів, що підвищує економічну доцільність проєктів через диверсифікацію джерел прибутку.

Україна володіє значними передумовами для розвитку біоенергетичного сектору на основі мікроводоростей, зокрема сприятливими кліматичними умовами, достатніми водними ресурсами, наявністю деградованих земель та високим науковим потенціалом у сфері біотехнологій. За результатами моделювання найвищу продуктивність отримано для південних та східних регіонів країни, де можливий вихід біомаси до 10 кг і накопичення ліпідів до 6,6 кг з 1 м² за рік [3]. Отримані результати підтверджують високий потенціал мікроводоростей як відновлюваної сировини для сталого виробництва біопалива в Україні. Запровадження державних стимулюючих механізмів — податкових пільг, «зелених» тарифів та інвестиційних програм — може сприяти створенню пілотних виробництв і розширенню галузі. Ефективним напрямом є інтеграція виробництва біопалива третього покоління з аграрними підприємствами, харчовою промисловістю та системами очищення стічних вод, що дозволить формувати замкнені біоенергетичні цикли та знизити антропогенне навантаження на довкілля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шевчук Г. Біопаливо з водоростей як напрям розвитку «зеленої» економіки: сучасний стан та перспективи. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. №3(2). С.21-36. doi: 10.37128/2411-4413-2021-3-2.
2. Chowdhury H., Loganathan B. Third-Generation Biofuels from Microalgae: A Review. *Green and Sustainable Chemistry*. 2019. 20. P. 39–44. doi: 10.1016/J.COGLSC.2019.09.003.
3. Shamanskyi S., Boichenko S., Pavliukh L. Estimating of microalgae cultivation productivity for biofuel production in Ukraine conditions. *Proceedings of National Aviation University*. 2018. V.76. №3, P. 67–77. DOI: 10.18372/2306-1472.76.13161.

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ БІОТЕХНОЛОГІЇ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ

Довжук В. В., Коновалова Л. В., Довжук Н. Ш.

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, Україна

dovzhukviktoria@gmail.com

У сучасному світі ринок біотехнологій сприяє розвитку передових технологій та нових рішень, використовуючи силу біологічних систем і живих мікроорганізмів для стимулювання прогресу в різних галузях. Біотехнологія та біоінженерія охоплюють багато завдань, в яких організми або біологічні процеси використовуються з метою розробки нових технологій, які можуть змінити спосіб нашого життя та виробництва, підвищити стійкість і продуктивність продуктів або процесів. На сьогодні приблизно 90% всіх біотехнологічних продуктів у світі приходить на медицину та охорону здоров'я, що робить значний внесок у продовження тривалості життя людини й покращення якості життя, включаючи надання продуктів і засобів у боротьбі з хворобами, підвищення врожайності сільськогосподарських культур, використання біопалива для зменшення викидів парникових газів. Саме біотехнологічні виробництва мають особливе значення в країнах, які розвиваються та слугують потужними інструментами у боротьбі за виживання країни, розвитку її економіки та підвищення рівня життя громадян. Завдяки досягненням науки та техніки, фармацевтична галузь, що базується на новітніх технологіях та дослідженнях входить в нову еру у розробці ліків. Вона прагне перетворити фундаментальні дослідження на інноваційні ліки (доступні ліки) у лікуванні з подальшим виробництвом лікарських засобів та медичних виробів. За результатами досліджень IQVIA MIDAS станом на травень 2025 року протягом періоду 2019-2024 років на бразильському, китайському та індійському ринку спостерігається швидке зростання ринку дослідницького середовища, що призводить до поступової міграції економічної та дослідницької діяльності з Європи. Зазначені ринки зросли на 14,3%; 2,2% та 9,5% порівняно із середнім зростанням ринку на 7,9% для п'яти провідних ринків Європейського Союзу (ЄС) та 9,8% для ринку США. За період з 2019-2023 роки продаж нових ліків у США становить 66,9%, а на європейському ринку 15,8%. Фрагментація фармацевтичного ринку ЄС призвела до прибуткової паралельної торгівлі, що не вигідно ні соціальному забезпеченню, ні пацієнтам, а галузь позбавляє додаткових ресурсів для фінансування досліджень та розробок і як наслідок призводить до перебоїв у постачанні на деяких менших ринках.

Отже, світова біотехнологія стрімко рухається вперед завдяки глобалізації, великим інвестиціям, цифровим технологіям та інноваціям. Україна – в стані уповільненого входження, але має певні досягнення у різних напрямках попре складного становища країни під час війни. Важливо, в Україні прискорити трансформацію наукової активності, підвищити інвестиційну привабливість, прискорити інтеграцію у міжнародні ланцюги біотехнологічних продуктів. Підсумовуючи можна зробити висновки, що розвиток біотехнологій в Україні має потенціал, однак реалізація цього потенціалу потребує системного підходу, спрямованої політики та ресурсного забезпечення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету міністрів України від 17.01.2025 р. №34-р «Про схвалення Стратегії розвитку системи охорони здоров'я на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025-2027 роках».
2. Голей Ю.М., Стасюк Ю.М., Крупський О.П. Дослідження світових тенденцій розвитку біотехнологій. Інноваційна економіка 2022 № 1 (90). С. 12-22.
3. Безуглий М.Д., Щербак О.В., Пилипенко Д.М. Сучасна біотехнологія: стан та перспективи розвитку. Матеріали Міжнар. наук. конф., 25-26 квітня 2024р./Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування. Держ. біотехн. ун-т. – Харків, 2024. С.13.
4. Sigelman, C.K. and Rider, E.A. (2014). Life-span human development. Cengage Learning
6. Infinium Global Research. Biotechnology Market: Global Industry Analysis, Trends, Market Size, and Forecasts up to 2027, available at: <http://surl.li/cdbdn> (access date February 18, 2022).

2. APPLIED CHEMISTRY

CORROSION AT THE INTERFACE BETWEEN CHEMISTRY AND BIOLOGY: MIC AND MAC

Geert Potters

Antwerp Maritime Academy, Noordkasteel Oost 6, 2030 Antwerp, Belgium
geert.potters@hzs.be

Corrosion is the physicochemical deterioration of materials, typically metals, resulting from interactions with their environment. It involves electrochemical or chemical reactions that lead to the gradual loss of structural integrity, often manifesting as surface degradation, pitting, or material failure. Its impact on the economy of a nation is enormous: it is being estimated at 3.8% of the gross domestic product of that nation (or the added value of a company), a value that increases to 19.9% in the case of a maritime company or a port.

Observing corrosion in real life, especially in a marine context, is exacerbated because of the added biotic factors, both on a microscopic and a macroscopic level. Microbiologically influenced corrosion (MIC) drives material degradation by direct electron uptake or through the metabolic activity of microorganisms (such as production of acids or redox-active molecules), leading to localized corrosion phenomena such as pitting, tuberculation, and accelerated material loss. MIC is particularly relevant wherever environmental factors and microbial ecology shape corrosion dynamics and mitigation strategies.

Macrobiota (called macrofouling in the maritime context) affect corrosion of steel surfaces by creating a local microclimate with crevices, by offering a niche for bacteria to settle and create biofilms, or by secreting metabolites which interact with the steel. On the other hand, the creation of calcified layers on the steel by barnacles, mussels and oysters may mitigate corrosion processes, slowing down the degradation of the surface and potentially protecting the structures. This interplay leads to a complex process which can be named “macrofouling-affected corrosion” (MAC).

When investigating a specific case in which micro- or macrofouling may play a role, it is therefore important to take this complexity into account. The assessment of MIC (and probably also MAC) requires a *multiple lines of evidence* (MLoE) approach, involving material science, microbiology and molecular biology, an analysis of the structures formed on and in the steel, and even design aspects of the installation involved.

ANIONIC TANNERY DYE ADSORPTION ON BIOSORBENT DERIVED FROM TANNIN EXTRACTED WASTE

Jannatul Nime Tabassum, Md. Shahriar Shahadat, Md. Abul Hashem*, Md. Mukimujjaman Miem, Modinatul Maoya
Khulna University of Engineering & Technology, Bangladesh
hashem_518@yahoo.com

Safe water is essential for all living things. Due to increasing industrialization, urbanization, and unawareness, the population is at risk of safe water scarcity. Human health and aquatic ecosystems are threatened by the presence of dyestuffs in water stream. In leather processing, mostly anionic dyestuffs are used; after dyeing, a significance amount of dyestuffs are remained in waste water. Removal of dyestuffs is essential before discharge into the environment. This study investigates anionic dye adsorption from synthetic wastewater on thermally activated biosorbent. The biosorbent is derived from tannin-extracted waste. It was characterized before and after absorption using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy, Scanning Electron Microscope (SEM), and Energy Dispersive Spectroscopy (EDS). A batch adsorption test was conducted for dye adsorption on the biosorbent.

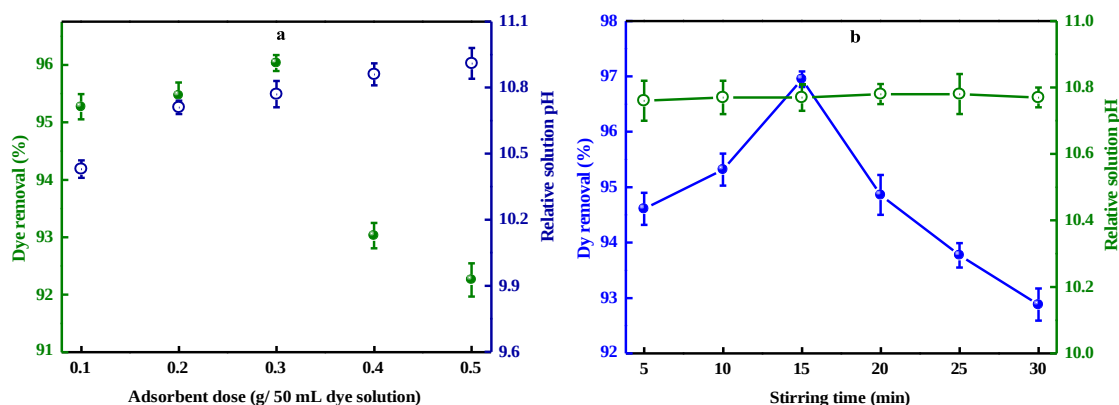


Figure 1. Effect of adsorbent dose on dye removal (a) and effect of contact time on dye removal

Figure 1a shows the effect of biosorbent dose on dye adsorption. Dye removal capacity increased as the biosorbent dose increased. For biosorbent doses of 0.1 g, 0.2 g, and 0.3 g, dye removal was 95.3%, 95.5%, and 96.0%, respectively. Dye removal efficiency decreased for 0.4 g and 0.5 g. This was due to the absence of free active sites in the biosorbent. Figure 1b shows the effect of stirring on dye adsorption. Dye removal for stirring times of 5, 10, and 15 min was 94.6%, 95.3%, and 96.9%. Stirring time over 15 min led to a gradual decrease in dye removal. The likely reason is desorption of dye from the biosorbent. The dye adsorption mechanism was characterized using adsorption isotherm and kinetics models. The pseudo second order (PSO) kinetic model showed a satisfactory regression coefficient. Adsorption fit well for the Freundlich isotherm model. FTIR and EDS spectra as well as SEM micrographs of pure and dye-loaded biosorbent confirm dye adsorption from wastewater. This study reveals a pathway to use waste material for dye removal from wastewater.

CO-COMPOSTING OF TANNERY LIMING SLUDGE AND WASTE SHEEP WOOL FOR AGRICULTURAL USE

Md. Enamul Hasan Zahin, Md. Abul Hashem*, Md. Mukimujjaman Miem, Md. Taskin Alam Niaz, Tanzila Parvin Ame, Sangida Iqbal
Khulna University of Engineering & Technology, Bangladesh
hashem_518@yahoo.com

Leather manufacturing required a combination of chemical and mechanical operations. After soaking, animal skins undergo a chemical treatment to remove wool/hair using lime (CaO) and sodium sulfide (Na₂S), which is termed as liming. The liming produces a significant amount of wastewater with high content of Biochemical Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, sulfide, fat/grease, non-collagenous protein, and chlorides. For sheepskin processing, chemically wool is removed and discharged as waste. The liming wastewater and waste sheep wool create environmental pollution. This study illustrates a windrow composting method for breaking down chemically treated sheep wool and tannery hair-burning liming sludge and associated materials.

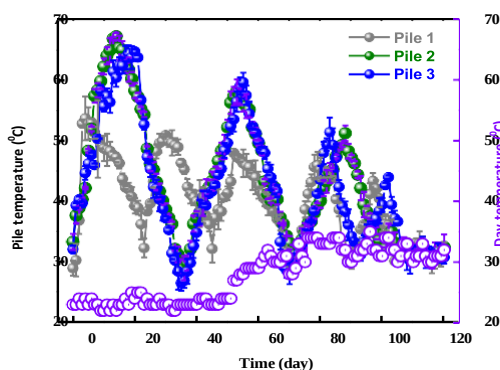


Figure 1. Temperature of each pile and day-temperature during composting

Table 1. Nutrient of the matured compost

Nutrient	Pile 1	Pile 2	Pile 3	Unit
Nitrogen (N)	2.5±0.6	1.8±0.8	3.0±0.3	%
Phosphorous (P)	0.2±0.01	0.7±0.1	0.5±0.1	%
Potassium (K)	0.5±0.1	0.7±0.02	0.8±0.1	%
Sulfur (S)	1.4±0.5	0.8±0.2	1.2±0.6	%

Three piles (Pile 1, Pile 2, and Pile 3) were constructed on a horizontal bamboo frame of mixed composting materials at different ratios to maintain carbon-to-nitrogen (C/N) 30:1. Each pile contained up to 800 kg and was kept for 120 days. Figure 1 depicts the temperature profile of the composting piles. The highest temperatures (°C) of pile 1, pile 2, and pile 3 were observed at 52.81, 67.15, and 63.67, respectively, which ensured the completion of bacterial action. Nutrient of the final compost is demonstrated in Table 1 and they were within the Bangladesh standard. The heavy metals Cr, Zn, Fe, and Cu of the compost were analysed, and the highest amounts found among the piles were 2.03–4.03, 143.41–144.85, 20.73–21.62, and 11.94–22.89 mg/kg, correspondingly, in safe levels, and Cd, Pb, and Ni were undetectable. SEM micrograph shows the transformation of wool into compost. Cost analysis makes it affordable for field application. Germination of seed affirms the compost quality. This process determines the way to make a valuable product without having to treat waste like dehaired sheep wool and generated tannery hair-burning liming sludge. For reducing pollution in tannery, composting is a simple way that breaks down the cross-linked keratinous sheep wool.

DETERMINATION OF FAT-SOLUBLE VITAMINS IN CORN OIL MACERATES OF *HYPERICUM PERFORATUM* AND *MATRICARIA RECUTITA*

Oleksandra Kunyk^{1,2}, Vasyl Pasichniy²

¹ Hamburg University of Applied Sciences, Hamburg, Germany

² National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Oleksandra.Kunyk@haw-hamburg.de

Fat-soluble vitamins are among the most important biologically active compounds in food, pharmaceutical and cosmetic formulations. Their role is connected both with nutritional functions and with protection of oils against oxidation. Vitamin A and its esters regulate epithelial growth and participate in antioxidant defence. Vitamin E, mainly represented by α -tocopherol, is considered the strongest natural lipid-soluble antioxidant in plant oils (Niki, 2014). β -Carotene provides provitamin A activity and contributes to radical scavenging (Shahidi & Zhong, 2010). Herbal oil macerates are increasingly used in cosmetics as natural carriers of such vitamins, but systematic data on their composition are limited.

The aim of this study was to determine the content of vitamin A, vitamin E (tocopherols), and β -carotene in corn oil macerates of *Hypericum perforatum* (klamathweed) and *Matricaria recutita* (chamomile). The study used commercial corn oil macerates of *H. perforatum* and *M. recutita* (Leko Style Ltd., Kyiv, Ukraine), obtained by infusion of dried plant material in refined, deodorised corn oil. For HPLC determination, 0.50 g of oil was dissolved in n-hexane, filtered, and injected into an Agilent 1260 Infinity system equipped with a Zorbax Eclipse XDB-C18 column (250 $\times$ 4.6 mm, 5 μ m). The mobile phase was methanol:water (95:5,v/v), isocratic elution, flow rate 1.0 mL/min, column temperature 25°C. Detection was carried out at 325 nm for retinol, 292 nm for α -tocopherol, and 450 nm for β -carotene. Quantification used the external standard method with reference compounds (retinyl acetate, α -tocopheryl acetate, β -carotene, Sigma-Aldrich, purity $\geq 97\%$). All analyses were repeated in triplicate; data are presented as mean $\pm$ SD. Vitamin A (retinol) was detected only in *H. perforatum* macerate (0.78 mg/kg), while in *M. recutita* its concentration was below the detection limit. This indicates that chamomile macerates are poor carriers of vitamin A. β -Carotene was determined at 0.49 mg/kg in *H. perforatum* and 0.26 mg/kg in *M. recutita*. Both values are relatively low, consistent with earlier studies on refined oils (Chabni et al., 2024).

The tocopherol profile showed a strong predominance of α -tocopherol, reaching 514 mg/kg in *H. perforatum* and 509 mg/kg in *M. recutita*. Minor amounts of γ -tocopherol (15.1 mg/kg) and δ -tocopherol (7.3–8.1 mg/kg) were also present. This distribution agrees with reports that α -tocopherol is the dominant antioxidant in refined vegetable oils (Athanasiadis et al., 2023). The high concentration of α -tocopherol ensures strong oxidative protection, although the low diversity of tocopherols may limit long-term stability under storage stress.

In summary, corn oil macerates of *H. perforatum* and *M. recutita* contain high levels of α -tocopherol as the key antioxidant. Retinol and β -carotene were found in small amounts, with slightly higher values in *H. perforatum*. The results confirm that the antioxidant stability of these macerates mainly depends on α -tocopherol, while their provitamin A contribution is limited. These findings are useful for the further application of herbal macerates in cosmetic and nutraceutical products.

REFERENCES

1. Niki E. (2014). Role of vitamin E as a lipid-soluble peroxy radical scavenger. *Free Radic. Biol. Med.*, 66, 3–12. , <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1494091>
2. Shahidi F., Zhong Y. (2010). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chem. Soc. Rev.*, 39, 4067–4079. <https://doi.org/10.1039/b922183m>
3. Chabni A. et al. (2024). Study of the oxidative stability via Oxitest and Rancimat of phenolic-rich olive oils. *Front. Nutr.*, 11, 1494091. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1494091>
4. Athanasiadis V. et al. (2023). Evaluation of tocopherols as natural antioxidants in oils. *Int. J. Mol. Sci.*, 24(2), 1113. <https://doi.org/10.3390/ijms24021113>

DES-ASSISTED ELECTRODEPOSITION OF ELECTROCATALYSTS FOR GREEN HYDROGEN PRODUCTION

Shaiderov D.A., Levanyuk O.O., Sukhatskyi O.D., Protsenko V.S.

Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine

v.s.protsenko@ust.edu.ua

The growing demand for low-carbon hydrogen calls for scalable, inexpensive and robust electrocatalysts. This work synthesizes and evaluates nickel-based and nickel–ceria composite electrocatalysts fabricated by electrodeposition in deep eutectic solvents (DESs). Electrodeposition in DES media provides a controllable, eco-friendly platform that combines high metal salt solubility with suppressed hydrogen co-evolution during plating, enabling deposition of tailored morphologies, compositions and defect structures that are difficult to obtain from conventional aqueous baths [1].

We systematically varied DES composition and precursor concentrations to tune deposit characteristics. By adjusting Ni(II) and Ce(III) ratios and deposition parameters, we produced a range of coatings from dense nanocrystalline Ni to porous, oxide-rich Ni/NiO_x matrices with dispersed ceria inclusions. These structural variations control the density of active sites, surface area, and the balance between metallic and oxyhydroxide phases – key determinants of electrocatalytic performance.

Electrochemical testing in alkaline media demonstrates that DES-derived deposits achieve lower overpotentials and higher apparent active areas compared with similar materials prepared from aqueous electrolytes. In particular, selected Ni–Ce-based composites show simultaneous enhancement of hydrogen evolution reaction (HER) activity and improved kinetics for oxidation reactions at the anode. We studied urea oxidation reaction (UOR) as an alternative anodic process: UOR proceeds at substantially lower potentials than oxygen evolution, offering a route to reduce overall cell energy consumption when urea is available [2]. DES-deposited films exhibited favorable UOR onset potentials and stable current responses in model alkaline urea solutions, indicating their potential for hybrid urea-assisted electrolyzer configurations.

Practical application requires tolerance to real operating environments. We demonstrate that properly engineered DES-electrodeposited Ni-based surfaces can be conditioned to resist common seawater-related deactivation pathways (chloride attack, rapid passivation), making them compatible not only with conventional alkaline water electrolysis but also with seawater electrolysis scenarios where fresh water access is limited [3].

In conclusion, electrodeposition from DESs is a versatile route to engineer multifunctional Ni-based electrocatalysts for green hydrogen technologies. Continued optimization of bath formulations, composite design and post-deposition treatments, together with long-term stability testing under realistic electrolyzer conditions, will be essential to advance scale-up and integration into hybrid systems (water/urea/seawater electrolyzers).

REFERENCES

1. Kityk A., Pavlik V., Hnatko M. Green electropolishing using choline chloride-based deep eutectic solvents: a review. *Journal of Molecular Liquids*. 2023. Vol. 392. Art. No. 123519.
2. Paygozar S., Aghdam A.S.R., Hassanizadeh E., Andaveh R., Darband G.B. Recent progress in non-noble metal-based electrocatalysts for urea-assisted electrochemical hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2023. Vol. 48. P. 7219–7259.
3. Zhang Y., Zhang Y., Li Z., Yu E., Ye H., Li Z., Guo X., Zhou D., Wang C., Sha Q., et al. A review of hydrogen production via seawater electrolysis: current status and challenges. *Catalysts*. 2024. Vol. 14. Art. No. 691.

RHEOLOGICAL PROPERTIES OF HIGHLY FILLED EPOXY COMPOSITES**Pomirko O., Kucherenko A., Pokhmurska A., Moravskiy V.***Lviv Polytechnic National University, Ukraine**volodymyr.s.moravskiy@lpnu.ua*

A systematic study was carried out to investigate the influence of the binder modifier nature and the type of inorganic and polymer fillers on the rheological properties of epoxy composites based on ED-20 resin. Epoxidized soybean oil (ESO) and a mixture of polyvinyl butyral with epoxidized soybean oil (PVB:ESO) were used as binder modifiers, while copper-coated polyvinyl chloride (PVC), aluminum oxide (Al_2O_3), and their mixtures in different ratios served as fillers. The aim of the study was to establish the regularities of rheological behavior of epoxy systems depending on the composition and structure of their components.

Rheological measurements were performed using a Rheomat-30 rotational viscometer in the shear rate range of $0.0231\text{--}224.3\text{ s}^{-1}$. The results were presented as flow curves - shear stress vs. shear rate - which allow for more precise identification of the system's rheological behavior type. It was found that even the base ED-20 + PEPA compositions exhibit pseudoplastic properties. The introduction of fillers leads to changes in the shape of the flow curves: for medium concentrations (20-50 phr), shear stress increases with shear rate, whereas for high concentrations (100 phr), stabilization or a decrease in shear stress is observed after a certain critical shear rate. These effects are associated with the destruction of the internal structure and wall slip phenomena near the rotor surface.

A comparison of filler types showed that PVC leads to a more predictable increase in shear stress, while aluminum oxide at high loadings causes a decrease due to the lack of adhesive interaction with the organic matrix. The addition of binder modifiers affects the deformation behavior: ESO increases shear stress when PVC is used as a filler, whereas the PVB:ESO mixture improves shear transfer within the material when aluminum oxide is used. For composites with mixed fillers, atypical behavior was observed, in particular, stress stabilization or reduction regardless of concentration.

Microscopic analysis of the cured sample surfaces revealed a uniform distribution of the filler within the epoxy matrix, especially in modified systems, indicating improved wettability and component compatibility. The obtained results demonstrate the possibility of controlling the rheological behavior of epoxy composites by varying the binder nature, filler type, and loading level. This has important practical implications for optimizing the composition of composites used as structural, casting, and functional materials, including those with enhanced thermal conductivity or antimicrobial properties.

SPECTRAL ANALYSIS OF THE STRUCTURING PROCESS OF EPOXY-OLIGESTER COMPOSITIONS

N. Chopyk, V. Zemke, M. Bratychak
Lviv Polytechnic National University, , Ukraine
mbratych@gmail.com

The combination of epoxy resins with oligoesters is carried out for two reasons: to reduce the cost of materials based on epoxies and to improve their properties.

Polyesters are primarily used as plasticisers in epoxy compositions and are therefore not chemically bonded to the epoxy oligomer polymer grid.

However, such plasticization of epoxy compositions, despite the fact that it allows reducing the fragility of products, in general, does not improve their operational properties. This is because polyester is not chemically bonded to epoxy resin molecules. During the polymerisation process, the polyester 'sweats', which leads to a deterioration in the polymer material's properties.

In this regard, this work has studied the possibility of forming epoxy-oligoester compositions based on industrial epoxy resin ED-20 and oligoester acrylate TGM-3 in the presence of ED-20P resin modified with tert-butyl hydroperoxide. The ED-20P resin molecule contains labile peroxide groups that are capable of decomposing when heated to 373K with free radicals formation. IR spectroscopic studies were carried out to analyse the formation of spatially crosslinked structures from the following composition: ED-20 – 70 wt. parts; peroxide resin ED-20P – 30 wt. parts; oligoester TGM-3 – 16 wt. parts and PEPA – 14 wt. parts.

By means of spectral analysis it was determined that the structuring of polymer compositions containing industrial epoxy resin ED-20, modified epoxy resin ED-20P, oligoester acrylate TGM-3 and polyethylene polyamine (PEPA) occurs due to the interaction of ED-20 and ED-20P resin groups with PEPA. The presence in such epoxy-oligoester composition of modified epoxy containing peroxide groups, which can serve as a source of free radicals, will cause the creation of a spatially cross-linked oligomer.

In order to identify the functional groups presented in the composition, the spectra of epoxy resin ED-20, peroxide resin ED-20P, oligoester TGM-3, and also PEPA were recorded separately. Absorption bands at 915 cm^{-1} were found in the ED-20 resin spectrum, which correspond to stretching vibrations of the epoxy ring. The presence of a hydroxyl group was proven by the absorption band at 3501 cm^{-1} . Existence of the $\text{CH}_3\text{-C-CH}_3$ fragment in the molecule was confirmed by absorption bands at $1455, 1429\text{ cm}^{-1}$, as well as deformation vibrations at $1385, 1362\text{ cm}^{-1}$, which characterize $\text{R}(\text{CH}_3)_2\text{C-}$. In the modified with tert-butyl hydroperoxide ED-20P epoxy resin, an absorption band at 916 cm^{-1} was found, which, unlike the same band in the ED-20 resin, is of much lower intensity. Namely, this fact confirms the presence of residual epoxy bands in the modified ED-20P resin. Along with this, an intense absorption band appears at 3434 cm^{-1} , which characterizes the stretching vibrations of the hydroxyl group. The formation of hydroxyl groups occurred due to the opening of the epoxy ring and the fragment of tert-butyl hydroperoxide binding to it.

The results obtained indicate the participation in the reactions of formation of three-dimensional structures, epoxy groups of resin ED-20 and ED-20P, and oligoester TGM-3 as well. A decrease in the intensity of the absorption bands at $1719\text{-}1718\text{ cm}^{-1}$ and $1385\text{-}1363\text{ cm}^{-1}$ in the structuring of the composition at room temperature indicates that the formation of crosslinks under these conditions occurs not only due to the interaction of epoxy groups with PEPA, but also as a result of the polymerization of double bonds in the oligoester. At elevated temperatures (403K), in addition to three-dimensional polymerisation of the oligoester, reactions occur that result in the formation of ether bonds, which increases the gel fraction content of this composition.

THE ECONOMIC ADVANTAGES OF THE CIRCULAR ECONOMY IN THE TANNING INDUSTRY

Monika Flisek¹, Nataliia Popovych¹, Boguslaw Wozniak²

¹*Lviv University of Trade and Economics, Ukraine*

²*Ogólnopolska Izba Branży Skórzanej, Poland*

MonikaFlisek2075@gmail.com, popovych.n1988@gmail.com, bowo@go2.pl

The leather production process involves converting raw hides, an easily rottable raw material, into leather - a durable material that can be used to produce a wide range of products. The entire process consists of a series of complex chemical reactions and mechanical processes. These include tanning, which is the basic stage of the process, as it gives the leather durability and a specific character. The preservation of leather by tanning and a number of other stages of its preparation and finishing leads to the creation of a final product with specific properties. Leather is a raw material used to produce various products, for which it is often the most important starting material. These include shoes, clothing, leather goods, furniture, upholstery for cars, boats and planes, and many other everyday items. The above different uses require different leather types. But leather processing always generates by-products, and the type of leather has only little influence on it.

Regulations on pollution control, waste minimization and disposal, proper use of chemicals and accident prevention are key elements in minimizing the potential impact on air, water and soil from the leather processing industry. Best available techniques will be assessed against these criteria and may therefore involve changes to both process modules and downstream pollution reduction techniques.

Environmental innovations in the leather industry are typically focused on chemicals. In Poland, with a processing volume of approximately 21,000 tons of raw leather (2018), approximately 12,600 kg of solid waste and approximately 70,000 m³ of liquid waste are generated. The proportions between individual types of waste may vary depending on the type of leather and specific tanning technologies used.

Environmental innovations in the leather industry are typically focused on chemicals. In Poland, with a processing volume of approximately 21,000 tons of raw leather (2018), approximately 12,600 kg of solid waste and approximately 70,000 m³ of liquid waste are generated. Waste from the tanning industry is disposed of along with conventional waste, which, depending on the country, is landfilled or incinerated. Solid waste may be untanned (raw hide waste): from unhairing and muscle removal, skin strippings and trimmings. Waste from tanned leather is generated during splitting, leveling and grinding. In turn, liquid waste is generated as a result of soaking preserved leather (water with a high sodium chloride content), as a result of tanning operations (solutions of chemicals, including those containing chromium III), and as a result of leather finishing (solutions containing dyes or water-based varnishes, e.g. acrylic). The proportions between individual types of waste may vary depending on the type of leather and specific tanning technologies used.

The transition from a traditional, linear economy to a Circular Economy in the tanning industry is not only an environmental necessity, but above all a strategic business decision that brings significant economic benefits. High and growing disposal costs and increasingly stringent legal requirements in the field of environmental protection and circular economy constitute a strong motivation for the tanning industry to invest in innovative technologies that allow for effective and sustainable waste management, transforming it from a problem into a resource.

The circular economy concept, promoted both at the EU and national level, assumes minimization of the consumption of raw materials and the generation of waste. In circular economy, every material is treated as a potential raw material for reuse. Principles such as the "6Rs" (Refuse, Reduce, Reuse, Repair, Recycle, Rot) provide guidelines for businesses. The project of valorization of chrome tannery waste fits perfectly into the idea of circular economy, transforming waste into valuable raw materials (proteins, chrome) and energy (biogas), which is in line with the latest trends and legal requirements.

THE INFLUENCE OF FOOTWEAR UPPER MATERIALS ON INNER MICROCLIMATE

Zbigniew Mikołajczyk¹, Bogusław Woźniak², Nataliia Popovych³

¹*Technical University Lodz, Poland,* ²*Ogólnopolska Izba Branży Skórzanej, Poland*

³*Lviv University of Trade and Economics, Ukraine*

popovych.n1988@gmail.com, bowo@go2.pl

The comfort of using footwear is one of the important factors determining the quality, functionality and usefulness of the product. The concept of comfort (or discomfort) in the use of footwear is difficult to define, its assessment is basically based on the subjective feelings of users. It is assumed that the basic cause of discomfort is too much pressure exerted by the upper and bottom on the user's legs or excessive humidity and temperature inside the footwear. Mechanical comfort (wearing comfort of footwear, its fit) is the subjective assessment of the user, while in the case of thermal comfort, it is necessary to characterize the microclimate inside the footwear during its use. The microclimate in footwear and its hygiene are determined by the temperature and relative humidity inside the footwear during its use [1].

The foot is one of the parts of the human body that does not maintain constant temperature. The temperature in the footwear microclimate, which is most comfortable for the user, ranges from 28 to 34 °C. The relative humidity should, however, be maintained at the level of 60 to 65% [2]. The aim of the work was to develop hybrid technology for the outer part of textile footwear (uppers), along with the modeling of functional comfort in terms of thermal and physiology. The partial goal of hybrid technology combines 2D and 3D knitting technology with the embroidery technique. The created multilayer material package of the uppers as well as its components were subjected to functional tests of thermo-physiological comfort. In the design of footwear, it was decided to use a multi-layer system of materials by combining synthetic and natural materials, following the canon of construction of a two-layer knit with increased biophysical values [3]. According to this canon, a polyester spacer knitted fabric with hydrophobic properties (i.e., low moisture absorption rate), constitutes the footwear lining, that is, the conductive diffusion layer adjacent directly to the body. The moisture appearing inside the footwear is transferred to the next sorption layer with hydrophilic properties, made of cotton knitted fabric, which is excluded from direct contact with the user's skin. The adopted material design ensures an appropriate microclimate inside the footwear. The structure of the spacer knitted fabric, which consists of two different outer layers (smooth and openwork) connected by a monofilament layer also contributes to the increased physiological and hygienic comfort. The smooth layer is directed toward the cotton fabric, while the openwork is in contact with the foot. The 3D knitted fabrics provides very good air permeability and minimal absorption of moisture and water. Its porous structure in direct contact with the skin allows for air access to the foot, improving the ventilation of the footwear. In order to give the footwear additional cushioning properties and air pumping function, knitted fabric with a structure different from that of the lining can also be used as an insert. The 3D knitted layer also minimizes the growth of bacteria and mites.

The results shows, that the distance knitted fabric can be an excellent material for whole shoe uppers or elements of the uppers.

REFERENCES

1. Serweta, W.; Matusiak, M.; Olejniczak, Z.; Jagiełło, J.; Wójcik, J. Proposal for the Selection of Materials for Footwear to Improve Thermal Insulation Properties Based on Laboratory Research. *Fibres Text. East. Eur.* 2018, 26, 75–80.
2. Irzmańska, E. The microclimate in protective fire fighter footwear: Foot temperature and air temperature and relative humidity. *Autex Res. J.* 2015, 16, 75–79.
3. Wilnik-Hałgas, B.; Danych, D.; Wiściek, B.; Kowalski, K. Air and Water Vapour Permeability in Double-Layered Knitted Fabrics with Different Raw Materials. *Fibres Text. East. Eur.* 2006, 14, 77–80.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНОСТІ СТВОРЕННЯ ПОТЕНЦІЙНИХ АФІ НА БАЗІ 4-(АМІН; МЕТИЛ)-5-(ХІНОЛІН-2-ІЛ)-4Н-1,2,4-ТРИАЗОЛ-3-ТІОЛУ(АМІНУ) ЗА ДОПОМОГОЮ ADME-ПРОГНОЗУВАННЯ

Довбня Д. В., Каплаушенко А. Г., Саліонов В. О.

Запорізький державний медико-фармацевтичний університет
dima.dovbnya@ukr.net

Тріазольні та хінолінові похідні привертають значну увагу сучасної фармацевтичної галузі завдяки їхній широкій біологічній активності, включно з антимікробною, протипухлинною та протизапальною дією. Комбінування цих гетероциклічних фрагментів у межах однієї молекули розглядається як перспективний напрям створення нових активних фармацевтичних інгредієнтів (АФІ). Для попереднього відбору найбільш перспективних сполук доцільним є застосування *in silico* ADME-прогнозування, що дозволяє оцінити ключові фармакокінетичні властивості ще на доклінічному етапі.

Мета дослідження. Вивчення фармакокінетичних та медико-хімічних характеристик 4-(амін; метил)-5-(хінолін-2-іл)-4Н-1,2,4-тріазол-3-тіолу(аміну) для визначення їхньої придатності як потенційних АФІ.

Результати та обговорення. Згідно з результатами ADME-прогнозування, усі досліджені сполуки характеризуються високою кишковою абсорбцією, проте не проникають через гематоенцефалічний бар'єр. Більшість похідних не є субстратами Р-gp, за винятком 5-(хінолін-2-іл)-4Н-1,2,4-тріазол-3-аміну, що свідчить про низький ризик активного виведення з клітин. Встановлено, що всі досліджувані сполуки здатні інгібувати CYP1A2, а тіол- та метилпохідні також виявляють потенційну інгібуючу дію на CYP3A4, що може бути підґрунтям для ймовірних лікарських взаємодій. Водорозчинність молекул оцінена як задовільна (від «soluble» до «moderately soluble»), що підтверджує можливість формування достатнього рівня біодоступності. Важливим є те, що всі сполуки відповідають правилам Ліпінські, Гозе, Вебера, Егана та Мюгге, а їхній показник біодоступності становить 0.55, що відповідає середньому рівню для низькомолекулярних органічних сполук. Низькі значення синтетичної складності (2.02–2.40) свідчать про відносну легкість одержання досліджуваних молекул. Особливої уваги заслуговують аміно- та метилпохідні, які поєднують оптимальний баланс ліпофільності (LogPo/w 1.2–2.1) та площі полярної поверхні (80–108 Å²), що вказує на їхню потенційну пероральну активність.

Висновки. Отримані результати свідчать, що досліджувані 4-(амін; метил)-5-(хінолін-2-іл)-4Н-1,2,4-тріазол-3-тіол(амін) відповідають основним критеріям «drug-likeness» і можуть розглядатися як перспективні молекули для подальших доклінічних досліджень.

ОДЕРЖАННЯ ЕФЕКТИВНИХ СОРБЕНТІВ ІЗ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВ**Худоярова О. С., Немировська А. Ю., Манченко І. В.***Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського, Україна**olha.khudoiarova@vspu.edu.ua*

Створення нових речовин і матеріалів є важливими показниками розвитку суспільства. Невпинний розвиток економіки спонукає до впровадження великої кількості нових технологій. Важливим завданням сучасного суспільства є як скорочення обсягів утворення відходів, так і використання вже накопичених, зокрема, для отримання нових сорбційних матеріалів та інших корисних нетоксичних продуктів різного призначення. Харчова промисловість є одним з найбільших споживачів активованого вугілля, кізельгуру, а також низки інших сорбентів. Протягом багатьох років відпрацьовані активоване вугілля і кізельгур в основному утилізують на полігонах твердих відходів. Проведено дослідження, що пов'язані з переробкою і утилізацією відходів сорбентів харчової промисловості з метою одержання нових сорбційних матеріалів. Принципова сутність дослідженого технологічного підходу перероблення твердих відходів сорбентів, які розглядались як вторинна промислова сировина, полягала в тому, що їх використовували для сорбційних процесів очищення стічних вод різних промислових виробництв (сульфідно-лужних розчинів, промивних вод процесу електрохімічного міднення). Як відпрацьований сорбент використовували суміш активованого вугілля марки Decolor A та кізельгуру «Bekogur 200» та «Bekogur 3500» (виробництва E. Begerow GmbH & Co (Німеччина)) у співвідношенні 4:6, відібрану на підприємстві для виробництва газованих напоїв «Панда» (Вінниця, Україна). Регенерацію сорбенту проводили за методикою, описаною в роботі [1]. Використаний метод регенерації дозволяє на 100% відновити сорбційну ємність сорбенту з виходом 98%. Регенований сорбент використали в технології очищення стічних вод від сульфід-, гідросульфід-іонів, а також для модифікації сорбенту за методикою, описаною в роботі [1]. Модифікований сульфід- і гідросульфід-іонами сорбент в 65,5 разів ефективніше сорбує купрум(II)-іони за рахунок топохімічних реакцій [2,3]. Результати досліджень дозволяють ефективно використовувати модифіковані форми регенованих сорбентів харчової промисловості як для очищення стічних вод від сульфід-, гідросульфід- та купрум(II)-іонів, так і для одержання цінних технічних продуктів. Отриманий сумішевий сорбент із сорбованими на його поверхні сіркою та купрум(II) сульфідом може бути використаний як компонент пластичних мастил спеціального призначення [4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Худоярова О.С. Комплексне сорбційне очищення промислових стічних вод від сульфід- та купрум(II)-іонів: дис.... к.т.н.: 05.17.21. Вінниця, ВДПУ. 2021, 170 с.
2. Khudoiarova O., Blazhko O., Blazhko A. Evaluation of the Efficiency of the Reuse of Sorbents and their Modified Forms for the Removal of Copper Ions from Water. *Orbital: Electron. J.Chem.* 2025, 17(1), pp.100-106. DOI: <http://dx.doi.org/10.17807/orbital.v17i1.22002>
3. Khudoiarova O., Blazhko O., Blazhko A. Using of Waste Sorbent from Food Industry for the Removal of Copper Ions from Water. *Chemistry Journal of Moldova. General, Industrial and Ecological Chemistry.* 2025, 20(1), pp.95-99. DOI: <https://doi.org/10.19261/cjm.2025.1250>
4. Khudoiarova O., Blazhko O., Blazhko A. Receiving of new carbon-sulfur-containing plastic lubricants based on regenerated products and used sorbents. *Key Engineering Materials.* 2023, 944, pp. 51-58. DOI: <https://doi.org/10.4028/p-8hu326>

ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ПОЛІРУВАННЯ НЕРЖАВНОЇ СТАЛІ 12X18H10T В ЕВТЕКТИЧНИХ ІОННИХ РІДИНАХ ETHALINE ТА RELINE

Махота Д. О., Бутиріна Т. Є., Проценко В. С.

Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро
v.s.protsenko@ust.edu.ua

Електрополірування металів і сплавів широко використовується у сучасній промисловості [1], хоча відомі електроліти відрізняються низкою технологічних і екологічних недоліків. Тому актуальним є пошук нових технологічних рішень для електрохімічного полірування, серед яких найбільшу увагу наразі привертають системи на основі нового покоління іонних рідин – так званих низькотемпературних евтектичних розчинників (deep eutectic solvents, DESs) [2, 3].

Нами було досліджено анодне потенціостатичне електрополірування нержавної сталі 12X18H10T в наступних представниках DES: ethaline (рідка суміш холін хлорид:етиленгліколь, 1:2, мол.) та reline (холін хлорид:сечовина, 1:2, мол.). На основі результатів циклічної вольтамперометрії обрано потенціали полірування: 0,2 В і 1,0 В (в ethaline) та 2,0 В і 2,7 В (в reline) відносно Ag-електрода. Електрополірування проводили протягом 150 хв при 25 °С.

Результати показують ефективне полірування в обох DES: вимірний коефіцієнт шорсткості R_a зменшується від 0,50 мкм (початковий стан) до 0,26 мкм у найліпшому випадку (ethaline, 1,0 В). Рентгеноспектральний електронно-зондовий мікроаналіз (EDX) вказує на селективне розчинення Fe з частковим збагаченням поверхні нікелем при практично незмінному вмісті хрому; окрім того, зростання вмісту кисню та вуглецю на поверхні свідчить про утворення щільніших пасивних/адсорбованих шарів, що містять продукти взаємодії з DES або хімічних трансформацій цього розчинника.

Встановлено, що потенціостатичне електрополірування в DES покращує корозійну стійкість дослідженої сталі у 3% NaCl: струми пасивації зменшуються приблизно в 3–4 рази після анодного електрохімічного оброблення, що є наслідком як зміни хімічного складу поверхні, так і зниження кількості мікрodefektів в результаті електрохімічного полірування, які є локальними ділянками, на яких зазвичай розвиваються корозійні процеси.

Таким чином, електрополірування нержавної сталі 12X18H10T у ethaline та reline приводить до згладження поверхні та модифікації її хімічного складу, що супроводжується підвищенням корозійної стійкості. Результати підтверджують перспективність використання евтектичних іонних розчинів на основі холін хлориду як більш «зелених» середовищ для оброблення поверхні нержавної сталі та налаштування її функціональних властивостей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Han W., Fang F. Fundamental aspects and recent developments in electropolishing. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2019. Vol. 139. P. 1-23.
2. Abbott A.P. Deep eutectic solvents and their application in electrochemistry. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. 2022. Vol. 36. Art. No. 100649.
3. Kityk A., Pavlik V., Hnatko M. Green electropolishing using choline chloride-based deep eutectic solvents: a review. *Journal of Molecular Liquids*. 2023. Vol. 392. Art. No. 123519.

МУЛЬТИМАТЕРІАЛЬНІ ПОЛІМЕРНІ СИСТЕМИ ДЛЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Слєпцов О. О., Савченко Б. М.

Київський національний університет технологій та дизайну

slyepcov.oo@knuatd.edu.ua

Мультиматеріальне адитивне виробництво (ММАВ) – це сучасний напрям адитивних технологій, який дає змогу створювати полімерні матеріали з керованими та просторово варійованими властивостями. Такий підхід забезпечує можливість поєднання у межах одного виробу матеріалів із принципово різними характеристиками – жорстких і еластичних, електропровідних і діелектричних, теплопровідних і термоізоляційних, прозорих і світлонепроникних. ММАВ відкриває шлях до виготовлення складних функціональних компонентів, здатних поєднувати конструкційні та інтегровані властивості, що є особливо актуальним для біомедичних пристроїв, робототехніки та інтелектуальних виробів нового покоління.

У межах дослідження авторами було запропоновано кілька підходів до створення мультиматеріальних полімерних систем, що відрізняються принципом формування та способом поєднання компонентів [1]. Перший підхід базується на застосуванні автоматичної системи матеріалів (AMS, Automatic Material System), яка забезпечує автоматичну подачу ниток різного складу в процесі створення виробу. Такий спосіб дозволяє формувати вироби з локально змінними властивостями, не зупиняючи процес друку. Перевагами AMS є висока гнучкість, можливість поєднання матеріалів із різними кольорами, жорсткістю та функціональністю без додаткової ручної заміни матеріалу. Основним недоліком системи є відносно тривалий час переходу між матеріалами в межах кожного шару, обмеження за сумісністю полімерів через різні температури плавлення, та термодинамічна несумісність багатьох матеріалів, що впливає на механічну цілісність виробу. Другий напрям розробки полягає у технології співекструзії двох полімерних розплавів для створення єдиної двокомпонентної нитки. Розрізняють два основні типи такої побудови: side-by-side (паралельна) та core-shell (ядро-оболонка). У першому випадку нитка складається з двох матеріалів, розташованих поруч у поперечному перерізі нитки, що дозволяє комбінувати властивості різних полімерів у межах однієї подачі. Це дозволяє створювати асиметричні системи з контрастними характеристиками поверхонь і кольорів, та в більшості випадків знаходить застосування у декоративних і візуально-функціональних виробках.

У структурі core-shell внутрішній матеріал утворює ядро, а зовнішній — оболонку, що дозволяє поєднувати полімери з різними фізико-механічними властивостями. Такий підхід забезпечує підвищення міцності та зносостійкості виробів завдяки поєднанню жорсткого або термостійкого ядра з еластичною чи функціональною оболонкою. Оболонка може виконувати додаткові ролі — бар'єрну, ізоляційну або декоративну, забезпечуючи стійкість до вологи, тепла чи механічних навантажень. Таким чином, технологія core-shell відкриває можливість створення функціонально-градієнтних матеріалів з оптимізованими експлуатаційними властивостями.

Розробка і використання мультиматеріальних полімерних систем у процесах адитивних технологій є перспективним напрямом, що забезпечує розширення функціональних можливостей та створення нових класів виробів із просторово варійованими властивостями.

ЛІТЕРАТУРА

1. García-Collado A., Blanco J.M., Munish Kumar Gupta, Dorado-Vicente R.. Advances in polymers based Multi-Material Additive-Manufacturing Techniques: State-of-art review on properties and applications , *Additive Manufacturing*, Volume 50,2022, <https://doi.org/10.1016/j.addma.2021.102577>

«ЗЕЛЕНІ» ІНГІБІТОРИ КОРОЗІЇ – ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ

Петруша Ю. Ю.

Національний університет «Запорізька політехніка», Україна

yulia.znu@ukr.net

Сьогодні захист металевих матеріалів від корозійного руйнування є предметом активного дослідження у багатьох країнах світу. Зі зростанням промислового виробництва темпи втрат, спричинених корозією, вже перевищують приріст металевих фондів. Це явище поступово набуває глобального масштабу, адже втрата корозійної стійкості впливає на технічну надійність і довговічність обладнання з металевими компонентами та ефективно використання матеріальних ресурсів.

Одним із дієвих способів запобігання корозії є використання інгібіторів – хімічних речовин, здатних при їх введенні в агресивне середовище знижувати швидкість окиснення металів. За останні роки особливу увагу науковців привертають екологічно безпечні, так звані «зелені» інгібітори, що відповідають Цілям сталого розвитку ООН (зокрема, пункту 12, прийнятого у 2015 році).

Використання рослинних вилучень як антикорозійних засобів бере початок ще з 1930-х років ХХ століття, коли *Chelidonium majus* та деякі інші рослини почали застосовуватися для захисту металів у сульфатнокислому середовищі. У 1960-х роках з'явилися наукові дані про ефективність дубильних речовин та їх похідних для запобігання корозії сталі, чавуну та деяких інших сплавів. Згодом інтерес до природних інгібіторів значно зріс, адже рослинні компоненти продемонстрували низку переваг: доступність, економічність, екологічну безпеку та здатність до відновлення.

Зростання екологічної свідомості суспільства та впровадження нормативних обмежень щодо використання токсичних синтетичних інгібіторів, як органічних, так і неорганічних, сприяють популяризації «зелених» альтернатив. Їх застосування стає не лише науково обґрунтованим, а й соціально необхідним. Тому наша робота є продовженням вивчення перспективних рослинних інгібіторів процесу корозії, і присвячена дослідженню антикорозійної стійкості у сульфатнокислому середовищі сталей марок Ст1пс та 30ХГСА, які широко застосовується для виготовлення металоконструкцій та деталей у різних галузях промисловості та господарства. Проведено експериментальне дослідження впливу водних витяжок з рослин, які широко розповсюджені у Запорізькому регіоні: кульбаби лікарської (*Taraxacum officinale*), соняшника звичайного (*Helianthus annuus*) та карантинного бур'яна – амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisiifolia*). Швидкість процесу корозії сталевих зразків у сульфатнокислому середовищі оцінювали гравіметричним методом за стандартними показниками. Результати дослідження підтвердили сприятливий вплив усіх водних витяжок із рослинної сировини на корозійну стійкість сталі марки Ст1пс. Крім того, було встановлено, що витяжка з соняшника, а також комбінована суміш екстрактів амброзії та інших двох рослин позитивно впливають на захист сталі 30ХГСА в умовах сульфатнокислого середовища. Додатково виявлено, що попередня обробка поверхні зразків суттєво впливає на швидкість корозійного процесу.

Одним із ймовірних механізмів дії водних вилучень рослин є уповільнення процесу корозії завдяки їх здатності адсорбуватися на металевій поверхні, утворюючи захисну плівку. Згідно з отриманими результатами витяжки з кульбаби лікарської, соняшника звичайного та амброзії полинолистої можна розглядати як перспективні компоненти для підвищення корозійної стійкості металів та розробки на їх основі нових екологічно безпечних інгібіторів кислотної корозії.

Крім того, застосування амброзії полинолистої як «зеленого» інгібітора корозії демонструє перспективний шлях боротьби з цією карантинною рослиною, що дозволить підвищити екологічну безпеку довкілля.

ПЕРЕРОБЛЕННЯ ПОЛІМІНЕРАЛЬНИХ РУД ПРИКАРПАТТЯ МЕТОДАМИ СУЛЬФАТНОГО ВИЛУГОВУВАННЯ**Іванченко Л. В., Кожухар В. Я., Брем В. В., Повзло Н. М.***Національний університет «Одеська політехніка», Україна**L.v.ivanchenko@op.edu.ua*

Ключовим фактором підвищення прибутковості сільськогосподарських культур є інтенсивне використання мінеральних добрив. Калійні солі займають важливе місце серед мінеральних добрив та разом із нітрогенними та фосфатними добривами слугують джерелом одного з трьох незамінних поживних елементів. В наш час сільське господарство України забезпечене калійними добривами не в повній мірі. Потребу у них покривають, переважно, за рахунок імпорту калію хлориду. Водночас на Прикарпатті існують потужні поклади полімінеральних калійних руд, перероблення яких може не тільки повністю забезпечити сільське господарство України цінною сульфатною формою калійних добрив, але й частину з них можна буде експортувати.

Існуюча технологія перероблення полімінеральної руди є малоефективною, енерговитратною, не забезпечує достатнього витягу калію із руди, який втрачається в великій кількості галіто-лангбейнітових залишках. Головною причиною цього є непостійність і багатоманітність складу руд, які містять одночасно важко- і легкорозчинні мінерали та велику кількість глинистих домішок. Перспективним методом вирішення цих проблем є перероблення руди в спосіб сульфатного вилуговування [1]. Цій спосіб відноситься до способів «повного» розчинення: його продуктами є хлоридно-сульфатний розсіл, призначений для перероблення на високоякісні калійні добрива, кухонну сіль та бішофіт, і безхлоридний піщово-мулистий калійно-магнієвий (полігаліт + лангбейніт) залишок, який може бути використаний для безпосереднього внесення до ґрунту як калійне добриво пролонгованої дії. Сутність технології перероблення руди з попередньою конверсією мінералів із мірабілітом у шеніт дає змогу отримати безхлоридну калімагнезію без утворення надлишкових шенітових розчинів, які потребували необхідності їх випарювання і використання дорогих вакуум-випарних апаратів [2].

Проведено оброблення виробничих і експериментальних даних комбінованого методу перероблення руди і методів сульфатного вилуговування. Складено повні та сумарні графі процесів вилуговування руди, розраховано еквівалент-індекси матеріальних потоків. На сольовій, водній та натронній проекціях системи K^+ , Na^+ , $Mg^{2+} \parallel SO_4^{2-}$, Cl^- , H_2O побудовано робочі діаграми виробничого циклу вилуговування руди трьома методами. Проведено порівняльний аналіз розглянутих методів розчинення полімінеральної руди. Запропоновано починати відновлення виробництва калійних добрив в Україні за найпростішою технологією вилуговування попередньо конвертованої руди. Надалі необхідно переходити на схему вилуговування руди в оборотних шенітових розчинах, яка забезпечить безвідходне перероблення руди та дасть змогу утилізувати нагромадженні відходи. Для впровадження нових технічних рішень у виробництво безхлоридних калійних добрив доцільно максимально використовувати обладнання існуючої схеми.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ерайзер Л.М., Іванченко Л.В. Перероблення полімінеральних руд Прикарпаття в калійні добрива методом сульфатного вилуговування : монографія. Одеса : Екологія, 2015. 136 с.
2. Самборська М.І. Одержання безхлоридного калійного добрива сульфатною конверсією калійно-магнієвих руд : дис. канд. техн. наук : 05.17.01. Івано-Франківськ, 2016. 175 с.

ОЦІНКА ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ВЕРХ МЕТОДИКИ КІЛЬКІСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ АФІ НАТРІЙ 2-((4-АМІНО-5-ТІОФЕН-2-ІЛМЕТИЛ)-4Н-1,2,4-ТРІАЗОЛ-3-ІЛ)ТІО)АЦЕТАТУ

Усенко Д. Л., Каплаушенко А. Г.

*Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна
usenko.d.l@ukr.net*

Вступ. Сучасний розвиток фармацевтичної галузі нерозривно пов'язаний із забезпеченням високих стандартів якості та безпеки лікарських засобів. Ключову роль у системі контролю якості відіграють фізико-хімічні методи аналізу, серед яких провідне місце займає високоефективна рідинна хроматографія (ВЕРХ). Завдяки своїй високій чутливості, точності та селективності, ВЕРХ є «золотим стандартом» для кількісного визначення активних фармацевтичних інгредієнтів (АФІ) та супутніх домішок. Широке застосування традиційних ВЕРХ методик пов'язане зі значним екологічним навантаженням. Використання великих об'ємів токсичних, летких та важко утилізованих органічних розчинників, таких як ацетонітрil та метанол, становить серйозну загрозу для навколишнього середовища та здоров'я персоналу лабораторій. Ця проблема набуває особливої гостроти в контексті глобальних екологічних викликів та посилення вимог до сталого розвитку виробництва. У відповідь на це, в останні десятиліття активно розвивається концепція «зеленої аналітичної хімії» (Green Analytical Chemistry, GAC), що спрямована на розробку аналітичних методів, які є більш безпечними, мінімізують утворення відходів та споживання енергії, зберігаючи при цьому необхідні аналітичні характеристики. Розробка та впровадження еко-орієнтованих методик стає не лише науковим трендом, але й практичною необхідністю для фармацевтичної промисловості.

Мета дослідження. Вивчення та оцінка впливу на навколишнє середовище новоствореної ВЕРХ методики кількісного визначення АФІ натрій 2-((4-аміно-5-(тіофен-2-ілметил)-4Н-1,2,4-тріазол-3-іл)тіо)ацетату.

Результати та обговорення. Згідно з результатами комплексної оцінки відповідно методів Analytical GREENness Metric (AGREE) та Green Analytical Procedure Index (GAPI) ВЕРХ методика кількісного визначення АФІ натрій 2-((4-аміно-5-(тіофен-2-ілметил)-4Н-1,2,4-тріазол-3-іл)тіо)ацетату має гарний профіль екологічної безпеки. Потенційно найбільший негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я персоналу лабораторії пов'язаний з присутністю ацетонітрилу і електрозатратністю самого методу ВЕРХ.

Висновки. Отримані результати свідчать, що розроблений ВЕРХ метод кількісного визначення АФІ натрій 2-((4-аміно-5-(тіофен-2-ілметил)-4Н-1,2,4-тріазол-3-іл)тіо)ацетату повністю відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки та охорони праці. Це досягається завдяки суттєвому скороченню використання високотоксичних та небезпечних реагентів, що, у свою чергу, прямопропорційно мінімізує обсяги генерованих хімічних відходів. Як наслідок, запропонований підхід характеризується значно меншим екологічним слідом та зниженими професійними ризиками для персоналу лабораторії.

ХІМІЯ ВОДИ І ФАРМАЦЕВТИЧНЕ ВИРОБНИЦТВО

Омельченко П. С.

Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди, Україна
Pavlusha85sergeevich@gmail.com

Вода відіграє одну з ключових ролей у нашому житті та виявляє низку унікальних властивостей. Саме її вивчають і на заняттях з хімії, фізики, біології та ін. Природна вода використовується для різних цілей: як питна, господарсько-побутова, промислова і т. д. Вона завжди містить розчинені речовини та механічні домішки. Тому залежно від призначення застосовують різні методи очищення води.

Вода є одним з основних продуктів, що використовуються фармацевтичною промисловістю, вона відноситься до одного з найважливіших елементів, що забезпечують безпеку та якість вироблених лікарських засобів. Через особливості вихідного продукту вода широко використовується як допоміжна речовина у складі лікарських засобів, самого лікарського засобу, а також при різних технологічних потребах, наприклад, миття флаконів, ампул, прибирання приміщень і приготування дезінфікуючих розчинів і т. д. Залежно від цілей використання у фармації потрібна вода різних рівнів якості. Контроль якості води, зокрема її мікробіологічної чистоти, є важливим аспектом, і фармацевтична промисловість виділяє значні ресурси для розробки та технічного обслуговування систем очистки води.

Оскільки вода може використовуватися на різних стадіях виробництва та в різних цілях, існує кілька типів води, які відрізняються за вимогами до її чистоти. Вимоги щодо якості води для різних застосувань у фармацевтичних виробництвах регламентуються фармакопейними статтями.

Виробники більшості країн світу і зокрема - України, одночасно з національними фармакопеями з метою оцінки якості води для фармацевтичних цілей також враховують вимоги USP та Європейської Фармакопеї, оскільки вони містять більш жорсткі вимоги до якості води. У Європейській Фармакопеї та Державній Фармакопеї України містяться вимоги до таких категорій води: Вода для ін'єкцій (Water for Injections); Вода очищена (Purified Water); Вода високоочищена (Highly Purified Water) [1]. Виробництво та контроль якості води, що використовують при виробництві лікарських засобів, входять до сфери дії належної виробничої практики (GMP).

Вода питна не описана у монографії фармакопеї, але вона має відповідати вимогам щодо якості води, затвердженим компетентним уповноваженим органом. Для підтвердження якості води на виробничій дільниці слід проводити випробування. Вода питна може бути використана у процесах хімічного синтезу та на ранніх стадіях очищення обладнання фармацевтичних виробництв, якщо відсутні особливі технічні вимоги або вимоги щодо застосування води більш високих категорій якості. Вода питна є прийнятим джерелом вихідної води для одержання води фармакопейної якості [2].

Валідація та кваліфікація систем очищення, зберігання та розподілу води становлять фундаментальну частину GMP та невід'ємну частину інспектування на відповідність правилам GMP.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державна Фармакопея України. – 1-е вид. – Доповнення 4. – Харків: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2011. – С. 382-391.
2. Настанова СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2011. – Лікарські засоби. Належна виробнича практика / М. Ляпунов, О. Безугла, О. Соловійов та ін. – Київ, МОЗ України, 2011.

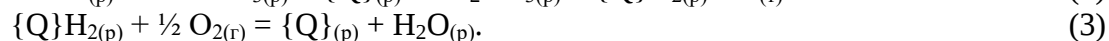
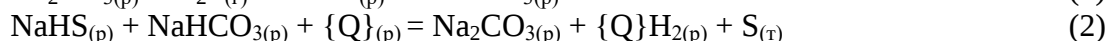
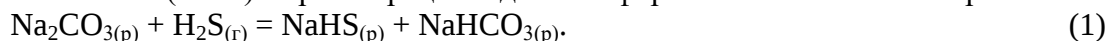
ОЧИЩЕННЯ БІОГАЗУ ВІД СІРКОВОДНЮ**Голубєв П. А., Слюзар А. В.***Національного університету «Львівська політехніка», Україна**Andrii.V.Sliuzar@lpnu.ua*

Біометан, який одержують під час збагачення біогазу, є екологічно чистим паливом і одним з перспективних відновлюваних джерел енергії. Розвиток і виробництво палив з відновлюваних джерел енергії особливо важливо для України у зв'язку з війною та необхідністю диверсифікації джерел та розосередження об'єктів генерації енергії. Біогаз одержують під час анаеробного розкладу мікроорганізмами різних видів органічної сировини. Під час цього процесу одержується також органічне добриво - дигестат. Утворений біогаз містить, в основному, метан (50...75%) і вуглекислий газ (45...25%). Залежно від виду сировини для його виробництва біогаз може бути забруднений домішками аміаку NH_3 (до 1%), сірководню H_2S (до 0,5%), азоту N_2 (1-5%), вологи (2-7%), кисню O_2 (до 2%), силосанів, летких органічних сполук та ін.

Очищенням біогазу від CO_2 і H_2S , тобто його збагаченням за вмістом CH_4 , одержують біометан, який є аналогом природного газу. Згідно з вимогами «Кодексу газотранспортної системи» біометан, який подається у газотранспортну систему повинен містити більше 90 % CH_4 , менше 2 % CO_2 , менше 0,2 % O_2 і менше 6 мг/м³ H_2S .

У світовій практиці відомо багато методів очищення біогазу від CO_2 і одержання біометану. У ЄС набули широкого застосування мембранні технології (більше 50% застосувань). Але для практично всіх методів одержання біогазу, як правило, необхідна попередня очистка біогазу від сірководню. Сірководень, як відомо, є токсичною і хімічно активною речовиною, що спричиняє забруднення довкілля, отруєння каталізаторів, корозію обладнання та ін. в процесах перероблення і використання біогазу.

У Національному університеті «Львівська політехніка» розроблено хінгідронний метод очищення газів від сірководню [1]. Метод полягає у хемосорбції H_2S з газів поглинальним розчином на основі натрію карбонату, окисненні H_2S до S хінгідронною окисною системою (ХОС) та регенерацію відновної форми ХОС киснем повітря:



де $\{\text{Q}\}$ і $\{\text{Q}\}\text{H}_2$ – «хінонна» (окисна) і «гідрохінонна» (відновна) форма ХОС.

Хінгідронний метод нами адаптовано для попереднього очищення біогазу до вмісту сірководню менше 6 мг/м³. Особливістю процесу є очищення біогазу від сірководню за високого вмісту вуглекислого газу.

Біогаз на очищення від сірководню подають в абсорбер ГАКД - горизонтальний абсорбер з ковшоподібними диспергаторами [1]. В абсорбер також подають поглинальний розчин з концентраціями компонентів, кг/м³: Na_2CO_3 20; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 350; хінгідрону 5 за температури 25...35 °С. Очищений біогаз направляють на подальше очищення від CO_2 і одержання біометану. Регенерацію поглинального розчину здійснюють у регенераторі - іншому абсорбері ГАКД за температури 35...45 °С. Відпрацьоване повітря після краплевловлювача викидають в атмосферу. З поглинального розчину після його регенерації відділяють пасту сірки у відстійнику і барабанному вакуум-фільтрі. Освітлений розчин з відстійника та фільтрат з вакуум-фільтра збирають, корегують за складом і повертають на очищення біогазу в абсорбер. Пасту дрібнодисперсної сірки можна використати як добавку до дигестату або як сировину для одержання цінного сірчаного фунгіциду.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калимон Я.А. Хінгідронний метод очищення газів від сірководню: монографія / Я.А. Калимон, З.О. Знак, А.В. Слюзар. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022. – 384 с.

РОЗРОБКА СКРИНІНГОВОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ АГОНІСТІВ РЕЦЕПТОРА OX2R

Морозова В. О.^{1,2}, Прудь М. В.^{1,2}

¹Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

²Enamine Ltd

v.moroz.ukraine@gmail.com

Система орексинових рецепторів (OX1R та OX2R) відіграє ключову роль у регуляції сну, пробудження, енергетичного балансу та емоційних станів. Дисфункція рецептора OX2R пов'язана з розвитком нарколепсії, депресії та ряду когнітивних порушень, що робить його привабливою мішенню для фармакологічного втручання. Попри наявність окремих відомих агоністів, їхня кількість і структурне різноманіття залишаються обмеженими. Тому створення достовірної моделі рецептора OX2R є актуальним завданням, яке дозволить ефективно проводити віртуальний скринінг нових потенційних агоністів і сприяти прискоренню процесу пошуку перспективних лікарських сполук [1]. Основним джерелом експериментальної інформації для створення структурно-орієнтованих скринінгових моделей є вільнодоступна база кристалічних даних Protein Data Bank (PDB). Обраний нами таргет представлений 11 кристалічними структурами. Для аналізу обрано 4 найбільш репрезентативні комплекси OX2R з природним агоністом пептидної природи – орексином (PDB ID: 7L1U), пептидоміметиком (PDB ID: 7L1V) та з малими молекулами – агоністом (PDB ID: 7SR8) та антагоністом (PDB ID: 5WS3).

Референсні агоністи та антагоністи рецептора OX2R були отримані з бази даних BindingDB та кластеризовані за структурною подібністю за допомогою програмного пакета DataWarrior. У результаті відібрано 38 структур агоністів і 40 антагоністів, для яких згенеровано відповідні декої за допомогою інструменту MolMIM (NVIDIA). Проведено молекулярний докінг та аналіз енрічменту, за підсумками якого модель на основі структури 7SR8 продемонструвала найкращу здатність відрізняти агоністи від декоїв, не розрізняючи при цьому антагоністів. Для додаткової валідації моделі 7SR8 виконано докінг агоністів і 6242 антагоністів, що дало значення ROC = 0.67 (рис.1).

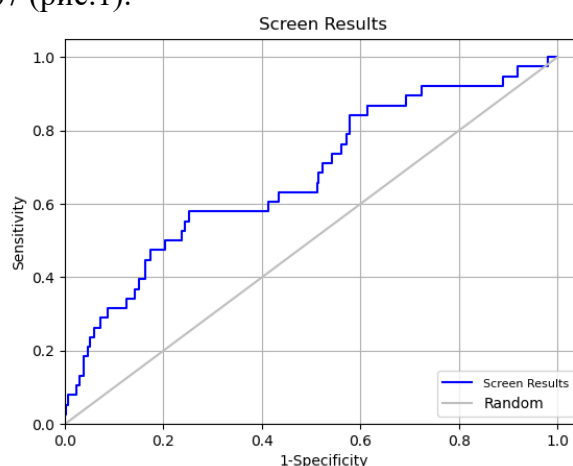


Рис.1 ROC-крива моделі 7SR8 для розпізнавання агоністів рецептора OX2R серед антагоністів (ROC = 0.67)

Таким чином, було розроблено і валідовано скринінгову модель для пошуку агоністів для OX2R рецептору.

ЛІТЕРАТУРА

Davide Pozzi, Romain Siegrist, Jens-Uwe et al. Discovery of a New Class of Orexin 2 Receptor Agonists as a Potential Treatment for Narcolepsy. *Journal of Medicinal Chemistry* 68, 10 (2025)

АНОДНИЙ МАТЕРІАЛ ВИСОКОЇ ЧИСТОТИ НА ОСНОВІ ПРИРОДНОГО ГРАФІТУ ДЛЯ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ

**Хоменко В. Г.¹, Макєєва І. С.¹, Кислова О. В.¹, Нікулін Д. О.¹,
Іратхе де Меаца², Памела Смечеллато²**

¹*Київський національний університет технологій та дизайну, Україна*

²*Центр енергетичних технологій (CIDETEC Energy Storage), Іспанія
v.khomenko@i.ua*

Швидкий розвиток електротранспорту та високоенергоємних літій-іонних акумуляторів (ЛІА) зумовив стрімке зростання попиту на надчистий графіт для анодних матеріалів. Природний графіт має мати вміст вуглецю не менше ніж 99,95 %, щоб забезпечити його придатність для використання як анодного матеріалу в ЛІА. Навіть незначні домішки елементів (заліза, кремнію, сірки тощо) здатні істотно погіршувати експлуатаційні характеристики ЛІА. Тому розроблення ефективних, економічно доцільних і екологічно безпечних методів очищення природного графіту є актуальним завданням, реалізація якого забезпечує отримання анодних матеріалів із властивостями, близькими до синтетичних, але за значно нижчих енергетичних і фінансових витрат. Авторським колективом КНУТД у межах міжнародного проєкту GR4FITE3 програми «Горизонт Європа» розроблено ефективний метод хімічного очищення природного графіту. Як вихідну сировину для виготовлення анодного графіту було обрано концентрат марки ГАК-2 виробництва ТОВ «Завальєвський графіт». У розробленій технологічній схемі графіт ГАК-2 піддавали струменевому помолу з подальшою класифікацією, у результаті чого отримано однорідний порошок зі середнім розміром частинок $D_{50} \approx 17$ мкм, який отримав позначення GZI-99. Графіт піддавали одностадійному кислотно-фторидному вилуговуванню, що забезпечує ефективне видалення силікатних і алюмосилікатних домішок. Після хімічної обробки було отримано графіт із вмістом вуглецю 99,98 %.

Хімічно очищений зразок GZI-99 було передано до Центру енергетичних технологій (CIDETEC Energy Storage, Доностія-Сан-Себастьян, Іспанія) для проведення електрохімічних випробувань. Матеріал порівнювали з комерційним природним графітом NGr918 за ідентичних умов підготовки. Електроди, виготовлені з GZI-99, продемонстрували підвищену щільність (понад 1,7 г/см³), що перевищує показник NGr918 ($\approx 1,5$ г/см³) і забезпечує збільшення об'ємної енергоємності до понад 700 Вт·год/л. За стандартних умов обидва матеріали мали типовий рівень питомої ємності (~ 362 мА·год/г). При цьому аноди з GZI-99 зберігали стабільність параметрів і здатність до відновлення ємності навіть за підвищених швидкостей заряду-розряду (до 0,3 С), тоді як електроди на основі NGr918 демонстрували помітнішу деградацію. У лабораторних прототипах ЛІА із катодом нікель-марганець-кобальт-оксиду (NMC622) анодний матеріал GZI-99 продемонстрував високу стабільність під час циклування, що підтверджує його електрохімічну придатність для сучасних ЛІА.

Отримані результати підтверджують, що розроблений у межах проєкту GR4FITE3 анодний матеріал GZI-99 є перспективним графітом для літій-іонних акумуляторів, який поєднує високу чистоту, значну об'ємну енергетичну щільність та стабільність під час циклування з технологічною простотою й економічною доцільністю виробництва. Це створює підґрунтя для його подальшого масштабування та промислового впровадження.

ПОДЯКА

Робота виконується за фінансовою підтримкою проєкту ЄС 101103752 - GR4FITE «Стійке постачання графіту для анодів літій-іонних акумуляторів завдяки сталому розвитку європейського ланцюгу постачання» програми «Горизонт Європа».

РОЗРОБКА ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТИВ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНОГО ГРАФІТУ ДЛЯ АНОДІВ ЛІТІЙ-ІОННИХ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ

Ляшок М. О., Хоменко В. Г.

Київський національний університет технологій та дизайну

v.khomenko@i.ua

Сучасні вимоги до літій-іонних акумуляторів (ЛІА) передбачають поєднання високої енергетичної щільності, стабільності циклування та технологічної відтворюваності матеріалів. Аноди на основі природного графіту залишаються найбільш комерційно привабливими завдяки високій електропровідності, хімічній інертності та низькому потенціалу літіювання, однак потребують удосконалення для підвищення питомої ємності та зниження деградаційних процесів під час тривалого циклування [1].

У межах роботи досліджено два підходи до поверхневої модифікації природного графіту для створення полімерних композитів анодів ЛІА — нанесення вуглецевого покриття та введення нанорозмірного кремнію. Вуглецеве покриття формує електропровідну оболонку, знижує міжфазний опір і стабілізує структуру під час літіювання/делітіювання [2], тоді як додавання нанокремнію підвищує питому ємність завдяки утворенню композиту типу Si-C [3].

Як полімерну зв'язку застосовано кілька типів полівініліденфториду (ПВДФ) із різною молекулярною масою та ступенем кристалічності, що дозволило оцінити вплив структури полімеру на механічну стійкість і адгезію електродного шару. Для порівняння використовувалися також водорозчинні системи на основі карбоксиметилцелюлози (КМЦ) і стирол-бутадієнового каучуку (СБР).

Оптимізовано технологічні параметри виготовлення електродів, зокрема щільність графіт-полімерної матриці, яка становила 1,3–1,6 г/см³. Для графіту з вуглецевим покриттям оптимальною є щільність близько 1,4 г/см³, що сприяє збереженню мікроструктури аноду. Визначено, що ПВДФ із пониженим ступенем кристалічності забезпечує рівномірніше змочування частинок графіту, тоді як система КМЦ/СБР підвищує стабільність циклування композитів, що містять кремній. Електрохімічні випробування показали, що модифікація графіту кремнієм підвищує питому ємність до 380–400 мА·год/г, тоді як зразки з вуглецевим покриттям демонструють вищу стабільність і меншу втрату ємності на формувальних циклах.

Отримані результати підтверджують, що комбіноване використання вуглецевого покриття, нанорозмірного кремнію та раціонально підібраної полімерної зв'язки забезпечує керований баланс між електрохімічними та механічними властивостями анодів. Виявлено, що взаємодія між типом покриття, щільністю матриці та структурою полімеру визначає стабільність інтерфейсу електрод-електроліт. Застосування комбінованої модифікації графіту дозволяє поєднати високу питому ємність, характерну для Si-вмісних матеріалів, із тривалою стабільністю, притаманною карбон-покривним анодам.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nitta N., Wu F., Lee J. T., Yushin G. Li-ion battery materials: present and future. Proceedings of the International Conference on Advanced Materials and Systems. 2015. P. 252–264.
2. Liu P., Peng J., He L., Yang J., Tang Y., Zhou K., Xie Z., Wang X. Amorphous carbon coating enabling waste graphite to reuse as high-performance anode of lithium-ion battery. Proceedings of the International Conference on Applied Energy Materials. 2025. P. 442–451.
3. Son H. J., Park S. Y., Lee J. M., Kim T. Y. An elastic cross-linked polymeric binder for high-performance silicon/graphite composite anodes in lithium-ion batteries. Proceedings of the International Conference on Power Sources and Energy Storage Systems. 2025. P. 177724.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛІМЕРНИХ ЗВ'ЯЗУЮЧИХ НА ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОДНИХ КОМПОЗИТІВ ЛІТІЙ-ІОННИХ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ**Костенко А. О., Хоменко В. Г.***Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
v.khomenko@i.ua*

Полімерні зв'язуючі, хоча й становлять лише 3–10% маси електродних композицій, відіграють ключову роль у забезпеченні їхньої механічної цілісності та електрохімічної стабільності [1]. Вони відповідають за диспергування активних компонентів, формування надійного контакту з металевими струмознімальними колекторами та підтримання оптимальної пористої структури електрода.

Найпоширенішим прикладом є полівініліденфторид (ПВДФ), який традиційно застосовується як фторований зв'язуючий матеріал завдяки високій хімічній та термічній стійкості, а також добрим адгезійним властивостям. Водночас через токсичність органічного розчинника (N-метилпіролідону) та високу вартість виробничого процесу дедалі активніше досліджуються альтернативні водорозчинні зв'язуючі системи. Серед них — карбоксиметилцелюлоза (КМЦ), стирол-бутадієновий каучук (СБР), поліакрилати та їхні кополімери, які придатні для використання як з анодними, так і з катодними матеріалами.

Метою даної роботи є дослідження впливу типу полімерного зв'язуючого, його молекулярної маси та реологічних властивостей суспензії на формування структури та функціональні характеристики електродних композитів для літій-іонних джерел струму. Основну увагу зосереджено на системах на основі ПВДФ, КМЦ/СБР та поліакрилатів, які є найпоширенішими у сучасних технологіях виготовлення електродів. У ході дослідження встановлено, що структура та в'язкість суспензії, які залежать від молекулярної маси зв'язуючого, суттєво впливають на якість сформованого електродного шару. Зокрема, збільшення молекулярної маси ПВДФ сприяє покращенню адгезії до струмознімального шару та міжчастинкової зв'язності, що забезпечує вищу механічну стабільність і триваліший термін служби електрода.

У водорозчинних системах комбінація СБР (еластичного компонента) та КМЦ (реологічного модифікатора) дозволяє досягти оптимального балансу між гнучкістю, стабільністю та технологічністю нанесення. Особливу ефективність для кремнієвмісних анодів продемонстрували поліакрилати. Зокрема, поліакрилова кислота (РАА), яка містить велику кількість карбоксильних груп ($-\text{COOH}$), здатна утворювати водневі та йонні зв'язки з активними матеріалами, покращуючи адгезію та механічну стабільність електродного шару. Її літєва сіль (LiPAA), отримана шляхом нейтралізації РАА гідроксидом літію (LiOH), завдяки заміщенню протонів на іони Li^+ , демонструє підвищену електрохімічну сумісність з матеріалами літій-іонних акумуляторів (ЛІА).

Таким чином, результати дослідження підтверджують доцільність використання полімерних зв'язуючих з високою молекулярною масою. Контроль реологічних властивостей суспензії є критичним параметром, що визначає однорідність, міцність і довговічність електродів ЛІА. Рациональний вибір зв'язуючого залежно від типу активного матеріалу дозволяє ефективно керувати структурою композиту та забезпечувати стабільність його електрохімічних характеристик.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tian Y., Xie J., Tian M., Luo X., Yao M., Lu B., Huang Q., Feng H., Hu L. Advanced cathode binders for lithium-ion batteries: molecular design and performance enhancement. *Proceedings of the International Conference on Chemical Engineering Journal Advances*. 2025. P. 100838.

ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНЦЕНТРАТИВ ТА КОМПАУНДІВ У ВИГОТОВЛЕННІ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ПЛІВОК

Розвора Л. В., Прокопчук В. О., Слєпцов О. О., Сова Н. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

rozvora.lv@knutd.edu.ua

Використання концентратів та компаундів при виготовленні плівок з поліетилену має суттєві відмінності в технологічному процесі. Порівняння цих двох методів дозволяє визначити, що компаунди, які виготовляються шляхом змішування поліетилену з наповнювачами та барвниками, є більш ефективними з точки зору гомогенізації та стабільності матеріалу, що призводить до покращення якості плівки та зниження витрат на виробництво.

В процесі використання концентратів часто спостерігається нерівномірне розподілення наповнювачів у полімерній матриці, що може знижувати загальні властивості матеріалу (1). У випадку з одношнековими екструдерами, які зазвичай використовуються для змішування концентратів, процес гомогенізації матеріалу обмежений. Тому навіть після розплавлення концентрату в екструдері можливі дефекти в розподілі наповнювача, що може призвести до погіршення кінцевих властивостей плівки. У таких процесах значна частина зусиль зосереджена саме на інтенсивному перемішуванні та плавленні, що ускладнює досягнення ідеальної гомогенізації компонентів. (2)

Виготовлення компаунду передбачає додавання CaCO_3 безпосередньо до поліетилену в певній пропорції (20-25%). Процес виготовлення таких компаундів включає більш інтенсивне змішування компонентів у двошнекових екструдерах, що дозволяє досягти більш однорідного розподілу наповнювачів.

Переваги цього методу: вища гомогенність, краща стабільність: такий матеріал менш схильний до деформацій і непередбачуваних змін під час виготовлення плівки, що дозволяє отримувати стабільну якість кінцевого продукту; економічність: використання готового компаунду дозволяє зменшити витрати на виробництво, оскільки зменшується кількість етапів змішування та додаткових процесів.

Завдяки гомогенності компаунду, матеріал має кращі механічні властивості, такі як міцність на розрив, стійкість до деформацій і термічна стабільність.

Оскільки компаунд уже підготовлений до плавлення, процес виробництва плівки є більш ефективним з точки зору енергоспоживання.

Проведено аналіз використання концентратів і компаундів у виробництві поліетиленових плівок. Встановлено, що застосування готових компаундів забезпечує значні переваги з точки зору стабільності, однорідності матеріалу та економічної доцільності. Завдяки попередньому рівномірному диспергуванню наповнювачів у полімерній матриці, компаунди демонструють кращі механічні властивості, зокрема підвищену міцність, жорсткість та ударну в'язкість плівок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Yang, K., Yang, Q., Li, G., Sun, Y., & Feng, D. (2006). Mechanical properties and morphologies of polypropylene with different sizes of calcium carbonate particles. *Polymer Composites*, 27(4), 443-450. <https://doi.org/10.1002/pc.20211>
2. Thenepalli, T., Ahn, Y. J., Han, C., Ramakrishna, C., & Ahn, J. W. (2015). A strategy of precipitated calcium carbonate (CaCO_3) fillers for enhancing the mechanical properties of polypropylene polymers. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 32, 1009–1022. <https://doi.org/10.1007/s11814-015-0249-1>

РЕСУРСООЩАДНЕ ФОРМУВАННЯ ЕЛАСТИЧНОЇ ШКІРИ

Данилкович А. Г., Охмат О. А.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
ag101@ukr.net, otalan@ukr.net

Виробництво натуральної шкіри хромового дублення пов'язане з обробленням шкур тварин значною кількістю реагентів різного хімічного складу та природи. Одним з основних матеріалів, використовуваним у традиційній технології, є насамперед хромовий дубитель – основний сульфат хрому. Використання сполук хрому в технології виготовлення еластичної шкіри обумовлене необхідністю отримання шкіряних матеріалів зі специфічним комплексом пружно-пластичних властивостей, необхідних для виготовлення і експлуатації шкіряних виробів. Але застосування вказаних сполук веде до збільшення техногенності традиційних технологій. В наш час саме мінімізація витрат сполук хрому є одним із напрямів підвищення екологічності та ресурсоощадності технології виробництва шкіряних матеріалів. При цьому вказана мінімізація реалізується шляхом або часткової заміни іншими мінеральними (сполуки алюмінію, цирконію, титану) чи органічними (шаруваті та/або каркасні мінерали, полімерні матеріали, альдегіди, синтетичні дубителі) сполуками, або використання допоміжних реагентів, або оптимізації умов взаємодії сполук хрому з колагеном дерми. Найбільш ефективним при цьому на нашу думку є регульоване підвищення реакційної здатності колагену дерми у дубильних та післядубильних процесах.

Для реалізації принципу хромоощадності розроблена технологія, яка передбачає використання сполук хрому для дублення та додублювання напівфабрикату з сировини великої рогатої худоби, попередньо обробленого алкілкарбоксиетанолами синтетичних жирних кислот фракції C_{7-9} (АКЕА СЖК). На стадії дублення вищезазначені допоміжні реагенти вводять у відпрацьований пікельний розчин у кількості 0,8 % маси голини за 10 хвилин до дозування сполук хрому. Дублення за розробленою технологією передбачає зменшення витрат води і хлориду натрію у 1,5 рази у порівнянні з традиційною технологією. Слід зауважити також, що тривалість процесу дублення при цьому складає 5 годин, що у 2,0–2,4 рази менше тривалості традиційного процесу хромового дублення. Для проведення процесу додублювання двостадійне оброблення напівфабрикату АКЕА СЖК проводять також перед дозуванням сполук хрому. При цьому загальні витрати АКЕА СЖК складають 1,0 % маси дубленого напівфабрикату.

Запропоноване в технології послідовне дозування матеріалів забезпечує прискорену дифузію хромового дубителя у міжмікрофібрилярні проміжки структури колагену завдяки блокуванню його амінокислотних залишків гідрофільних ділянок. При цьому завдяки високій спорідненості атомів кисню молекул АКЕА СЖК до йонів хрому відбувається заміна адендів молекул води в структурі хромових комплексів. Водночас в процесах формування шкіряного матеріалу відбувається комплекс хімічних процесів взаємодії АКЕА СЖК як з колагеном дерми, так і зі сполуками хрому. При цьому отримана шкіра характеризується підвищенням вмісту сполук хрому при зменшенні їх витрат за реалізації технології у 1,7 рази порівняно з традиційною технологією у виробництві еластичної шкіри. Спостерігається також підвищення гідротермічної стійкості готової шкіри при деякому зменшенні її пористості за умови більш рівномірного розподілу оксиду хрому в об'ємі дерми. Слід зазначити, що коефіцієнт рівномірності розподілу оксиду хрому у дермі шкіри, виготовленої за розробленою технологією, на 11,0 % вищий за вказаний коефіцієнт для еластичної шкіри, виготовленої за традиційною технологією.

Отже, запропонована технологія дублення та додублювання при формуванні еластичної шкіри з сировини великої рогатої худоби при використанні дубильних солей хрому сумісно з АКЕА СЖК. Ця технологія забезпечує суттєве зменшення витрат хромового дубителя, води та хлориду натрію. При цьому відбувається ефективне формування структури дерми та комплексу фізико-хімічних властивостей еластичного шкіряного матеріалу для виготовлення з нього широкого асортименту виробів.

МОДИФІКАЦІЯ АЛКІДНИХ СМОЛ ЕСТЕРАМИ ПОЛІАСПАРГІНОВИХ КИСЛОТ

Кузьмінський В. Ю., Варлан К. Є., Суворова Ю. О., Черваков О. В., Черваков Д. О.

Український державний університет науки і технологій

Науково-навчальний інститут

«Український державний хіміко-технологічний університет», Україна

yulianasuv747@gmail.com

Досліджено вплив бутилового естеру поліаспаргінової кислоти (БЕПАК) на властивості алкідної смоли Serkyd FA27X60. Встановлено, що БЕПАК виконує функції загусника, регулятора реологічних і антикорозійних властивостей. Оптимальний вміст модифікатора становить 1%, що забезпечує підвищення твердості, блиску та ступеня зшивання покриттів, а також покращення їх корозійної стійкості у 5%-му розчині NaCl.

Ключові слова: бутиловий естер поліаспаргінової кислоти, алкідна смола, модифікація, Serkyd FA27X60, реологічні властивості, твердість покриття, антикорозійна стійкість, ступінь зшивання.

У роботі досліджено вплив бутилового естеру поліаспаргінової кислоти (БЕПАК) на структурно-реологічні та експлуатаційні характеристики алкідної смоли Serkyd FA27X60 і покриттів на її основі. Метою дослідження було встановлення можливості використання БЕПАК як модифікатора технологічних і антикорозійних властивостей алкідних плівкоутворювачів. БЕПАК отримували реакцією приєднання дібутилмалеїнату та діетилентриаміну при мольному співвідношенні 2,1:1. Синтезований продукт являє собою в'язку прозору рідину, добре сумісну з алкідними смолами. Наявність у його структурі вторинних аміногруп забезпечує можливість утворення водневих зв'язків із функціональними групами поліестеру, що впливає на формування структури плівки.

Зразки алкідної смоли Serkyd FA27X60 модифікували БЕПАК у кількості 1%, 3% та 5%. Встановлено, що введення БЕПАК спричиняє зростання в'язкості системи, що свідчить про структуруючу дію модифікатора. При цьому композиції з 1% БЕПАК демонструють оптимальне поєднання технологічних властивостей: час формування плівки становить 17 годин, блиск після 7 діб – 97%, відносна твердість через 72 години – 0,42–0,46 у.о., ступінь зшивання – 89–92%. Дослідження антикорозійних властивостей показало, що покриття з 1% БЕПАК ефективно протидіє дії 5%-го розчину NaCl протягом 21 доби без утворення пухирців, тріщин чи точкової корозії. Збільшення вмісту БЕПАК до 3–5% призводить до зниження щільності плівки через порушення регулярності її структури, що зменшує захисні властивості [1,2].

Отримані результати свідчать, що БЕПАК є перспективним багатофункціональним модифікатором алкідних систем. Він може одночасно виконувати функції загусника, регулятора реологічних параметрів та антикорозійної добавки, що розширює можливості створення лакофарбових матеріалів із покращеними експлуатаційними характеристиками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Oleh V. Chervakov*, Denys O. Chervakov, Kostiantyn M. Sukhyi, Vitalii Yu. Kuzminskyi, Kostiantyn Ye. Varlan, Elena A. Belyanovskaya, Yevhenii P. Levchenko, Mykhailo S. Yurchik. Oleochemical products in synthesis technologies of eco-friendly polymers // Journal of Chemistry and Technologies, 2024, 32(4), 969-992 doi: 10.15421/jchemtech.v32i4.309194.
2. US Patent 4,116,902 (1978) POLYURETHANE-MODIFIED ALKYD Robert Richard Harris; Warren John Pollack.

АМІДНІ ПОХІДНІ ЖИРНИХ КИСЛОТ ЯК ІНГІБІТОРИ КОРОЗІЇ У СКЛАДІ АЛКІД-УРЕТАНОВИХ ПЛІВКОУТВОРЮВАЧІВ

Кузмінський В. Ю., Варлан К. Є., Суворова Ю. О., Черваков О. В.,
Бухкало С. І.

Український державний університет науки і технологій

Науково-навчальний інститут

«Український державний хіміко-технологічний університет», Україна

yulianasuv747@gmail.com

Досліджено вплив амідних та амідоестерних похідних жирних кислот на антикорозійні властивості алкід-уретанового лаку АУ5(AL)-52(W). Встановлено, що введення 2,0–5,0 мас.% піперазинового амиду АФА-3 забезпечує ступінь антикорозійного захисту до 99%, знижує водопоглинання до 1,05–1,22% та підвищує адгезію і міцність плівки лакофарбового покриття. Ефект зумовлений поєднанням бар'єрного та інгібіторного механізмів дії. Модифіковані покриття відповідають категорії С4 (ISO 12944-2) і забезпечують тривалий захист металу.

Ключові слова: алкід-уретановий лак, амідні жирних кислот, амідоестери, інгібітори корозії, антикорозійні покриття, олеохімічні продукти, піперазинові похідні, естермалеїнатні сполуки, гель-фракція, бар'єрні властивості, екологічно безпечні модифікатори.

У роботі досліджено вплив амідних та амідоестерних похідних жирних кислот рослинних олій на формування структури та антикорозійні властивості алкід-уретанового лаку АУ5(AL)-52(W). Метою дослідження було оцінити ефективність синтезованих естермалеїнатних (ЕАФА-1, ЕАФА-2, ЕАФА-3) і піперазинових (АФА-3) амідів як екологічно безпечних інгібіторів корозії у складі полімерних лакофарбових покриттів. Випробування проводили у модельному корозійному середовищі — 5%-му водному розчині NaCl, що імітує умови дії нейтрального сольового туману. Протягом 7 та 21 діб визначали швидкість корозії металевих зразків, ступінь захисту покриттів, показники адгезії, ударної міцності, водопоглинання та вміст гель-фракції, що характеризує ступінь зшивання полімерної плівки.

Встановлено, що введення 2,0–5,0 мас.% піперазинового амиду АФА-3 сприяє утворенню щільної, зшитої полімерної плівки з високими бар'єрними властивостями. Такі покриття демонструють ступінь корозійного захисту до 99%, знижене водопоглинання (1,05–1,22%), високу адгезію (1 бал) та ударну міцність до 45 см, що свідчить про їхню механічну стабільність і еластичність.

Модифіковані склади алкід-уретанового лаку відповідають вимогам категорії атмосферної стійкості С4 за класифікацією ISO 12944-2, що дозволяє прогнозувати тривалість захисної дії до 5 років в умовах помірного клімату [1,2].

Отримані результати підтверджують доцільність використання амідних та амідоестерних похідних жирних кислот як функціональних, екологічно безпечних модифікаторів для створення «зелених» лакофарбових матеріалів нового покоління з покращеними експлуатаційними характеристиками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Yu-Zhao Yang, Rui Zhu, Cheng-Xiang Wang, Huai-Ming Du, Hua-Jun Shawn Fan. Diversified development of anti-corrosion materials: A review // *World Journal of Advanced Research and Reviews* – 2024. Vol. 22, No 03. – P. 692–703. URL <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.22.3.1752>
2. Yang, S.; Huang, J.; Chen, J.; Noël, J. J.; Barker, I.; Henderson, J. D.; He, P.; Zhang, H.; Zhang, H.; Zhu, J. A Comparative Study on the Anti-Corrosive Performance of Zinc Phosphate in Powder Coatings // *Coatings*. – 2022. – Vol. 12. – 217. – 17 p. URL <https://doi.org/10.3390/coatings12020217>

ДОСЛІДЖЕННЯ СИНТЕЗУ ФЕРУМ(III) ОКСИДІВ ГІДРОТЕРМАЛЬНИМ МЕТОДОМ

Фролова Л. А., Скнар І. В., Прокопенко Н. В., Трінько І. С.

Український державний університет науки і технологій

19kozak83@gmail.com

Нанодисперсні ферум(III) оксиди використовуються як пігменти у виробництві рідких (водоемульсійних та органорозчинних) і порошкових фарб [1-4]. Завдяки своїй чудовій фарбувальній здатності, залізооксидні пігменти додаються до декоративних фарб для отримання різних відтінків широкої гами кольорів, а завдяки своїм чудовим захисним властивостям та антикорозійній стійкості такі пігменти використовуються у виробництві фарб для захисту металів [5].

Метою цієї роботи є вивчення впливу умов проведення гідротермального синтезу на властивості отриманих нанодисперсних ферум(III) оксидів.

Гідротермальний синтез проводився у високотемпературному реакторі підвищеного тиску. Рентгенівські дифрактограми пігментів були отримані на ДРОН-2.0. Визначення колірних характеристик та чистоти кольору проводилося за допомогою спектрофотометра.

Встановлено вплив початкового значення рН, часу синтезу та температури на основні технологічні властивості пігментів. Визначені колірні характеристики отриманих продуктів. Встановлено їх фазовий склад.

Відповідно до залежності фазового складу продуктів, що утворюються в реакторі, від параметрів синтезу побудовано діаграми «склад-умови». Діаграми відбивають переважну область утворення кожної з фаз в залежності від рН та часу синтезу. Дослідження встановило основні тенденції зміни фазового складу в залежності від умов синтезу. Визначені колірні характеристики продуктів.

Було виявлено, що кінцевим продуктом залежно від параметрів синтезу може бути гетит, магнетит або ферум(III) гідроксид. Фазовий склад отриманого продукту значною мірою залежить від рН розчину та температури синтезу. Зі збільшенням рН від 6 до 12 за однакових умов фіксується послідовність синтезу утворення фаз: ферум(III) гідроксид- гетит- магнетит. Зі збільшенням рН розчину утворюється магнетит.

ЛІТЕРАТУРА

1. Meng, J., Yang, G., Yan, L., & Wang, X. Synthesis of porous magnetite Fe_3O_4 and its application in thermal control coatings as new black pigment. *Journal of Coatings Technology and Research* 2015. Vol. 12.6. P. 1065-1071.
2. Pfaff, G. Iron oxide pigments *Physical Sciences Reviews* 2021. Vol. 6.10. P. 535-548.
3. Xu, M., Pan, G., Shen, Q., Guo, Y., Zhou, M., Liang, Q. The color rendering and near infrared reflection properties of coated iron oxide green pigments. *Applied Surface Science* 2023: Vol. 641. P. 158525.
4. Fouda, M. F. R., El-Kholy, M. B., Moustafa, S. A., Hussien, A. I., Wahba, M. A., & El-Shahat, M. F. (2012). Synthesis and characterization of nanosized Fe_2O_3 pigments. *International Journal of Inorganic Chemistry*, 2012. Vol.1. P. 989281.
5. Frolova, L. A. (2024, August). Study of Anti-Corrosion Properties of Pigments $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ Obtained by Coprecipitation. In *Electrochemical Society Meeting Abstracts* 245 (No. 15, pp. 1181-1181). The Electrochemical Society, Inc.

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЖМОЛЕКУЛЯРНОЇ ВЗАЄМОДІЇ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ ПОЛІМЕРІВ КОНДУКТOMETРИЧНИМ МЕТОДОМ

Гриценко Т. О.¹, Баран Н. М.¹, Собечко І. Б.¹, Дулебова Л.²

¹Національний університет «Львівська політехніка»

²Технічний університет Кошице, Словаччина

taras.o.hrytsenko@lpnu.ua

Водорозчинні полімери (ВРП) широко використовуються у біомедичній, фармацевтичній та харчовій галузях, зокрема як компоненти для одержання гідрогелів – матеріалів, які є основою для створення контактних лінз, медичних пов'язок, біосенсорів, імплантатів тощо. Електропровідність є важливою характеристикою розчинів полімерів, оскільки вона відображає наявність та рухливість іонів і є чутливим індикатором процесів комплексоутворення та міжмолекулярної взаємодії в багатокомпонентних системах, дослідження яких є критично важливими для контролю структури кінцевого гідрогелю.

Метою роботи є дослідження електропровідності розчинів ВРП (полівінілпіролідону (ПВП), полівінілового спирту (ПВС), поліетиленгліколю (ПЕГ), поліакрилової кислоти (ПАК)), їхніх бінарних сумішей, а також розчинів у присутності мономеру – 2-гідроксіетилметакрилату (ГЕМА) для кращого розуміння механізмів формування полімерних систем та оптимізації технологій одержання гідрогелів. Електропровідність розчинів ВРП оцінювали за їх питомою електропровідністю на основі електричного опору, виміряного за допомогою кондуктометричної комірки за контрольованої температури. Встановлено, що значення електропровідності для розчинів досліджуваних ВРП зростає в ряду ПЕГ < ПВП < ПВС < ПАК. На таку залежність, закономірно, впливає природа функціональних груп, ступінь іонізації та кількість заряджених частинок, які полімер утворює у водному розчині.

При змішуванні ВРП спостерігається нелінійна зміна електропровідності залежно від співвідношення компонентів. Додавання ПВП до розчинів ПВС та ПАК викликає зменшення їх електропровідності, що, швидше за все, відбувається через зменшення вмісту вільних іонів внаслідок утворення поліелектролітних комплексів. Зростання електропровідності розчину ПЕГ з додаванням ПВП також свідчить про можливе утворення міжполімерних комплексів завдяки водневим зв'язкам, які змінюють конфігурацію полімерних ланцюгів у розчині – зменшується його в'язкість і, відповідно, покращується доступність вільних іонів та їх рух.

Додавання мономеру до розчинів ПВП, ПВС та ПАК викликає зменшення їх електропровідності. Цей ефект пояснюється тим, що ГЕМА, діючи як ко-розчинник або ліганд, може взаємодіяти з ВРП, змінюючи конформацію макромолекул, що, у свою чергу, ускладнює транспорт іонів у розчині. Молекули ПЕГ і ГЕМА можуть взаємодіяти через водневі зв'язки (ГЕМА містить гідроксильну групу, яка може утворювати водневі зв'язки з ПЕГ). У водному середовищі гідроксильні групи можуть частково дисоціювати, що призводить до збільшення концентрації рухомих іонів (зокрема, H^+ або OH^-), а отже – до підвищення електропровідності. Тобто, у кожному випадку мономер, який є вихідним компонентом для полімеризації, активно впливає на електричні властивості та термодинамічний стан полімерних розчинів. Отримані результати надають додаткову інформацію про механізми міжмолекулярної взаємодії та комплексоутворення у багатокомпонентних водних розчинах полімерів. Ці дані можуть бути використані для оптимізації складу полімерних систем у технологіях одержання гідрогелів із спеціальними, прогнозованими фізико-хімічними характеристиками.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ КІЛЬКОСТЕЙ ЕТИЛЕНОКСИДУ З ВИКОРИСТАННЯМ ІМПУЛЬСНОГО ПОЛУМ'ЯНО-ФОТОМЕТРИЧНОГО ДЕТЕКТОРУ

Гайдаржи І. І.¹, Сайтарли С. В.¹, Бліненко О. М.²

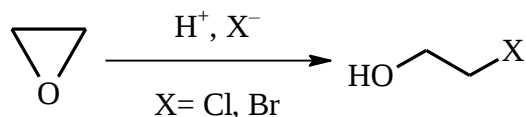
¹Національний університет «Одеська політехніка», Україна

²ТОВ «Котекна Україна лімітед», Україна

i.i.gaidarzhy@op.edu.ua, s.v.saytarly@op.edu.ua, oleksandr.blinenko@cotecna.com

Етиленоксид широко застосовується у хімічній промисловості для синтезу моно-, ді- та триетиленгліколів, етерів етиленгліколю, етаноламінів та ін. Ця сполука також використовується в медицині для стерилізації медичних виробів, які неможливо стерилізувати іншими способами, такими як пара або радіація. Крім того, речовина може бути використана як фумігант з бактерицидними та інсектицидними властивостями. Токсикологічні дослідження підтвердили інформацію про генотоксичність та канцерогенність оксиду етилену, а також його негативний вплив на дихальну, гематологічну, неврологічну, ендокринну та репродуктивну системи. Негативний вплив сполуки на людський організм призвів до заборони використання етиленоксиду на території Європейського союзу, хоча в країнах за його межами речовина досі може використовуватися [1].

Етиленоксид є речовиною з високою летучістю, але завдяки циклічній будові він здатний взаємодіяти з галогенід-іонами та водою, присутніми в навколишньому середовищі або харчових продуктах, з утворенням менш летких сполук, наприклад 2-хлоретанолу або 2-брометанолу.



Найбільш широко для кількісного визначення етиленоксиду та 2-хлоретанолу (сумарно або окремо) використовують газову хроматографію із триквадрупольним мас-спектрометричним детектором, які мають високу чутливість, але вимагають застосування коштовного аналітичного обладнання. Нами запропоновано метод сумарного визначення етиленоксиду та 2-хлоретанолу у перерахунку на етиленоксид шляхом детектування 2-брометанолу методом газової хроматографії з імпульсним полум'яно-фотометричним детектором, який має високу селективність до бромовмісних сполук, значно нижчу вартість та більшу надійність, у порівнянні з мас-спектрометричним детектором. Встановлено, що залежність інтенсивності сигналу приладу від концентрації 2-брометанолу має лінійний характер у діапазоні від 200 до 1000 нг/мл, при цьому значення коефіцієнту детермінації R^2 становить 0,9956.

Отже, запропонований метод можна використовувати для детектування та кількісного визначення етиленоксиду. Подальші дослідження пов'язані з визначенням межі виявлення та межі кількісного визначення етиленоксиду у зразках рослинної продукції, пробах повітря та інших матрицях, а також підвищення чутливості розробленого методу шляхом вивчення впливу параметрів роботи детектора на інтенсивність сигналу приладу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Wenio I., Bartosiewicz I., Derewiaka D., Dewiszek K., Karniłowicz K. A fast method for determination of ethylene oxide using gas chromatography coupled with mass spectrometry GC-MS/MS. *Applied. Sciences*. 2023, Vol. 13, P. 7480–7493; <https://doi.org/10.3390/app13137480>.

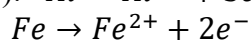
ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОКОАГУЛЯЦІЇ ТА ЕЛЕКТРОФЛОТАЦІЇ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ МІКРОПЛАСТИКУ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ІЗ ПОБУТОВИХ СТИЧНИХ ВОД

Мартиненко Я. О., Федчук А. О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
martynenko.yana@lkl.kpi.ua, fedchuk.anastasia@lkl.kpi.ua

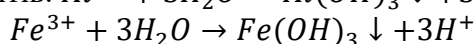
Побутові стічні води є значним джерелом мікропластику та фармацевтичних забруднювачів, які становлять серйозну загрозу для водних екосистем і здоров'я людини. Традиційні методи очищення виявляються недостатньо ефективними для видалення цих стійких поллютантів, що потребує впровадження інноваційних технологій водоочищення. Одним із перспективних напрямків є застосування електрохімічних методів – електрокоагуляції та електрофлотації. В процесі електрокоагуляції через стічну воду пропускається електричний струм між металевими електродами (зазвичай алюмінієвими або залізними), що призводить до утворення коагулюючих іонів безпосередньо в розчині:

На аноді (окиснення металу): $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$



На катоді (відновлення води): $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 \uparrow + 2OH^-$

Утворення коагулянтів: $Al^{3+} + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 \downarrow + 3H^+$



Отриманий гідроксид алюмінію має високу адсорбційну здатність, зв'язуючи частинки мікропластику та органічні сполуки фармацевтичного походження [1].

Паралельно відбувається процес електрофлотації, при якому електроліз води генерує мікробульбашки водню та кисню, які адсорбують забруднювачі та піднімають їх на поверхню у вигляді флотаційної піни (малюнок 1):

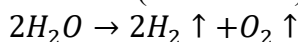


Рис.1 – Схема процесу електрокоагуляції-електрофлотації для видалення мікропластику та фармацевтичних забруднень

Комбінування електрокоагуляції та електрофлотації забезпечує до 95% видалення мікропластику та до 90% фармацевтичних сполук за оптимальних умов (Рн 6-8, густина струму 10-30 Ма/см², тривалість 15-30 хв) [2]. Метод не потребує хімічних реагентів, є енергоефективним та екологічно безпечним. До недоліків належать утворення осаду $Al(OH)_3$, корозія електродів і потреба в оптимізації для різних типів стічних вод.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петрушка І.М., Петрушка К.І. Дослідження процесу електрокоагуляційного очищення стічних вод. Вісник Національного університету «Львівська політехніка» Серія: Хімія, технологія речовин та їх застосування. 2016. № 841. С. 372-376.
2. Moussa D.T., El-Naas M.H., Nasser M., Al-Marri M.J. A comprehensive review of electrocoagulation for water treatment: Potentials and challenges. Journal of Environmental Management. 2017. Vol.186. P. 24-41.

ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ СИНТЕЗ ПОЛІМЕРНИХ ПЛІВОК**Макєєва І. С., Якубовська К. К.***Київський національний університет технологій та дизайну, Україна**makeyeva.is@knutd.com.ua*

Завдяки своїй універсальності, електрохімічний синтез полімерних плівок використовується у різних сферах: від сенсорних систем і каталізу до енергетичних пристроїв, біомедичних сенсорів і систем корозійного захисту металів [1]. Метод базується на процесах електрохімічного окиснення або відновлення мономерів, у результаті чого безпосередньо на поверхні електрода формується полімерна плівка. Параметри, такі як швидкість сканування, концентрація мономера, тип електроліту, температура та природа електрода, відіграють ключову роль у формуванні кінцевих властивостей плівки. Досить великий інтерес в світі викликають електропровідні полімерні плівки, за рахунок їх незвичайних фізико-хімічних та електрохімічних властивостей [2,3]. Серед провідних полімерів поліанілін займає особливе місце. Для такого провідного полімеру, процес полімеризації є анодним і включає стадії: утворення радикал-катиону, зростання ланцюга, допування полімеру і формування щільної плівки.

Метою нашої роботи був електрохімічний синтез плівки поліаніліну на поверхні графітового електрода, використовуючи у якості допантів різні кислоти (H_2SO_4 , HNO_3 , HCl , HClO_4) та дослідження впливу умов електросинтезу на якість провідного полімеру. Для оцінки якості отриманих плівок застосовували метод визначення електропровідності. Електрохімічне осадження полімерних плівок проводили за допомогою гальваностатичного методу (фіксується сталий струм, що впливає на структуру та щільність полімеру) та методу циклічної вольтамперометрії, який забезпечував поступове зростання плівки під час циклічного сканування потенціалу. Такий тип електроосадження електропровідної полімерної плівки дозволив отримувати електроди з контрольованою товщиною полімеру та уникати переокислення плівки. Товщина плівки з поліаніліну залежала від кількості циклів. Було показано, що таким методом не вдається отримати плівки з товщиною, більшою декількох десятків мікрон.

Для визначення величини електропровідності отриманих полімерних плівок знаходили їх питомий опір за допомогою використання чотирьохзондового методу. Для розрахунків використовували данні по відстані між зондами, падіння напруги на вимірювальних зондах і струм, що протікає крізь зразок. Використання різних кислот в якості допантів впливало на електропровідність плівки з поліаніліну. Найменша електропровідність спостерігалась для зразка допанта перхлоратної кислоти.

Таким чином, електрохімічний синтез полімерних плівок є ефективним і гнучким методом отримання матеріалів із заданими властивостями. Керуючи параметрами електрохімічного процесу, можливо створювати плівки з визначеними електричними та механічними характеристиками. Завдяки цьому технологія має велике практичне значення у розвитку сучасних наноматеріалів, сенсорних пристроїв та енергетичних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Aashutosh Dube, Shweta J. Malode, Abdullah N. Alodhayb, Kunal Mondal, Nagaraj P. Shetti. Conducting polymer-based electrochemical sensors: Progress, challenges, and future perspectives. *Talanta Open*. 2025. Vol. 11. P. 1-27.
2. Alex Palma-Cando, Ibeth Rendón-Enríquez, Michael Tausch, Ullrich Scherf. Thin Functional Polymer Films by Electropolymerization. *Nanomaterials*. 2019, 9(8), P. 11-25.
3. Jürgen Heinze, Bernardo A. Frontana-Uribe, Sabine Ludwigs Electrochemistry of Conducting Polymers-Persistent Models and New Concepts. *Chem. Review*. 2010. Vol. 10. P. 4724-4771.

КЕРУВАННЯ ЗМОЧУВАНІСТЮ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ПЛІВОК ШЛЯХОМ ОКИСНЕННЯ ТА ОБРОБКОЮ СТЕАРИНОВОЮ КИСЛОТОЮ

Миронюк О. В., Баклан Д. В.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
d.baklan@kpi.ua*

Інфузійні поверхні це новий клас матеріалів, які поєднують високу відштовхувальність рідин із кращою динамічною та механічною стабільністю порівняно зі звичайними супергідрофобними текстурованими поверхнями. Ключовим елементом таких систем є рідина, що утримується в порах або між волокнами підкладки і визначає поведінку крапель на поверхні. Полярність поверхні і в'язкість рідини визначають розтікання та термін служби покриття. Тонке налаштування поверхневої енергії та топографії дозволяє керувати спорідненістю між пористою підкладкою з інфузійною рідиною та водою з якою контактує поверхня.

Мета дослідження полягала у демонстрації можливості регулювання змочуваності поліетиленових підкладок шляхом поєднання текстурування, контрольованого окиснення і подальшої гідрофобізації стеариновою кислотою. Поліетилен (LDPE) вибрано як перспективний та технологічно доступний матеріал для базових шарів інфузійних структур.

Методика включала отримання металевих текстурованих шаблонів шляхом фемтосекундної лазерної абляції (період структур 60 мкм, різні співвідношення ширин канавок/вершин), формування негативу на полікарбонаті і термопресування поліетилену при 120 °С для реплікації рельєфу. У результаті глибина текстури зменшилась з 22 до 18 мкм через в'язкість розплаву. Поверхнєве окиснення виконували сумішшю KMnO_4 та HNO_3 (0,2 моль/л) з витримкою до 10 годин. Гідрофобізація проведена у розчині стеаринової кислоти (1 мас. % в ізопропанолі) при 60 °С протягом 2 годин. Змочуваність оцінено за допомогою вимірювання кута змочування водою.

Результати показали, що необроблений поліетилен має кут змочування 91°. Окиснення призводить до зниження кута до 21–28°, що свідчить про введення полярних функціональних груп та осадів MnO_2 . Гідрофобізація стеариновою кислотою відновлювала і перевищувала початкові кути змочування 94-96° на плоских зразках. Текстурування підвищувало водовідштовхувальність до 135°, а комбінований цикл (текстура + окиснення + стеарат) давав максимальне значення кута 145°. Критична поверхнева енергія становила 55 мДж/м², що вказує на стійкість до рідин середньої полярності.

Окиснення дає реакційні «якірні» групи, що дозволяють анкерувати молекули стеаринової кислоти так, що їх гідрофобні ланцюги орієнтуються назовні. У поєднанні з топографією це формує більш рівномірний і ефективний гідрофобний шар. Силанізація в попередніх випробуваннях виявилась менш ефективною, ніж стеарин, а фторовані покриття хоч і дають низьку поверхневу енергію, мають серйозні екологічні застереження. Перспективним напрямком є використання наночастинок для створення вторинних текстур на поліетиленових репліках, виготовлених методом шаблонування. Ці наночастинки можна легко функціоналізувати за допомогою простих гідрофобних агентів, що може ще більше поліпшити характеристики і дозволити виготовляти супергідрофобні поверхні за тим самим принципом. Пористі структури є платформою для проектування інфузійних поверхонь. Як було продемонстровано, їх полярність і спорідненість до інфузійних рідин, можна регулювати за потребою, що надає додаткову гнучкість для розробки сучасних водовідштовхувальних і багатофункціональних матеріалів.

НАПОВНЮВАЧІ НА ОСНОВІ КУКУРУДЗЯНИХ СТЕБЕЛ І КОКОСОВОЇ ШКАРАЛУПИ ДЛЯ ПЛА-КОМПОЗИТИВ

Миронюк О. В., Наумчик А. О., Баклан Д. В.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
d.baklan@kpi.ua*

Перехід від нафтохімічних полімерів до біоосновних матеріалів дозволяє зменшити вуглецевий слід і залежність від викопного палива. Полілактид (PLA) – один із найперспективніших біополімерів, проте його застосування в покриттях обмежене через необхідність органічних розчинників при отриманні плівок. Метою роботи було розробити водно-дисперсні композиції на основі PLA, збагачені біоосновними волокнистими наповнювачами, отриманими з аграрних відходів (кукурудзяні стебла та кокосова шкарлупа), і забезпечити рівномірний розподіл волокон у матриці.

Вихідну сировину дробили, проводили хімічну обробку (суміш оцтової кислоти та пероксиду при 95 °С, лужна обробка КОН і подальша пероксидна обробка), диспергували в колоїдному млині і фракціонували у воді для отримання фракцій 30–400 мкм. Для зниження поверхневої енергії частинки було гідрофобізовано за допомогою поліметилгідридсилоксану (у вигляді розчину в ксилолі, 1 мас. %), PLA-дисперсію (Ingeo 4060D) готували за процедурою з роботи [1]. До складу додавали диспергатор (0,5 мас. % поліакрилат натрію). Плівки формували за допомогою аплікатора і термічно спікали при 130 °С для коалесценції частинок. Аналіз включав вимір кута змочування, ІЧ-спектроскопію, оптичну мікроскопію та гранулометричний аналіз. Середній розмір частинок становив ~65 мкм для кукурудзяних волокон і ~150 мкм для кокосових. Отримані волокна анізотропні та можуть служити армуючими агентами. Отримані волокна з кукурудзи включають тонкі волокна та целюлозні пластинки. У випадку кокоса волокна мають більш рівномірну ширину і чітке співвідношення сторін. Обробка силанами суттєво збільшила гідрофобність: кути змочування водою становлять 133° для кукурудзяних і 140° для кокосових наповнювачів. Ефект зумовлений як хімічною гідрофобізацією, так і капілярною структурою. ІЧ-спектроскопія показала зменшення адсорбованої води після обробки і ознаки взаємодії PLA з поверхневими ОН-групами волокон, що вказує на хороший інтерфейс. У процесі спікання при 130 °С спостерігалася послідовна коалесценція частинок: через 5 хвилин формувалися майже бездефектні плівки. Включення гідрофобізованих волокон дало рівномірний розподіл без агрегації. Тести вологопоглинання показали зменшення сорбції: кокосові волокна з 3,33 до 3,0 мас. % (≈10% зниження), кукурудзяні з 3,61 до 2,81 мас. % (≈30% зниження), що пояснюється більшою питомою поверхнею кукурудзяних фракцій і кращою реакцією з силаном.

Результати дослідження підкреслюють потенціал перетворення сільськогосподарських відходів у високоякісні функціональні наповнювачі для біооснованих PLA-покриттів. Майбутні дослідження повинні бути спрямовані на поширення цього підходу на інші сільськогосподарські волокна (наприклад, льон, стебла бананів), використання альтернативних біоматриць, таких як РНА, та заміну силанних модифікаторів повністю біосумісними речовинами, такими як жирні кислоти або оксалати. Подальший розвиток також повинен бути спрямований на розробку промислових рецептур шляхом включення пластифікаторів, пігментів, стабілізаторів та інших функціональних добавок для отримання довговічних і масштабованих систем покриттів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Plasticized Polylactide Film Coating Formation from Redispersible Particles/O. Myronyuk et al. AppliedChem. 2025. Vol.5, №.3. P.14. URL: <https://doi.org/10.3390/appliedchem5030014>.

НАПРЯМИ ФОРМУВАННЯ ГІДРОФОБНОСТІ НАТУРАЛЬНИХ ШКІР

Крупа Р. А., Охмат О. А.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
oxmat.aa@knuatd.edu.ua

Формування гідрофобності натуральних шкір ґрунтуються на застосуванні жирувальних матеріалів (натуральних, модифікованих або синтетичних) для змащування поверхні структурних елементів дерми та створення жирової плівки на поверхні волокна чи фібрили, яка блокує доступ до гідрофільних центрів колагену і, таким чином, сприяє проходженню води крізь пори та капіляри, але не через поперечний переріз волокна чи фібрили [1]. Зазначені технології мали використання декілька десятирічь назад і сьогодні мають обмежене застосування через нерівномірне змащування жирувальним матеріалом структурних елементів, при цьому закупорюють міжструктурний простір дерми, обважнюють шкіру, суттєво зменшують її гігієнічні властивості. Еволюція удосконалення формування гідрофобності натуральних шкір пов'язана із застосуванням синтетичних жирувальних матеріалів (парафінів або восків) спільно із солями металів (наприклад, хрому, алюмінію, цирконію тощо), механізм дії яких пояснюється отриманням гідрофобних мил на поверхні структурного елементу дерми. Формування гідрофобних властивостей натуральних шкір забезпечується дією різнофункціональних хімічних матеріалів та технологічних рішень інноваційного характеру. Сучасні напрями формування гідрофобності досягаються [2]:

- 1) впливом жирувальних і синтетичних полімерних матеріалів на стадії післядубильної обробки шкіряного напівфабрикату хромового дублення;
- 2) впливом синтетичних полімерних матеріалів під час покривного оздоблення;
- 3) впливом технологічних обробок щодо нанесення гідрофобізуючих матеріалів на поверхню шкіри та її структурних елементів.

Для формування високого рівня гідрофобності шкір доведено ефективне застосування комплексного підходу із почерговою обробкою синтетичними жирувальними матеріалами на стадії жирування та синтетичними полімерними матеріалами на стадії гідрофобізації. Для посилення ефекту водонепроникності рекомендовано застосовувати нанесення гідрофобного захисного покриття на основі безфторової полімерної композиції. Інноваційним рішенням в напрямі гідрофобізації шкір є застосування кремній органічних сполук у поєднанні із модифікованими дисперсіями монтморилоніту, що дозволяє оптимізувати виробництво шкір, забезпечити ресурсозбереженість та екологічність. В результаті додаткових технологічних обробок натуральна шкіра набуває високого рівня гідрофобності, що прогнозує її використання для виробництва тактичного взуття.

Також варто розвивати комплексні підходи багатоетапної гідрофобізації з використанням обробок на етапах післядубильних, а потім оздоблювальних процесів для створення багатофункціональних натуральних шкір з гідрофобними властивостями.

ЛІТЕРАТУРА

1. Горбачук О., Мокроусова О., Скиба М. Інноваційні підходи до формування гідрофобних властивостей натуральних шкір. *Вісник ХНУ. Технічні науки*. 2024. Том 354. № 6 (2). С.196-206.
2. Martin Heise. Waterproof leather making process. Guidelines. Smit and Zoon. 2021. URL: <https://www.smitzoon.com/en/waterproof-leather/>
3. Данилкович А. Г., Романюк О. О. Формування шкіряних і хутрових матеріалів спеціального призначення : монографія. Рига, Латвія : Baltija Publishing, 2021. 198 с.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ШКІРИ З АНТИБАКТЕРІАЛЬНИМ ПОЛІМЕРНИМ ПОКРИТТЯМ

Бойченко А. Ю., Плаван В. П.

*Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
boichenko.a@knutd.edu.ua*

Оцінка життєвого циклу (LCA) отримує широке визнання як метод чи екологічний інструмент, що дозволяє кількісно оцінити вплив продуктів, процесів та послуг на довкілля протягом усього їхнього життєвого циклу [1]. Розробка методики оцінки життєвого циклу відповідно до ISO 14040:2006, яка дозволяє кількісно порівняти різноспрямовані впливи (синтез компонентів, ресурсоспоживання, токсичність) та дати обґрунтовану оцінку є актуальним завданням.

Об'єктом дослідження є фінішне полімерне покриття для шкіри з заявленими антибактеріальними властивостями. Порівняльна оцінка здійснювалась для полімерних покриттів шкіри таких типів: водорозчинне поліуретанове покриття із ковалентно іммобілізованими катіонними групами, водна дисперсія поліуретану з неорганічним антибактеріальним компонентом та водорозчинний поліуретан з біоцидом з контрольованим вивільненням.

Оцінка життєвого циклу проводилась по всій довжині споживчого ланцюга від видобутку сировини до переробки відходів і очистки викидів. Життєвий цикл оцінювали за такими показниками як хімічна безпечність, фізико-механічні властивості шкіри, експлуатаційні характеристики, антибактеріальні властивості та інші показники.

Обов'язковою умовою правильної оцінки життєвого циклу є збір даних про всі вхідні та вихідні потоки для нанесення покриття на 1м² шкіри. В основі оцінки первинні експериментальні дані (рецептури, витрати матеріалів, технологічні параметри, заходи для зменшення забруднення довкілля), та вторинні данні, отримані через спеціалізовані бази даних LCA [2] з екологічними профілями хімікатів та процесів.

За результатами оцінки життєвого циклу робиться висновок про те, який внесок в кожну категорію впливу робить та чи інша технологічна стадія чи хімічний компонент. Після аналізу отриманих результатів можна сформулювати рекомендації для покращення екологічного профіля тієї чи іншої технології оздоблення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Baumann H., Tillman A.-M. The Hitch Hiker's Guide to LCA: An Orientation in Life Cycle Assessment Methodology and Application. Lund : Studentlitteratur, 2004. 210 p.
2. Life Cycle Assessment (LCA) Overview. The European Commission. URL: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/index.html> (date of access: 16.10.2025)

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ВИРОБНИЦТВА ВОГНЕСТІЙКИХ ШКІР**Ліясов І. А., Мокроусова О. Р.***Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
olenamokrousova@gmail.com*

Сучасні технології виробництва шкір для взуття спрямовані, переважно, на досягнення необхідного рівня експлуатаційних властивостей, що забезпечується шляхом застосуванням різнофункціональних матеріалів на різних технологічних етапах. Функціонуюча на вітчизняних підприємствах галузі легкої промисловості традиційна багатостадійна та комплексна обробка шкіряних матеріалів обмежує можливість швидкого регулювання технологічним процесом або цілеспрямовану модифікацію структури дерми шкіри для формування певного типу властивостей, наразі, актуальних сьогодні – бактерицидних, теплозахисних, антистатичних, вогнестійких тощо.

Необхідні функціональні властивості шкір для взуття спеціального призначення, в тому числі, для військовослужбовців, пожежників, рятувальників, можуть бути скориговані в подальших виробництвах шляхом формування багатошарових пакетів деталей із текстильних, шкіряних, полімерних матеріалів, штучного або натурального хутра тощо. Враховуючи підвищені фізичні навантаження людини, довготривале перебування за умов високої вологості та високих/низьких температур під час виконання службових обов'язків, що супроводжуються збільшеним тепло-, паро- та потовиділенням, багатошаровість заготовок деталей ускладнює повітро- і потовідведення, чим знижує гігієнічні, теплозахисні, вогнетривкі властивості взуття, а також негативно впливає на мікроклімат у внутрішньому просторі оснащення та комфортність виробів. Слід також враховувати, що в силу певних службових ситуацій, іноді відсутня можливість своєчасного та належного гігієнічного догляду за виробами в умовах відповідної реальності. Враховуючи зазначене сьогодні в Україні актуальними є питання розроблення та запровадження принципів цілеспрямованої модифікації структури та властивостей шкір, формування їх якості й безпечності, розширення асортименту різнофункціональних виробів форменного оснащення, в тому числі, утеплювачів, зі специфічними властивостями – бактерицидними, антисептичними, теплозахисними, вогнестійкими тощо. Суттєвим фактором покращення безпеки життєдіяльності та здоров'я при виконанні службових обов'язків є використання вогнетривких шкір для верху взуття, які мають високі екологічні властивості, що в повній мірі забезпечується екологічно безпечними технологічними матеріалами.

Для формування структури дерми та вогнетривких властивостей доцільно використовувати вискодисперсні мінерали (модифіковані мінеральні дисперсії), які характеризуються низькою теплопровідністю, гідрофільністю і високою питомою поверхнею дисперсних частинок. Модифікація структури та поверхні дерми шкіри кремній органічними, жировмісними матеріалами та модифікованими дисперсіями монтморилоніту забезпечує ущільнення капільно-пористої структури мінеральними дисперсіями, покриття структурних елементів стійкими до горіння сполуками кремнію, що загалом вогне- та пожежостійкість натуральної шкіри. Розроблення технології рідинного оздоблення вогнестійких шкір для верху взуття ґрунтується на встановленні та оптимізації ефективних параметрів обробки розробленими матеріалами (концентрація речовин, їх активність, тривалість та умови обробки, механічна обробка тощо).

ЛІТЕРАТУРА

1. Jiang, Y.; Li, J.; Li, B.; Liu, H.; Li, Z.; Li, L. Study on a novel multifunctional nanocomposite as flame retardant of leather. *Polym. Degrad. Stab.* 2015, 115, 110–116.
2. Wei, Y.; Deng, C.; Zhao, Z.; Wang, Y. A novel organic-inorganic hybrid SiO₂/DPP for the fire retardance of polycarbonate. *Polym. Degrad. Stab.* 2018, 154, 177–185.

ВПЛИВ ФІЛЬТРУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ НА ПРОБОПІДГОТОВКУ ЗРАЗКА ДЛЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОЇ РІДИННОЇ ХРОМАТОГРАФІЇ

Ярушинський С. О., Бутенко О. О.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
slavka_1995@ukr.net

Пробопідготовка в хроматографії – це комплекс дій для підготовки зразка, який включає в себе фізичні та хімічні процедури для отримання аналітичної фракції відповідно до методики для проведення хроматографічних досліджень. Від правильності виконання цього етапу залежить точність, відтворюваність і достовірність отриманих результатів [1]. Важливим процесом пробопідготовки є фільтрування, яке забезпечує видалення механічних домішок, колоїдних частинок і мікроорганізмів, здатних вплинути на роботу хроматографічної системи.

Використання мембранних фільтрів із відповідним розміром пор (0,2–0,45 мкм) є стандартною практикою при підготовці зразків для високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ). Фільтрування запобігає засміченню інжектора, насосів, колонки та детектора, продовжуючи термін їх експлуатації. Тип матеріалу фільтра (ацетат целюлози, політетрафлуороетилен, полі(вініліден)флуорид, нейлон, поліпропілен тощо) [2, 3] обирають під час валідації аналітичного методу залежно від полярності та складу розчинника, уникаючи сорбцію аналітів внаслідок взаємодії з компонентами фільтрувального матеріалу.

В окремих випадках можна використовувати попереднє фільтрування або центрифугування зразків для зниження вмісту завислих часток в суспензії зразку.

Неправильно підібраний матеріал фільтра може призвести до втрати аналіту через адсорбцію або утворення небажаних сполук через хімічну взаємодію, внаслідок чого виникає заниження концентрації сполуки, що аналізується, або спотворення хроматографічного профілю. Повторне використання фільтрів є неприпустимим, оскільки це може спричинити контамінацію зразка, або зміну його дійсної концентрації. Тому для забезпечення відтворюваності та надійності аналізу, необхідно стандартизувати підхід до фільтрування для кожного конкретного випадку, використовуючи лише нові та сумісні фільтри.

Крім вибору матеріалу та розміру пор, на ефективність фільтрування суттєво впливає техніка його виконання. Зокрема, необхідно звертати увагу на робочий об'єм фільтра та об'єм, необхідний для промивання фільтрувальної мембрани. Забезпечення рівномірного тиску під час фільтрування також важливе, зокрема, важливим є забезпечення рівномірного тиску під час фільтрування, оскільки надмірний тиск може пошкодити крихкі колоїдні частинки або спричинити деформацію мембрани, що призведе до проходження небажаних домішок.

Таким чином, фільтрування є важливим етапом в підготовці зразку для ВЕРХ, що впливає як на якість аналітичних даних, так і на надійність роботи хроматографічного обладнання. Оптимальний вибір матеріалу фільтрування забезпечує точність, відтворюваність і стабільність результатів аналізу.

ЛІТЕРАТУРА

1. The Fitness for Purpose of Analytical Methods: a laboratory guide to method validation and related topics. 3rd ed. 2025. 77 p.
2. Халаф В., Зайцев В. Пробовідбір та пробопідготовка в хроматографії: навчальний посібник. Київ: КНУ імені Тараса Шевченка, 2012. 282 с.
3. Syringe Filters for Quality and Reliability. URL: <https://www.phenomenex.com/documents/2020/09/24/12/50/phenex-hplcgc-syringe-filters>.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИСОКОАДГЕЗИВНИХ КОМПОЗИТІВ

Земке В. М., Чопик Н. В., Братичак М. М.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

viktoriiia.m.zemke@lpnu.ua

Останні роки актуальною є проблема пошуку матеріалів ортопедичного застосування для синтетичної заміни та регенерації кісткових тканин. В сучасній практиці більшість технологій, що базуються на створенні модифікованих полімерних матеріалів вирішальну роль відіграють полімери з високою поверхневою активністю. Аналіз адгезійної поведінки широко використовує термодинамічний підхід, що передбачає вивчення утворення адгезійного контакту та взаємодії контактуючих поверхонь. Оскільки ці проблеми тісно пов'язані з розглядом міжфазних процесів, то найбільшу увагу приділяють оцінюванню явищ змочування та розтікання, де кількісним параметром є крайовий кут θ .

Метою роботи було дослідити вплив природи та кількості гідроксиапатиту на адгезійну міцність композиційних матеріалів на основі 2-гідроксиетилметакрилату із полівінілпіролідом модифікованих низькомолекулярними добавками (ортофосфатна кислота, ізопропіловий спирт, лецитин).

На основі попередніх досліджень, авторам було встановлено, що оптимальними властивостями володіють композиції 2-гідроксиетилметакрилату із полівінілпіролідом при концентраціях низькомолекулярного додатку 0.3 та 1%. В композиції з оптимальним складом вводили гідроксиапатит в концентраціях 1; 2.5; 5 мас. % та проводили визначення кута змочування (θ) на підкладках різної природи, а саме: «скло органічне», «скло силікатне», «кераміка з глянцевою поверхнею», «кераміка з необробленою поверхнею», «стальна пластина», «кісткова тканина».

Проведені дослідження показали, що характер кривих при введенні доданків на підкладці «стальна пластина» зазнав найбільшої зміни, а розчини на підкладці «кісткова тканина», мали при цьому дещо менший кут змочування, а значить володіли кращою адгезивною здатністю.

Через визначення кута змочування розраховували значення роботи адгезії використовуючи комбінацію рівняння Дюпре і закону Юнга (W_a / W_k), що дозволило провести непрямий розрахунок роботи адгезії через поверхневий натяг рідини і рівноважний крайовий кут змочування рідиною твердого тіла.

Введення низькомолекулярного додатку із збільшенням його концентрації призвело до зростання співвідношення W_a / W_k . Підкладки «скло органічне», «скло силікатне» та «кераміка з глянцевою поверхнею» проявили себе з максимальним значенням адгезії водним розчином полівінілпіролідону. Аналогічні дослідження проведені також з ізопропіловим спиртом. Із підвищенням концентрації низькомолекулярного додатку та полівінілпіролідону у розчині адгезійна здатність зростає, крім підкладок «кераміка з необробленою поверхнею» та «кісткова тканина». Аналогічно визначали відношення роботи адгезії до роботи когезії для водних розчинів полівінілпіролідону з ліцитином. При введенні додатку максимальне змочування спостерігалось для підкладок «скло органічне», «скло силікатне» та «кераміка з глянцевою поверхнею». Як видно, максимальне значення адгезійної міцності, спостерігалось при використанні «органічного скла», хоча і у випадку «природної кістки» адгезійна міцність була достатньо висока.

Таким чином, вивчення впливу низькомолекулярних доданків з різною поверхневою активністю на структуру та адгезію полімерних матриць дасть можливість їх контрольованого регулювання, що є необхідною умовою при розробленні водорозчинних клеїв біомедичного призначення.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ХІМІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ЗМІШАНИХ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ЦІННИХ МНОМЕРІВ

Юдічев К. О., Красулін М. О.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
krasulin.maksim@lil.kpi.ua, yudichev.kiril@lil.kpi.ua*

Збільшення обсягів полімерних відходів у сучасному світі є серйозною екологічною проблемою. Змішані потоки пластикових відходів важко переробляти традиційними методами механічного рециклінгу через різний хімічний склад та домішки. Внаслідок цього велика частина відходів опиняється в довкіллі, що призводить до забруднення систем. Біологічна переробка пластику здійснюється з використанням потоків пластикових відходів як вуглецю субстрат для біотехнологічних процесів, подібно до підходу, який використовується для лігноцелюлози сировини. Хімічна переробка включає термохімічні та каталітичні перетворення, такі як піроліз, газифікація, каталізований рідиною крекінг, гідрокрекінг і хемоліз (гліколіз, гідроліз, метаноліз, аміноліз) [2]. Піроліз є особливо перспективним методом, оскільки забезпечує перетворення полімерів на суміш низькомолекулярних сполук без участі кисню.

Ці процеси руйнують полімер при високих температурах, з каталізаторами або без них, до суміші олігомерів/мономерів та/або газоподібних продуктів і, таким чином, придатні для обробки гетерогенного та забрудненого пластику [2]. Попереднє сортування та видалення домішок хлору дозволяє зменшити утворення токсичних сполук, таких як діоксини та фурани, і покращує якість кінцевих продуктів [1]. Важливим є також контроль енергоспоживання та оптимізація температурного режиму, що робить процес більш економічно вигідним. Однак, використання каталізаторів у процесах піролізної переробки полімерних відходів це перш за все, їх ціна, економічна доцільність використання та практична непридатність до повторної регенерації [3]. Незважаючи на переваги, технологія має проблеми: змішані потоки полімерів можуть давати нестабільний склад піролізних продуктів, каталізатори деградують, а гази потребують додаткового очищення. Для вирішення цих проблем пропонується використовувати мікрохвильовий піроліз, комбіновані процеси піролізу та гідрокрекінгу, плазмові реактори та автоматизоване сортування сировини.

Таким чином, хімічна переробка змішаних полімерних відходів, особливо піроліз, є перспективним напрямом отримання цінних мономерів і органічних продуктів. Оптимізація умов процесу, використання каталізаторів та підготовка сировини дозволяють підвищити селективність продуктів і зменшити енергоспоживання. Реалізація таких технологій сприятиме зменшенню обсягів відходів, зниженню залежності від первинної нафтохімічної сировини та формуванню замкнених циклів матеріального використання полімерів [1].

ЛІТЕРАТУРА

1. Гуменюк Г.Д., Кравченко О.В. Переробка полімерних відходів: сучасні тенденції та технології. — Київ: Наук. думка, 2021. — 215 с.
2. Пасічник Є. М., Кватернюк С. М. Рециклінг пластикових відходів. Вісник Вінницького національного технічного університету. 2024. Вип. [Номер]. С. [Сторінки]. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/42232>
3. Коріненко Р. В., Ранський А. П., Гордієнко О. А., Кропив'янська А. О. Використання каталітичного піролізу при переробці сумішевих полімерних відходів. Проблеми хімії та екології: зб. тез доп. III Міжнар. наук.-техн. конф. (Вінниця, 15–16 травня 2023 р.). Вінниця, 2023. С. 45–47.

СИНТЕЗ ПРИЩЕПЛЕНИХ КОПОЛІМЕРІВ ПОЛІВІНІЛПІРОЛІДОНУ З ПОКРАЩЕНИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ ОФТАЛЬМОЛОГІЇ

Бегей Т. С., Мельник Ю. Я., Скорохода В. Й.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Taras.S.Behei@lpnu.ua

Інтенсивний розвиток полімерної хімії та технології сприяє створенню нових матеріалів для біомедичних застосувань, зокрема офтальмології. Полівінілпіролідон (ПВП) характеризується біосумісністю, нетоксичністю, здатністю до комплексоутворення та стабільними фізико-хімічними властивостями. У поєднанні з метакрилатами кополімери ПВП дають змогу одержувати гідрогелеві матеріали з контрольованими структурно-механічними характеристиками, придатні для створення м'яких контактних лінз. Для синтезу кополімерних гідрогелів використовували: 2-гідроксіетилметакрилат (ГЕМА), полівінілпіролідон (ПВП, $M_n = 12\ 600$), полі(етилєнглїколь)диметакрилат (ПЕГДМА), як ініціатор пероксид бензоїлу (ПБ), як розчинники бутанол, циклогексанол, етиленглїколь, діетилєнглїколь і диметилсульфоксид (ДМСО). Полімеризацію здійснювали блочним методом. Ініціатор (ПБ), ПВП і зшивач (ПЕГДМА) розчиняли у мономері. Отримані розчини змішували, дегазували та заливали у циліндричні поліетиленові форми. Процес полімеризації відбувався за багатостадійною температурною програмою: витримка при 50 °С протягом 4 год, підвищення температури до 60 °С зі швидкістю 0,5 °С/хв і витримка 1 год, подальше нагрівання до 80 °С зі швидкістю 0,5 °С/хв і витримка 3 год, після чого систему охолоджували до 30–35 °С. Отримані блоки гідрогелю промивали дистильованою водою до видалення залишків мономерів і досліджували у гідратованому стані. Дослідженнями встановлено, що прищеплена полімеризація ГЕМА у присутності ПВП відбувається через стадію комплексоутворення, константа якого значно залежить від природи розчинника та зростає у ряду: диметилсульфоксид (0) < циклогексанол (0,06) < етиленглїколь (0,17) < діетилєнглїколь (0,21) < вода (0,28 дм³/моль). Зі зростанням константи комплексоутворення спостерігається збільшення ефективності прищеплення мономера до 87 % і зменшення молекулярної маси фрагмента між вузлами зшивання від 64 до 24 кг/моль. Це свідчить про формування більш щільної та стабільної гідрогелевої структури. Отримані кополімери мають рідкозшити сітчасту будову, що забезпечує їхню високу здатність до набрякання у воді. У зволоженому стані вони утворюють двофазну систему, в якій вода заповнює міжмакромолекулярні порожнини, сприяючи переходу полімеру зі склоподібного у високоеластичний стан. Зі збільшенням вмісту ПВП (до 50 % мас.) зростає водопоглинання (до 100 %), проникність для води $(50\text{--}100) \times 10^{-4}$ м³·м⁻²·год⁻¹, йонів NaCl $(200\text{--}270)$ моль·м⁻²·год⁻¹, киснепроникність синтезованих гідрогелів сягає $(1,0\text{--}1,5) \times 10^{-10}$ м²/с, що відповідає вимогам до матеріалів для офтальмологічних імплантів.

Механічні випробування показали, що міцність на розтяг синтезованих гідрогелів становить 0,3–0,5 МПа, відносне видовження при розриві – 200–270 %, світлопропускання – 90–96 %, показник заломлення $n^D = 1,42\text{--}1,43$. Додавання ПЕГДМА у кількості до 10 % мас. дозволяє оптимізувати співвідношення жорсткості й еластичності гідрогелевої матриці без втрати прозорості. Отримані гідрогелеві матеріали характеризуються високою стабільністю оптичних властивостей при гідратації та доброю сумісністю з біологічними тканинами. Досліджено закономірності формування оптично прозорих прищеплених кополімерів на основі ПВП і ГЕМА з покращеними фізико-механічними характеристиками, запропоновано методику їх синтезу, визначено вплив складу й умов полімеризації на структурні, механічні й дифузійні характеристики гідрогелів. Отримані гідрогелеві матеріали відзначаються прозорістю, підвищеною міцністю, високою проникністю для води, кисню й йонів, що робить їх перспективними для використання у виробництві м'яких контактних лінз підвищеної комфортності й інших офтальмологічних елементів.

РОЗРОБЛЕННЯ ПОЛІМЕР-МОНОМЕРНИХ СИСТЕМ ХОЛОДНОГО ТВЕРДНЕННЯ ДЛЯ БІОАДГЕЗИВІВ

Мельник Ю. Я., Бидльовський О. П., Чернигевич І. Д., Скорохода В. Й.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

yuriy.ya.melnyk@lpnu.ua

Виконано дослідження, спрямовані на створення малотоксичних полімер-мономерних композицій холодного тверднення з високою адгезією до різних підкладок. Досліджували полімеризацію клейових композицій на основі реакційноздатних мономерів 2-гідроксіетилметакрилату (ГЕМА), бутилакрилат (БА), вінілацетат (ВА) і полівінілпіролідону (ПВП), який виконував функції матриці й активатора полімеризації. Додатково використовували як зшиваючий агент диметакрилат етиленгліколю (ДМЕГ) і сіль FeSO_4 як компонент окисно-відновної ініціюючої системи. Усі композиції полімеризувалися за кімнатної температури.

Виявлено, що полімеризація в системах ПВП–мономер відбувається без ініціаторів завдяки утворенню комплексу між макромолекулою ПВП і подвійним зв'язком мономера, що призводить до перерозподілу електронної густини, послаблення подвійного зв'язку $\text{C}=\text{C}$, зниження енергії активації і тверднення відбувається за кімнатної температури. Використання ПВП у системі забезпечувало полімеризаційну активність, додаткову гідрофільність і адгезію до полярних поверхонь. ГЕМА, у свою чергу, формувал полімерну сітку з активними гідроксильними групами, які підвищують хімічну спорідненість до субстрату, а додавання БА і ВА дозволяло варіювати еластичність і пластичність матеріалів. Введення FeSO_4 прискорювало процес полімеризації за рахунок утворення окисно-відновного циклу $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$. Додавання води сприяло зниженню в'язкості системи, полегшенню нанесення на поверхню. Зшиваючий агент ДМЕГ підвищував структурну міцність отверджених композицій. Найперспективнішими з точки зору комплексу властивостей виявилися композиції ГЕМА:ПВП (2:1–3:1 мас. ч.) з невеликим додаванням ВА (до 10 % мас.). Такі системи забезпечували швидке тверднення, формували сухий клейовий шов і демонстрували підвищену адгезію. Їхня адгезійна міцність при зсуві до металу становила 2,2 МПа, до поліметилметакрилату – 1,5 МПа, до кераміки – 1,3 МПа. Встановлено, що оптимальний вміст ПВП становить 0,3–0,4 г на 1 г мономера, що забезпечує достатню густину активних комплексів для ініціювання полімеризації без зниження технологічності системи. Одержані матеріали характеризувалися високою еластичністю та контрольованою пластичністю. Число пружності перевищувало 80 %, а залишкова деформація становила 10–17 %, що свідчить про здатність матеріалів витримувати циклічні навантаження без руйнування. Водопоглинання досягало 120 %, що пов'язано з гідрофільними властивостями ПВП і наявністю гідроксильних груп у структурі полімеру. Встановлено, що зміною складу композиції (співвідношення ПВП/мономер, вміст БА, ВА, води) можна направлено регулювати властивості одержаних полімерних матеріалів – від жорстких, високоадгезивних до еластичніших і гідрофільних. Направлений підбір полімер-мономерної системи та режиму полімеризації дозволяє створювати матеріали під конкретні технологічні завдання: клеї, покриття чи біоадгезиви різноманітного призначення. Виключення з рецептури ініціаторів забезпечує зниження токсичності та робить матеріали на основі розроблених клеєвих композицій біосумісними. Це відкриває можливості їх застосування медицині, зокрема, в ортопедії, для фіксації протезів, герметизації мікротріщин у кісткових тканинах, а також у розробленні біоадгезивних матеріалів для медичних цілей.

Таким чином, розроблено нові нетоксичні композиції холодного тверднення, здатні швидко полімеризуватись у вологому середовищі, формувати еластичні, гідрофільні, адгезивно активні полімерні матеріали з регульованими експлуатаційними властивостями. Отримані клеєві композиції можуть бути використані як основа для створення високоадгезивних полімерних композитів спеціального призначення, зокрема біоадгезивів.

ПРИНЦИПИ І ПІДХОДИ «ЗЕЛЕНОЇ» ХІМІЇ В ОЗДОБЛЕННІ ВОЛОКНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ**Колодій А. І., Плаван В. П., Могілевич Р. В., Ляшок І. О.***Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
kolodii.ai@kntud.edu.ua*

Проблеми, що знаходяться в компетенції «зеленої» хімії, можливо розділити на два основних напрямки. Перший пов'язаний із переробкою, утилізацією та знищенням екологічно небезпечних побічних і відпрацьованих продуктів хімічної промисловості. Другий, більш перспективний, пов'язаний з розробкою нових промислових процесів, які дозволяли б обійтися без шкідливих для навколишнього середовища продуктів або звести їх використання і утворення до мінімуму [1]. Хімічні речовини та процеси у відповідності із принципами «зеленої» хімії розглядаються не тільки з точки зору виробництва речовин та матеріалів із заданими властивостями, але й з урахуванням наслідків для довкілля. До основних підходів зеленої хімії в оздобленні волокнистих матеріалів належать:

1. Заміна токсичних хімікатів на безпечніші альтернативи.
2. Перехід на натуральні барвники та сировину рослинного походження.
3. Зменшення споживання енергії шляхом оптимізації процесів та використання низькотемпературних методів.
4. Перехід на технологічні процеси, що утворюють менше відходів або дозволяють їх переробляти.
5. Використання водних систем на заміну токсичних органічних розчинників.
6. Застосування ферментів (біокаталізаторів) для модифікації поверхні волокнистих матеріалів, що є менш енергоємними та екологічно безпечними.

Відмова від використання токсичних розчинників в оздоблювальних композиціях, використання водних емульсій та дисперсій замість традиційних розчинів на основі органічних розчинників є найбільш популярним технологічним рішенням для впровадження «зелених» технологій, що не вимагає суттєвого переоснащення підприємств. Плівки, утворені з водних дисперсій, в порівнянні з плівками, отриманими з полімерів на основі розчинників, характеризуються гіршими фізичними властивостями, такими як механічна міцність, стійкість до дії води та органічних розчинників, що обумовлено наявністю гідрофільних груп в молекулярному ланцюгу полімеру [2]. Найчастіше для оздоблення волокнистих матеріалів використовуються водні дисперсії акрилових полімерів і поліуретанів, завдяки їх високим адгезійним властивостям, низькій вартості і доступності. Однак, під час формування плівки може виникати проблема несумісності між різними типами полімерів [3], що може негативно впливати на властивості плівки. На противагу цьому, гібридні полімерні дисперсії пропонують рішення цієї проблеми. У цих системах акрилові та поліуретанові полімерні ланцюги взаємодіють на молекулярному рівні, утворюючи єдину структуру, а не просто механічну суміш [4], що дозволяє досягти кращого поєднання експлуатаційних властивостей.

Таким чином, створення гібридних покриттів на водній основі цілком відповідає принципам «зеленої» хімії, що робить їх перспективними для використання у текстильній промисловості під час оздоблення волокнистих матеріалів для спеціальних потреб.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ф.А. Тихомірова, Зелена хімія: нова хімічна філософія, Вісник ОНУ. Хімія. 2 (2015) 93–100. doi:10.18524/2304-0947.2015.2(54).50636
2. Асаулюк Т.С. Полімерні покриття для спеціальних видів обробки бавовняних текстильних матеріалів / Т.С. Асаулюк, О.Я. Семешко, Ю.Г. Сарібекова, І.М. Куліш. – Херсон: Видавництво «Типографія СТАР», 2020. – 110 с.
3. Fung W. Products from Coated and Laminated Fabrics / W. Fung // Coated and Laminated Textiles. – Cambridge: The Textile Institute, Woodhead Publishing Ltd., 2002. – P. 149–249.
4. Hegedus C. R. Aqueous acrylic–polyurethane hybrid dispersions and their use in industrial coatings / C. R. Hegedus, K. A. Kloiber // Journal of Coatings Technology. – 1986. – Vol. 68, no. 860. – P. 39–48.

РОЗРОБЛЕННЯ ПОЛІГІДРОКСИБУТИРАТ-ГІДРОКСИАПАТИТНИХ КОМПОЗИТІВ ІЗ КОНТРОЛЬОВАНОЮ ПОРИСТИСТІЮ ДЛЯ БІОМЕДИЧНИХ ЗАСТОСУВАНЬ

Іванух О. О., Мельник Ю. Я., Скорохода В. Й.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

oleksandr.o.ivanukh@lpnu.ua

У сучасній біоінженерії актуальним є створення біодеградабельних композитів, здатних тимчасово замінювати ушкоджені кісткові тканини, забезпечуючи механічну підтримку та біоактивну стимуляцію регенерації. Перспективними полімерними матрицями для їх створення є полігидроксіалканоати, зокрема полігидроксibuтират (ПГБ) – біосумісний термопластичний поліестер мікробного походження, що характеризується інертністю, біодеградацією, нетоксичністю продуктів розпаду, високими бар'єрними характеристиками. Використання гідроксіапатиту (ГА), який є основним компонентом кістки, як біоактивного наповнювача у композитах забезпечує їхню остеокондуктивність, сприяє адгезії, диференціюванню остеогенних клітин і стимулює мінералізацію через вивільнення йонів. Готували суміші наступних складів ПГБ/ГА, % мас.: 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50. Формування композитів здійснювали методом компресійного пресування. ПГБ у вигляді порошку був одержаний під час культивування бактерій штаму *Azotobacter vinelandii* N-14 у ВФХГК ІнФОВ ім. Л.М. Литвиненка НАН України (м. Львів) з наступними характеристиками: $M_w = 680\,000$, $\rho = 1,22\text{ г/см}^3$, $PTP_{180^\circ\text{C}, 2,16\text{кг}} = 14\text{ г/хв}$. Використовували гідроксіапатит Acros Organics® із середнім розміром частинок 60–80 нм. У прес-форму завантажували підготовлену гомогенізовану суміш ПГБ/ГА, нагрівали до робочої температури 165–180 °С і витримували протягом 10 хв під тиском 0,5...1 МПа, що забезпечувало плавлення полімерної фази, змочування частинок наповнювача, коли ще не відбувалося повного плавлення полімеру й формувалась макропориста структура. Витримка під тиском становила 20 хв, протягом цього часу відбувалося одночасне ущільнення та контрольоване охолодження композиції у зімкнутій формі, що дозволяло уникнути внутрішніх дефектів і забезпечувало формування бездефектних зразків. Для композицій із високим вмістом ГА оптимальні результати досягалися за температури 180 °С, що зумовлено зменшенням частки полімерної фази та необхідністю інтенсивнішого нагрівання для забезпечення задовільного зв'язування частинок ГА полімерною матрицею. Встановлено вплив складу та технологічних параметрів пресування на структуру, пористість і властивості одержаних ПГБ/ГА композитів. Для складів із високим вмістом полімерної матриці (90:10 мас.%) за температури 165 °С визначено відносно низьку пористість (18 %), а також встановлено неповне плавлення та недостатнє змочування частинок ГА. Підвищення температури до 170–180 °С призвело до зменшення пористості до 10–15 %, покращення механічної цілісності та відсутності руйнувань. Збільшення частки наповнювача до 30 % (ПГБ:ГА = 70:30 мас.%) супроводжувалося зростанням пористості до 22–28 % при 165 °С і незначним зменшенням до 21–22 % при 180 °С, що свідчить про ефективніше ущільнення при вищих температурах. Для композитів ПГБ:ГА = 50:50 мас.% відзначено найбільшу пористість серед складів (29–32 %). Для композицій із високим наповненням (30:70 і 10:90) навіть максимальна температура пресування 180 °С не забезпечила достатнього ущільнення: пористість становила відповідно ~42–44 % та ~53–55 %. Комплексна оцінка композицій показала, що за вмісту ГА 20–30 мас.% досягається оптимальний баланс властивостей: міцність при стиску ~32 МПа (за 6 % деформації), пористість 22–28 % і ступінь кристалічності ~85 %. Подальше збільшення частки ГА знижує міцність композитів через послаблення міжфазної адгезії та зростання пористості. Отримані біодеградабельні композити ПГБ/ГА характеризуються пористістю та механічними властивостями, наближеними до параметрів природної кісткової тканини, що робить їх перспективними для застосування як остеопластичні матеріали в регенеративній медицині та біоінженерії.

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ПЛАСТИКОМ

Лозовий О. О.^{1,2}, Плаван В. П.¹, Савченко Б. М.¹, Пронько О. М.¹

¹Київський національний університет технологій і дизайну

²Завод Полігрін, корпорації Біосфера, Україна
plavan.vp@knutd.edu.ua

Згідно з Директивою ЄС 2018/851 про відходи, до 2035 року кількість побутових відходів, що потрапляють на звалища, має бути скорочена до 10% від загальної кількості побутових відходів, а рівень повторного використання та переробки побутових відходів має бути збільшений до 65%. Важливим питанням у вирішенні проблеми відходів є перехід від захоронення та спалювання до промислової переробки. Це допоможе мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище, зменшує попит на природні ресурси, зменшує кількість відходів на звалищах та сприяє циркулярній економіці.

Останнім роком такі екологічно чисті біорозкладні полімери, як полімолочна кислота (PLA), полігідроксibuтирати (PHB), полібутиленсукцинат (PBS) та полібутилен адипат-котерефталат (PBAT) тощо, отримали увагу як заміна звичайного поліетилену. Однак ці біорозкладні полімери дорожчі за РЕ. Таким чином, змішування РЕ та біорозкладних полімерів є одним із способів не тільки знизити вартість промислового застосування, але й зменшити широке використання небіорозкладного РЕ. Змішування полімерів ефективно забезпечує бажані характеристики для плівок та пакувальних матеріалів, покращуючи їхні властивості.

Робота присвячена розробці технології отримання вторинних гранул з відходів РЕ шляхом поєднання з PBAT для виробництва біорозкладної плівки: визначення раціональних параметрів сушіння, встановлення температурного профілю екструзії, оптимізація співвідношення між РЕ та PBAT, характеристика отриманих матеріалів. Зменшення співвідношення небіорозкладних матеріалів шляхом змішування з біорозкладними пластиками, можливо, зменшує накопичення відходів упаковки, що відповідає принципам циркулярної економіки.

Порівняно з іншими біорозкладними пластиками, PBAT має чудові механічні характеристики, майже такі ж, як у РЕ. Суміш вторинних гранул PBAT та РЕ використовувалася для виробництва біорозкладних плівок для сміттєвих пакетів. PBAT схильний до гідролітичної деградації, особливо під час високотемпературної обробки. Сушіння видаляє вологу, що може спричинити цю деградацію та вплинути на характеристики матеріалу. PBAT зазвичай змішують з біорозкладним полімером, таким як крохмаль, який є дуже гігроскопічним. У нашому випадку вміст води у вторинних гранулах PBAT становив 0,6%, тобто в десять разів вище за норму. Це спричинило труднощі з обробкою та погіршення механічних характеристик готового продукту.

Сушіння PBAT часто проводиться при температурі 80°C протягом 2 годин, хоча конкретні параметри можуть змінюватися, наприклад, від 40 до 85°C протягом 4-24 годин залежно від необхідного кінцевого рівня вологості, який в ідеалі має бути менше 0,3% для оптимальної обробки. Таке тривале сушіння при високій температурі може призвести до злипання гранул, що негативно вплине на весь процес обробки. Хороші результати були отримані при сушці гранул PBAT протягом 8 годин при температурі 45°C. Отримані плівки мали задовільні механічні властивості. Крім того, гранула для виробництва полімерних виробів з вторинної сировини коштує на 20-30% менше, ніж з первинного полімеру, що впливає на вартість продукції для споживача.

ОБРОБКА МІСКАНТУСУ, ЯК ПОТЕНЦІЙНОГО ДЖЕРЕЛА РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОПАЛИВА ДРУГОГО ПОКОЛІННЯ

Ященко О. В., Галиш В. В., Трус І. М.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
voliav@ukr.net

Для зміцнення енергетичної безпеки України, актуальним є пошук власних джерел біоенергетичної сировини для виробництва біопалива другого покоління. Сировиною для виробництва біопалива є відходи деревообробної промисловості (тирса, тріска), солом зернових та зернобобових культур, соняшникова лузга тощо. Виробництво такої сировини є нестабільним і носить сезонний характер тому необхідні дослідження з пошуку рослинної сировини, за рахунок використання якої можливо забезпечити безперебійний процес виробництва біопалива [1]. Однією із таких рослин є міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus*). Це енергетична культура, що активно вирощується в Європейському Союзі та набуває популярності серед українських агровиробників. За рахунок високої врожайності сухої біомаси (до 25 т/га), низької природної вологості стебел на час збирання (до 15%) міскантус є найефективною рослиною для виробництва біопалива, в порівнянні з іншими [2].

Результати експериментальних досліджень показали, що стебла міскантусу мають високий вміст целюлози, що робить його придатним для біохімічної конверсії на біоетанол. Показники хімічного складу стебел міскантусу у відсотках наступні: целюлоза – 44, лігнін – 21, смоли, жири, воски – 1,6, вміст мінеральних речовин – 3,5, розчинність у воді – 8,3, розчинність у NaOH – 22,3. Попередня обробка стебел міскантусу розчином льодяної оцтової кислоти (HAc) та пероксиду водню (H₂O₂) сприяє видаленню ароматичної складової та підвищує доступність полісахаридів для подальшого ферментного гідролізу. В таблиці наведено показники якості лігноцелюлозного матеріалу із стебел міскантусу після органічної обробки.

Показники якості лігноцелюлозного матеріалу з міскантусу

HAc: H ₂ O ₂	Тривалість обробки, хв	Вихід, %	Целюлоза, %	Мінеральні речовини, %	Вміст лігніну, %
90:10	60	81,6	56,7	2,6	16,5
	120	70,6	62,6	2,1	5,9
	180	65,7	68,0	2,1	1,8
70:30	60	63,9	71,5	2,4	0,54
	120	59,4	72,9	2,2	0,34
	180	58,4	74,2	1,9	0,3

Органосольвентною обробкою стебел міскантусу, можна одержати субстрат з виходом 82-58 % та вмістом целюлози від 56 до 74 %, а вміст лігніну знижується до майже 1 %. При цьому збільшення витрат реагентів та тривалості обробки закономірно призводить до збільшення вмісту целюлози в кінцевому продукті, який можна використовувати як субстрат для подальшої конверсії на біоетанол.

ЛІТЕРАТУРА

1. Міскантус в Україні: К.: ТОВ «ЦП «Компрінт», 2019.– 256 с.
2. Міскантус в Україні: від біопалива до компоненту для порошку — повний цикл однієї культури. Agroelita.info. Новини. 07.05.2025. URL: <https://agroelita.info/miskantus-v-ukraini-vid-biopalyva-do-komponentu-dlia-porokhu-povnyy-tsycl-odniiei-kultury/> (дата звернення: 19.10.2025).

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НУЛЬОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ В УСТАНОВКАХ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ

Андріяшевський В.О. Зюзь Д.С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

isthatyouj8hnwayneisthisme@gmail.com, ziuz.daryna@lil.kpi.ua

Технологія підготовки води для пиття, яка включає стадію знесолення методом зворотного осмосу є надзвичайно ефективною, адже видаляє до 99% усіх можливих забрудників води, проте з точки зору безпеки для довкілля має ряд недоліків: значна кількість води, яка не використовується в обуті, а скидається у каналізаційні мережі (пермеат/концентрат: 70/30); нерозбірні вугільні картриджі, мінералізатори та УФ-знезаражувачі, які збагачують та знезаражують воду після мембранної очистки; механічні поліпропіленові картриджі (піддаються регенерації); мембранні блоки (частково піддаються регенерації); концентрат, насичений забруднюючими речовинами, які утворились внаслідок очищення води [1]. Найважливішим є питання регенерації мембран та утилізація концентрату.

Мембрани є ключовим елементом у процесах зворотного осмосу, адже забезпечують високий ступінь очищення води. Проте після закінчення терміну експлуатації вони перетворюються на пластикові відходи, тому їх раціональна регенерація та утилізація є необхідними для зменшення екологічного навантаження та повторного використання цінних матеріалів [2]. В ході проведення регенерації використовуються такі стадії [2]:

- Замочування елементу в регенераційному розчині при температурі 25 °C без рециркуляції для розмочування забруднень на поверхні мембрани.
- Повільне промивання, яке дозволяє пришвидшити та поглибити просочення регенераційного розчину в мембрану та посилити розмочування забруднень. Проводиться при температурі 25 °C та тиску 0,5 бар.
- Високопоточне промивання – забезпечує видалення забруднень з поверхні мембрани після замочування та повільного промивання (тиск – 3 бари). Процес регенерації проводиться в три послідовні етапи: лужний, кислотний та окисний [2].

Продуктивність відпрацьованих мембранних елементів збільшується після послідовного проведення кожного зі ступенів регенерації, при цьому зростає відносна продуктивність регенованого елементу (β). Процес регенерації вважається успішним при досягненні значення β 80- 120 %. Основними напрямками утилізації концентрату зворотноосмотичних систем є його розбавлення з іншими стічними водами перед скиданням у каналізацію або водойми, випарювання з подальшою кристалізацією солей, використання у виробничих процесах (наприклад, при підготовці розчинів або в технологічних циклах з низькими вимогами до якості води), а також впровадження технологій замкненого водообігу типу Zero Liquid Discharge (ZLD). Такі рішення дозволяють мінімізувати екологічний вплив та знизити втрати водних ресурсів [3].

ЛІТЕРАТУРА

1. Карпенко, М., Радовенчик, В. (2023). Негативний вплив установок зворотного осмосу на довкілля та пошук шляхів його зменшення. Herald of khmelnytskyi national university. Technical sciences, 329(6), 150-156.
2. Тивоненко, А. В. Екологізація процесів зворотного осмосу : дис. д-ра філософії : 161 хімічні технології та інженерія / Тивоненко Артем Вікторович. – Київ, 2024. – 139.
3. Вакуленко, А. К. Зниження екологічних ризиків засолення поверхневих вод концентрованими сольовими відходами : дис. д-ра філософії : 101 Екологія Вакуленко Анна Костянтинівна. – Київ, 2023. – 214 с.

ГІДРОГЕЛІ З АРМУВАННЯМ ПОЛІУРЕТАН-ПОЛІАМІДНИМИ ВОЛОКОНАМИ

Тарасенко Н. В., Потаскалов В. А.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
n.tarasenko@kznh.kpi.ua

У зв'язку зі стрімким зростанням обсягів промислових і побутових відходів, питання їх ефективної переробки набуває дедалі більшого значення. За прогнозами Світового банку, до 2050 року кількість твердих відходів у світі зростатиме вдвічі швидше, ніж чисельність населення [1]. Вагому частку серед них становлять синтетичні полімери, зокрема поліуретан-поліамідні матеріали, які активно застосовуються в різних секторах промисловості. Завдяки своїй хімічній інертності та стійкості до біодеградації ці матеріали накопичуються в довкіллі, створюючи довготривале екологічне навантаження. У цьому контексті особливо актуальною є розробка підходів до повторного використання полімерних відходів відповідно до концепцій циркулярної економіки, сталого розвитку та «зеленої хімії». Одним із перспективних рішень є створення гідрогелів — полімерних систем, здатних проявляти сорбційні властивості та забезпечувати механічну стійкість у водному середовищі [2]. Аналіз літератури свідчить про те, що зміцнення (армування) гідрогелів досягалося за рахунок введення спеціально підготовлених функціональних наповнювачів: наночастинок, вуглецевих нанотрубок, біополімерних волокон [3]. Однак виготовлення таких компонентів потребує значних ресурсів і складних технологічних процесів тому в даній роботі запропоновано інноваційний підхід використання поліуретан-поліамідних волокон, отриманих з промислових відходів, у якості армувального елементу при синтезі комбінованих гідрогелів. Це дозволяє одночасно вирішити екологічну проблему утилізації синтетичних полімерів, знизити собівартість отриманих матеріалів та інтегрувати принципи ресурсоефективності.

Авторами синтезовано гідрогелі на основі поліакриламідів з включенням вторинних поліуретан-поліамідних волокон як структурних наповнювачів. Проведено дослідження фізико-хімічних властивостей отриманих матеріалів, зокрема вивчено їхню сорбційну здатність щодо органічного барвника метиленового синього (МС) у модельному водному середовищі. Результати експериментів продемонстрували, що включення волокнистого наповнювача сприяє підвищенню механічної міцності гідрогелю, а також значно покращує його сорбційні характеристики. Було встановлено, що збільшення концентрації поліуретан-поліамідних волокон у складі гідрогелю позитивно впливає на питомий ступінь сорбції та підвищує стабільність матеріалу до багаторазового набухання та висихання. Здатність ефективно вилучати МС з водних розчинів вказує на доцільність використання таких армованих гідрогелів як сорбентів для очищення стічних вод від органічних забруднювачів. Запропонована методика синтезу комбінованих гідрогелів на основі вторинних полімерних волокон забезпечує отримання матеріалів з покращеними експлуатаційними характеристиками та сприяє раціональному використанню полімерних відходів, що відповідає принципам сталого розвитку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kaza S., Yao L., Bhada-Tata P., Van Woerden F. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank Group, 2018. <https://hdl.handle.net/10986/30317>
2. Ahmed E.M. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. J. Adv. Res., 2015, 6, 105–121. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.07.006>
3. Haraguchi K., Takehisa T. Nanocomposite hydrogels: a unique organic–inorganic network structure with extraordinary mechanical, optical, and swelling/de-swelling properties. Adv. Mater., 2002, 14(16), 1120–1124. [https://doi.org/10.1002/1521-4095\(20020816\)14:16<1120::AID-ADMA1120>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/1521-4095(20020816)14:16<1120::AID-ADMA1120>3.0.CO;2-9)

**ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА НА МЕХАНІЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІЕТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТГЛІКОЛЮ****Павленко М. О., Слєпцов О. О., Савченко Б. М.***Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
pavlenoua@gmail.com*

Поліетилентерефталатгліколь (ПЕТГ) є однією з найбільш перспективних модифікацій поліетилентерефталату (ПЕТ), яка широко застосовується в адитивних технологіях завдяки поєднанню високої міцності, термостійкості, ударостійкості та прозорості. На відміну від традиційного ПЕТ, модифікація гліколем забезпечує кращу перероблюваність, відсутність крихкості та стабільні механічні характеристики [1]. У сучасних дослідженнях значна увага приділяється вивченню впливу параметрів 3D-друку, таких як вологість, температура екструзії, швидкість друку та тип заповнення, на кінцеві властивості матеріалів [2]. Встановлено, що саме технологічні параметри визначають баланс між міцністю, пластичністю та продуктивністю, що робить цю тему актуальною для розвитку полімерних композицій та вдосконалення процесів адитивного виробництва [3].

У роботі досліджено вплив вологості, температури екструзії, швидкості друку та типу заповнення на механічні властивості зразків із трьох марок ПЕТГ: Skygreen KN100, CP300, Eastar 6763. Несушені зразки мають на 35-41 % вищий показник текучості розплаву, проте це супроводжується зниженням міцності через гідроліз і газоутворення. Сушіння матеріалу до вмісту води $\leq 0,2$ % є обов'язковим етапом для стабільності процесу та підвищення якості виробів. Оптимальний діапазон температур екструзії становить 240-245 °C: нижчі значення погіршують міжшарову адгезію, а вищі (250-255 °C) призводять до деградації полімеру. Зі зростанням швидкості від 150 до 500 мм/с спостерігається зниження міцності та відносного видовження на 15-20 %, тоді як оптимальними є 300-400 мм/с. Тип заповнення також відіграє ключову роль: найвищі показники забезпечує орієнтація 90°, тоді як варіанти -45°/45° та 0° дають нижчі результати. Сушені зразки у середньому на 15-25 % перевищують несушені за основними механічними властивостями. У процесі друку проявляється анізотропія: вздовж напрямку екструзії вироби міцніші, тоді як поперечні характеристики визначаються якістю міжшарових з'єднань. Для зменшення цього ефекту доцільно комбінувати орієнтацію шарів (45° або 90°).

Таким чином, проведені дослідження підтверджують критичний вплив вологості та технологічних параметрів на властивості ПЕТГ. Найкращі експлуатаційні характеристики досягаються за умови сушіння матеріалу, температури екструзії 240-245 °C, швидкості друку 300-400 мм/с та заповнення 90° в процесі адитивного виготовлення. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації технологій адитивного виготовлення (3D-друку) з метою підвищення якості полімерних виробів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Garwacki M., Cudnik I., Dziadowiec D., Szymczak P., Andrzejewski J. The Development of Sustainable Polyethylene Terephthalate Glycol-Based (PETG) Blends for Additive Manufacturing Processing - The Use of Multilayered Foil Waste as the Blend Component. *Materials*. 2024. Vol. 17(5):1083.
2. Daly M., Tarfaoui M., Chihi M., & Bouraoui C. FDM technology and the effect of printing parameters on the tensile strength of ABS parts. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2023. Vol. 126(11), P. 5307-5323.
- Shanmugam V., Babu K., Kannan G., Mensah R. A., Samantaray S. K., & Das O. The thermal properties of FDM printed polymeric materials: A review. *Polymer degradation and stability*. 2024. Vol. 228: 110902.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ НАДШВИДКОГО ГАРТУВАННЯ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Fe – Si НА МІДНОМУ І СТАЛЬНОМУ ДИСКАХ МЕТОДОМ СПІНІНГУВАННЯ РОЗПЛАВІВ

Усатюк І. І., Дмитренко І. В.

Національний університет «Одеська політехніка», Україна

i.i.usatyuk@op.edu.ua, i.v.dmytrenko@op.edu.ua

Досліджені зразки сплавів $\text{Fe}_{100-x}\text{Si}_x$ ($x = 14, 25, 30, 32, 35$ ат%, або 7,6; 14,4; 17,8; 19,3; 21,3 мас% відповідно) отримані методом спінінгування розплаву на зовнішню поверхню барабана, що обертається з заданою частотою, виготовленого з міді або з високохромистої сталі.

Було встановлено, що збільшення частоти обертання гартувального барабану, тобто швидкості екстракції металевих стрічок, у використаному інтервалі від 12 до 83 м/с (стальний барабан) супроводжується зменшенням товщини від 125 до 18 мкм.

Методом надшвидкого гартування з розплаву вдається суттєво підвищити корозійні характеристики сплавів $\text{Fe}_{100-x}\text{Si}_x$ в порівнянні з вихідним незагартованим їх станом. Суттєву роль у такому випадку відіграє матеріал гартувального барабану.

У разі використання мідного барабану не вдається досягнути тих позитивних ефектів збільшення корозійної стійкості, які отримані були у разі використання барабану з високохромистої сталі. Очевидно, це обумовлено низькою адгезією розплавів системи Fe – Si з мідною поверхнею і, як наслідок, більш низькими швидкостями гартування розплавів.

Можливо, саме тому під час гартування на мідному барабані практично не було зафіксовано впливу швидкості його обертання на корозійну поведінку отриманих швидкозагартованих зразків. Це не пов'язано, наприклад, з негативним впливом забруднення контактної поверхні стрічок атомами міді, оскільки методом оже-електронної спектроскопії не виявлено присутності атомів міді в ній. Найімовірніше відсутність склоподібної фази в отриманих стрічках швидкозагартованих сплавів системи Fe – Si можна пояснити наявністю досить товстої оксидної плівки SiO_2 на поверхнях стрічок, особливо — на контактних (до 6 нм), яка суттєво гальмувала процеси теплопередачі від рідкого сплаву до металевого барабану.

У випадку застосування мідного барабану оксидна плівка між розплавом і міддю тверділа і деформувалась дуже швидко, що і порушувало контакт розплаву з поверхнею барабану і, таким чином, давало можливість відбуватися процесам кристалізації під час формування плівки.

У разі використання сталевго барабану корозійні характеристики сплавів (критичний струм пасивації, струм у пасивному стані та ін.) значно покращуються у разі збільшення швидкості екстракції стрічки з розплаву.

Суттєве покращення корозійної стійкості сплавів спостерігається за швидкостей екстракції, що перевищують 12 м/с. Найбільший ефект досягається за максимальної швидкості екстракції стрічок (83 м/с) і складає на основі аналізу поляризаційних вимірювань для сплаву $\text{Fe}_{68}\text{Si}_{32}$ в 1 н розчині H_2SO_4 2,5 порядку величини в порівнянні з незагартованим станом.

Подібні закономірності виявлені також і для інших складів дослідженої системи. Всі вивчені швидкозагартовані сплави, за виключенням $\text{Fe}_{86}\text{Si}_{14}$, схильні до самопасивації в 1...5 н розчині H_2SO_4 .

ТЕНДЕНЦІЇ ТА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Малишев В. В., Габ А. І.

Лицей 209 «Сузір'я» м. Києва, Україна

viktor.malyshev.igic@gmail.com

Традиційні дослідження в галузі хімічної промисловості стикаються зі значними проблемами, такими як трудомісткі процеси проб і помилок, складність моделювання молекулярних взаємодій і величезна кількість можливих комбінацій реакцій. Для подолання цих проблем та прискорення хімічних досліджень зростає значення застосування штучного інтелекту. Відмічається, що понад 80 % керівників підприємств та установ хімічної промисловості визнають, що ШІ останнім часом має величезний вплив на їхній бізнес та наукові пошуки. Провідні «гравці» ринку використовують ШІ для покращення розробки продуктів та оптимізації процесів, тим самим підвищуючи операційну ефективність та інновації. Обсяги ринку хімічної промисловості зростають завдяки розвитку технологій ШІ, які оптимізують виробничі процеси та поліпшують прогнозне обслуговування, що зрештою позитивно вплине на прибутковість.

Відзначається, що проточні хімічні процеси є сприятливою технологією для автоматизованого синтезу й ШІ є потужним інструментом у цьому напрямку. Повідомляється, що розроблена за допомогою ШІ система в змозі визначити кожен можливу реакцію із заданим набором матеріалів. На ШІ не впливає обмеження традиційної вченої освіти в галузі хімії та наукової інтуїції. Також робот-хімік може спокійно працювати зі сполуками, які небезпечні для людини, та передбачати неперевірені реакції з точністю більше 80 %.

Узагальнення результатів сучасних досліджень дозволяє виокремити фактори зростання ШІ на світовому ринку хімічної продукції: визначальна роль «зеленої хімії» для розвитку галузі хімічної промисловості; автоматизація хіміко-технологічних процесів; ефективне управління ланцюгом поставок.

Основні можливості на світовому ринку ШІ в хімічній промисловості численні, особливо у сфері прогнозного обслуговування та оптимізації ланцюгів поставок:

- покращення можливостей прогнозової аналітики, що призведе до скорочення простоїв та підвищення операційної ефективності;
- розробка «розумніших» рецептур та матеріалів, які динамічно реагують на змінні умови, задовольняючи таким чином потреби в більш просунутих застосуваннях;
- зросла увага до співпраці між постачальниками технологій та виробниками хімічної продукції, що збільшує дослідницькі та розробницькі зусилля та призводить до інноваційних рішень, адаптованих до конкретних хімічних застосувань;
- зростання інтересу до інтеграції ШІ з іншими новими технологіями, такими як Інтернет речей та блокчейн, що призводить до створення синергії, яка може трансформувати операції в галузі;
- зацікавленість дослідників і виробників у виявленні тенденцій та можливостей для сприяння зростанню ринку та інноваціям.

ШІ революціонує дослідницький ландшафт, відкриваючи безпрецедентні можливості для прискорення відкриттів, покращення співпраці та вирішення критичних завдань у таких галузях, як хімія. Він вже продемонстрував свої можливості та перспективи у просуванні хімічних досліджень. Від винайдення ліків до матеріалознавства – реальні програми показують, як ці інструменти змінюють спосіб роботи хіміків: прискорення винайдення ліків; розробка екологічно чистих матеріалів; виявлення прихованих закономірностей; підвищення ефективності функціонування лабораторій.

НАЙПЕРСПЕКТИВНІШІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Габ А. І., Малишев В. В.
Ліцей 209 «Сузір'я» м. Києва, Україна
lina_gab@ukr.net

ШІ сприяє кардинальному перетворенню хімічної промисловості, аналітики прогнозують, що його вплив перевершить навіть вплив Інтернету. Від алгоритмів, які прискорюють молекулярний дизайн, до автоматизованих лабораторій, які підвищують швидкість і точність експериментів, ШІ трансформує засоби, прийоми та методи, якими хіміки розв'язують складні проблеми. Його вплив поширюється на винайдення нових матеріалів, оптимізацію реакцій та зусилля в напрямку сталого розвитку, що робить його незамінною силою в сучасній хімії. Відповідно до сучасних досліджень можна узагальнити найперспективніші технології на основі ШІ, які в майбутньому здійснять суттєві перетворення в хімії:

- розробка нових лікарських препаратів;
- аналіз значного обсягу даних;
- впровадження автоматизованих лабораторних платформ;
- інтеграція лабораторних приладів та інтернету речей;
- використання ШІ у спектроскопії та розробці аналітичних методів;
- застосування блокчейну для оптимізації ланцюгів постачання;
- використання технологій цифрового двійника;
- доповнена реальність та віртуальні лабораторії;
- обробка природної мови в хімічному просторі;
- розробка прогнозової токсикології;
- використання ШІ у зеленій хімії для захисту навколишнього середовища;
- розробка молекулярного дизайну;
- використання «розумного» управління хімічними процесами;
- прогнозування зв'язків структура-активність за допомогою глибокого навчання;
- експерименти високої пропускної здатності на основі ШІ;
- дизайн цифрових матеріалів та інформатика матеріалів;
- використання ШІ для оптимізації хімічних реакцій;
- запровадження автоматизованого планування синтезу;
- хімічна інформатика для управління великими наборами хімічних даних;
- використання ШІ у квантовій хімії для зменшення обчислювальних витрат та часу з глибшим розумінням фундаментальних.

Використання ШІ хімічними компаніями є природним наслідком їхнього прагнення до Промисловості 4.0, яка передбачає розвиток і злиття автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину саморегульовану систему, з мінімальним втручанням людини у виробничий процес.

Підсумовуючи, ШІ має потенціал для революціонування хімічної промисловості, але важливо враховувати ризики та проблеми, пов'язані з його впровадженням. До них належать потенційні людські помилки, втрата робочих місць, конфіденційність даних та безпека. Однак, за умови вжиття належних заходів, можна досягти таких переваг, як підвищення ефективності, продуктивності, безпеки та сталого розвитку. Щоб максимізувати переваги та мінімізувати ризики, у хімічній промисловості слід розглянути поетапний підхід до впровадження ШІ, починаючи з пілотних проєктів та поступово збільшуючи масштаби.

ПІДВИЩЕННЯ АТМОСФЕРОСТІЙКОСТІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ ДЕКОРАТИВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Титаренко С. С., Плаван В. П.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
tytarenko.ss@knuatd.edu.ua

Полімерні композиційні матеріали декоративного призначення широко застосовуються у виробництві оздоблювальних покриттів, декоративних елементів інтер'єру та екстер'єру, наливних підлог і художніх виробів. Однак експлуатація цих матеріалів в умовах дії зовнішніх факторів призводить до погіршення їх структури та погіршення експлуатаційних властивостей. Основною причиною деструкції полімерних композитів є фотоокислювальна деградація під впливом УФ-випромінювання, що призводить до порушення хімічних зв'язків у полімерних ланцюгах, зниження молекулярної маси полімерів, втрати міцності та зміни кольору матеріалу [1]. Незахищені полімери можуть втрачати до 50% своїх механічних властивостей протягом перших років експлуатації. Сучасні підходи до підвищення атмосферостійкості включають декілька стратегій. По-перше, вибір полімерної матриці з високою природною УФ-стійкістю – акрилові та поліуретанові системи демонструють кращу погодостійкість порівняно з епоксидними [2]. По-друге, введення УФ-стабілізаторів двох типів: УФ-абсорбери поглинають шкідливе випромінювання та перетворюють його в тепло, а світлостабілізатори із загальмованими амінами (HALS) нейтралізують вільні радикали, що утворюються [3]. Перспективним напрямком є модифікування полімерних композитів наноструктурними наповнювачами. Дослідження показали, що введення полімерсилікатних наповнювачів підвищує поверхневу твердість та стійкість до зовнішніх впливів [4], а застосування вуглецевих нанотрубок дозволяє запобігти дисоціації полімерного ланцюга та зменшити мікротріщиноутворення [5].

Комплексний підхід до створення атмосферостійких полімерних композитів передбачає оптимальне поєднання стійкої полімерної матриці, ефективної системи УФ-стабілізації (УФ-абсорбери + HALS у концентрації 0,1–1,4%), функціональних наповнювачів і захисних покриттів. Такий підхід дозволяє створювати матеріали з прогнозованим терміном служби понад 25 років навіть в умовах інтенсивного УФ-опромінення та температурних циклів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Слізков А. М. Дослідження впливу ультрафіолетового випромінювання на зміну властивостей текстильних матеріалів. Сучасні матеріали і технології виробництва виробів. Київ: КНУТД, 2018. С. 288–289. URL: r.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/11885/1/NRMSE2018_V1_P288-289.pdf.
2. Kim J., Park S. Advancing CFRP durability: interfacial and weathering resistance. Composites Part B: Engineering. 2025. Vol. 294. 112057. DOI: 0.1016/j.compositesb.2025.112057.
3. WellT Chemicals. Повний посібник із світлостабілізаторів. 16.01.2024. URL: welltchemicals.com/uk/blog/the-ultimate-guide-to-light-stabilizers-2024/.
4. Масюк А. С., Гриценко Б. П. Активні Ni- і Cu-вмісні полімерсилікатні модифікатори для поліестерних композитів. Проблеми хімії та сталого розвитку. 2023. № 4. С. 125–130. URL: jnas.nbu.gov.ua/j-pdf/PHKhMM_2023_59_4_19.pdf.
5. Wang Y., Wu Z., Zhang H., et al. UV-resistant GFRP composite using carbon nanotubes. Construction and Building Materials. 2019. Vol. 228. 116789. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2019.116789.

ВПЛИВ ВОЛОГОСТІ ПОЛІМЕРНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ 3D ДРУКУ НА ВЛАСТИВОСТІ ВОГНЕТРИВКОСТІ МАТЕРІАЛУ

Чомський А. М.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

chomskyi.am@knutd.edu.ua

Використання полімерних матеріалів у 3D-друку для створення деталей, що експлуатуються в умовах підвищених температур, вимагає ретельного врахування їх експлуатаційних властивостей, серед яких ключову роль відіграє вогнетривкість. Багато технічних полімерів, таких як поліамід (РА), полікарбонат (РС) або поліетерімід (РЕІ), схильні до поглинання атмосферної вологи, що може суттєво змінювати їх поведінку при високотемпературному навантаженні. Авторами [1, 2] розроблено низку технологій, у тому числі мінерального наповнення, з використанням полімерних матеріалів на основі сполук кальцію.

Можемо виділити основний метод розподілу вологи в матеріалі та методи її усунення. Поглинена волога, концентруючись в об'ємі матеріалу, при нагріванні інтенсивно випаровується. Цей процес генерує значний внутрішній тиск, що призводить до механічного руйнування структури – виникнення мікротріщин, розшарування та спучування матеріалу, які проявляються на значно нижчих температурах порівняно з сухими зразками. Крім того, вода може виступати каталізатором термоокиснювальної деструкції полімерного ланцюга, прискорюючи хімічне розкладання та обвуглення матеріалу. Це також знижує загальну енергію, необхідну для запалення, оскільки процес піролізу може супроводжуватися виділенням додаткових легкозаймистих летких сполук.

Таким чином, наявність вологості в гігроскопічних матеріалах для 3D-друку є критичним фактором ризику, який може різко знизити реальну вогнетривкість віддрукованих деталей. Для забезпечення стабільних експлуатаційних характеристик необхідно впроваджувати суворі процедури щодо належного зберігання матеріалів у герметичній тарифі та проводити обов'язкове попереднє висушування наповнювачів безпосередньо перед процесом друку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Wang X., Kalali E. N., Wan J.-T., Wang D.-Y. Carbon-family materials for flame retardant polymeric materials // Progress in Polymer Science. – 2019. – Vol. 97. – P. 101145.
2. Li Y., Zhang Y., Ruan X. Recent advances in flame-retardant polymers and composites: A review // Materials Science and Engineering: R: Reports. – 2020. – Vol. 144. – P. 100608.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА КРОНШТЕЙНУ З ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З ВОЛОКНИСТИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ

Блощинський С. О.

*Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
bloshchynskyi@knuutd.edu.ua*

Полімерні композити з волокнистими наповнювачами відкривають нові можливості для адитивного виробництва завдяки унікальному поєднанню міцності, легкості та довговічності. Їхнє широке застосування у високотехнологічних галузях робить їх одним з ключових матеріалів майбутнього виробництва. На сьогоднішній день існує багато видів полімерних композитних матеріалів які дозволяють отримувати максимальну якість та виконувати поставлені задачі при правильно підібраним матеріалам завдяки своїм властивостям а також при правильному налаштуванню обладнання під кожен вид матеріалу.

Для розробки кронштейну буде використовуватися матеріал ABS-CF. чистий ABS має певні недоліки, такі як схильність до викривлення (warping) під час друку через високу усадку при охолодженні, а також меншу жорсткість та термостійкість порівняно з деякими іншими інженерними пластиками. ABS CF — це композитний пластик для 3D-друку, який поєднує властивості ABS (ударостійкість, пластичність) з додаванням вуглецевого волокна (CF), що надає матеріалу підвищеної жорсткості, термостійкості та стабільності геометрії друківаних деталей. Цей матеріал відмінно підходить для створення міцних функціональних прототипів і деталей для промислового використання [1–2].

У роботі розроблено технологію адитивного виробництва кронштейну з полімерного композиційного матеріалу, армованого волокнистим наповнювачем. Проведено аналіз впливу параметрів 3D-друку (орієнтації шарів, густини заповнення, температурних режимів) на формування структури та механічні властивості виробу. Визначено оптимальні режими друку, що забезпечують підвищену міцність, жорсткість та стабільність геометричних розмірів кронштейну при мінімальній масі. Результати досліджень можуть бути використані для вдосконалення технологічних процесів адитивного виготовлення навантажених елементів конструкцій з полімерних композиційних матеріалів. Таким чином, наявність вологості в гігроскопічних матеріалах для 3D-друку є критичним фактором ризику, який може різко знизити реальну вогнетривкість віддрукованих деталей. Для забезпечення стабільних експлуатаційних характеристик необхідно впроваджувати суворі процедури щодо належного зберігання матеріалів у герметичній тарифі та проводити обов'язкове попереднє висушування наповнювачів безпосередньо перед процесом друку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сучасні адитивні технології та 3D-друк. Огляд останніх досягнень в різних сферах людського життя: Посилання: <http://pema.khpi.edu.ua/article/view/2079-3944.2019.1.12>
2. Адитивні технології та відповідне обладнання. Посилання: <https://vseosvita.ua/lesson/adytyvni-tekhnohohii-ta-vidpovidne-obladnannia-materialy-dlia-druku-449361.html>

Створення нових матеріалів і технологій їх виробництва завжди було одним із важливих завдань сталого розвитку економіки. Саме тому останнім часом в усьому світі спостерігається великий попит на смарт-матеріали (розумні або інтелектуальні матеріали), які відносять до нового покоління науки і техніки [1]. Ці інноваційні матеріали здатні реагувати на зміни навколишнього середовища та адаптуватися до них, тим самим підвищуючи продуктивність та функціональність у широкому спектрі застосувань – від інженерії до медицини. Так, в аерокосмічній промисловості смарт-матеріали використовуються для створення адаптивних конструкцій крила та компонентів літаків, що трансформуються, підвищуючи аеродинамічну ефективність. У будівельному секторі дозволяють розробити бетон, що самовідновлюється, адаптивні фасади та енергоефективні будівлі. Також використовуються в біомедичних пристроях, електроніці, автомобільних системах, робототехніці, системах накопичення енергії тощо [2]. У роботі [3] розглядається застосування інтелектуальних матеріалів у точному машинобудуванні, адитивному виробництві та виробництві композитних матеріалів з акцентом на підвищенні якості, ефективності та екологічності продукції. Авторами підкреслюється революційний потенціал інтелектуальних матеріалів у розвитку матеріалознавства та виробництва, оцінюються поточні досягнення та перспективи на майбутнє.

Цікаві смарт-матеріали і з точки зору зеленої хімії, оскільки сприяють зменшенню відходів за рахунок мінімізації витрати реагентів, розчинників, екстрагентів і зразків. В огляді [4] обговорено застосування деяких інтелектуальних матеріалів для визначення ртуті та миш'яку у зразках харчових продуктів та напоїв, а саме: іонно-імпринтованих полімерів, імуносорбентів, металоорганічних каркасів, іонних рідин, аптамерів, матеріалів на основі ПАР, золотих наноматеріалів та наноматеріалів на основі діоксиду кремнію.

Розумні матеріали є одним із найбільш захоплюючих і перетворюючих інновацій в хімічній інженерії з урахуванням безпрецедентних можливостей для галузей промисловості з розроблення адаптивних, ефективних та стійких процесів. Для інженерів-хіміків можливість керувати поведінкою матеріалів на мікро- та макрорівні змінює підхід до таких процесів та продуктів, створюючи надійне підґрунтя для нової промислової революції на основі чутливості та стійкості [5]. Проте, незважаючи на ці захоплюючі можливості, для повної реалізації їхнього потенціалу необхідно вирішити низку проблем: масштабованість та економічну ефективність виробництва, довгострокову стабільність та надійність, сумісність з існуючими промисловими процесами та нормативними актами. Вирішальне значення для подолання цих перешкод та відкриття нових можливостей галузі матимуть подальші дослідження та міждисциплінарне співробітництво [6].

ЛІТЕРАТУРА

1. Mert Yildirim, Zeki Candan. Smart materials: the next generation in science and engineering. *Materialist today: Proceedings*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.10>. 116.
2. Jeet Rathod. The Era of Smart Materials Transforming the Future. *Advanced Materials Science Research*. 2023. 6(4). 73-75
2. Prasad S. K. et al. Advancement in Smart Materials: Revolutionizing Material Science and Manufacturing. *Internat. Journal of Multidisciplinary Research & Reviews*. 2024. 3(3). 11-24.
3. Kamal K. Jinadasa, et al. Smart materials for mercury and arsenic determination in food and beverages. *Microchemical Journal*. 2022. 179. 107472.
4. Marco DeLuca. Smart Materials in Chemical Engineering: Transforming Industrial Applications. *Journal of Advanced Chemical Engineering*. 2025.15(2). 1000369.
5. Micaela Tosi. Smart materials and their role in modern chemical engineering. *Arch Ind Biot*. 2024; 8(1). 191.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БІОРОЗКЛАДНИХ ПЛІВОК І ВИРОБІВ З АНТИСТАТИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Лук'яненко М. М., Прокопчук В. О.

*Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
lukyanenko@knutd.edu.ua, v.b.23@ukr.net*

Сучасні тенденції розвитку полімерної промисловості спрямовані на створення екологічно безпечних матеріалів з покращеними експлуатаційними характеристиками. Зростання попиту на плівкові матеріали, що біорозкладаються та вироби з антистатичними властивостями зумовлене необхідністю поєднання екологічності, безпеки та функціональності полімерів.

У роботі розглянуто підходи до удосконалення технології отримання полімерних композицій шляхом введення модифікуючих і антистатичних добавок. Антистатичні властивості матеріалів забезпечують здатність розсіювати або відводити електростатичний заряд, що підвищує безпечність їх експлуатації та знижує ризик пошкодження електронних компонентів [1–3].

Досліджено вплив складу полімерних сумішей на електрофізичні, механічні та бар'єрні характеристики плівкових і литих виробів. Визначено оптимальні технологічні параметри екструзії та формування, які забезпечують рівномірний розподіл антистатичних компонентів, збереження механічної міцності та прискорення біодеградації матеріалу.

Розроблені технологічні рішення сприяють створенню полімерних матеріалів нового покоління, що поєднують високу якість, функціональність і екологічну безпеку. Такі матеріали можуть бути використані у виробництві пакувальних плівок, побутових і технічних деталей, де важливими є антистатичність і біорозкладність.

Подальші дослідження спрямовані на розробку ефективних систем сумісності між основним полімером і антистатичними добавками природного походження, зокрема похідними крохмалю, целюлози та молочної кислоти. Вивчення міжфазних взаємодій дозволить оптимізувати структуру композиційних матеріалів і підвищити їх стабільність у процесі переробки. Важливим завданням також є мінімізація вартості сировини та збереження технологічної сумісності з наявним обладнанням.

Реалізація таких підходів дозволить підвищити конкурентоспроможність вітчизняної полімерної продукції та сприятиме переходу промисловості на принципи сталої економіки. Отримані результати можуть бути основою для подальших науково-прикладних розробок у сфері біополімерів, спрямованих на зменшення екологічного навантаження та впровадження технологій замкнутого циклу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Liu Y., Lu S., Luo J. Research progress of antistatic-reinforced polymer materials: A review // *Polymers for Advanced Technologies*. – 2023. – Vol. 34, No. 1. – P. 35–58.
2. Stoica M., Ciolacu D., Popa M. Review of bio-based biodegradable polymers: Smart solutions for sustainable food packaging // *Foods*. – 2024. – Vol. 13, No. 19. – P. 3027.
3. Fayyazbakhsh A., Zhang H., Xu Q. Eco-friendly additives for biodegradable polyesters // *Journal of Cleaner Production*. – 2025. – Vol. 452. – P. 144932.

РОЗПОДІЛ НАНО- ТА МІКРОЧАСТИНОК ПРЕПАРАТІВ ГУМІНОВИХ КИСЛОТ ҐРУНТУ ЗА РОЗМІРОМ ПІСЛЯ ФРАКЦІОНУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОДВІЙНОЇ ГЕЛЬ-ХРОМАТОГРАФІЇ

Крикля Н.М.^{1,2}

¹Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, Україна

²Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Україна
kamneva@karazin.ua

Гумінові речовини (ГР) – це природні органічні речовини, поширені в ґрунті, які досягли точки термодинамічної стабільності в навколишньому середовищі в процесі гуміфікації та виконують багатофункціональну роль. Необхідність дослідження колоїдної складової ґрунту на макрорівні полягає у вивченні гумінових молекулярних ансамблів та міцелярноподібних агрегатів, що може дати детальні та точні знання про структурну та функціональну організацію гумінових речовин ґрунту. Характеристика гумінового стану ґрунту на нанорівні дозволяє оцінювати агротехнічний впливу на ґрунт та в подальшому керувати цими процесами [1, 2].

Для детальної оцінки розподілу розмірів нано- та мікрочастинок полідисперсного, гетерогенного молекулярного континууму гумінових препаратів з чорнозему та лісового ґрунту було використано процедуру подвійної ексклюзійної гель-хроматографії. Дослідження розмірів частинок за допомогою динамічного розсіювання світла фракцій гумінових кислот після подвійної гель-хроматографії було вперше використано як новий підхід у дослідженнях гумінових речовин. Було отримано розподіл розмірів частинок за інтенсивністю, розсіюючим об'ємом та кількістю частинок гумінових фракцій. Виявлено ефективне фракціонування за допомогою процедури подвійної хроматографії на прості та однорідні найменші нанорозмірні фракції для ГР лісового ґрунту.

Препарат гумінових речовин чорнозему має більш складну, полідисперсну та молекулярно гетерогенну колоїдну організацію, що потребує додатково процедури подвійної ексклюзійної хроматографії для розділення простих та однорідних фракцій за розміром.

Загалом, отримані гумінові фракції з ґрунтових препаратів ГР здебільшого складаються із фракцій дрібних нано- та мікрочастинок з домінуючим розподілом наночастинок завдяки активному накопиченню та концентрації низькомолекулярних та дрібнорозмірних гумінових утворень, які асоціюються та агрегують у великі частинки, що мають значно більшу інтенсивність поглинання при 280 нм. Це підтверджує, що великі та складні гумінові агрегати утворюються внаслідок агрегації дрібних та простих однорідних гумінових частинок у розчинах.

Підхід, який було використано в цьому дослідженні, може бути корисним для вивчення ГР з ґрунту за різних агротехнічних заходів з метою моніторингу впливу ґрунтообробки (обробка ґрунту, добрив тощо) на нанорозмірному рівні для більш точного та ефективного контролю органічної речовини ґрунту та його структури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tombácz E. Colloidal properties of humic acids and spontaneous changes of their colloidal state under variable solution condition // *Soil Science*. 1999. Vol. 164. P. 814 – 824.
2. Peuravuori Juhani, Pihlaja Kalevi. Preliminary study of lake dissolved organic matter in light of nanoscale supramolecular assembly // *Environ Sci Technol*. 2004. Vol. 15; 38(22). P. 5958-5967. doi: 10.1021/es040041l.

3. ECOLOGY

SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT IN HUMANITARIAN CONTEXT

Koliada M. K.

*International Organization for Migration, Ukraine
National Programme Support Officer, Shelter & Non Food Items
mkoliada@iom.int*

The International Organization for Migration (IOM), established in 1951 and a UN-related agency since 2016, promotes safe, orderly, and regular migration globally. With 175 Member States and over 550 field offices, IOM provides services to governments and migrants. The Ukraine Mission, formalized in 2002, operates with 442 staff across eight sub-offices. Since February 2022, IOM has assisted 8.6 million war-affected individuals, leveraging national reach and local partnerships. It collaborates with the Government of Ukraine, the EU, and Member States to support humanitarian response, recovery, and reforms aligned with Ukraine's EU accession.

In humanitarian crises, emergency shelter kits (ESKs) are widely deployed to protect displaced populations. These kits include plastic tarpaulins and sheeting, delivered in large quantities which inadvertently generate significant plastic waste. Protracted refugee situations face environmental strain from accumulated plastic debris and often resort to burning waste due to the lack of formal waste management, exacerbating ecological impacts.

There is growing interest in exploring innovative products from recycled plastic sheeting, especially in protracted crises or transitioning to sustainable responses. Ukraine's humanitarian shelter operations have generated vast quantities of plastic. Table 1 summarises "estimated pollution" from tarpaulins distributed via emergency shelter support programs (primarily by agencies like IOM and partners):

Table 1. Estimated pollution in Ukraine

Year	Households Assisted (with ESK)	Tarpaulins Distributed (pcs)	Approx. Plastic Weight (tons)
2022	411,031	822,062	3,206
2023	184,231	368,462	1,437
2024	200,280	400,560	1,562
2025	75,648	151,296	590
Total	-	1,742,380	6,759

To address the challenge of plastic waste in humanitarian contexts, this review studies the recycling of used shelter plastics into durable construction materials. The project conducted by UNHCR in Lebanon [1] demonstrates the feasibility and benefits of repurposing old plastic sheets into shelter doors. Approximately 410,000 m² of discarded plastic sheeting can yield around 6,700 new doors, significantly reducing environmental waste. These recycled plastic doors exhibit enhanced cost-effectiveness and longevity – costing approximately 30% less (\$32 vs \$45) and lasting five times longer (≈10 years vs 2 years) than conventional timber-based doors. This initiative underscores the ecological and economic advantages of integrating sustainable waste management practices into relief operations. Furthermore, it highlights the importance of collaboration between international humanitarian agencies and local stakeholders, including municipal authorities, businesses, and research institutions, for implementing scalable recycling solutions.

The application of the tarp-to-door concept, or similar plastic repurposing strategies, in Ukraine appears highly feasible, contingent upon the establishment of appropriate conditions and partnerships. The tarpaulins distributed in Ukraine consist of woven HDPE or polypropylene scrims coated with LDPE, which are compatible with standard plastic recycling machinery. The Lebanon pilot employed extrusion combined with compression moulding to fabricate door components; Ukraine could adopt this method or explore alternatives such as injection molding to produce a variety of items, including doors, roofing tiles, and planks.

Even partial recovery of Ukraine's tarp waste presents substantial material potential. Based on the Lebanon conversion ratio (≈3–4 tarps per door), the tarps distributed in 2022

alone could theoretically produce between 200,000 and 270,000 recycled doors. Although not all tarps would be collected or required for door production, this estimate illustrates the significant opportunity for generating useful outputs. Recycling just 10% of the 2022–2025 tarp waste (~680 tons) could yield approximately 50,000 door units, representing a considerable impact. Consequently, Ukraine’s humanitarian plastic waste stream is sufficiently large to warrant an industrial-scale recycling initiative, offering ample input material for pilot projects and future expansion.

Ukrainian universities and technical institutes can contribute to innovation and skills development. These institutions may support research on recycling processes (e.g., optimizing melting temperatures for specific tarp materials or incorporating fillers like sand for enhanced strength, as demonstrated in Chernihiv [2]), product design (engineering departments could assist in mold design for various items), and product testing (materials laboratories can evaluate physical-mechanical characteristics, and safety to ensure compliance with building codes and humanitarian standards).

A notable challenge in Ukraine is the retrieval of used tarps dispersed across a broad geographic area, primarily in the Central, Eastern, and Southern oblasts. Unlike camp settings, many tarpaulins in Ukraine were distributed to individual households for roof repairs or temporary shelters, complicating recollection efforts. Local authorities, or Hromadas, play a critical role in this context. They can organize collection drives or establish drop-off points at local waste management centers for residents to deposit used plastic sheeting. Additionally, communal service workers could be mobilized to collect damaged tarps following new distributions or reconstruction phases. With local leadership and community engagement, a consistent supply of used tarps can be redirected to recycling facilities rather than landfills.

A recycling initiative has the potential to stimulate local economies by creating employment opportunities—from collection crews (possibly within municipal services or through contracts) to factory workers and technicians operating recycling machinery. In Lebanon, refugees were employed in the recycling process; in Ukraine, this could translate into jobs for Internally Displaced Persons (IDPs) or local residents in affected communities, thereby supporting livelihood restoration. The project can also foster community involvement in environmental initiatives, with local volunteers or youth groups participating in collection efforts and promoting environmental awareness. Moreover, the initiative could expand to include other local plastic waste streams (e.g., greenhouse film, plastic packaging), potentially evolving into a small-scale social enterprise [2]. Such enterprises, if profitable or self-sustaining, may attract impact investment or continue operations beyond initial humanitarian funding.

Although not explicitly categorized among the “three” local actors, organizations such as IOM, UNHCR, and UNDP serve as enablers and connectors in this domain. These agencies can provide initial funding, technical guidance, and ensure alignment with humanitarian objectives. For instance, UNDP’s previous project [3] on plastics at the local level raised awareness and mapped recycling infrastructure in Ukraine, establishing a foundation for future initiatives. IOM has already supported recycling businesses as part of livelihood programs. These organizations can facilitate coordination among Hromadas, academic institutions, and businesses, aligning efforts with national and international goals and potentially formalizing partnerships through agreements such as memoranda of understanding.

REFERENCES

1. Farres Danielle (2024) Repurposing plastic sheets into doors – UNHCR, *Proceedings of the Global Shelter Cluster Annual Meeting 2024*. SESSION SUMMARIES.pptx - Google Slides
2. United Nations. (2025). *They know what to do with your plastic*. United Nations. <https://ukraine.un.org/en/234857-they-know-what-do-your-plastic>
3. United Nations Development Programme. (2021). *Plastic waste management at the local level*. <https://www.undp.org/ukraine/projects/plastic-waste-management-local-level>

TOWARD SUSTAINABLE ECOLOGICAL SYSTEMS: LESSONS FROM CANADA AND UKRAINE

Svitlana Abu Deeb

EPt (ECO Canada), Canada

anaabudeeb@gmail.com

Canada and Ukraine share extensive agricultural landscapes, wetlands, and forest ecosystems that play a vital role in biodiversity conservation, water regulation, and climate mitigation. Despite differing governance frameworks and economic contexts, both nations face similar challenges: nutrient loading, peatland degradation, and the need for nature-based climate solutions. This research develops a comparative framework assessing institutions, policies, and practices that shape ecological outcomes. Case studies - Lake Winnipeg versus Dnipro Basin, Prairie Pothole wetlands versus Polissya peatlands - illustrate the importance of integrated watershed management, community-based restoration, and performance-based agri-environment schemes. Lessons emphasize Indigenous and local stewardship, payment for ecosystem services, transparent environmental data systems, and high-integrity restoration financing. Findings provide policy insights for sustainable ecological governance and nature-positive reconstruction in Canada and Ukraine.

REFERENCES

1. Environment and Climate Change Canada (ECCC). Reports on Lake Winnipeg nutrient reductions.
2. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services (2019).

RESCUE ECOLOGY: SCIENCE IN THE SERVICE OF SURVIVAL

Yuliia Yuvkovetska

State University of Trade and Economics, Ukraine

k.yuwkowetzka@gmail.com

Rescue ecology has emerged as a crucial interdisciplinary field that integrates scientific knowledge with practical actions aimed at preserving the planet's life-support systems. It emphasizes the need for urgent responses to environmental degradation, biodiversity loss, and the accelerating consequences of climate change. The main goal of rescue ecology is not only to understand the functioning of ecosystems but also to develop strategies that enable their recovery and sustainable coexistence with human society.

This scientific approach views nature as a complex, dynamic network in which every element plays a vital role. By combining insights from biology, geography, sociology, and economics, rescue ecology seeks to identify the most efficient methods of restoring damaged habitats and protecting endangered species. It also promotes the inclusion of local communities in decision-making processes, acknowledging that ecological resilience depends on cultural and ethical awareness as much as on technological innovation.

Rescue ecology highlights the importance of integrating scientific research with public education, emphasizing the moral responsibility of humankind to protect the biosphere. Through collaboration between scientists, policymakers, educators, and citizens, it is possible to transform the current environmental crisis into an opportunity for global renewal. The science of survival is therefore not only about saving ecosystems, but about redefining the relationship between humanity and the natural world in the 21st century.

In conclusion, rescue ecology represents a vital shift in how we approach the environmental challenges of our time. By uniting scientific understanding with ethical responsibility and community engagement, it offers practical pathways to restore ecosystems and protect biodiversity. More than a scientific discipline, it is a call to action — urging humanity to reshape its relationship with the natural world and take collective responsibility for the planet's future.

OPTIMIZING TRAFFIC FLOW MANAGEMENT USING TRANSPORT MODELLING SOFTWARE

Zabarylo O.V., Zabarylo P.O., Kortkykh Yu.A.

Kiev National University of Construction and Architecture, Ukraine

zabarylo.ov@knuba.edu.ua, zabarylo_po-2023@knuba.edu.ua, korotkykh.iua@knuba.edu.ua

The transport problems of Ukraine are well known and are still quite relevant - the increase in the level of motorization and, as a result, the steadily increasing intensity of traffic, the exhaustion of the capacity of highways and road network and traffic jams during peak hours at its key nodes, etc. The difficulties of formalizing the processes of traffic flow creating a need for more modern, information-based approach and one of the ways to study this problem may be the application of new principles for the development of the theory of transport modeling.

Modern modeling of the movement parameters of transport and passenger flows on public and individual passenger transport routes is based on data on the structure of transport demand, travel purposes, types of transportation and time periods. Programs for modeling traffic flows are usually divided into programs related to micro-, mesa- and macro- levels of modeling, as well as programs that support several levels at once [1]. At the micro level, vehicles are viewed as individual entities with their own characteristics and behavior. Here, the “reasonable driver” models predominate, in which the acceleration of a car is described by some function of the speed of this car, the distance to the car in front and the speed relative to the leader [2]. At the meso level, individual cars are not modeled, but the behavioral characteristics of drivers are taken into account. This level includes cluster models that operate with groups of cars moving at a short distance from each other at approximately the same speed, and use probability distributions to describe speeds of vehicles on certain sections. At the macro level, the transport network is considered as a single whole, and vehicle flows are considered as particle flows in liquid media. Packages for macro- and meso- modeling allows to solve such problems as planning transport infrastructure and public transport, graphical processing of the network, analysis and assessment of transport networks, forecasting planned activities, creating a platform for transport information systems. Microsimulation packages for traffic flows are rapidly developing due to the increase in computing power, 3D visualization capabilities and processing of large amounts of available data collected from millions of vehicles and take into account data on vehicle speeds and routes. Improving modeling techniques can become an important milestone in the long process of overcoming the current problems of the transport and planning infrastructure of Ukraine. Modern software used to support decision-making in the design and management of traffic flows does not yet cover all their parameters and characteristics, offering only a simplified representation of the research object with an emphasis on its various aspects. Particular attention, depending on the tasks, is paid to the level (coarseness) of the model, the quality of the available data, the capabilities of calibration and verification of the model, as well as visual interface tools.

The most promising task at the moment seems to be the creation of hybrid systems that make it possible to simultaneously study various characteristics of traffic flows at several levels of abstraction. To develop the scientific and technical basis of such software, a more detailed study and comparison of modeling and calculation algorithms is necessary.

REFERENCES

1. Fornalchyk E.Y., Gylevich V.V., Mohyla I.A. Traffic flows modelling – Tutorial. *Lviv Polytechnic*. 2020. p. 134-135
2. Zabarylo O.V., Korotkikh Yu.A., Zabarylo P.O. Methods of modeling car flows on the road network. *III international scientific and practical conference “Distributed software systems and technologies”*. 2022. p.48.

LEARNING A FOREIGN LANGUAGE AS A COMPONENT OF TRAINING STUDENTS IN AGROBIOLOGICAL SPECIALTIES

Olena Turitsyna

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

lena.turitsina@gmail.com

In the context of globalization and increasing international cooperation in the agricultural and biological sciences, the ability to communicate effectively in a foreign language has become an essential part of professional training for students of agrobiological specialties.

Modern agricultural and biological education aims not only to provide students with fundamental scientific knowledge and practical skills but also to prepare them for active participation in the global professional community. English, being the international language of science and technology, serves as a key medium for accessing new information, exchanging research results, and establishing professional connections. Therefore, foreign language competence is an integral component of the training of agrobiological students, ensuring their professional growth and competitiveness in the labor market.

Foreign language learning contributes to the formation of several essential competencies in future agrobiological specialists:

- communicative competence, enabling effective interaction with international colleagues, participation in conferences, and reading scientific literature in the original language;
- cognitive competence, as language learning develops analytical thinking, creativity, and the ability to perceive information from different cultural perspectives;
- professional competence, since many modern agricultural technologies, management methods, and research findings are presented in English-language sources.

Moreover, the integration of foreign language teaching with professional disciplines (e.g., agricultural biotechnology, ecology, or crop production) enhances the practical relevance of language study. Such interdisciplinary approaches help students use professional terminology accurately and apply their linguistic skills in real-life professional situations.

For students of agrobiological specialties, it is particularly effective to use profession-oriented language learning, which combines general English with specific terminology and contexts related to agriculture and biology.

Knowledge of a foreign language expands students' academic and professional horizons. It allows them to participate in international exchange programs, joint research projects, and internships abroad. In addition, language competence increases graduates' employability in both domestic and international labor markets.

Foreign language learning is a crucial component of the professional training of students in agrobiological specialties. It ensures their successful integration into the global academic and professional environment, promotes interdisciplinary thinking, and enhances their ability to apply scientific knowledge in practice.

Therefore, universities should continue developing and implementing integrated, profession-oriented language courses that reflect the needs of modern agricultural education.

REFERENCES

1. Dudley-Evans, T., & St. John, M. J. (1998). *Developments in English for Specific Purposes: A Multi-Disciplinary Approach*. Cambridge University Press.
2. Richards, J. C., & Rodgers, T. S. (2014). *Approaches and Methods in Language Teaching*. Cambridge University Press.

DEVELOPING STUDENTS' ENVIRONMENTAL AWARENESS IN FOREIGN LANGUAGE CLASSES AT AGRICULTURAL HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Olena Turitsyna

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

lena.turitsyna@gmail.com

Integrating ecological topics into language education not only develops students' linguistic and communicative competencies but also promotes sustainable thinking and responsible attitudes toward the environment. Modern challenges such as climate change, resource depletion, and environmental degradation require future agricultural professionals to possess not only scientific and technical expertise but also a high level of environmental awareness. In this regard, foreign language classes in agricultural universities serve as an effective platform for shaping ecological values and sustainable behavior.

The use of English as the language of international communication allows students to access global environmental knowledge, exchange ideas with peers worldwide, and follow the latest trends in sustainable agriculture and ecology. Foreign language learning can significantly contribute to the formation of ecological consciousness through: exposure to international environmental discourse such as reading authentic texts about global environmental problems and sustainability initiatives; development of critical and reflective thinking, analyzing environmental issues, discussing possible solutions, and comparing global and local practices; motivation for professional responsibility, encouraging students to see themselves as part of the global effort to preserve the planet's resources. Language classes thus become a means of shaping students' personal values and environmental ethics, connecting professional agricultural knowledge with humanistic and global perspectives. Effective integration of ecological themes in foreign language teaching requires the use of profession-oriented and problem-based learning approaches. The following methods have proved most efficient: project-based learning, as students create environmental projects, such as sustainable farming plans or biodiversity conservation campaigns, and present them in English; case studies, which is an analysis of real-life agricultural and environmental problems, focusing on sustainable practices used in different countries; role plays and discussions simulating international environmental conferences, debates, or negotiations on ecological issues; digital learning tools using online resources, environmental reports, and videos to enhance understanding of global ecological challenges. Such activities promote both communicative competence and ecological responsibility, aligning language education with the goals of sustainable development. Integrating environmental awareness into foreign language instruction helps students: improve their English proficiency through meaningful and relevant content; expand their professional vocabulary related to ecology and sustainable agriculture; develop teamwork, leadership, and problem-solving skills; form positive attitudes toward environmental protection and sustainability. Ultimately, this approach prepares students to act as environmentally responsible professionals who can participate in international dialogue on ecological issues.

Foreign language classes at agricultural universities represent a powerful educational space for nurturing environmental consciousness among future specialists. By combining linguistic training with ecological education, teachers can foster students' personal responsibility, professional ethics, and readiness to contribute to sustainable agricultural development. The integration of language and environmental education thus reflects the broader mission of higher education – to prepare globally minded and ecologically aware citizens.

REFERENCES

1. Cates, K. (1990). Teaching for a Better World: Global Issues and Language Education. *The Language Teacher*, 14(5), 3–5.
2. Tilbury, D. (2011). Education for Sustainable Development: An Expert Review of Processes and Learning. UNESCO.

USE OF COTTON CELLULOSE AS AN ALTERNATIVE RAW MATERIAL IN THE PRODUCTION OF ABSORBENT PAPER GRADES

Liudmyla Andriievska, Nataliia Marchuk

State University of Trade and Economics, Ukraine

l.andriievska@knute.edu.ua, n.marchuk@knute.edu.ua

The pulp and paper industry is one of the fundamental sectors of the national economy that meets the needs of society for sanitary, hygienic, packaging, and printing products. At the same time, it is among the most resource-intensive industries, characterized by significant consumption of electricity, water, and wood, as well as by a considerable environmental impact. Therefore, the search for alternative and environmentally friendly raw materials is a relevant task for modern science and production.

One of the promising directions today is the use of cotton cellulose as a fibrous raw material for manufacturing absorbent paper grades. Cotton cellulose is a product derived from purified cotton fiber, characterized by high chemical purity (α -cellulose content up to 99 %) and a high degree of polymerization. The material exhibits excellent strength, whiteness (80–90%), chemical resistance, and favorable paper-forming properties [1].

Compared to wood cellulose, cotton cellulose has a lower lignin and impurity content, which allows its production with fewer purification stages, and lower water and energy consumption. The use of cotton linters - short fibers remaining on cotton seeds after ginning - enables effective utilization of agricultural by-products, reduction of environmental impacts, and enhancement of the renewability of the raw material base.

The high whiteness, softness, and absorbency of cotton cellulose make it suitable for the production of absorbent paper products such as tissues, paper towels, toilet paper, and specialized technical papers. Comparative studies of fibers of different origins have shown that cotton fibers possess greater length and higher whiteness than wood fibers, which positively affects both the aesthetic and functional properties of the final paper products.

In Ukraine, there has been renewed interest in cultivating cotton as an industrial crop. In 2024, a law was adopted to accelerate the registration of cotton varieties (including genetically modified ones) and to stimulate cotton cultivation in the country [2].

Initial experiments have demonstrated the successful ripening of cotton plants under Ukrainian climatic conditions. The scaling up of this process could establish a domestic base for the production of cotton cellulose and reduce dependence on imported raw materials.

Thus, the use of cotton cellulose in the production of absorbent paper grades represents a promising direction for the development of the Ukrainian pulp and paper industry. This approach will contribute to reducing resource intensity and environmental load while ensuring the quality and competitiveness of Ukrainian paper products.

REFERENCES

1. Osyka, V.A., & Koptiukh, L.A. *Paper Packaging Materials: Monograph*. Kyiv: Kyiv National University of Trade and Economics, 2017. – 441 p.
2. On Amendments to Certain Laws of Ukraine Concerning the Dissemination of Cotton Varieties in Ukraine. Vidomosti Verkhovnoi Rady of Ukraine (VVR), 2024, No. 29, Art. 205. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3645-IX#Text>

RESEARCH ON THE TOXICOLOGICAL SAFETY OF THE PRODUCTION AND OPERATION OF PRODUCTS MADE OF SIRCOGYSMS COMPOSITE

Vitalii Tarasevych, Oleksandr Hryhorchuk

Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine

tarasevych.vi@knuba.edu.ua, hryhorchuk.om@knuba.edu.ua

Recently, technical sulfur has been used in construction practice as an impregnating composition for modifying capillary-porous materials, including those based on gypsum.

Studies conducted in this direction show that products made of concrete impregnated with sulfur of various modifications can find wide application primarily in structures and products that are exposed to aggressive environments during operation, as well as in structures that have increased requirements for their physical and mechanical properties.

To study issues related to the toxicological safety of the production and operation of gypsum-sulfide products, a study was conducted jointly with the O. M. Marzeev Institute of Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine.

Experimental studies of gypsum-sol samples impregnated with molten sulfur have established that products based on technical sulfur, TPP fly ash, and gypsum do not contain mercury, thallium, selenium, lead, bismuth, and chromium compounds that are harmful to the body and the environment.

It has been established that at a temperature of 40⁰C, gypsum sulfur materials do not emit sulfur dioxide and hydrogen sulfide into the inducing air environment, which allows them to be classified as chemically stable materials. Experiments have shown that in the aquatic environment, as well as in an environment simulating acid rain, no migration of inorganic compounds from the studied materials was detected.

During the impregnation of gypsum samples in an impregnation chamber at a temperature of 140...150 ⁰C, sulfuric anhydride (6.12 mg/m³) and trace amounts of hydrogen sulfide (0.008 mg/m³) are detected in the air of the working area, compared to their maximum permissible concentrations in the air of the working area of 10 mg/m³. In terms of the quantitative level of pollution and the qualitative composition of the pollution components, the air environment of the production of gypsum products belongs to the category of «moderately polluted» (class III).

Toxicological and hygienic studies of powdered gypsum sulfur material with dermal entry into the body (50% vaseline emulsion) allowed us to establish the following: after the first applications of the paste, there were no visible changes on the skin of the animals. After ten applications, pale pink erythema was observed in 2/3 of the experimental animals over the entire area of application of the paste. With subsequent applications, the intensity of skin hyperemia did not increase. The changes obtained can be classified as a moderately pronounced skin irritant effect of powdered gypsum-sulfur material.

Analysis of the information obtained during the performance of basophil degranulation and specific agglomeration reactions of blood leukocytes in guinea pigs sensitized with powdered gypsum-sulfide material indicates the absence of statistically significant changes in the indicators of the studied reactions in animals of the experimental and control groups. This gives grounds for concluding that gypsum-sulfide materials do not have allergenic activity.

Based on the conclusion of the Chief Sanitary Doctor of Ukraine, a composite material based on gypsum and sulfur is recommended for the manufacture of tiles that can be used in the construction of buildings of groups «B» and «C» (industrial and public buildings).

AN INTEGRATED APPROACH TO THE CONSERVATION OF AQUATIC ECOSYSTEMS OF SMALL RESERVOIRS IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

Melnychenko Sofiia

Kherson State Agrarian and Economic University, Ukraine

melnychenko_s@ksaeu.kherson.ua

Small water reservoirs in southern Ukraine face numerous environmental problems that not only deteriorate their original condition but also affect Ukraine's economy and the food security of its population. In particular, these problems include [1-5]:

- ✓ waters of small reservoirs in southern Ukraine can be polluted by industrial and agricultural waste, municipal waste, and other anthropogenic impacts. This leads to a decrease in the water level in reservoirs, deterioration of water quality and threats to human and animal health;

- ✓ eutrophication is the process of excessive vegetation growth in water bodies, which contributes to increased levels of nutrients such as nitrogen and phosphorus. This can lead to the development of algae and a decrease in the amount of oxygen in the water, which threatens the lives of fish and other aquatic organisms;

- ✓ small reservoirs in southern Ukraine are often targeted by illegal fishing, which leads to a decrease in fish populations and threats to the biodiversity of aquatic ecosystems;

- ✓ climate change can affect the water level and temperature in small reservoirs, which can have consequences for aquatic life and biodiversity.

Areas for the development of small reservoirs in southern Ukraine may include the creation of new reservoirs and the restoration and modernization of existing ones. To increase the resilience of aquatic ecosystems, it is also necessary to ensure the protection of protected areas around reservoirs, which are a source of biodiversity and ecological balance.

Thus, the development of small reservoirs in southern Ukraine should be aimed at preserving and restoring aquatic ecosystems, raising environmental awareness among the population, and conducting research to study and preserve the natural environment. Only comprehensive measures can ensure the sustainable development of small reservoirs and the conservation of biodiversity in southern Ukraine.

REFERENCES

1. Ковальова І. В. Зміни хімічного складу води у гідроекосистемах різного типу. *Acta Carpathica*. 2023. № 1. С. 28 – 33. Doi: <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2023.1.3>
2. Лошкова Ю. М. Гідробіологічний режим ставів при вирощуванні дволітків коропових як рибопосадкового матеріалу для вселення у пониззя Дніпра. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2014. №. 89. С. 171–175.
3. Мельниченко С. Г., Бабушкіна Р. О., Маркелюк А. В. Аналіз сучасного стану водних біоресурсів України. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020. № 2. С. 42 – 47. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.4>
4. Melnychenko S., Bohadorova L., Okhremenko I., Kozychar M., Reznikova V. The dynamics of catching aquatic bioresources in the south of Ukraine: Analysis, challenges, and prospects for their solution in the context of sustainable development. *Scientific Horizons*. 2024. № 27 (8). P. 158-167. DOI: 10.48077/scihor8.2024.158
5. Honcharova O., Shevchenko V., Melnychenko S. Aspects of optimization of fisheries exploitation of small reservoirs in southern ukraine on the example of danilivsky reservoir. *European Science*. 2024. 2(sge29-02). Pp. 170–178. DOI: <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2024-29-00-011>

CERTIFICATION OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEMS: THE SITUATION IN UKRAINE

V. Osiiyevska, H. Mykhailova

State University of Trade and Economics, Ukraine

v.osiiyevska@knute.edu.ua, h.mykhaylova@knute.edu.ua

In an era of heightened environmental awareness and growing global challenges such as climate change, biodiversity loss, and resource depletion, the issue of the impact of organizational activities on the environment is becoming increasingly relevant. Ukraine faces large-scale environmental problems that affect both human health and the state of the natural environment.

Military actions, in particular, have a significant negative impact, causing soil, water, and air pollution due to explosions, fires, and emissions from military equipment. Therefore, the certification of environmental management systems in accordance with ISO 14001 requirements has become a new element of national security.

Certification for compliance with this standard demonstrates that organizations commit not only to meeting regulatory requirements but also to taking actions aimed at improving the current state of the environment. As of today, enterprises in Ukraine have already received more than 6,000 environmental certificates [1]. Although Ukraine is not among the top ten countries worldwide in terms of the number of certified systems under ISO 14001, the dynamics of environmental certification continue to grow (with the exception of 2022). In 2024 alone, there were 729 certified environmental management systems – an increase of 148% compared to 2023 [2].

Regarding the distribution of environmental management systems by sector, the certification covers a wide range of industries (see table).

Table. Amount of companies from various branches that have passed eco-certification in Ukraine in 2024 year

Sector	Number	Sector	Number
Transport, storage and communication	44	Electricity supply	30
Electrical and optical equipment	43	Food products, beverage and tobacco	15
Wholesale & retail trade, repairs of motor vehicles, motorcycles & personal & household goods	41	Basic metal & fabricated metal products	11
Machinery and equipment	37	Pharmaceuticals	13
Engineering services	36	Chemicals, chemical products & fibres	9
Other Services	36	Agriculture, Fishing and Forestry	7
Construction	35	Textiles and textile products; Leather and leather products	6
Health and social work; Other social services	32	Sector unknown	334

Source: compiled by the author based on [2].

Thus, the approach of Ukrainian enterprises toward environmental certification demonstrates their strong reputation, fosters stakeholder trust, and represents a positive step toward participation in global trade.

REFERENCES

1. ISO 14001 Environmental Management System (EMS). Explore by Country. URL : <https://www.iafcertsearch.org/standards/iso-14001-environmental-management-system-ems>
2. Market Intelligence. URL : <https://www.iafcertsearch.org/analytics/iso-survey>

EVOLUTION OF THE CONCEPT OF RESOURCE CONSERVATION: FROM RESOURCE SAVING TO CIRCULAR ECONOMY

Oksana Soshko

State University of Trade and Economics, Ukraine

oks.soshko@gmail.com

The current stage of human development is characterized by the aggravation of environmental problems caused by the excessive use of natural resources, the growth of waste volumes and the degradation of natural ecosystems. In these circumstances, the issues of rational use of nature and resource conservation acquire particular importance, since they directly affect environmental safety, economic stability and the quality of human life. The concept of resource conservation has undergone a long evolution – from its initial understanding as a simple saving of resources to the modern recognition of the need for systemic changes in production and consumption models. One of the most promising directions of this transformation is the transition to a circular (closed-loop) economy, based on the principles of regeneration, reuse and minimization of material and energy losses.

The problem of rational use of natural resources arose long before the formation of modern environmental science. Back in the 18th and 19th centuries, the concept of resource conservation was considered mainly as an economic category related to the optimization of material and energy consumption in production. In the middle of the 20th century, against the backdrop of rapid industrialization and growing environmental pressure, resource conservation was rethought. It gradually began to be perceived as an ecological imperative, closely related to the idea of rational environmental management. With the emergence of the concept of sustainable development (Rio de Janeiro, 1992), resource conservation has acquired an interdisciplinary character, integrating economic, social and environmental dimensions. At the beginning of the 21st century, in the context of globalization, the emphasis shifted to resource efficiency and the concept of eco-efficiency, which combines economic benefit with environmental responsibility. Further transformation of ideas led to the formation of the concept of a circular economy – a model based on closed cycles of production and consumption, reuse and regeneration of resources.

In its modern interpretation, resource conservation is a complex process that encompasses all stages of natural resource use, from extraction to processing. Its main goal is to increase the efficiency of resource use without harming the environment. The circular economy is a new model of economic development based on preserving the value of materials throughout their life cycle. Its fundamental principles include waste-free design, reuse, recycling, consumption reduction, and regeneration of natural systems.

The main challenges in implementing resource-efficient technologies are high investment costs, insufficient funding for innovation, outdated infrastructure and low environmental awareness of the population. At the same time, there are significant opportunities: development of green business, integration into the European market, access to international financing and creation of new jobs.

REFERENCES

1. European Commission. *EU Environmental Policy: Circular Economy*. Brussels, 2020.
2. United Nations. *Rio Declaration on Environment and Development*. Rio de Janeiro, 1992.

ANALYSIS OF ASPECTS OF POLLUTION OF ENVIRONMENTAL COMPONENTS FROM MANUFACTURING OF PAINT MATERIALS

Kovalenko Oleksii, Kondratenko Oleksandr

NUCP of Ukraine, SES of Ukraine

Educational and Scientific Institute of Fire and Technogenic Safety, , Ukraine

kondratenkoom2016@gmail.com

Relevance of the study topic is due to the following components. Compliance with: the Order of the State Emergency Service of Ukraine № 618 dated 09/20/2013 «On approval of the Regulations on the organization of environmental support of the State Emergency Service of Ukraine», the Decree of the President of Ukraine № 722/2019 dated 09/30/2019 «On the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period until 2030», the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 476 dated 04/30/2024 «On approval of the list of priority thematic areas of scientific research and scientific and technical developments for the period until December 31 of the year following the termination or abolition of martial law in Ukraine», the Specialty Passport of 21.06.01 «Ecological Safety», approved by Resolution of the Presidium of the Higher Attestation Commission of Ukraine № 33-07/7 dated 04.07.2001, the Law of Ukraine № 3769-IX dated 04.06.2024 «On Amendments to Some Laws of Ukraine Regarding the Mandatory Use of Liquid Biofuels (Biocomponents) in the Transport Sector», the Standard of Higher Education in Specialty 183 «Environmental Protection Technologies» of the Third (Educational and Scientific) Level in the Field of Knowledge 18 «Production and Technologies», approved by Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine № 1427 dated 23.12.2021, the Topics of Scientific Research and Scientific and Technical (Experimental) Developments for 2025-2029, approved by Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine № 326 dated 21.05.2024, the Civil Protection Code of Ukraine in its current version dated 12.09.2025, Article 108.

Purpose of the study. To analyze aspects of pollution of environmental components from a manufacturing of paint materials. Object of the study. Negative technogenic impact on environmental components from a manufacturing of paint materials. Subject of the study. Qualitative and quantitative indicators characterizing the object of the study. Results of the study. The study comprehensively investigated the problem of atmospheric air pollution in the production of paints and varnishes for painting fasteners, in particular using the example of the enterprise «AMEKS Fastener Technology». The technological features of production were revealed, the main components of paints and varnishes were characterized, and potentially hazardous substances formed as a result of this process were identified. It was determined that emissions of pollutants such as volatile organic compounds, carbon oxides, formaldehyde, dust particles and sulfur dioxide cause a significant negative impact on the health of the population and the environment. This is confirmed by the statistics of diseases observed in industrial areas. The dynamics of the ecological state of the city of Kyiv over the past decade were considered based on official reports of the Ministry of Environment, which made it possible to trace negative trends, in particular, an increase in the number of exceedances of the MPC of harmful substances in the air. An important part of the study was the research of existing and promising methods of purifying atmospheric air at enterprises. The feasibility of using modern technologies such as catalytic purification, electrofiltration, biofiltration, and thermal decontamination methods was demonstrated, and the need to combine several methods to increase efficiency was emphasized. Conclusions. Thus, this study analyzed qualitative and quantitative indicators characterizing the negative technogenic impact on environmental components from a manufacturing of paint materials.

IMPACT OF GREEN INNOVATIONS ON THE DEVELOPMENT OF HOTEL BUSINESS

Romanenko O. V., Holovko V. V.

Mykhailo Dragomanov Ukrainian State University, Ukraine

Romanenkoov@ukr.net, v.v.holovko@npu.edu.ua

Problem statement. One of the most promising areas in terms of hotel business development is “green” innovation processes, namely, reducing the negative impact of accommodation services on the environment, associated with global climate change, environmental degradation and improved technologies. Green tourism is defined by the WTO in the 2030 Agenda for Sustainable Development as a key factor.

Analysis of the work on the greening of the hotel industry by researchers such as Abramova A. G., Agafonova L. G., Antonyuk L. L., Byk V., Vynnychenko I. I., Ganych N. M., Gatalyk O. M., Gorbenko I., Danilova O. M., Zakalyk G. M., Kalenska V. P., Lyubchenko V. V., Madzhd S. M., Myroshnyk Yu. A., Pankiv N., Pogynaiko I. V., Smirnov I. G., Shuvar N. M., Teslya V., Udud I. R., Ilnytska-Gykavchuk G., Frolov I. E. and others shows that environmental protection, the introduction of energy-saving technologies, alternative energy sources, a cyclical, green economy are mandatory areas of activity for all areas of the tourism business.

The objective reality of today is that there is a great danger of environmental pollution, which accordingly causes the necessary reaction of introducing environmental standards into the production and economic activities of hospitality enterprises, drawing public attention to environmental problems [1]. The use of the concept of a «green hotel» should be thoughtful, it affects its image, financial results and the effectiveness of hotel management. There are three main problems of the impact of the hotel industry on the environment: energy, waste and water. However, with good management, the hotel has the potential to become «green» and benefit the local ecosystem [2]. The ecological concept of the hotel is built not only on the use of environmentally friendly products, but also on saving resources through the regulation of the supply of heat, light, electricity [3, pp. 52-60].

Thus, green innovations as a separate segment of the hotel business market perform the main functions of environmental protection and rational use of natural resources. The world community and scientists emphasize the importance of the environmental orientation of the hotel business, so V. Teslya, I. Gorbenko, S. Majd noted that green innovations in the hotel business cover a wide range of areas that comprehensively reduce the impact on the environment. Among them, energy efficiency, water conservation, waste management, digitalization of services and environmental certification are especially important, I completely agree with this study. Yes, indeed, the implementation of such solutions is not only environmentally expedient, but also economically beneficial. Hotels that adhere to the principles of environmental responsibility increase their reputation and attract tourists.

REFERENCES

1. Pankiv N., Byk V. Greening the hotel and restaurant sector in the context of sustainable tourism development in Ukraine // Herald of Khmelnytskyi National University. Economic sciences 2023, 316 (2), pp. 146-156.
2. Gössling S., Peeters P., Hall C.M. Tourism and Water Use: Supply, Demand, and Security. An International Review // Tourism Management. 2012. Vol.33.
3. Romanenko O.V. Hospitality systems in tourism. Textbook. – K.: Publishing house of NATIONAL PEDAGOGICAL DRAGOMANOV UNIVERSITY, 2016. – 321 p.

STRATEGIC PRIORITIES OF SCIENCE DEVELOPMENT UNDER MODERN CHALLENGES

Solodka T. M.¹, Opanasiuk D. V.¹, Solodka O. V.²

¹National University of Water and Environmental Engineering,

²New York Academy of Sciences

t.m.solodka@nuwm.edu.ua, opanasiuk_az23@nuwm.edu.ua, olesiasolodka@gmail.com

The paper identifies the strategic directions of science development shaped by current global and national challenges. The emphasis is placed on security, digital transformation, energy transition, biotechnology, agri-food innovation, and environmental sustainability, as well as the role of education and international cooperation. The proposed framework highlights the need for a comprehensive science policy capable of ensuring resilience, enhancing competitiveness, and fostering Ukraine's integration into the global research ecosystem. Science is the cornerstone of sustainable development, ensuring state competitiveness and generating responses to contemporary global challenges. Under conditions of transformation, research priorities must be oriented towards security, socio-economic, technological, and ecological needs:

1. The rise of hybrid threats, large-scale cyberattacks, and military conflicts underscores the need for advanced defense technologies. Strategic areas include cyber defense, the integration of artificial intelligence into security systems, and the design of innovative surveillance, early-warning, and command-control solutions.

2. The information society demands advanced data governance, automation of production processes, and the deployment of artificial intelligence, machine learning, and digital platforms. These innovations drive efficiency gains across the economy, education, public administration, and the social sector.

3. Responding to energy crises and climate change requires the development of renewable energy systems (solar, wind, bioenergy, hydrogen technologies), energy-efficient solutions, smart grids, and the advancement of the circular economy.

4. Global health risks, pandemics, and demographic changes highlight the urgency of biotechnological innovation. Key areas include genetic engineering, bioinformatics, telemedicine, advanced pharmaceutical research, and personalized medicine. Special emphasis is placed on vaccine development, biomaterials, and biosafety solutions that increase resilience to biological threats.

5. Food security challenges necessitate precision agriculture, smart farming systems, drones, IoT-based sensor technologies, and big data analytics in agriculture. Research must also focus on the breeding of resilient crop varieties to withstand climate pressures.

6. There is an urgent need for both fundamental and applied research into climate processes, advanced environmental monitoring systems, and the implementation of nature-based and low-carbon solutions.

7. The synergy of education and science, interdisciplinarity, open science practices, and active international partnerships are key to strengthening national research capacity and global integration.

Strategic priorities of science under current global challenges must be directed toward national security, energy and food independence, digital transformation, healthcare, and environmental stability. Only a holistic and coordinated implementation of these priorities will enable Ukraine to respond effectively to global risks, strengthen its innovative capacity, and build a sustainable future.

REFERENCES

1. Horizon Europe. Framework Programme for Research and Innovation. – European Commission, 2021.
2. Lundvall B.Å. National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. London: Anthem Press, 2010.
3. World Economic Forum. Global Risks Report 2024. Geneva: WEF, 2024.
4. OECD. Science, Technology and Innovation Outlook 2023. Paris: OECD Publishing, 2023.

ЕКОЛОГІЧНИЙ ВИМІР ЗЕЛЕНОЇ ЕКОНОМІКИ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЧИННИК СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Грущинська Н. М.

ДНП «Державний університет «Київський авіаційний інститут», Україна
gruschinska@gmail.com

Екологічний вимір зеленої економіки є одним із аспектів сучасної стратегії сталого розвитку, адже саме від збалансованої взаємодії економічних, соціальних та природних систем залежить майбутнє людства. У сучасних умовах глобальних екологічних викликів окреслених зміною клімату, виснаженням природних ресурсів, деградації екосистем, постає необхідність переходу до нової моделі господарювання, заснованої на принципах екологічної відповідальності та ефективного використання ресурсів. Такою моделлю виступає зелена економіка, яка поєднує економічне зростання з охороною довкілля та підвищенням якості життя населення [1].

Зелена економіка передбачає не просто екологізацію виробництва, а системну трансформацію усіх сфер суспільного життя. Її мета полягає у забезпеченні сталого розвитку шляхом інтеграції екологічних пріоритетів у процеси економічного планування та управління, що означає зміну підходів до використання природних ресурсів, впровадження енергоефективних технологій, розвиток відновлюваної енергетики, перехід до циркулярної моделі виробництва, що базується на повторному використанні матеріалів і зменшенні відходів [2].

Екологічний вимір зеленої економіки полягає у формуванні такої системи господарювання, яка мінімізує антропогенний вплив на довкілля та сприяє відновленню природних екосистем. Ключовим принципом є гармонізація економічних інтересів з екологічними обмеженнями. Економічне зростання має відбуватися не за рахунок виснаження природних ресурсів, а завдяки інноваціям, підвищенню ефективності та розвитку екологічно чистих технологій [3]. Саме тому зелена економіка розглядається як ефективний інструмент реалізації глобальних і національних стратегій сталого розвитку.

Важливою складовою екологічного виміру зеленої економіки є формування екологічної свідомості населення та підвищення рівня екологічної культури. Без зміни споживчих і виробничих моделей неможливо досягти системних результатів. Екологічна освіта, просвіта та відповідальне споживання стають основою для формування нових соціальних цінностей, орієнтованих на бережливе ставлення до природи. У цьому контексті важливою є участь громадськості, бізнесу і держави у спільному виробленні екологічних політик та контролі за їх реалізацією.

Перехід до зеленої економіки вимагає глибоких структурних реформ у національній економіці, зміни системи управління природними ресурсами, впровадження екологічних податків і стимулів для бізнесу [4]. Особливу роль відіграє розвиток зелених інвестицій, підтримка екологічних інновацій, розвиток секторів відновлюваної енергетики, екотуризму, екологічного сільського господарства. Такий підхід не лише зменшує навантаження на довкілля, а й створює нові робочі місця, підвищує конкурентоспроможність економіки та сприяє соціальній стабільності.

Міжнародний досвід демонструє, що впровадження принципів зеленої економіки є вигідним не лише з точки зору екології, а й економічного розвитку. Країни, які першими почали інвестувати у зелені технології, досягають стійкого зростання, скорочують енергетичні витрати та підвищують якість життя своїх громадян. Це підтверджує, що екологічна орієнтація економіки не є перешкодою для розвитку, а навпаки – його передумовою [5]. Україна, маючи значний природний потенціал, також має реальні можливості для переходу до зеленої моделі економіки, проте потребує послідовної державної політики, спрямованої на підтримку екологічно відповідального бізнесу, розвиток екотехнологій і формування стійких фінансових механізмів.

Таким чином, екологічний вимір зеленої економіки є ключовим чинником сталого розвитку, оскільки він забезпечує інтеграцію економічних і природоохоронних інтересів. Від ефективності впровадження принципів зеленої економіки залежить не лише екологічна безпека держави, але й добробут майбутніх поколінь. Сьогодні важливо не лише усвідомити необхідність екологізації економіки, а й активно впроваджувати практичні механізми, що дозволять поєднати розвиток і збереження природи в єдину стратегію сталого майбутнього.

ЛІТЕРАТУРА

1. Yukhymenko, P., Batazhok, S., Rybak, N., Tkachenko, O., Bilyk, O., Panasiuk, V., & Prykhodko, T. (2024). Problems of the transition of the Ukrainian economy to a “green economy” based on sustainable technological change. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(5), 3561. <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i5.3561> URL: <https://systems.enpress-publisher.com/index.php/jipd/article/viewFile/3561/2818> (дата звернення 21.10.2025)
2. Tomashuk, I., Baldynyuk, V., & Boltovska, L. (2023). Green economy as a factor of sustainable development. *Baltic Journal of Economic Studies*, 9(3), 194-206. <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2023-9-3-194-206> URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/724a/de97310e6fe18113c6c088458d7af769972a.pdf> (дата звернення 21.10.2025)
3. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2020). *Environment at a Glance 2020*. URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2020/02/environment-at-a-glance-2020_a63f7f9d/4ea7d35f-en.pdf (дата звернення 20.10.2025)
4. Organisation for Economic Co-operation and Development. (n.d.). *Green Growth Indicators*. URL: <https://stats.oecd.org/wbos/fileview2.aspx?IDFile=0eddc076-a4f9-4a2b-8e86-4190c8523b59> (дата звернення 20.10.2025)
5. Acosta, L., et al. (2020). *Green Growth Index 2020 – Measuring performance in achieving SDG targets*. Global Green Growth Institute. URL: <https://greengrowthindex.gggi.org/wp-content/uploads/2021/01/2020-Green-Growth-Index.pdf> (дата звернення 20.10.2025)

**ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ПОЛІМЕР-НЕОРГАНІЧНІ ЛЬОТОЧНІ МАСИ
ДЛЯ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ: СКЛАД, ВЛАСТИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ
ЗАСТОСУВАННЯ****Суха І. В., Томіло М. І.***ННІ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Українського державного університету науки і технологій
miroslavttt@gmail.com*

Застосування традиційних льоточних мас для доменних печей супроводжується значними викидами шкідливих речовин, високими енергетичними витратами на їх виробництво та обмеженим ресурсним потенціалом. Необхідність зменшення екологічного навантаження на виробництво чавуну, підвищення експлуатаційних властивостей льоток і продовження терміну служби футеровки печей призвела до появи полімер-неорганічних композиційних матеріалів для доменних печей. Основною метою дослідження є розробка екологічно безпечних льоточних мас для доменних печей, що поєднують високу термостійкість, хімічну стійкість та покращені механічні властивості. Особлива увага приділяється введенню полімерних модифікаторів у традиційні неорганічні вогнетривкі суміші для оптимізації фізико-хімічних та механічних характеристик матеріалу. Додатково передбачено: вивчення взаємозв'язку між складом маси, її мікроструктурою та експлуатаційними властивостями; оцінку впливу різних типів полімерних сполук на термостійкість та довговічність маси; аналіз потенційного зниження негативного впливу на довкілля під час експлуатації доменних печей; розробку рекомендацій щодо оптимальних пропорцій компонентів для промислового впровадження. Дослідження показало, що полімер-неорганічні льоточні маси формуються на основі високоглиноземистих вогнетривів у поєднанні з органічними полімерними сполуками, такими як поліакрилати та фенольні смоли. Це поєднання дозволяє досягти наступних переваг: суттєве зниження пиловиділення та токсичних викидів під час експлуатації, що відповідає сучасним екологічним стандартам; підвищення термостійкості матеріалу, що забезпечує стійкість до температурних коливань та контактів з рідким металом; поліпшення ударної міцності та механічних властивостей, що зменшує ризик пошкоджень під час монтажу та роботи; підвищення адгезії до металевих поверхонь футеровки, що забезпечує стабільність покриття та зменшує втрати матеріалу; можливість регенерації та повторного використання відпрацьованих матеріалів, що зменшує економічні витрати та екологічне навантаження. Досліджено фізико-механічні властивості полімер-неорганічних льоточних мас і порівняно їх із традиційними вогнетривкими сумішами. Впроваджено комплекс методик, що дозволяють оцінити їх міцність, пластичність, термостійкість та екологічність. Оскільки полімер-неорганічні льоточні маси — це композитні матеріали, що поєднують полімерну і неорганічну фази, дослідження враховували особливості обох компонентів. Згідно результатам дослідження, експериментальні зразки полімер-неорганічних льоточних мас мають наступні показники якісних фізико-механічних властивостей в порівнянні з традиційною сумішшю: приріст міцності при стисканні – 37-48% - в абсолютних значеннях- на 13-17 МПа; підвищення температурної стійкості на 3-7%- в абсолютних значеннях- на 50 МПа; зниження вмісту летких речовин на 47- 60% Полімер-неорганічні льоточні маси демонструють значно кращі фізико-механічні та екологічні властивості у порівнянні з традиційними вогнетривкими сумішами. Їх застосування дозволяє знизити шкідливі викиди, підвищити надійність футеровки доменних печей, а також забезпечує можливість повторного використання матеріалу, що відповідає сучасним стандартам ресурсоефективної та циркулярної економіки в металургії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ivanenko O. P., Kovalchuk M. V. Polymer-inorganic composites for blast furnace tapholes // Metallurgical Research Journal. – 2022. – Vol. 15, № 3. – P. 45–53.
2. ASTM C153: Standard Test Method for Fire Testing of Refractory Materials. ASTM International, 2019.
3. Zhang X., Li H., Wang Y. Advanced refractory materials: polymer-modified compositions // Journal of Materials Science & Technology. – 2021. – Vol. 60. – P. 112–125.
4. Hopkin D., Schmid J. Environmentally friendly refractory materials in blast furnace operations. – WCTE, 2020. – 14 p.

ПЕРСПЕКТИВНИЙ МЕТОД ОТРИМАННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ З ВІДНОВЛЮВАНОЇ СИРОВИНИ

Ранський А. П., Гордієнко О. А., Коріненко Р. В.

Вінницький національний технічний університет, Україна

naydichroksolana2017@gmail.com

В даній роботі було проаналізовано можливості та перспективи комплексного використання пірокарбону, отриманого методом низькотемпературного піролізу побутових та промислових полімерних відходів, відходів деревообробної, целюлозно-паперової і сільськогосподарчої промисловостей для виробництва паливних брикетів. Досліджено процес виготовлення останніх за допомогою холодного пресування шихти, яка складалась із пірокарбону в кількості 60-70% мас. та біомаси (тирса деревна, гофрокартон, гречка, соняшник, пшениця) – 30-40% мас.

Досліджено вплив кукурудзяного крохмалю на механічні властивості кінцевих паливних брикетів за рахунок утворення між- та макромолекулярних водневих зв'язків використаних компонентів біомаси та пірокарбону.

Встановлено теплоту згоряння розроблених паливних композицій в межах 4800-5100 Ккал/кг.

Проведені дослідження по розробці нових паливних брикетів на основі пірокарбону, деревної та недеревної відновлювальної сировини дозволяють зробити наступні узагальнення:

- отримання паливних брикетів відповідає основним принципам циркулярної економіки: відходи ряду виробництв (деревообробна та целюлозно-паперова промисловості) та сільського господарства разом із відходами технологій (піролізна переробка промислових та побутових пластикових відходів) стають вихідною сировиною для отримання кінцевого еко-джерела – паливних брикетів з наступним їх ефективним використанням;
- перевагою проведених досліджень є простота технологічного обладнання, доступність вихідної сировини та економічна ефективність використання отриманої продукції для обігріву як промислових так і побутових приміщень.
- на підприємствах деревообробної та целюлозно-паперової промисловостей накопичена велика кількість відходів, яку можна ефективно переробляти при виготовленні твердих паливних брикетів;
- досліджена методика виготовлення твердих паливних брикетів не потребує додаткового введення зв'язуючих органічної або неорганічної природи, що суттєво збільшує їх ефективність, екологічність та теплоту згоряння;
- за рахунок наявності необхідної кількості кукурудзяного крохмалю (лінійна амілаза, розгалужений амілопектин) брикетування проводиться без додаткового нагрівання суміші паливних брикетів перед пресуванням/обробкою вихідною шихти тиском;
- перевагою проведених досліджень є простота технологічного обладнання, доступність вихідної сировини та економічна ефективність використання отриманої продукції в автономних котлах опалення промислових, адміністративних приміщень та житлових будинках.

Таким чином, отримання твердих паливних брикетів дозволяє заощадити використання викопних джерел енергії (нафта, газ, кам'яне вугілля) шляхом використання альтернативної енергоємної сировини (відходи деревообробної, целюлозно-паперової, сільськогосподарчої промисловостей та пірокарбону піролізної переробки пластикових відходів), а також розширити сферу їх ефективного застосування як альтернативних джерел енергії.

ВПЛИВ «ЗЕЛЕНОЇ» МЕТАЛУРГІЇ НА ЕКОЛОГІЧНУ МОДЕРНІЗАЦІЮ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

Воденнікова О. С.

Запорізький національний університет, Україна

oksana_vodennikova@ukr.net

Відомо, що більш ніж 90% викидів шкідливих речовин в атмосферу здійснюються підприємствами металургії, енергетики, вуглевидобутку та коксохімії. Крім викидів в атмосферу, металургійні підприємства використовують до 20–25% води від загального її споживання промисловими підприємствами та істотно забруднюють поверхневі води [1].

Досить складне становище української металургійної галузі у сфері смартизації та декарбонізації виробництва. Основна причина цього полягає в старій виробничій інфраструктурі, обмежених «зелених» інвестиціях та недостатній увазі керівництва щодо нових підходів до формування культурних цифрових трансформацій та «зеленої» корпоративної культури [2, 3].

Мінімізація впливу на навколишнє середовище, використання сучасних систем очищення та повторне використання води стають головними пріоритетами впровадження «зеленої» металургії в умовах металургійних підприємств України [4]. Поширення киснево-конвертерного та електросталеплавильного способів виробництва сталі, екологічна модернізація аглодоменного виробництва, поява пілотних проєктів та стартапів, які розвивають безвуглецеві технології виробництва сталі, стають сьогоденними напрямками удосконалення металургійної галузі [5].

Таким чином, головною екологічною проблемою металургійної промисловості України є зменшення викидів CO₂. Маючи застаріле обладнання, нестачу «зелених» інвестицій та недостатній увазі керівництва щодо нових підходів до формування культурних цифрових трансформацій та «зеленої» корпоративної культури гостро потребують модернізації виробництва з залученням передових європейських «зелених» технологій. Першочерговим завданням металургійної галузі виступає екологічна модернізація підприємств шляхом впровадження інноваційних технологій: використання електродугових печей, повторної переробки металобрухту, запровадження фільтраційних систем, перехід на замкнені цикли виробництва та інші.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вплив діяльності металургійних підприємств на навколишнє природне середовище. URL: <https://zsfoe.org/?p=3906> (дата звернення: 03.10.2025).
2. Венгурська Н.С. Формування зеленої корпоративної культури підприємств сталеливарної промисловості в контексті смартизації та декарбонізації виробництва. *Економіка та суспільство*. 2023. Вип. 53. doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-102
3. Кучеренко М. А., Піщенко К. А., Воденнікова О. С. «Зелена» металургія: проблеми, перспективи та прогнози. *Актуальні питання суспільства у сферах екологічної та цивільної безпеки, енергозбереження, менеджменту та економіки* : І всеукраїнська науково-практична конференція за участю молодих учених та здобувачів вищої освіти (Запоріжжя, 16–18 жовтня 2024р.). Запоріжжя: ЗНУ, 2024. С. 482–485.
4. Vodennikova O. S., Pishchenko K. A. «GREEN» METALLURGY: PROBLEMS, PROSPECTS AND FORECASTS. *International scientific conference «MININGMETALTECH 2024 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education»* : conference proceedings (November 28–29, 2024. Riga, the Republic of Latvia). Riga: Baltija Publishing, 2024. Т. 1. С. 27–30.
5. Екологічна модернізація сталевих галузі України – довгий шлях. URL: <https://gmk.center/ua/opinion/ekologichna-modernizaciya-stalevoi-galuzi-ukraini-dovgij-shlyah/> (дата звернення: 03.10.2025).

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

Клименко Максим¹, Усенко Станіслав², Шаповалов Євгеній¹, Носачова Юлія²

¹ Національний університет харчових технологій, Україна

² Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Farkry17@gmail.com

Анаеробне зброджування (АЗ) є ключовою технологією в рамках циркулярної економіки та відновлюваної енергетики, що дозволяє перетворювати органічні відходи на біогаз. Однак ефективність процесу обмежується його складністю, чутливістю до властивостей сировини та комплексними мікробними взаємодіями. Традиційні механістичні моделі, такі як ADM1, вимагають складної калібрації та не завжди здатні точно описувати динаміку процесу [1]. Це створює значні перешкоди для оптимізації та контролю в промислових масштабах. Використання штучного інтелекту (ШІ) та методів машинного навчання (МН) пропонує керований даними підхід для прогнозування та оптимізації виробництва біогазу, долаючи обмеження класичних моделей. Метою роботи є порівняльний аналіз ефективності застосування сучасних архітектур ШІ для оптимізації виробництва біогазу. Для досягнення мети було проаналізовано наукові публікації, що висвітлюють застосування рекурентних нейронних мереж (LSTM), багатошарових перцептронів (MLP) та гібридних квантово-класичних алгоритмів (QCL) для моделювання процесу АЗ.

Аналіз показав, що моделі на основі ШІ демонструють високу прогностичну точність, яка оцінюється за коефіцієнтом детермінації (R^2). Моделі LSTM продемонстрували високу ефективність ($R^2 = 0,93\text{--}0,98$), успішно враховуючи часові залежності в даних як лабораторного, так і промислового масштабів [2]. Класичні багатошарові перцептрони (MLP) досягають порівнянної точності ($R^2 \approx 0,959$), однак вимагають значної кількості параметрів і є схильними до перенавчання. На противагу, інноваційні гібридні квантово-класичні моделі (QCL) демонструють аналогічну точність при суттєво меншій кількості параметрів. Це забезпечує кращу масштабованість та стійкість, оскільки квантові принципи дозволяють ефективніше фіксувати складні кореляції в даних процесу АЗ [3].

Застосування штучного інтелекту є потужним інструментом для моделювання та оптимізації процесу анаеробного зброджування. Моделі машинного навчання дозволяють здійснювати моніторинг у реальному часі, оптимізувати параметри процесу та підвищувати стабільність і вихід біогазу. Розвиток передових алгоритмів, зокрема квантово-класичних гібридів, відкриває нові перспективи для створення високоефективних та масштабованих систем керування біогазовими установками, що посилять роль біоенергетики в переході до сталої економіки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kegl T., Jiménez E. T., Kegl B., Kralj A. K., Kegl M. Modeling and optimization of anaerobic digestion technology: Current status and future outlook. *Progress in Energy and Combustion Science*. 2025. Vol. 106. 101199.
2. Murali R., Dekhici B., Chen T., Zhang D., Short M. Mechanistic and Data-Driven Models for Predicting Biogas Production in Anaerobic Digestion Processes. *Systems Control Transactions*. 2025. Vol. 4. P. 388–393.
3. Mohamed Y., Elghadban A., Lei H. I., Shih A. A., Lee P.-H. Quantum machine learning regression optimisation for full-scale sewage sludge anaerobic digestion. *npj clean water*. 2025. Vol. 8, 17. P. 1–13.

СТРАТЕГІЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ У СФЕРІ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ: ОПТИМІЗАЦІЯ ПОВОДЖЕННЯ З ПОЛІМЕРНИМИ ВІДХОДАМИ

Березненко Н. М.

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна
nmbereznenko@gmail.com*

Ефективне управління утилізацією відходів, зокрема полімерних, стає особливо важливим у контексті розвитку сталого розвитку та «зеленої» економіки України. Останніми роками зростаючий попит на більшу екологічність в управлінні відходами став очевидним, дедалі актуальнішою стає циркулярність твердих відходів, зокрема, використання у вигляді вторинної сировини переробленого матеріалу з метою скорочення використання первинних ресурсів. Повторне використання продуктів і упаковки сьогодні є економічно доцільним на фоні значного підвищення квот на переробку матеріалів. Розрахунки показують, що переробка полімерних відходів може приносити до 45 000 євро щомісяця для підприємства, що дозволяє знижувати витрати на сировину та сприяє підвищенню фінансової ефективності виробництва [1].

Сьогодні у світі і в Україні основна увага приділяється збільшенню рівня переробки всіх пакувальних матеріалів і розширенню відповідальності виробника, а також обмеженню продажу окремих пластикових виробів. Вчені проводять дослідження екологічного впливу полімерних відходів на довкілля та розробляють еколого-економічне обґрунтування для вибору методів їх використання [2]. При розробці і впровадженні у виробництво пакувальних матеріалів віддається перевага таким варіантам, які забезпечують найкращі екологічні показники протягом усього життєвого циклу. При розробці упаковки окрім її основних функцій (зберігання, транспортування, захист продукту, презентація продукту та зручність) необхідно враховувати фактор придатності її до найсучасніших процесів сортування та переробки. Так, щоб мати можливість розробити конструкцію упаковки, що підлягає переробці, необхідні певні фундаментальні знання про процеси сортування та переробки. З цієї точки зору сьогодні в усьому світі популярними є пілотні кейси та проекти, як, наприклад, 100% упаковка з переробленого полімеру для харчової та косметичної галузей (впроваджено Danone, PepsiCo, Unilever, Coca-Cola, L'Oréal), флексibilізація полімерної упаковки (перехід від жорсткої до гнучкої, легкої упаковки), моно-матеріали у полімерній упаковці (упаковка з одного типу полімеру без домішок), Smart Packaging (цифрові технології NFC-чипи для персоналізованих даних, QR-коди для інформації про продукт, RFID для логістики та відстеження). Також важливо враховувати регіонально специфічні структури рециклінгу.

Отже, з економічної точки зору, вторинна сировина, зокрема полімерна тара і упаковка, значно дешевша за первинні матеріали, що забезпечує значну економію для підприємства, а розробка науково обґрунтованих підходів і рекомендацій для оптимізації операційного управління утилізацією промислових відходів на підприємствах є актуальною сьогодні і в майбутньому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Овдіюк О. М., Василенко О. М. (2024) Еколого-економічний аспект ефективності управління утилізації твердих полімерних відходів. Економіка та суспільство. № 69. ISSN 2524-0072.
2. Білявський О. О. Вплив полімерних відходів на екосистеми та еколого-економічне обґрунтування методів їх утилізації. Екологічна безпека та природокористування. 2019. № 4 (28). С. 37–45.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ЕЛЕКТРОННИХ ВІДХОДІВ ЯК ЕЛЕМЕНТ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

Чайка В. Є.

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна
Chaika.Vl.Y@ntmu.one*

Основним завданням роботи є аналіз сучасних технологій утилізації та переробки електронних відходів, визначення їх екологічної та економічної ефективності, а також обґрунтування ролі цих процесів у формуванні та розвитку циркулярної економіки. У тезах розглядаються перспективи впровадження інноваційних методів переробки електронної техніки, спрямованих на зменшення негативного впливу на довкілля та раціональне використання ресурсів.

Ключові слова: електронні відходи; утилізація; переробка; циркулярна економіка; екологічна безпека; ресурсоефективність; сталий розвиток; інноваційні технології.

У ХХІ столітті людство зіткнулося з новою екологічною загрозою — стрімким зростанням обсягів електронних відходів (e-waste), що утворюються внаслідок масового використання та швидкого морального старіння електронних пристроїв. За даними міжнародних досліджень, щороку у світі утворюється понад 50 мільйонів тонн електронного сміття, з яких лише близько 20% підлягають переробці. Решта потрапляє на звалища, де токсичні речовини, такі як свинець, кадмій, ртуть і бромовані сполуки, потрапляють у довкілля, забруднюючи ґрунт, воду та повітря. Це становить не лише екологічну, але й соціальну загрозу, адже негативно впливає на здоров'я людей, особливо у густонаселених регіонах.

Сучасні підходи до вирішення проблеми електронних відходів ґрунтуються на концепції циркулярної економіки, яка передбачає перехід від лінійної моделі споживання («виробництво — використання — утилізація») до замкнутого циклу використання ресурсів [1]. У такій моделі матеріали після використання не знищуються, а повертаються у виробничий процес через повторне використання, ремонт, модернізацію або переробку. Це дозволяє мінімізувати обсяг відходів, зменшити споживання природних ресурсів і створити умови для сталого економічного розвитку.

Переробка електронних відходів є важливою складовою реалізації принципів циркулярної економіки [2]. Вона передбачає застосування комплексу технологічних процесів, що включають збір, сортування, демонтаж, подрібнення, сепарацію матеріалів, хімічну або термічну обробку компонентів. Однією з найефективніших є комбінована технологія, що поєднує механічну та гідрометалургійну обробку. Механічний етап передбачає подрібнення електронних компонентів і відокремлення металевих, пластикових та керамічних фракцій, тоді як гідрометалургійні процеси дозволяють вилучати дорогоцінні метали — золото, срібло, мідь, платину. У результаті отримані матеріали можуть бути повторно використані у виробництві електроніки, акумуляторів або промислового обладнання.

В Україні питання утилізації електронних відходів набуває дедалі більшої актуальності. За оцінками експертів, щороку утворюється понад 150 тисяч тонн таких відходів, але значна їх частина потрапляє до побутових звалищ. Однією з причин є відсутність розвиненої інфраструктури збору та системи економічного стимулювання підприємств і населення до здачі відпрацьованої техніки. Деякі компанії впроваджують власні програми збору старих пристроїв, проте їх масштаб залишається недостатнім. Позитивним прикладом є діяльність екологічних ініціатив та підприємств, що співпрацюють із міжнародними організаціями, впроваджуючи програми з утилізації батарейок, мобільних телефонів, комп'ютерів і побутової техніки.

Важливу роль у розвитку галузі відіграє впровадження безвідходних та ресурсозберігаючих технологій, які дозволяють зменшити екологічне навантаження на довкілля. Перспективними є методи піролізу та плазмової обробки, що забезпечують високий рівень вилучення корисних матеріалів і мінімізацію токсичних викидів [3]. Окрім цього, активно розробляються біотехнологічні методи, засновані на використанні мікроорганізмів для вилучення металів із відходів, що є безпечнішими та енергоефективнішими.

У рамках концепції циркулярної економіки переробка електронних відходів має не лише екологічне, а й економічне значення. Згідно з дослідженнями, із однієї тонни електронних відходів можна отримати більше золота, ніж із тонни руди, а вартість вилучених матеріалів часто перевищує витрати на їх обробку. Таким чином, утилізація електронних відходів стає джерелом ресурсів для промисловості та важливим напрямом розвитку “зеленої економіки”.

Для України перспективним є поєднання державного регулювання, корпоративної відповідальності та громадської активності. Необхідним є створення законодавчих умов для розширеної відповідальності виробника, що передбачає обов’язок виробників електроніки забезпечувати збір та переробку своєї продукції після завершення терміну її експлуатації. Також важливим є розвиток просвітницьких програм серед населення, спрямованих на формування екологічної свідомості та стимулювання культури роздільного збору електронних відходів.

Висновки. Сучасні технології переробки електронних відходів є невід’ємним елементом переходу до циркулярної економіки, адже вони дозволяють ефективно поєднувати економічні інтереси з екологічною відповідальністю. Розвиток цієї сфери в Україні має стати стратегічним напрямом державної політики у галузі охорони навколишнього природного середовища, сприяти створенню “зеленої” економіки, підвищенню конкурентоспроможності промисловості та поліпшенню якості життя населення. Лише через інтеграцію технологічних, організаційних та освітніх рішень можливо забезпечити ефективне функціонування системи управління електронними відходами, що відповідатиме вимогам сталого розвитку України до 2030 року [4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Артемов В. О., Бахчеван Е. В., Бочко О. А. Циркулярна економіка — виклик сучасності. Економіка та суспільство. Випуск #58/2023.
DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-58-17>
2. А. І. Крисоватий, Р. Є. Зварич, І. Я. Зварич. Циркулярна політика управління відходами: підручник / Тернопіль : ЗУНУ, 2023.
3. Т. С. Айрапетян, С. М. Епоян. Технології переробки та утилізації відходів. Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024.
4. Стратегія сталого розвитку України до 2030 року. URL: https://files.acquia.undp.org/public/migration/ua/UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf

МІКРОПЛАСТИК У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ: ПРИХОВАНА ЗАГРОЗА ЕКОСИСТЕМАМ

Фоменко Д. І.

Запорізький національний університет, Україна
phoenix.diana.f@gmail.com

Мікропластик – частинки пластику розміром менше ~5 мм, які виникають як первинно (наприклад, мікрогранули у косметиці), так і вторинно (розпад більших пластикових виробів) [1]. Він присутній у багатьох компонентах водної системи: поверхневій воді, товщі, донних осадах, навіть у прісноводних і гірських потоках. Загальний обсяг мікропластику в океанах оцінюється у трильйони частинок; щорічно пластик у значних кількостях потрапляє у водні екосистеми з суші.

Джерела та шляхи потрапляння мікропластику у воду різноманітні. Основними антропогенними джерелами виступають стічні води (побутові та промислові), поверхневий стік, сільськогосподарська діяльність, зношування шин і потрапляння текстильних волокон під час прання одягу. До додаткових джерел забруднення належать розпад пластикової упаковки, косметичні засоби, фарби для суден та інші продукти, що містять полімери. Атмосферне осідання і перенос вітром також можуть доставляти мікропластик у віддалені або ізольовані водойми. Розпад макропластику під дією УФ-випромінювання, механічних дій, температурних змін й біорозклад є одним із головних шляхів утворення мікропластику. Сьогодні мікропластик виявляють навіть у тих водних середовищах, де раніше його не було, зокрема у високогірних озерах, арктичних водах та глибоководних районах океану. Це свідчить про глобальний характер проблеми та про те, що мікропластик розповсюджується завдяки атмосферним і гідрологічним процесам навіть у віддалені екосистеми.

Одним із ключових напрямів зменшення впливу мікропластику на водні екосистеми є удосконалення систем очищення стічних вод, зокрема впровадження технологій фільтрації, сорбції та мембранних процесів, що дозволяють ефективно вилучати дрібнодисперсні пластикові частинки перед їх потраплянням у водойми. Важливим кроком є регулювання джерел забруднення, яке включає заборону або обмеження використання мікрогранул у косметичних засобах, контроль промислових викидів, а також скорочення обсягів застосування одноразових пластикових виробів.

Перспективним напрямом вважається розробка новітніх технологій для видалення мікропластику - застосування сорбентів, наноматеріалів, біодеградаційних методів і сучасних інженерних рішень у системах очищення води [2]. Крім того, необхідно посилити моніторинг і стандартизувати методи дослідження мікропластику, створити відкриті бази даних щодо рівня забруднення та налагодити міжнародну наукову співпрацю для координації дій у боротьбі з цією проблемою, яка на сьогодні є глобальною.

ЛІТЕРАТУРА

1. Yang H., Chen G., Wang J. *Microplastics in the Marine Environment: Sources, Fates, Impacts and Microbial Degradation*. — *Toxics* (MDPI). 2021. Vol. 9, No 2. Article 41. URL: <https://www.mdpi.com/2305-6304/9/2/41>.
2. Dayal L., Yadav K., Dey U., Das K., Kumari P., Raj D., Mandal R.R. *Recent advancement in microplastic removal process from wastewater – A critical review*. — *Environmental Advances* (ScienceDirect). November 2024. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772416624000615>.

ЛІХЕНОІНДИКАЦІЙНІ МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

Залізняк Я. І.

Уманський національний університет, Україна

yana.bezusiak@gmail.com

Біоіндикаційні методи моніторингу довкілля сьогодні розглядаються як ефективний інструмент оцінки екологічного стану природних систем, оскільки вони дозволяють виявляти не лише наявність забруднювачів, а й їхній комплексний вплив на живі організми. Використання лишайників, мохів, водних макрофітів, мікроводоростей та ґрунтових безхребетних як біоіндикаторів забезпечує можливість оперативно оцінювати якість повітря, води та ґрунтів.

Ліхеноіндикація ґрунтується на екологічному законі індивідуальності видів. Кожен вид по-різному реагує на дію певних чинників середовища, зокрема й антропогенного походження. Для них характерні власні екологічні амплітуди, що охоплюють оптимальні, песимальні та летальні умови існування. Водночас серед різних організмів виокремлюються групи видів із подібними екологічними потребами, які формують певні угруповання (ценози). Тому для застосування лишайників як індикаторів необхідним є знання їхньої екології та особливостей реакції на зміни атмосферних умов. Використання лишайників як біоіндикаторів забруднення атмосферного повітря ґрунтується на припущенні, що зміни у довкіллі під впливом полутантів відображаються у стані живих організмів. Біоіндикація можлива тоді, коли організм демонструє специфічні реакції на різні рівні забруднювальних речовин. Проте одна й та сама реакція може бути зумовлена як дією окремого полутанта, так і їхньою сумішшю, а іноді й природними екологічними чинниками. Визначити синергетичний ефект кількох забруднювачів надзвичайно складно. Навіть у випадках, коли вдається встановити домінуючий вплив певного забрудника, залишається проблема кількісного визначення його концентрації, оскільки біоіндикатори не здатні відобразити цей показник безпосередньо. Лишайники широко застосовуються як біоіндикатори стану атмосферного повітря. Їхня індикаційна роль ґрунтується не на реакції на окремі забруднюючі речовини у визначених концентраціях, а на загальній чутливості до комплексного впливу забруднення. У ліхеноіндикаційних дослідженнях як субстрат використовують різні породи дерев. Для оцінки рівня атмосферного забруднення у межах міста, районного центру чи селища зазвичай обирають найбільш поширений у даній місцевості вид дерева. Територію населеного пункту поділяють на квадрати, у кожному з яких підраховують загальну кількість дерев та кількість особин, вкритих лишайниками. При аналізі стану повітря вздовж окремої магістралі, вулиці чи в парку описують лишайники, що зростають на деревах обабіч дороги або алеї, відбираючи кожне третє, п'яте чи десяте дерево. Для детального обліку на стовбурі закладають пробний майданчик розміром 10 × 10 см, обмежений дерев'яною рамкою та поділений тонкими дротиками на квадрати по 1 см². На цих ділянках фіксують видовий склад лишайників, визначають відсоток площі рамки, зайнятий кожним видом, а також оцінюють життєздатність талому (наявність плодових тіл, стан слані). На одному дереві зазвичай описують чотири пробні майданчики: два біля основи стовбура з протилежних боків і два на висоті 1,4–1,6 м. Дослідження можуть проводитися як за наявністю одного певного виду лишайників, так і шляхом обліку кількох видів у різних точках або визначення загального видового складу території. Окрім цього, враховують розміри розеток та ступінь покриття у відсотках. Повторюваність і щільність покриття оцінюють за п'ятибальною шкалою.

Результати численних досліджень, проведених у зонах розташування промислових підприємств та на прилеглих територіях, свідчать про чітку залежність між рівнем атмосферного забруднення та зменшенням кількості окремих видів лишайників. Висока чутливість цих організмів пояснюється їхньою нездатністю виводити з тканин поглинуті токсичні речовини, що зумовлює розвиток фізіологічних порушень і морфологічних змін.

ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ВЗУТТЯ НА РИНКУ УКРАЇНИ ТА ЄС

Омельченко Н. В.^{1,2}, Браїлко А. С.^{1,2}

*Державний заклад «Луганський національний університет
імені Тараса Шевченка», Україна*

*Громадська організація «Науково-дослідний центр Незалежна експертиза», Україна
natomen@gmail.com, anna.brailko@gmail.com*

На сучасному етапі євроінтеграції України важливим завданням є виведення вітчизняної продукції, зокрема взуття, на ринок ЄС. Ця галузь має експортний потенціал [1], однак потребує адаптації до європейських вимог якості та безпечності.

Важливу роль у цьому процесі відіграє гармонізація технічного регулювання між Україною та ЄС [2]. Технічне регулювання ЄС охоплює вимоги до матеріалів, екологічності, маркування (включно з СЕ-маркуванням), а також процедури оцінки відповідності. Європейський підхід ґрунтується на принципах: перенесення відповідальності за безпечність продукції на виробника, обов'язкове документальне підтвердження відповідності, забезпечення простежуваності через випробування в акредитованих лабораторіях та наявність технічної документації протягом 10 років з моменту виходу продукції на ринок.

Європейський підхід до технічного регулювання має низку характерних рис. Зокрема, основний акцент робиться на ринковий, а не попередній (доринковий) контроль. Відповідальність за дотримання вимог до продукції покладається не на державу, а безпосередньо на виробника. Останній зобов'язаний зберігати технічну документацію, яка підтверджує безпечність продукції, протягом 10 років після її виходу на ринок. До обов'язків виробника також належить самостійне виявлення потенційних ризиків, оцінка небезпек та декларування відповідності без обов'язкового залучення сторонніх органів сертифікації. При цьому він несе повну відповідальність за продукцію навіть за наявності сертифіката, виданого незалежною установою. Крім того, виробник має регулярно оновлювати технічну документацію у разі змін у продукції, бути здатним довести її відповідність основним вимогам ЄС, а також підтверджувати це документально. Європейське регулювання вимагає чіткого розподілу відповідальності між учасниками ланцюга постачання (принцип «один крок назад – один крок вперед»), а також забезпечення простежуваності шляхом проведення випробувань у визнаних (акредитованих) лабораторіях з належним метрологічним забезпеченням (EUROMET).

В рамках виконання Угоди про асоціацію, Україна зобов'язана поступово адаптуватися до системи технічних регламентів ЄС, яка базується на директивах, регламентах та гармонізованих стандартах [3]. Директиви визначають очікувані результати (наприклад, вимоги до маркування, конструкції, інструкцій), але не містять конкретних технічних рішень. Натомість регламенти мають пряму дію в усіх країнах ЄС, забезпечуючи уніфіковані правила [4]. Окрему увагу варто приділити ринковому нагляду – контролю безпечності продукції вже після її виходу на ринок [5]. У цьому процесі беруть участь усі економічні оператори: виробник, імпортер, дистриб'ютор та відповідальна особа [5; 6].

Для українських компаній, які не є резидентами ЄС, обов'язковою умовою є призначення уповноваженого представника в ЄС [6]. Також українським виробникам слід враховувати вимоги нового Регламенту ЄС №2025/40 [7] щодо упаковки та відходів пакування (PPWR), який передбачає обмеження надмірного пакування, вимоги

до маркування, переробки, використання вторинної сировини та звітності у рамках Розширеної відповідальності виробника (EPR).

Таким чином, система технічного регулювання взуття в ЄС базується на регламентах і директивах, які визначають ключові вимоги до продукції, послуг або виробничих процесів. Ці документи часто містять посилання на гармонізовані стандарти, які слугують орієнтиром для дотримання норм безпечності та якості. Після виведення продукції на ринок її відповідність вимогам перевіряється органами ринкового нагляду. Уся система складається з трьох основних компонентів: обов'язкових вимог до продукції, процедур оцінки відповідності та механізмів контролю за продукцією вже на ринку.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Омельченко Н. В., Браїлко А. С., Снігур А. О. Визначення потенційних ринків країн ЄС для експорту взуття українського виробництва. *Підприємництво і торгівля*. 2025. № 44. С. 137-151. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1256-2025-44-17>
2. Омельченко Н. В., Снігур А. О., Браїлко А. С. Особливості доведення відповідності взуття вимогам ЄС. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2025. № 3 (18). С. 95–104. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.18-15>
3. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони: Угода редакція від 30.11.2023 // База даних “Законодавство України” / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011
4. Gornet M., Maxwell W. The European approach to regulating AI through technical standards. *Internet Policy Review*. 2024. Volume 13. Issue 3. DOI: <https://doi.org/10.14763/2024.3.1784>
5. On market surveillance and compliance of products and amending Directive 2004/42/EC and Regulations (EC) No 765/2008 and (EU) No 305/2011: Regulation (EU) of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 № 2019/1020 // EUR-Lex home / European Union. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02019R1020-20240523>
6. On general product safety, amending Regulation (EU) No 1025/2012 of the European Parliament and of the Council and Directive (EU) 2020/1828 of the European Parliament and the Council, and repealing Directive 2001/95/EC of the European Parliament and of the Council and Council Directive 87/357/EEC: Regulation (EU) of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 № 2023/988 // EUR-Lex home / European Union. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/988/oj/eng>
7. On packaging and packaging waste, amending Regulation (EU) 2019/1020 and Directive (EU) 2019/904, and repealing Directive 94/62/EC: Regulation (EU) of the European Parliament and of the Council of 19 December 2024 № 2025/40 // EUR-Lex home / European Union. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2025/40/oj/eng>

ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ЕТАПІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ НАТУРАЛЬНИХ ШКІР

Туркот К. В., Мокроусова О. Р.

Державний торговельно-економічний університет, Україна
olenamokrousova@gmail.com

Протягом всього життєвого циклу товари у відповідній мірі впливають на навколишнє середовище, що є результатом формування екологічного аспекту, як елементу взаємодії довкілля та самого товару, під час етапів: «виробництво», «експлуатація» та «утилізація». На етапі життєвого циклу «Виробництво» під час отримання натуральних шкір можна досягнути підвищення рівня екологічності шляхом: раціонального використання природних ресурсів; застосування екологічно-безпечних матеріалів або виключення з технологічного процесу небезпечних речовин; впровадження ресурсозбережних, безвідходних, енергоощадних або інших видів технологій; повторного використання відходів або побічних продуктів виробництва, застосування енергоефективного та високопродуктивного обладнання.

Етап «Експлуатації або споживання» визначається властивостями шкір під час їх експлуатації у відповідному виробі. В зв'язку з цим взуттєві шкіри повинні бути за хімічними та фізико-механічними властивостями безпечними для здоров'я людини і не створювати небезпеку організму під час фізичних навантажень або температурному інтервалі. Підвищення рівня екологічності шкір на етапі «Утилізація» може бути досягнуто шляхом прискорення періоду розкладання в природі через зменшення в їх складі небезпечних матеріалів, підвищенні вмісту біологічно-активних та біорозкладних речовин тощо. Останні тенденції розвитку технологій виробництва натуральних шкір пов'язані з інтеграцією в технологічний процес екологічно-безпечних матеріалів, повного чи часткового виключення шкідливих матеріалів, впровадження принципів повторного використання стічних вод тощо. Наразі, відомо способи використання різнофункціональних матеріалів на основі модифікованого монтморилоніту для дублення, наповнювання та оздоблення натуральних шкір, що забезпечує зменшення кількості шкідливих матеріалів у їх виробництві, збільшення виходу шкір з одиниці маси сировини, підвищення якості та безпечності тощо. Запровадження цих дій дозволяє підвищити рівень екологічності натуральних шкір з категорії «Екологічно-прийнятні товари» – товари, що вносять екодеструктивні зміни у межах асиміляційних можливостей довкілля, які є економічно ефективними і екологічно безпечними при їх виробництві, споживанні та утилізації, до категорії «Екологічно-нейтральні товари» – товари, виробництво та споживання яких не руйнує довкілля. Однак, досягнення найвищого рівня екологічності натуральних шкір відповідно категорії «Екологічно-спрямовані товари», як товари, виробництво та споживання яких вносить позитивні зміни довкілля або дозволяє уникнути порушень складових біосфери, може бути пов'язано із реалізацією декількох напрямів, а саме: використання екологічно-безпечних матеріалів у виробництві шкіри та матеріалів на основі переробки відходів. Одним із напрямів реалізації таких завдань доцільно інтегрувати у виробництво принцип «відходи шкіри – в шкіру», що, загалом, зменшить кількість відходів в ланцюжку «шкіряна сировина – шкіра – взуття».

Розглянуті аспекти підвищення рівня екологічності натуральних шкір можуть бути використані для прогнозування екологічного рівня шкір під час етапів їх життєвого циклу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мокроусова О.Р., Андреева О.А., Охмат О.А., Ніконова А.В. Інноваційні підходи підвищення екологічності виробництва шкір. *Вісник ХНУ. Технічні науки*. 2018. № 5. С. 221-228.
2. Мокроусова О.Р., Андреева О.А., Гаркавенко С.С., Ніконова А.В., Охмат О.А., Паламар В.А. Оцінювання екологічності натуральних шкір як матеріалів біогенного походження. *Легка промисловість*. 2018. № 3. С.64-73.

РЕСУРСНО-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО МЕХАНІКО-БІОЛОГІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗМІШАНИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ

Перебинос А. Р.

Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна
perebynos.ar@knuba.edu.ua

Проблема ефективного управління побутовими відходами в Україні залишається однією з найгостріших екологічних і соціально-економічних викликів. В умовах реформування галузі, воєнного стану та обмежених фінансових ресурсів актуальним є впровадження технологій, що забезпечують високий рівень ресурсної ефективності за помірних витрат. Ресурсно-орієнтоване механіко-біологічне оброблення (МБО) змішаних побутових відходів є перспективним напрямом розвитку системи управління відходами в Україні [1]. Такий підхід узгоджується з ієрархією управління відходами, визначеною у Законі України «Про управління відходами» [2], та сприяє переходу до циркулярної економіки через максимальне вилучення вторинних ресурсів і зменшення частки відходів, що підлягають захороненню. Сутність ресурсно-орієнтованого підходу полягає у поєднанні механічного сортування, спрямованого на вилучення ресурсоцінних компонентів (полімери, метали, скло), та біологічної стабілізації органічної складової з утворенням технічного компосту. Технологічна схема включає поетапне просіювання, сепарацію металів, оптичне сортування полімерів і паперу, після чого залишкові відходи піддаються аеробній стабілізації в тунельних біореакторах або на вітрових грядках.

Ресурсно-орієнтована модель МБО має низку переваг, зокрема:

- **екологічних** – скорочення обсягів відходів, що підлягають захороненню, зменшення викидів метану та поліпшення санітарного стану полігонів;
- **економічних** – можливість поступового розширення існуючих сортувальних станцій, створення доданої вартості через продаж вторинної сировини;
- **соціальних** – створення робочих місць, підвищення рівня екологічної свідомості населення та довіри місцевих жителів до муніципальних екопроектів.

Ресурсно-орієнтоване МБО є оптимальною моделлю для українських громад у перехідний період під час євроінтеграції. Його впровадження сприятиме зменшенню навантаження на полігони, розвитку ринку вторинних ресурсів і підвищенню ефективності систем управління відходами. Ресурсно-орієнтована схема МБО також може стати базовим елементом інтегрованих регіональних систем управління відходами, передбачених Національним планом управління відходами до 2033 року [3], і відіграти провідну роль у реалізації принципів «зеленої» відбудови громад України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Favoino, E. (2020, June). Building a bridge strategy for residual waste: Material recovery and biological treatment to manage residual waste within a circular economy [Policy briefing]. Zero Waste Europe. URL: <https://zerowasteeurope.eu/library/building-a-bridge-strategy-for-residual-waste/>
2. Про управління відходами : Закон України від 20 черв. 2022 р. № 2320-IX // Відомості Верховної Ради України. – 2023. – № 4. – Ст. 30. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 15.10.2025).
3. Про затвердження Національного плану управління відходами до 2033 року та визнання такими, що втратили чинність, деяких актів : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2024 р. № 1353-р // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1353-2024-%D1%80> (дата звернення: 15.10.2025)

**КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ЗМЕНШЕННЯ КОРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ТА
ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД****Таврель М. І.***ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Україна**maryna.tavrel@mipolytech.education*

Прогресуюче виснаження природних ресурсів внаслідок антропогенної діяльності та усвідомлення загрози глобальної екологічної кризи через постійне зростання антропогенного навантаження на екосистеми сприяють теоретичним розробкам та практичному впровадженню моделей сталого розвитку. В умовах формування сталого суспільства концепція ресурсозбереження та мінімізації шкідливого техногенного впливу на гідросферу, біосферу та атмосферу є однією з найактуальніших. Очищення промислових стічних вод, яке забезпечує їхнє повторне використання в замкнених технологічних циклах або безпечний скид до природних водойм – одна з ключових умов екологічного благополуччя планети. Особливо гостро проблеми очищення стічних вод постають у вугільній промисловості, підприємства якої характеризуються великими об'ємами шахтних вод, що за низкою показників не відповідають чинним вимогам охорони поверхневих вод від забруднення. Внаслідок скидів шахтних вод до гідрографічної мережі щорічно надходить понад 2 млн т мінеральних солей. Основними забруднювачами шахтних вод є завислі речовини та неорганічні йони. Окрім цього, у такій агресивній воді спостерігається швидкий процес корозії металевих балок і обладнання. У сучасній промисловості корозія металів є однією з найактуальніших проблем, збитки від якої в промислово розвинених країнах сягають 5–10 % національного доходу. В Україні щорічна втрата в результаті корозійних процесів становить близько 100 млн грн. Значними є й непрямі збитки, серед яких – витрати на боротьбу з корозією та роботи з відновлення пошкодженого обладнання. У гірничій промисловості найчастіше використовують сталеві рамні кріплення як основний тип конструкцій для підтримки виробок. В Україні їх частка становить близько 90 % і найближчим часом ця цифра істотно не зміниться, оскільки зі збільшенням глибини розробки й ускладненням гірничо-геологічних умов зміщення порід помітно зростають, і тільки податливі конструкції сталевих кріплень можуть забезпечити у більшості випадків належний експлуатаційний стан гірничих виробок.

Існують різні способи боротьби з корозією. Ізоляція металу за допомогою нанесення захисних покриттів є найбільш поширеним методом. Основне призначення захисного покриття полягає у створенні бар'єрного шару, який перешкоджає доступу агресивних агентів до поверхні металевої конструкції та гальмує або унеможлиблює утворення продуктів корозії на межі «метал – покриття».

Щодо очищення води, то сьогодні практично всі схеми обробки шахтних вод (очищення та водопідготовка) включають різні комбінації таких методів, як біоочищення, йонний обмін, коагуляція, знезараження, окиснення, відстоювання, сорбція, фільтрація, флоатція. Можливі сотні поєднань зазначених методів, але лише невелика кількість з них придатна для промислового використання. До того ж деякі технології біохімічного та коагуляційного очищення не відповідають сучасним вимогам до якості води. Утворення значних обсягів осадів під час коагуляції потребує відведення великих площ для зберігання та утилізації відходів. Крім того, ці методи вимагають дорогих витратних матеріалів (фільтраційні завантаження, хімічні реагенти), великогабаритних водоочисних установок та високих експлуатаційних витрат, що обмежує їх застосування. Найслабшою ланкою технології є коагуляція. Серед коагулянтів найпоширенішими є солі алюмінію, використання яких супроводжується залуженням води та підвищенням її мінералізації.

Флокулянти, що вносяться для оптимізації та інтенсифікації коагуляції,

ситуацію не вирішують. Для середнього промислового підприємства коагулянт доводиться закуповувати у великих кількостях і транспортувати вагонами, що спричиняє значні витрати. З метою їх зниження коагуляцію іноді тимчасово виключають із технології, а наявні ємності використовують для природного відстоювання води. У результаті основне навантаження з очищення лягає на фільтри, які швидко виходять з ладу.

Альтернативою розв'язанню цієї проблеми є використання флокулянтів гуанідинового ряду. Привабливою властивістю таких флокулянтів для очищення шахтних вод є їхня добра розчинність та високий флокулюючий ефект. Найбільш доступним і вивченим є полігексаметиленгуанідин гідрохлорид (ПГМГ-ГХ), 30 % розчин якого випускається під торговою назвою «Акватон-10».

Для очищення шахтної води застосовували флотаційний метод, суть якого полягає у використанні властивостей поверхнево-активної речовини ПГМГ-ГХ адсорбуватися разом із забруднювачами на поверхні пухирців повітря (бульбашково-плівкова екстракція). Показано ефективність реагенту «Акватон-10» у зниженні мутності, кольоровості, видаленні важких металів, сульфат- та хлорид-йонів до значень, що відповідають санітарно-гігієнічним та екологічним вимогам до стічних вод, що дозволяє зменшити їхнє надходження в природні водойми.

Також ПГМГФ становить інтерес як антисептик для металу, що пригнічує корозійні процеси. Він має виражені поверхнево-активні властивості та високу адгезію як до гідрофільних, так і до гідрофобних поверхонь; завдяки наявності атомів азоту й фосфору ПГМГФ не має температури займання (звуглюється при 390...400 °С) [1]. Плівка полімерного антисептика ПГМГФ, нанесена на поверхню деревини, ізолює її від безпосереднього контакту з киснем повітря й доступу води в капіляри та пори, що дозволяє ефективно запобігати висолюванню антипіренів на поверхню. Захисний шар антисептика є бар'єром і для проникнення мікроорганізмів у поверхневий шар деревини повітряно-крапельним шляхом [2].

Результати досліджень динаміки біообростання дерев'яних брусків, оброблених антипіреном на основі суміші фосфатів і сульфатів амонію та антисептиком ПГМГФ, показали, що таке поверхнєве оброблення забезпечує високу ефективність біозахисту деревини [3]. З огляду на фізико-хімічні властивості антисептика, який ефективно перешкоджає проникненню повітря, вологи та мікроорганізмів у пори деревини, у подальших дослідженнях захисту металу від корозії доцільно розглянути застосування ПГМГФ як засобу проти біокорозії в шахтах, що є вкрай актуальним і важливим.

Отже комплексне вирішення проблеми очищення шахтних вод та запобігання корозії металоконструкцій є критично важливим для екологічної безпеки й сталого розвитку промисловості. Ефективне впровадження сучасних технологій, зокрема використання флокулянтів гуанідинового ряду та полімерних антисептиків, дозволяє зменшити антропогенний вплив на довкілля, підвищити довговічність обладнання й раціонально використовувати природні ресурси.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bactericidal compositions based on polyhexamethylene guanidine hydrochloride / Z. Ospanova et al. Chemical Bulletin of Kazakh National University. 2014. No. 1. P. 33. URL: https://doi.org/10.15328/chemb_2014_133-39
2. The influence of polyhexamethylene guanidine derivatives introduced into polyhydroxybutyrate on biofilm formation and the activity of bacterial enzymes / M. Swiontek Brzezinska et al. Applied Biochemistry and Microbiology. 2016. Vol. 52, no. 3. P. 298–303. URL: <https://doi.org/10.1134/s0003683816030170>
3. Synthesis and characterization of a guar gum-based flocculant and its flocculation-dewatering mechanism in coal mine wastewater / N. Li et al. International Journal of Biological Macromolecules. 2025. P. 142438. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.142438>

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ СПОЖИВНОГО ІНТЕРЕСУ НА РИНКУ СИНТЕТИЧНИХ МИЙНИХ ЗАСОБІВ

Жалдак М. П.¹, Полюга В. О.¹, Мокроусова О. Р.^{1,2}

1Державний торговельно-економічний університет, Україна

*2Київський національний університет технологій та дизайну
m.zhaldak@knute.edu.ua*

Сучасні екологічні проблеми, спричинені діяльністю людини, загострили питання забруднення водойм фосфатами. Використання безфосфатних мийних засобів (СМЗ) є ключовим кроком для зменшення цього навантаження. На відміну від звичайних порошків, які сприяють евтрофікації (надмірному росту водоростей), безфосфатні аналоги запобігають «цвітінню» води. Це, своєю чергою, забезпечує нормальний рівень кисню для водних організмів і підтримує якість питної води, не допускаючи утворення токсинів. Отже, перехід на безфосфатні СМЗ – це необхідний елемент екологічної відповідальності та стратегії сталого розвитку [1].

У більшості країн ЄС використання фосфатів у пральних порошках є неприпустимим, а суворі обмеження або повна заборона діють уже понад два десятиліття (зокрема, у Німеччині, Норвегії, Швейцарії та Австрії). Це реакція на їхню катастрофічну шкоду для довкілля через провокування масового «цвітіння» водоростей. Проте, український Технічний регламент [2], на відміну від європейської практики, все ще дозволяє вміст фосфатів до 5%. Це створює парадоксальну ситуацію на ринку: виробники однаково маркують як «безфосфатні» і продукти без фосфатів взагалі, і ті, що містять їх у межах допустимих 5%, що вводить споживачів в оману.

Подолання існуючих проблем вимагає розробки уніфікованої системи графічних символів для маркування пральних порошків, які відображатимуть їхнє призначення щодо конкретних видів тканин.

Уніфікація маркування забезпечить такі ключові переваги:

- зменшення часових витрат споживачів на ідентифікацію необхідного товару;
- гарантування недвозначного сприйняття функціонального призначення мийного засобу;
- встановлення єдиного стандарту, що сприятиме прозорості та ефективності відносин між суб'єктами ринку.

Єдині графічні символи дозволять торговельній марці ефективно комунікувати свою екологічну відповідальність та інноваційний підхід. Вони слугуватимуть наочним доказом того, що продукт є одночасно високоефективним і безпечним для природи. Особливо важливим є відображення інформації про безфосфатний склад (або вміст на мінімально допустимому рівні) та використання кисневого відбілювача, оскільки це підвищує екологічну освіченість споживачів і стимулює свідоме ставлення до вибору.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жалдак М., Полюга В., Мокроусова О. Поведінка споживачів у виборі пральних порошків. Товари і ринки. 2025. №53(1). с. 110-125.
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 20 серпня 2008 р. № 717 «Про затвердження Технічного регламенту мийних засобів» (2008). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/717-2008-%D0%BF#Text>

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

Жукова О. Г.¹, Прокопенко І. О.², Коломієць В. Г.³, Сорокопуд М. М.⁴
^{1,2,4}*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*
³*Київський національний університет технологій та дизайну, Україна*
elenazykova21@gmail.com

Вода – джерело життя та одна з найважливіших складових здоров'я. Упродовж тисячоліть людство шукало способи покращити якість питної води. З давніх фільтрів з піску та вугілля до сучасних автоматизованих систем підходи до очищення води пройшли величезний шлях.

Забезпечення доступу до якісної та чистої води є однією з ключових глобальних проблем сучасності, адже вода є фундаментальним ресурсом для підтримки життя на Землі. Забруднення природних водних джерел різними хімічними, біологічними та фізичними агентами, такими як бактерії, віруси, токсичні речовини, важкі метали та інші домішки, створює серйозні загрози для здоров'я населення, стабільності екосистем і розвитку сільського господарства. В Україні більшість питного водопостачання базується на використанні поверхневих водних ресурсів, які забезпечують близько 80% загального обсягу водозабору.

Проте значна частина річкових басейнів класифікується як забруднена або навіть дуже забруднена відповідно до існуючих санітарно-гігієнічних норм. Незважаючи на функціонування очисних споруд для підготовки питної води, застосовувані методи очищення та дезінфекції залишаються недостатніми для гарантування води належної якості, що відповідає сучасним стандартам безпеки.

Основними чинниками забруднення водних ресурсів є нестабільна та недостатньо ефективна робота очисних споруд, які застосовують традиційні методи, зокрема хлорування, та відсутність належної бар'єрної функції для усунення патогенних мікроорганізмів. У сучасній науково-технічній практиці все більше уваги приділяється розробці та впровадженню прогресивних технологій знезараження води, особливо з природних джерел. Серед найбільш перспективних підходів можна виокремити використання ультрафіолетового випромінювання, озонування, кавітації, імпульсного знезараження та сучасних наноматеріалів.

Окрім того, активно вдосконалюються системи фільтрації, які ґрунтуються на застосуванні різноманітних сорбентів та мембранних структур. Паралельно тривають розробки новітніх хімічних методів очищення води, що мають потенціал бути як високоефективними, так і екологічно безпечними для використання у промислових масштабах і дрібних господарствах. Всі зазначені напрями досліджень і технологічного розвитку спрямовані на створення умов для забезпечення людства достатнім обсягом якісної та безпечної води. Завдяки цьому вони набувають значної соціальної та екологічної ваги, залишаючись актуальними в умовах сучасного світу. Аналіз стану водопостачання населення свідчить про несприятливу епідеміолого-гігієнічну ситуацію з якістю питної води. У цьому контексті розробка ефективних методів її знезараження виступає як одне з найбільш важливих завдань сьогодення.

Сучасна система контролю якості води в Україні ґрунтується на детальному аналізі хімічних та мікробіологічних показників з їхньою перевіркою на відповідність нормативним стандартам. Окрім базового фізико-хімічного аналізу, що охоплює такі параметри, як жорсткість, сухий залишок та інші складові, нові регулювання передбачають додаткові дослідження для виявлення специфічних забруднюючих речовин у воді.

Основні засади оцінювання якості питної води в Європі базуються на збереженні екологічного балансу та раціональному використанні прісної води, враховуючи економічні аспекти. Проблема деградації водних ресурсів через антропогенний вплив залишається актуальною навіть у розвинених країнах.

У США особливу увагу приділяють проблемам забруднення води, особливо у сільських районах. Тут діють суворі заходи контролю, удосконалюється законодавча база, а підприємства, які є джерелами забруднення, зобов'язані сплачувати значні штрафи. Контроль за якістю води забезпечується низкою урядових та наукових організацій.

У Нідерландах контроль якості питної води здійснюється з використанням показника максимально допустимого рівня небезпеки (МНР), що забезпечує ефективний захист водних екосистем. Підприємства-забруднювачі суворо дотримуються норм скидів, уникаючи шкоди джерелам питної води.

У Франції дозволяється брати воду для споживання з поверхневих джерел, розташованих за межами скиду стічних вод від підприємств. Це сприяє природному очищенню стоків і стимулює компанії зменшувати негативний вплив на довкілля. Уся вода, що використовується населенням у різних цілях, повинна відповідати встановленим санітарним нормам.

Таблиця 1. Вимоги щодо якісних показників питного водопостачання

Показники	Директива 98/83 ЄС	ВООЗ	ДСТУ 7525:2014
Водневий показник, рН	6,5–8,5	6,5–8	6,5–8,5
Окиснюваність, мг/л	5	-	5
Мінералізація, мг/л	1500	600	1000
Твердість, ммоль/дм ³	12	-	7,0
Натрій, мг/л	200	200	200
Магній, мг/дм ³	80	-	80
Хлориди, мг/л	200	250	250
Залізо, мкг/дм ³	200	200	200
Нітрати, мг/л	50	50	50
Сульфати, мг/дм ³	250	250	250
Кадмій, мг/дм ³	5	3	1
Пестициди, мг/дм ³	0,5	-	0,5
Феноли, мг/дм ³	1	1	1
Нітрити, мг/л	0,5	3	0,5

Перший стандарт якості питної води в Європі було прийнято ще у 1937 році в СРСР під назвою «Тимчасовий стандарт якості водопровідної води». До 2000 року якість води регламентувалась нормативом ДСТ 2874-82 «Вода для пиття. Гігієнічні вимоги й контроль якості». У 2000 році було запроваджено Державні санітарні правила й норми (ДСанПН) № 383-96 «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання», які регулюють стандарти для централізованих систем водопостачання, питних і побутових потреб та виробництва харчових продуктів. У 2014 році ухвалено новий стандарт ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості», що вдосконалив підходи до забезпечення високих показників якості питної води.

Склад і співвідношення розчинених та диспергованих компонентів у природній питній воді можуть варіюватися, проте не мають перевищувати встановлених нормативними документами гранично допустимих концентрацій (ГДК) для окремих компонентів. Водночас, їхній рівень не повинен бути нижчим за санітарно-гігієнічні норми для життєвоважливих мінеральних солей і мікроелементів.

**Таблиця 2. Показники епідемічної безпеки питної води згідно
ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для
споживання людиною»**

Показник	Нормативи для питної води		
	Нормативи для питної води	з колодязів та каптажів джерел	фасованої
Мікробіологічні показники			
Загальне мікробне число при t 37 °C – 24 год*, КУО/см ⁻³	≤100	не визначається	≤20
Загальне мікробне число при t 22 °C – 72 год, КУО/см ⁻³	не визначається	не визначається	≤100
Загальні коліформи***, КУО/ 100 см ⁻³	відсутність	≤1	відсутність
E.coli***	відсутність	відсутність	відсутність
Ентерококи***, КУО/ 100 см ⁻³	відсутність	не визначається	відсутність
Синьогнійна паличка (Pseudomonas aeruginosa), КУО/ 100 см ⁻³	не визначається	не визначається	відсутність
Патогенні ентеробактерії, наявність в 1 дм ⁻³	відсутність	відсутність	відсутність
Коліфаги****, БУО/дм ⁻³	відсутність	відсутність	відсутність
Ентеровіруси, аденовіруси, антигени ротавірусів, реовірусів, вірусу гепатиту А та інші, наявність в 10 дм ⁻³	відсутність	відсутність	відсутність
Паразитологічні показники			
Патогенні кишкові найпростіші: ооцисти криптоспоридій, ізоспор, цисти лямблій, дизентерійних амеб, балантидія кишкового та інші, клітини, цисти в 50 дм ⁻³	відсутність	відсутність	відсутність
Кишкові гельмінти, клітини, яйця, личинки в 50 дм ⁻³	відсутність	відсутність	відсутність

*Примітка: *Для 95% проб води, відібраних з водопровідної мережі, що досліджувались протягом року. **Через 10 років з часу набрання чинності Санітарними нормами. ***Для 98% проб води, відібраних з водопровідної мережі, що досліджувались протягом року. ****Визначають додатково у питній воді з поверхневих вододжерел у місцях її надходження з очисних споруд в розподільну мережу, а також в ґрунтових водах.*

ЛІТЕРАТУРА

1. Жукова О., Старжинський П. (2025). Війна та її наслідки для поверхневих водойм. *Техніка будівництва*. 2025. (42). С. 163–168. <https://doi.org/10.32347/tb.2025-42.0518>
2. Негода Н., Жукова О. Кордуба І. (2025). Характеристика основних порушень функціонально-планувальної структури урбоєкосистем внаслідок антропогенного навантаження. *Техніка будівництва*. 2025. (42). С. <https://doi.org/10.32347/tb.2025-42.0516>
3. Nemerow L., Franklin J., Sullivan P., Salvato A. Environmental Engineering: Water, Wastewater, Soil and Groundwater Treatment and Remediation: sixth edition. Inc. by John Wiley & Sons. 2009. P. 383.
4. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 р. про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.

ФАКТОРИ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Жукова О.Г., Старжинський П. С., Прокопенко І. О., Ратушний В. С.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна
elenazykova21@gmail.com

У сучасних умовах глобальної урбанізації, що супроводжується створенням нових природно-антропогенних екосистем та зростанням негативного впливу людської діяльності, міське середовище стає осередком значної концентрації населення та ксенобіотичних речовин. Із підвищенням рівня урбанізації все більшу роль відіграють такі чинники, як місце розташування, міграційні процеси, рівень розвитку інфраструктури тощо.

Серйозною проблемою для розвитку урбоєкосистем залишається нестабільність у зростанні чисельності населення та постійне розширення міських територій. Така динаміка спричиняє деградацію довкілля та підвищення рівня захворюваності серед мешканців. У деяких країнах площі, зайняті містами, доволі значні: у Данії – 11%, в Англії – 12%, у Бельгії – 28%. Розширення таких територій створює низку викликів, зокрема пов'язаних із забезпеченням екологічної рівноваги між природним та антропогенним середовищем.

Кінець XX – початок XXI століття відзначається значним погіршенням екологічної ситуації на планеті. Однією з ключових передумов екологічно безпечного розвитку природних і соціально-економічних систем є раціональне природокористування, яке передбачає ефективну організацію використання водних ресурсів. Це має забезпечити сталий розвиток, а також збереження водно-ресурсного потенціалу на тривалий період часу. Водночас XIX століття стало періодом значних негативних змін у навколишньому середовищі, спричинених неконтрольованим використанням природних багатств, активним розвитком промисловості та транспорту. Ці процеси призвели до збільшення споживання води та посилення її забруднення. Особливо помітним цей вплив став за останні 50 років, коли антропогенне втручання у водний цикл планети набуло глобальних масштабів.

Ситуація суттєво ускладнилася з початком військових дій, що значно посилило екологічну небезпеку не лише в зонах з інтенсивним антропогенним навантаженням, але й на всій території країни. Військова агресія негативно впливає на довкілля та умови життя населення. Вона супроводжується руйнуванням і забрудненням природного середовища, втратою природних ресурсів, зміною ландшафтів, а також суттєвими пошкодженнями підприємств, критичної інфраструктури, очисних споруд, систем газо- та теплопостачання. Крім того, відбувається забруднення атмосфери, ґрунтів, підземних і поверхневих водойм, а також зменшення біорізноманіття та інші негативні наслідки.

Основною причиною погіршення якості води та її невідповідності стандартам, ймовірно, є зношене очисне обладнання та старі трубопроводи, які не гарантують безпеки вживання води. Згідно з останніми дослідженнями, в Україні 50% водопровідних мереж знаходяться у зношеному або аварійному стані. Це, у свою чергу, спричиняє проблеми зі здоров'ям населення та негативно впливає на якість і тривалість життя. Наразі серед усіх джерел водопостачання відсутні повністю безпечні джерела питної води. Більша частина населення України використовує воду з централізованих систем водопостачання — це 99,1% міського населення та 89,8% в селищах.

На якість води для споживачів впливають кілька чинників, серед яких важливу роль відіграє якість води у джерелах водозабору. Цей показник залежить від рівня

забрудненості води та загальної екологічної ситуації, а також від того, наскільки якісно вона піддається очищенню під час підготовки. На жаль, через військові дії ситуація з якістю питної води в усіх регіонах країни значно загострилася. Погіршилася екологічна ситуація у водоймах, а ефективність процесів очищення та знезараження води знизилася.

Забруднення водних об'єктів відбулося внаслідок потрапляння у них нафтопродуктів, продуктів горіння, важких металів після вибухів, залишків токсичних речовин, ракетного пального чи через затоплення територій після руйнування гребель.

Усі ці фактори спричиняють хімічне забруднення поверхневих водойм тривалої дії. Масштабні наслідки продовжують завдавати шкоди екосистемі країни.

На рисунку 1 представлено функціональну залежність впливу антропогенних та військових факторів на якісні показники питного водопостачання населеного пункту.



Рисунок 1. Функціональна залежність впливу антропогенних та військових факторів на якісні показники питного водопостачання населеного пункту

ЛІТЕРАТУРА

1. Жукова О., Старжинський П. (2025). Війна та її наслідки для поверхневих водойм. *Техніка будівництва*. 2025. (42). С. 163–168. <https://doi.org/10.32347/tb.2025-42.0518>
2. Nemerow L., Franklin J., Sullivan P., Salvato A. *Environmental Engineering: Water, Wastewater, Soil and Groundwater Treatment and Remediation: sixth edition*. Inc. by John Wiley & Sons. 2009. P. 383.
3. Старжинський П., 1. Жукова О. Оцінка рівня антропогенного навантаження басейну річки Дніпро в межах міста Київ. *Build-Master-Class-2024: International scientific-practical conference of young scientists*, Kyiv, 05-07 november 2024. Kyiv: KNUCA, 2024. С. 239-240

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПИТНОЇ ВОДИ

Грідяєв В. В., Зінченко Є. В.

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету, Україна
vladimir493@ukr.net

Класичний метод знезараження води – хлорування газоподібним хлором використовується з початку ХХ ст. Молекулярний хлор у воді утворює хлорноватисту кислоту (НОСІ), яка знищує бактерії та віруси. До недоліків хлорування питної води відносять такі:

- токсичність газоподібного хлору для людей та довкілля при аварійному витоку;
- складність транспортування і зберігання (балони під тиском);
- неможливість отримання на місці – потрібні поставки.

Сучасна альтернатива хлору – гіпохлорит натрію (NaOCl). У воді NaOCl також, як і хлор, утворює НОСІ [1,2]. До переваг використання гіпохлориту натрію перш за все відносять його безпечність по відношенню до людей і довкілля та зберігання у звичайних ємностях, без тиску. Варто зазначити, що на відміну від хлору, гіпохлорит натрію можна виготовляти безпосередньо на станції водопідготовки (електроліз хлориду натрію), що значно спрощує його транспортування.

Аналіз літературних даних свідчить про те, що використання NaOCl для знезараження питної води також має суттєвий недолік – зменшення його стабільності при довгому зберіганні (розкладання під дією світла та температури). Отже при зберіганні гіпохлориту натрію необхідно додатково передбачати контроль його поточної концентрації.

Проте, як при використанні газоподібного хлору, так і при застосуванні гіпохлориту натрію, у питній воді утворюються хлорорганічні сполуки, багато з яких мають токсичні, мутагенні, канцерогенні та тератогенні властивості, а також здатність до накопичення в організмі. Це, у свою чергу, суттєво підвищує ризик розвитку різноманітних, зокрема онкологічних, захворювань [2].

Аналіз літературних джерел показав, що відносно більш екологічно безпечним є застосування у водопідготовці діоксиду хлору. Цей спосіб знезараження має істотні переваги у порівнянні із традиційним хлоруванням зокрема, більший біоцидний ефективності і відсутності утворення хлорорганічних сполук [2,3].

Таким чином, подальші дослідження авторів будуть спрямовані на визначення оптимальних параметрів процесів первинного та завершального знезараження води діоксидом хлору з урахуванням діючої технології водоочищення на прикладі одного з існуючих підприємств водопідготовки, з метою підвищення екологічної безпеки водоспоживачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hruzdieva O. V., Pozdniakova U. O., Holub V. V. Оцінка ефективності процесу знезараження питної води хлорвмісними сполуками в умовах міськводоканалу. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2024. Т. 32. №1. С. 171-182.
2. Шушковська С. В. Хлорорганічні сполуки у питній воді та їх вплив на здоров'я Населення. *Гігієна населених місць*. 2011. № 58. С. 88-103.
3. Бабієнко В. В., Мокієнко А. В. Знезараження води : курс лекцій. Одеса : Прес-кур'єр, 2022, с. 276.

**ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОГО ВІТЧИЗНЯНОГО
ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ****Боровик П. М., Шемякін М. В., Удовенко І. О.***Уманський національний університет, Україна**borovikpm@gmail.com*

Сучасне вітчизняне землекористування, переважно спрямоване на отримання максимальної вигоди за обмежений період часу, спричинило значні загрози не тільки для навколишнього середовища, але й, без перебільшення, для сталого розвитку людської цивілізації.

Однією з таких проблем є деградація ґрунтового покриву та земельних ресурсів, загалом. Причинами цього явища є, насамперед, надмірний рівень розораності українських земель, засолення і зневоднення ґрунтів окремих регіонів, ерозійні процеси, забруднення земельних площ агрохімічними, техногенним відходами а також мінування, забруднення і пошкодження земель в результаті військових дій на території України. Крім того, варто зауважити, що, ґрунтова ерозія щорічно знищує мільйони тонн верхнього, родючого шару землі. Така ситуація, звісно, загрожує як продовольчій безпеці нашої держави, так і прибутковості аграрного бізнесу, а також формує значні загрози для майбутніх поколінь [1].

Не менш бентежною є проблема нераціонального освоєння та надмірної урбанізації окремих територій. Неконтрольоване розширення площі мегаполісів, територій промислових підприємств, складських споруд, територій переїздів і транспортних розв'язок за рахунок аграрних угідь та просторів природних екосистем не тільки скорочує площі ефективних агроземель, але також порушує біобаланс окремих територій, нерідко спричиняє зміну мікро- та макроклімату і зумовлює недопустиме зростання рівня забрудненості довкілля [1].

Крім того, суттєвою проблемою для вітчизняного сільськогосподарського землекористування є невважене, часто надмірне використання аграріями мінеральних добрив, гербіцидів, пестицидів та засобів захисту рослин. Такі дії з боку сільськогосподарських товаровиробників зумовлюють масштабні ґрунтові забруднення та зростання розмірів витрат на ґрунтооновлення і поліпшення ґрунтів [1].

Крім того, такі ж витрати спричиняють неконтрольовані викиди на територіях місцевих територіальних громад промислових відходів і скидів різноманітних токсичних речовин. Необхідно зазначити, що в результаті систематичних подібних забруднень деградовані земельні ресурси можуть втратити здатність самовідновлюватись, а з часом безконтрольні процеси забруднення довкілля додатково погіршують їх стан, нерідко роблячи деградацію земельних ресурсів незворотною [1].

Вирішення перелічених проблем потребує комплексного підходу зі сторони держави, який би передбачав не лише екологізацію землекористування, тобто перехід до моделі використання земель, яка б поєднувала їх продуктивне використання та природну збалансованість, впровадження органічного землеробства, ґрунтозахисних технологій, періодичної рекультивації порушених і деградованих земель, але й екологізацію самої системи природничої освіти, а також формування культури дбайливого ставлення до землі, природних багатств та зовнішнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Непочатенко О.О., Колотуха С.М., Боровик П.М., Гузар Б.С. Земельні відносини та фінансові аспекти їх розвитку. *Економіка АПК*. 2017. № 6. С. 42-52.

АНАЛІЗ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

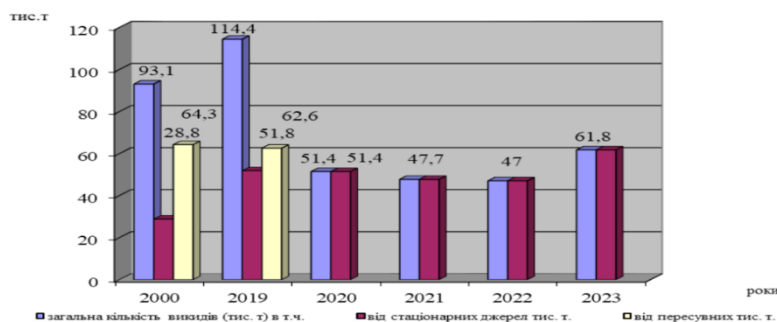
Хоменко О. М., Петров В. О.

Черкаський державний технологічний університет, Україна

o.khomenko@chdtu.edu.ua

Джерелами забруднення атмосферного повітря Черкаської області є стаціонарні та пересувні джерела. Згідно даних Головного управління статистики в Черкаській області до атмосферного повітря Черкаської області в 2023 році надійшло 61,8 тис. тонн викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел забруднення, що на 14,8 тис. тонн більше в порівнянні з попереднім роком. Збільшення обсягів викидів забруднюючих речовин до атмосферного повітря обумовлено зростанням викидів від основних підприємств-забруднювачів Черкаської області, серед яких найбільший вклад вносить ПрАТ «Черкаське хімволокно» ВП «Черкаська ТЕЦ», що збільшило обсяги використання вугілля із вмістом сірки.

Динаміку викидів забруднюючих речовин до атмосферного повітря Черкаської області від стаціонарних джерел забруднення упродовж 2000-2023 р.р. наведено на рисунку.



**Рисunek. Динаміка викидів забруднюючих речовин до атмосферного повітря
Черкаської області**

На основі аналізу рисунку можна зробити висновок, що починаючи з 2019 року спостерігається стійка тенденція до скорочення загального обсягу викидів забруднюючих речовин до повітря області, проте в 2023 році відбулось зростання обсягів викидів до 61,8 тис.тонн. Слід зазначити, що Черкаська ТЕЦ посідає перше місце серед підприємств - забруднювачів атмосферного повітря області з часткою викидів від загального обсягу - 36,6 %. До найбільш вагомих викидів від Черкаської ТЕЦ відносяться: викиди оксидів сульфуру (IV), оксидів нітрогену, оксидів карбону і важких металів, до яких відноситься As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn та V у випадку використання мазуту. До менш вагомих викидів забруднюючих речовин відносяться викиди неметанових летких органічних сполук, CH₄ - метану, N₂O - оксидів нітрогену (I), CO - оксидів карбону (II) та NH₃ - аміаку. Упродовж 2019 – 2022 р.р. ПрАТ «Черкаське хімволокно» входило до сотні найбільших промислових підприємств забруднювачів атмосферного повітря України за даними перевірок Державної екологічної інспекції України. Комплексний індекс забруднення атмосфери (ІЗА) для м. Черкаси в 2023 р. складав 6,54, що характеризується як підвищений рівень забруднення атмосферного повітря (при ІЗА даного рівня забруднення від 5 до 7).

Зменшенню антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище сприятиме збільшення обсягів використання нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії. До таких нетрадиційних джерел енергії відносяться сонячна енергія, вітрова енергія та біопаливо, які можна використовувати як для опалення та постачання теплої води населенню, так і виробництва електроенергії.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА СТАН ҐРУНТІВ УКРАЇНИ**Хоменко О. М., Федченко Б. І.***Черкаський державний технологічний університет, Україна**o.khomenko@chdtu.edu.ua*

Під час військових дій забруднення ґрунтів відбувається переважно важкими металами, зокрема свинцем, цинком, хромом, кадмієм тощо. Такі важкі метали є домінуючими у спектрі воєнно-техногенного забруднення ґрунтового покриву. Згідно аналізу результатів досліджень проб ґрунту із території бойових дій, що проведені Сумською та Харківською філіями державної установи «Держґрунтохорона», можна зробити висновок про перевищення щодо вмісту валових форм важких металів у межах 1,1 – 15,5 разів у порівнянні з фоновими значеннями. Причому встановлено, що найбільшими перевищеннями є вміст свинцю (Pb), а найменшими – вміст заліза (Fe). Для мангану (Mn) зафіксовано перевищення ГДК від 2,3 до 2,4 разів; для цинку (Zn) – від 1,8 до 51 разів.

На характер поведінки важких металів, а також вибухових сполук, після їх надходження до ґрунту, в значній мірі впливають як фізико-хімічні, так і біологічні фактори ґрунтового середовища. Ці фактори обумовлюють швидкість їх міграції в ґрунті, а їх рухливість в ґрунтовому середовищі визначається мінералогічним та гранулометричним складом ґрунту.

Важливим фактором впливу на швидкість міграції забруднюючих речовин у ґрунтовому середовищі є водний режим. Ґрунти здатні до вибіркового поглинання, тобто адсорбції, важких металів, що залежить від площі поверхні ґрунту, яка безпосередньо реагує з металом.

На рухливість важких металів та вибухових речовин також в значній мірі впливає наявність рослинного покриву на територіях воєнно-техногенного навантаження, оскільки рослини характеризуються здатністю до зменшення міграції забруднюючих речовин до підземних вод. З цією метою найкраще висаджувати багаторічні дерева, зокрема верби (*Salix* sp.) і тополі (*Populus* sp.), коренева система яких здатна на перших етапах затримувати міграцію забруднюючих речовин.

З метою встановлення впливу військових дій на стан ґрунтів є розробка методик та критеріїв оцінки рівня та ступеню пошкодженості ґрунтів. Одним із сучасних методів визначення пошкодження ґрунту є використання супутникових знімків та їх дешифрування.

Після визначення ступеню пошкодженості ґрунту внаслідок бойових дій постає питання щодо відновлення. Цей процес називається рекультивацією – перетворення забруднених ґрунтів до придатних для подальшого використання. Причому від характеру, цільового призначення ділянки, що підлягає відновленню, а також рівня її забруднення залежить вибір технологій відновлення ґрунту. Для прикладу, фахівці Центру екологічних ініціатив «Екодія» розробили п'ять етапів проведення аналізу ґрунту внаслідок бойових дій, перед вибором технологій їх відновлення: I етап включає ідентифікацію земель, що пошкоджені внаслідок військових дій; II етап включає ідентифікацію факторів, що впливають на рівень пошкодження, зокрема переміщення техніки, маневри військ тощо; III етап включає визначення типів та наслідків впливу на ґрунтове середовище, а саме механічний, фізичний та хімічний; IV етап включає оцінювання рівня забруднення ґрунту вже в результаті визначеного в попередньому етапі впливу, зокрема оцінку засміченості території осколками; V етап включає безпосереднє оцінювання рівня забруднення ґрунтів.

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ М. СМІЛА ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ ШЛЯХІВ ЇЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ

Хоменко О. М., Шаплюк А. В.

Черкаський державний технологічний університет, Україна

o.khomenko@chdtu.edu.ua

Водопостачання та водовідведення в місті Сміла Черкаської області здійснює комунальне підприємство «ВодГео» (КП «ВодГео»), що підпорядковується Департаменту міського господарства Смілянської міської ради. До основних завдань КП «ВодГео» відноситься надання послуг із постачання водою для системи централізованого водопостачання м. Сміла, характерною особливістю якого є відсутність поверхневих джерел для питного водозабезпечення, а також досить низька забезпеченість експлуатаційними запасами підземних вод. В зв'язку з цим водопостачання міста здійснюється за рахунок видобутку підземних вод ділянки Смілянського родовища, яка розташована у південно-східній частині Черкаського району. Причому КП «ВодГео» експлуатує 27 артезіанських свердловин, що розташовані в лісовому масиві с. Білозір'я Черкаського району. Ділянка насосної станції підприємства відноситься до V класу небезпеки з розмірами санітарно-захисної зони (СЗЗ) в 50 м у відповідності до Державних санітарних норм і правил планування та забудови населених пунктів. Оскільки в межах СЗЗ не має житлових забудов, то вплив експлуатації насосної станції підприємства на атмосферне повітря є допустимим.

Нами проведено експериментальні дослідження зразків води Смілянського родовища на базі лабораторії КП «ВодГео», аналіз результатів яких встановив, що якість води відповідає нормативам ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» щодо більшості показників. Але слід зазначити, що концентрація іонів амонію (NH_4^+) та вміст феруму загального не відповідає значенням гранично-допустимих концентрацій (ГДК), особливо значне перевищення встановлено щодо вмісту Fe – до $1,0 \text{ мг/дм}^3$. Це може бути обумовлено застарілістю водопровідних мереж, проте на даний час підприємством ведеться досить активна робота по заміні аварійних труб на нові в рамках одержаного міжнародного гранту: Смілянською міською територіальною громадою в 2024 році одержано європейський грант на суму понад 16 млн гривень з метою модернізації та удосконалення системи водопостачання та водовідведення м. Сміла. З метою зменшення концентрації феруму загального у питній воді на Смілянському водозаборі встановлено станцію знезалізнення.

Слід зазначити, що підприємство з метою знезараження питної води використовує метод її хлорування за допомогою гіпохлорит натрію марки «Б» та гіпохлорит натрію, що виготовляється на блочній установці ЭГР-100 «Сиваш». Дана установка характеризується потужністю утворенням 25 кг активного хлору на добу. Проте метод хлорування питної води характеризується рядом недоліків, до яких відноситься утворення хлорорганічних сполук (ХОС), небезпека яких полягає у надходженні до організму людини канцерогенних сполук, які призводять до онкологічних захворювань. До одних із шляхів вирішення цієї проблеми є використання альтернативних методів знезараження води, до яких слід віднести озонування, що є досить ефективною та екологічно безпечною технологією очищення води. Також слід зазначити, що дана технологія досить широко використовується в європейських країнах під час підготовки питної води як із поверхневих, так і з підземних джерел водопостачання, що обумовлено високою окислювальною здатністю та активною знезаражувальною дією озону.

КОНОПЛЯНИЙ БЕТОН ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ СТАЛОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ

Григорчук О. М., Тарасевич В. І., Лютий В. О.

*Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна
hryhorchuk.om@knuba.edu.ua; tarasevych.vi@knuba.edu.ua; liutyi_vo-2024@knuba.edu.ua*

Сьогодні людство стоїть перед нагальною необхідністю переосмислення підходів до будівництва та використання ресурсів. Зміна клімату, енергетична нестабільність та забруднення довкілля висувають нові вимоги до будівельного сектору – галузі, яка є однією із найбільших споживачів природних ресурсів та джерелом значного обсягу викидів парникових газів. Наша країна, перебуваючи у складних умовах, долатиме період відбудови після масштабних руйнувань і має унікальну можливість застосовувати інноваційні, екологічно орієнтовані технології, закладаючи підґрунтя для сталого розвитку. У цьому контексті використання конопляного бетону – біокомпозитного матеріалу на основі технічної коноплі та вапняного в'язучого становить значний інтерес як з екологічного, так і з соціально-економічного погляду. Разом із тим, вітчизняна наукова та нормативна база з цього питання залишається недостатньо розвиненою. Це підкреслює потребу у цілеспрямованому дослідженні властивостей матеріалу, вивченні досвіду зарубіжних країн та формуванні умов для його впровадження на національному рівні. Ми проаналізували ключові властивості та експлуатаційні переваги конопляного бетону як інноваційного будівельного матеріалу, оцінили перспективи його застосування в умовах України: низька теплопровідність ($\lambda = 0,06 - 0,12 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$) у поєднанні із високою теплоємністю ($c = 1000 - 1700 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$) забезпечують конкурентну теплоізоляцію й теплову інерцію у приміщенні; пористість костри та вапно дають буфер вологи, підтримуючи 40 – 60 % відносної вологості, запобігаючи появі плісняви й грибків; протягом життєвого циклу матеріал поглинає більше CO_2 завдяки секвестрації рослинами та карбонізації вапна; вирощування технічної коноплі можливе без використання інтенсивних хімікатів; через мінеральне в'язуче матеріал практично негорючий (клас залежить від рецептури та товщини); лужність вапна перешкоджає плісняві, грибкам, комахам та гризунам; невелика щільність ($200 - 400 \text{ кг/м}^3$) зменшує навантаження на фундамент, що вигідно для каркасних і модульних систем.

Конопляний бетон є одним із найбільш перспективних будівельних матеріалів у контексті переходу до екологічно відповідального та енергоефективного будівництва. Його використання в Україні має значний потенціал завдяки сприятливим природно-кліматичним умовам та потребі у відновленні зруйнованої інфраструктури [2]. Для реалізації цього потенціалу необхідна комплексна стратегія, що охоплює: розвиток аграрної та переробної бази; розробку національних державних будівельних норм (ДБН); підтримку інноваційних проєктів; інтеграцію результатів наукових досліджень у практику. Конопляний бетон – це не лише про стіни та будівлі. Це про майбутнє, яке ми будуємо своїми руками. Майбутнє, де комфортне житло не шкодить планеті, а енергія природи працює на благо людей. І це майбутнє починається вже сьогодні [1].

ЛІТЕРАТУРА

1. Григорчук О. М. Переваги та перспективи використання конопляного бетону в енергоефективному будівництві / О. М. Григорчук, І. Светашов, В. Лютий // Green construction (Зелене будівництво) : Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. – Київ : КНУБА, 2025. – с. 103 – 107.
2. Ратушняк О. Г., Бікс Ю. С., Кавецький В. В. Організаційно-економічні засади використання технічної коноплі в будівництві як один з напрямків інноваційної та екологічної відбудови України // Innovation and Sustainability. 2024. № 2. С. 44–52.

ВПЛИВ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ НА КІЛЬКІСНІ ТА ЯКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Старжинський П. С.¹, Прокопенко І. О.¹, Богомазюк Б. П.¹, Коломієць В. Г.²

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

² Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

pavlostarzhynskiy@gmail.com

Активна урбанізація в Україні посилює антропогенне навантаження на водні ресурси, впливаючи на гідрохімічний режим і екологічний стан поверхневих вод. Міські водогосподарські системи істотно формують якість води, однак кількісна оцінка їхнього впливу все ще недостатньо розроблена [1].

Урбанізовані території генерують точкові (випуски з очисних споруд, промислові стоки) та дифузні (поверхневий стік, транспорт, будівництво) джерела забруднення. Це веде до зростання концентрацій завислих, біогенних і органічних речовин у річкових водах, знижуючи самоочисну здатність і створюючи ризики для здоров'я населення [2]. На одного мешканця припадає близько 100 г завислих і розчинених речовин у стоках щодоби (табл. 1).

**Таблиця 1. Середній вміст компонентів у господарсько-побутових стоках міст
(г/добу на одного мешканця)**

Компонент	г/добу	Компонент	г/добу
Азот амонійний	7–8	Калій	3,0
Хлоридні іони	8,5–9,0	Окиснюваність (за Кубелем)	5,0–7,0
Сульфатні іони	1,8–4,4	БСК ₅	30–50
Фосфор мінеральний	1,5–1,8	Завислі речовини	35–50

Ключовими чинниками погіршення якості води є зношені каналізаційні мережі (понад 24 % у критичному стані, до 2 аварій/км·рік) та обмежена ефективність очисних споруд. Додаткові загрози створюють полімерні відходи одноразового використання (маски, рукавички, пакування), які за тривалого розкладання (>100 років) формують довгострокові екологічні ризики. Зміна клімату й інтенсивні зливи підсилюють роль поверхневого стоку, що змиває забруднювачі до річок.

Ефективна відповідь потребує поєднання: - модернізації очисних споруд і систем водовідведення; - впровадження природоорієнтованих рішень (NBS), - зокрема біоінженерних систем очищення та зелених дренажів; - раціонального просторового планування; - підвищення екологічної культури населення [3].

Раціональне водокористування (40–50 л/особу·добу проти необхідних 5 л) та збереження природних екосистем є необхідною умовою екологічної стійкості міського середовища. Поєднання природоохоронних і технічних заходів сприятиме збалансованій взаємодії суспільства та гідросфери.

ЛІТЕРАТУРА

1. Негода Н.В., Жукова О.Г. (2022) Прогноз змін кліматичних факторів міста Київ та їх вплив на життєвий цикл будівель. Екологічна безпека та природокористування, 43, 64–72.

2. Васюкова Г.Т. Екологія. [Електронний ресурс]. URL: <https://westudents.com.ua/knigi/83-ekologiya-vasyukova-gt.html> (дата звернення: 15.09.2025).

3. Хенкок Т., Дюль Л. (1988) Сприяння здоров'ю в міському контексті. Доповіді ВООЗ «Здорові міста» № 1. Копенгаген: FADL, 54 с.

**ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ
ТУРИСТИЧНИХ ДЕСТИНАЦІЙ****Корнієнко О. М., Мамотенко Д. Ю., Цвілий С. М.***Національний університет «Запорізька політехніка», Україна**korniienko.o.n@gmail.com*

Сучасний розвиток туристичної галузі визначається не лише економічними показниками, а й рівнем екологічної стійкості дестинацій. З огляду на зростаючі обсяги туризму та антропогенне навантаження на природні ресурси, питання екологічного моніторингу стає пріоритетним у формуванні стратегій сталого розвитку територій. Цифрові технології у цьому контексті відіграють ключову роль, забезпечуючи збір, обробку та інтерпретацію екологічних даних у режимі реального часу, що дозволяє своєчасно реагувати на зміни у стані природного середовища та ефективно керувати туристичними потоками.

Інноваційні інструменти моніторингу, зокрема системи геоінформаційного аналізу (GIS), дистанційне зондування Землі (DSS), супутниковий моніторинг, інтернет речей (IoT) та технології Big Data, дають змогу створювати багатовимірні моделі оцінки стійкості дестинацій [1]. Як зазначає Європейська комісія у доповіді European Tourism Transition Pathway (2023), цифровізація туристичної сфери є передумовою сталого управління дестинаціями, оскільки сприяє підвищенню ефективності використання природних ресурсів, зниженню рівня забруднення та інтеграції принципів «зеленої економіки» [2].

Особливої уваги заслуговують приклади впровадження екологічного моніторингу у країнах Північної Європи. У Норвегії та Фінляндії цифрові платформи, такі як Visit Norway Insights та Sustainable Travel Finland Tool, застосовують автоматизовані алгоритми для оцінки впливу туризму на природні екосистеми, викиди парникових газів та соціально-економічні параметри. Ці системи дозволяють виявляти просторові дисбаланси туристичної активності, прогнозувати сезонні ризики і визначати оптимальні стратегії регулювання навантаження на дестинації [2].

Крім того, використання технологій машинного навчання та аналітики великих даних відкриває можливості для моделювання сценаріїв екологічної динаміки. Наприклад, алгоритми прогнозування на основі штучного інтелекту можуть виявляти залежності між туристичними потоками, транспортними викидами та деградацією ландшафтів, що дає підстави для розробки адаптивних управлінських рішень [3]. Цифрові екологічні платформи формують нову модель «розумного туризму» (smart tourism), де технології сприяють не тільки підвищенню економічної ефективності, а й екологічній відповідальності суб'єктів туристичного ринку [4].

Таким чином, цифровізація моніторингу екологічної стійкості туристичних дестинацій стає невід'ємним елементом сучасної політики сталого туризму. Вона забезпечує науково обґрунтовану основу для прийняття управлінських рішень, дозволяє формувати екологічно безпечні туристичні продукти та підвищує інвестиційну привабливість регіонів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Magige, J. M., Jepkosgei, C., & Onywere, S. M. Use of GIS and Remote Sensing in Tourism. *Handbook of e-Tourism*. Springer. 2020. 55. P. 1335-1361. DOI: 10.1007/978-3-030-48652-5_118
2. Transition pathway for tourism – Taking stock of progress by 2023. *Publications Office of the European Union*, 2024. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2873/775069>
3. Tsviliy S., Korniienko O., Mamotenko D., Hres-Yevreinova S., Gurova D. Transformation of the tourism industry in the context of the development of digital technologies. *Green and digital economic transformation: a synthesis of the future*: Monograph. Praha: Oktan print, 2024. P. 172–187. DOI: 10.46489/gadetas-24-47.
4. Zaitseva V., Tsviliy S., Gurova D., Korniienko O., Mamotenko D. Postcoronavirus formation of tourist micro-business of the region on the basis of economic security. Management, finance, economics: modern problems and ways of their solutions: monograph. USA. Boston: Primedia eLaunch, 2021. P. 169–202.

ВПЛИВ АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА САНІТАРНИЙ СТАН ГІРКОКАШТАНУ ЗВИЧАЙНОГО В УМОВАХ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Грабчук А. В., Єгорова О. В.

Черкаський державний технологічний університет, Україна
ok.yehorova@chdtu.edu.ua

Гіркокаштанові дерева в місті Черкаси відіграють важливу роль у формуванні міського зеленого середовища завдяки своїм декоративним, санітарно-гігієнічним та біоекологічним властивостям. Найбільш поширеним видом є гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum*), який широко використовують у міських насадженнях, зокрема у парках, скверах та вздовж вулиць. Аналіз структури насаджень показує, що у парках гіркокаштан становить близько 4 % від загальної кількості дерев, у скверах – 6 %, а у вуличних насадженнях – до 12 %. Це свідчить про те, що гіркокаштан найбільше використовують для озеленення транспортних та пішохідних зон міста. Вікова структура дерев має явні особливості: домінують особини середнього віку від 20 до 40 років, при цьому в парках переважають старші дерева (31-40 років), у скверах – молодші (21-30 років), а на вулицях – досить дорослі (31-50 років). Практично відсутні молоді дерева віком до 10 років, що вказує на низький рівень природного поновлення та складнощі приживлюваності молодих саджанців у міських умовах. Порівняльний аналіз ростових показників свідчить, що найбільш сприятливі умови для росту гіркокаштанів створюються у паркових насадженнях. Тут дерева досягають більшої висоти та мають більший діаметр стовбура порівняно з насадженнями у скверах та вуличними рядами. Наприклад, у 40-річному віці середня висота дерева в парках становить близько 14,4 метра, тоді як на вулицях – лише 10,7 метра. Така різниця пов'язана з кращими умовами освітлення, меншим механічним пошкодженням та більш просторим кореневим простором у парках.

Однією з проблем є негативний вплив антропогенних факторів міського середовища, які призводять до передчасного фізіологічного старіння гіркокаштанів. Це проявляється у зниженні темпів росту, зменшенні біометричних показників, а також підвищеній чутливості до хвороб і шкідників. Врахування цих факторів є важливим при плануванні та реконструкції міських зелених зон. Гіркокаштанові насадження міста Черкаси часто піддаються ураженню шкідниками та хворобами, що суттєво знижує їх декоративність і життєздатність. Основним шкідником є мінуюча міль каштанова (*Cameraria ohridella*), яка викликає утворення численних мін на листках, що призводить до їх передчасного опадання, зниження фотосинтезу та ослаблення імунітету дерев. Крім того, поширені попелиці, які висмоктують сік з молодих пагонів і сприяють розвитку сажкових грибів через виділення медяної роси, а також павутинний кліщ, що активізується в посушливих умовах, викликаючи пожовтіння та всихання листя. В умовах сильної інвазії каштанової молі листя гіркокаштанів може бути повністю пошкоджене вже після першої генерації шкідника, що є серйозною загрозою для здоров'я насаджень і вимагає комплексного підходу до боротьби з цими біотичними факторами.

Таким чином, гіркокаштан звичайний у міських умовах Черкас є важливим елементом зелених насаджень, але під впливом урбанізованих факторів і шкідників він демонструє ознаки стресу, що вимагає регулярного моніторингу, догляду та впровадження заходів щодо захисту дерев. Отримані результати досліджень мають важливе практичне значення для планування озеленення міста, оптимізації технологій посадки та догляду, а також для підвищення екологічної стійкості насаджень.

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧУТЛИВОСТІ НАСІННЯ РОСЛИН РІЗНИХ ВИДІВ ДО ДІЇ ТОКСИЧНИХ МЕТАЛІВ

Матвєєва Н., Богданович Т., Дуплій В., Кучук М.

Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України
joyna@ukr.net

Важкі метали значно впливають на процеси проростання та раннього росту рослин. Багато оглядів і експериментальних досліджень показують, що метали (зокрема Pb, Cd, As, Cu, Ni та ін.) зменшують енергію й швидкість проростання, порушують розвиток кореневої системи та морфогенез сіянців, що може призводити до низької схожості й втрат урожаю в забруднених ґрунтах. Основними механізмами негативної дії токсичних металів є індукція оксидативного стресу, пошкодження мембран, інгібування ферментів, пригнічення клітинного дихання та синтезу білків, причому така дія є видоспецифічною. Це обґрунтовує потребу порівняльних досліджень на рослинах різних видів. Воєнні дії в Україні істотно посилили ризики локального і регіонального забруднення важкими металами. Вибухи, руйнування інфраструктури (включно з дамбами, промисловими вузлами), горіння об'єктів, використання боєприпасів і переміщення техніки спричиняють розповсюдження металевих фракцій, вибухових залишків та техногенних часток у повітрі, ґрунті та воді. Для України вже задокументовано масштабні впливи війни на довкілля, включно з хімічним забрудненням у зоні бойових дій і забрудненням важкими металами значних територій. Конкретні інциденти (наприклад, руйнування Каховської ГЕС та великі лісові пожежі) демонструють, що воєнні дії можуть вивільняти значну кількість забруднювачів різного характеру, у т.ч. важких металів, у водні та наземні екосистеми. Це створює довготривалі джерела вторинного забруднення, що підвищує ризик накопичення металів у ґрунті та рослинній біомасі. Дослідження проростання насіння мають наукову та практичну значущість. Стадія проростання та раннього росту дуже чутлива до забруднень — зниження схожості та енергії проростання швидко відображає токсичний вплив, тому експерименти з насінням дають швидкі і порівняльні дані про токсичність різних домішок. Різні види (включно з культурними та дикоростучими) мають різну толерантність; якщо забруднення вибирає менш чутливі види, може відбутися деградація агробіотопів і заміна культурних посівів менш продуктивними або інвазійними видами. Дослідження мають практичну цінність для відновлення земель після бойових дій. Дані про чутливість насіння окремих видів потрібні для розробки програм рекультивації, відбору фітоекологічно придатних видів для стабілізації ґрунту та для оцінки ризику потрапляння металів у харчовий ланцюг через зернові та кормові культури.

У нашій роботі проведено порівняння впливу металів Zn(II), Ni(II) та Pb(II) на проростання насіння рослин *Sorghum bicolor* subsp. *Drummondii* f. *nigra*, *S. bicolor* f. *alba*, *Sinapis alba*, *Vicia sativa* та *Raphanus sativus* var. *oleiferus*. Для проведення досліджень насіння пророщували у воді з додаванням металів у концентраціях: Zn(II) — 30-300 мг/л, Ni(II) — 5-20 мг/л, Pb(II) — 100-400 мг/л. Встановлено наявність відмінностей чутливості кореневої системи та пагонів проростків. Так, усі метали значно інгібували ріст коренів рослин усіх видів (за наявності високих концентрацій корені практично не формувались), однак спричинювали лише невелику пригнічувальну дію на ріст проростків. Зокрема, індекси толерантності (ІТ) коренів варіювали від 0,01 до 0,6 од., у той час як ІТ пагонів — від 0,7 до 1,1 од. Найбільші ІТ коренів спостерігали у *V. sativa* (Ni(II), до 0,5 од) та *R. sativus* (Ni(II), до 0,6 од, Pb(II) до 0,2), *S. bicolor* f. *nigra* (Zn(II), до 0,6 од).

Отримані результати будуть корисні для екологічної діагностики, управління ризиками та планування заходів із рекультивації і безпечного використання земель.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ЯКІСТЬ ТА БЕЗПЕКУ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

Маценко Б.В., Єгорова О.В.

Черкаський державний технологічний університет
ok.yehorova@chdtu.edu.ua

Сучасний стан довкілля, зокрема техногенне забруднення, є важливим фактором, що впливає на якість та безпеку харчової продукції, особливо молока – продукту, що є основою для багатьох молочних виробів. Забруднення атмосферного повітря, ґрунту та водних ресурсів хімічними речовинами, важкими металами, пестицидами та іншими токсичними речовинами може негативно впливати на молочну сировину, яка постачається на переробку. Ці забруднювачі потрапляють у корми для тварин або безпосередньо у довкілля, де утримуються молочні корови, що призводить до накопичення шкідливих речовин у молоці.

В Україні молочна промисловість має вагоме значення, а виробництво молока переважно базується на сировині вітчизняного походження. Водночас сучасний рівень техногенного впливу на екосистеми ставить перед виробниками виклики щодо контролю якості та безпеки молока на всіх етапах – від первинного збору до реалізації готової продукції. Державне регулювання якості та безпеки молока здійснюється через Закон України «Про молоко і молочні продукти», Закон «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів», а також низку нормативних документів (ДСТУ, технічні умови). Крім того, важливе значення мають міжнародні стандарти, такі як Кодекс Аліментаріус, директиви ЄС, що регламентують максимально допустимі рівні забруднюючих речовин у харчових продуктах.

Основними факторами, що впливають на безпеку молока, є не лише гігієнічні умови доїння і зберігання, але й екологічна складова. Забруднення довкілля сприяє проникненню у молоко шкідливих компонентів: важких металів (свинцю, кадмію, ртуті), пестицидів, токсичних органічних речовин, які можуть спричиняти негативні наслідки для здоров'я споживачів. Особливо небезпечними є тривалі накопичення таких речовин у харчових продуктах, що можуть призводити до хронічних інтоксикацій.

Окрім хімічного забруднення, значну увагу слід приділяти мікробіологічній безпеці молока. У численних публікаціях науковців наголошується, що якість і безпечність молочної сировини в Україні залишається критично важливим питанням продовольчої безпеки. Особливу тривогу викликає бактеріальне забруднення молока, зокрема наявність таких патогенних мікроорганізмів, як *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Escherichia coli*, *Salmonella* та *Listeria monocytogenes*. Контамінація здебільшого відбувається на етапі доїння та збору молока, особливо в приватному секторі, де переважають ручне доїння, відсутність охолодження, недосконала система збору і відсутність розподілу на гатунки за ДСТУ 3662:2018.

Крім мікробіологічного забруднення, серед поширених проблем – фальсифікації молочної продукції, зокрема додавання рослинних жирів до вершкового масла або підміна молока дешевшими складниками.

Отже, забезпечення безпеки молока в умовах сучасного техногенного навантаження потребує комплексного підходу: від моніторингу стану довкілля та контролю якості кормів – до впровадження сучасних технологій очищення, стандартизації та посилення державного і лабораторного контролю. Тільки за умов системної взаємодії між екологічними, ветеринарними та санітарними службами, а також відповідального ставлення виробників можна гарантувати належний рівень безпеки молочної продукції для споживачів.

АНАЛІЗ СТАНУ ПОВІТРЯ ПАРКОВИХ ТЕРИТОРІЙ ЧЕРКАС МЕТОДОМ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЇ

Токман А. М., Єгорова О. В.

Черкаський державний технологічний університет, Україна
ok.yehorova@chdtu.edu.ua

Ліхеноіндикація є ефективним та екологічно безпечним методом оцінки стану атмосферного повітря, що базується на здатності лишайників чутливо реагувати на забруднення, зокрема на вміст у повітрі важких металів, сірчистих сполук та оксидів азоту. Лишайники, як біоіндикатори, відсутні або мають знижену біомасу у зонах із підвищеним рівнем забруднення, що дає можливість простежити просторові особливості забруднення повітря [1].

Дослідження, проведені у паркових зонах міста Черкаси, показали різноманіття видового складу лишайників, що відображає загальний екологічний стан цих територій. У більш віддалених від транспортних магістралей і промислових підприємств ділянках спостерігається високе видове багатство лишайникових угруповань, що свідчить про відносно чисте повітря. Натомість ділянки, розташовані ближче до активних транспортних шляхів та промислових об'єктів, характеризуються значним скороченням видового різноманіття лишайників або їх повною відсутністю.

Аналіз видових індикаторів дозволив виявити зони з різним рівнем забруднення: від відносно чистих – із домінуванням чутливих до забруднень видів, до забруднених – де переважають стійкі або толерантні лишайники. Виявлені закономірності узгоджуються з даними інших методів моніторингу якості повітря, підтверджуючи надійність ліхеноіндикації як інструменту екологічного контролю.

Найбільш забруднені ділянки атмосферного повітря у місті Черкаси розташовані в центральній частині, поблизу густонаселених автомобільних шляхів та промислових підприємств. Тут домінують епіфітні лишайники, стійкі до забруднення, які поселяються на запиленій корі дерев – форофітів, що свідчить про високу концентрацію забруднюючих речовин. За результатами оцінки індексу чистоти повітря (ІЧП) більшість досліджених територій у Черкасах належать до середньозабруднених зон. До таких територій відносяться парки, розташовані у різних районах міста, а також вулиці з помірним транспортним навантаженням. Водночас ділянки, розташовані безпосередньо біля активних транспортних магістралей і промислових об'єктів, мають ознаки сильно забрудненого повітря, що вимагає посиленого екологічного контролю та заходів з покращення якості повітря.

Для ліхеноіндикаційних досліджень атмосферного повітря в місті Черкаси рекомендується використовувати показник відносної чистоти атмосфери Q, який враховує ступінь трапляння, проективне покриття та кількість видів лишайників усіх типів – листоватих, накипних і кущистих. Це дозволяє отримати більш комплексну і точну оцінку стану атмосферного повітря.

Результати досліджень підкреслюють необхідність регулярного моніторингу атмосферного повітря із застосуванням ліхеноіндикаційних методик для своєчасного виявлення і локалізації зон забруднення. Поєднання біоіндикаційних методів з хімічними аналізами забезпечить комплексну оцінку стану довкілля та сприятиме збереженню природних територій у міських умовах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Горікович А.А., Тверда О.А. Оцінка стану атмосферного повітря методом ліхеноіндикації. Київ: Темпора, 2014. 223 с.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА СТАН ҐРУНТІВ У ПРИЛЕГЛИХ ЗОНА

Волочай П. А., Єгорова О. В

Черкаський державний технологічний університет, Україна
ok.yehorova@chdtu.edu.ua

У сучасних умовах функціонування залізничного транспорту відзначається зростаюча інтенсивність техногенного навантаження на довкілля, зокрема на ґрунтово-геохімічні системи прилеглих територій [1]. Одним із основних напрямів антропогенного впливу виступає систематичне забруднення ґрунтів токсичними речовинами: важкими металами, вуглеводневими сполуками, синтетичними поверхнево-активними речовинами, а також зміна фізико-хімічних властивостей ґрунтів. Особливої актуальності набуває дослідження якості ґрунтового покриву в зонах прямого техногенного впливу, де спостерігається деградація природних властивостей ґрунту [2,3].

Метою проведеного дослідження стала оцінка елементного складу та агрохімічного стану ґрунтів у зоні залізничної гілки поблизу с. Березняки Черкаського району, з урахуванням просторової варіації показників залежно від віддаленості від транспортної інфраструктури. За результатами проведених досліджень встановлено, що ґрунти поблизу залізниці характеризуються значною різноманітністю гранулометричного складу, при цьому переважають суглинкові типи, які сприяють накопиченню забруднюючих речовин, зокрема важких металів та нафтопродуктів. Така структура ґрунту забезпечує низьку проникність, що затримує міграцію шкідливих компонентів у глибші шари. Натомість піщані та супіщані ділянки мають підвищену проникність, що створює сприятливі умови для інтенсивнішої міграції забруднень у нижчі горизонти, збільшуючи ризик забруднення ґрунтових вод.

З'ясовано, що найближчі до залізничної колії ділянки характеризуються суттєвим зниженням вмісту гумусу (до 0,9%) та підвищеним рівнем лужності (рН 8,2–8,7), що свідчить про негативні зміни у структурі ґрунтового середовища. Спостерігається також нерівномірний розподіл рухомих форм фосфору (P_2O_5), з піковими значеннями у деяких точках, що може бути зумовлено локальними джерелами техногенного забруднення. Отримані результати підтверджують мозаїчний характер змін у ґрунтовому покриві, що пов'язаний як із природними ґрунтоутворними умовами, так і з впливом залізничної інфраструктури. Встановлені особливості підкреслюють необхідність регулярного моніторингу якості ґрунтів у зонах впливу залізничного транспорту та впровадження заходів щодо зниження техногенного навантаження. Особливо важливо контролювати накопичення токсичних важких металів, які можуть мати довготривалі негативні наслідки для екосистем та здоров'я людини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bosak P., Lukyanchuk N., Popovych V. Factors influencing railway transport on environmental safety. *Ecological Sciences*. 2022. Т. 42, № 3. С. 205–210. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.3-42.34>
2. Хатнюк Ю. А. Поняття та суть екологічної безпеки у діяльності залізничного транспорту України. *Вісник Чернівецького факультету Національного університету «Одеська юридична академія»*. 2015. № 1. С.210-218. URL: <http://dspace.lvduvs.edu.ua/handle/1234567890/2945>
3. Пилипчук О. Я., Висоцька Т. І., Пічкур, Т. В. Вплив залізничного транспорту на навколишнє середовище: проблеми очищення ґрунту від нафтопродуктів. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2020. №3 (30). 113-118. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.19>

БУДІВЕЛЬНА ГАЛУЗЬ ЯК ОСНОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ ТА ДЖЕРЕЛО УТВОРЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗ

Постернак І. М., Постернак О. С.

*Одеська державна академія будівництва та архітектури, Україна
posternak.i@gmail.com*

В Україні будівельна галузь – провідна галузь народного господарства, де вирішуються життєво важливі завдання структурної перебудови матеріальної бази всього виробничого потенціалу країни і розвитку невиробничої сфери. Від ефективності функціонування будівельної галузі багато в чому залежать як темпи виходу країни із фінансово-економічних криз, так і конкурентоспроможність економіки. У силу своєї специфіки будівельна галузь і промисловість будівельних матеріалів дуже тісно взаємодіють між собою, а тому сучасне виробництво будівельних матеріалів більше ніж наполовину зосереджено в рамках будівельної галузі, тобто в системі підрядних будівельних організацій.

Більше того, від розвитку будівельної галузі та промисловості будівельних матеріалів залежить будівництво житла, окремих мікрорайонів, постійна реконструкція житлових фондів, будівництво промислових і сільськогосподарських підприємств, транспортних об'єктів, лікарень, шкіл, торгових центрів тощо. А також будівельна галузь підтримує в належному стані обороноздатність країни, створює передумови для зростання виробництва в усіх галузях господарства.

Разом із тим, сучасна будівельна галузь потребує не тільки впровадження економічних методів, але й пошуку рівноваги, при котрому виготовлення й використання різноманітних матеріалів і конструкцій не буде становити загрозу для здоров'я людини та надаватиме можливості зберігати та відновлювати природні ресурси. Щодо перспективи розвитку будівельної галузі, то нині остання є сферою, на яку покладено стратегічно важливі цілі розвитку України, а саме – забезпечення населення новими робочими місцями, житлом, збільшення надходження до бюджетів різних рівнів, і, як наслідок, – зростання рівня та якості життя населення.

Деструктивними факторами діяльності будівельних підприємств є: техніко-економічні (слабкість матеріальної та науково-технічної бази, домінування традиційного виробництва, застаріла техніка та технологія, орієнтація на короткострокові цілі, недостатність коштів для ризикових проєктів); організаційно-управлінські (висока централізація та консервативність організаційної структури, відсутність інноваційної стратегії, повільне розроблення та впровадження інновацій); інформаційно-комунікативні (недостатня інформація про інновації, відсутність захисту власності на інформаційні ресурси, замкненість і обмеженість міжгалузевих зв'язків); соціально-психологічні (стереотипи поведінки, страх, опір усьому новому, збільшення невизначеності); правові (антимонопольне, податкове, патентно-ліцензійне та кредитне обмеження).

Парадоксальність сучасного розвитку полягає в тому, що будівельна галузь з одного боку сприяє економічному розвитку та підвищенню рівня і якості життя населення, а з іншого – негативно впливає на навколишнє середовище, знижуючи цю якість життя. Майже дві третини, а то й більше, свого життя сучасна людина проводить у приміщеннях, побудованих із залізобетону, керамзитобетону, шлакобетону, часто з токсичними хімічними домішками для покращання якості, умов твердіння тощо.

Треба відмітити, що діяльність будівельних підприємств пов'язана з використанням природних ресурсів, впливом на природні об'єкти, і тим самим зумовлює порушення рівноваги в природному середовищі. Відтак є всі підстави говорити про будівельну галузь як джерело утворення екологічних загроз.

МЕМБРАНИ НА ОСНОВІ ЦЕЛЮЛОЗНОГО ВОЛОКНА

Милокост С. Ю., Галиш В. В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
mylokost@gmail.com

Мембранна технологія очищення води є найбільш ефективною для видалення різного роду забруднювачів. Переважна більшість мембран для очищення води виготовляється на основі синтетичних полімерів. Побічні наслідки утилізації таких мембран є значними як для довкілля, так і для здоров'я людини. Розвиток мембран на основі природних полімерів, враховуючи їх екологічність та дешевизну, є надзвичайно актуальним та перспективним.

Мембрани на основі целюлозного волокна мають ряд переваг: екологічність, гідрофільність, низьку схильність до забруднення та можливість хімічної модифікації. Вони є перспективними при розвитку “зелених” мембранних технологій, що здатні зменшити екологічні наслідки утилізації синтетичних полімерів.

Мембрани отримували шляхом додавання 5% полівінілового спирту, попередньо розчинивши його в гарячій воді, та комбінації Na-КМЦ + хітозан до підготовленої целюлозної суспензії. Результати дослідження демонструють зменшення продуктивності та збільшення селективності з часом випробування. Особливістю проведених досліджень є те, що мембрани на основі целюлозного волокна в комбінації з різними значеннями ступеня млива суспензії (30%:40%:30% - 30°:74°:90°ШР) та модифікацією полівініловим спиртом і Na-КМЦ + хітозан, показують набагато кращу продуктивність ніж з модифікацією епіхлоргідрином та моноетаноламіном [1].

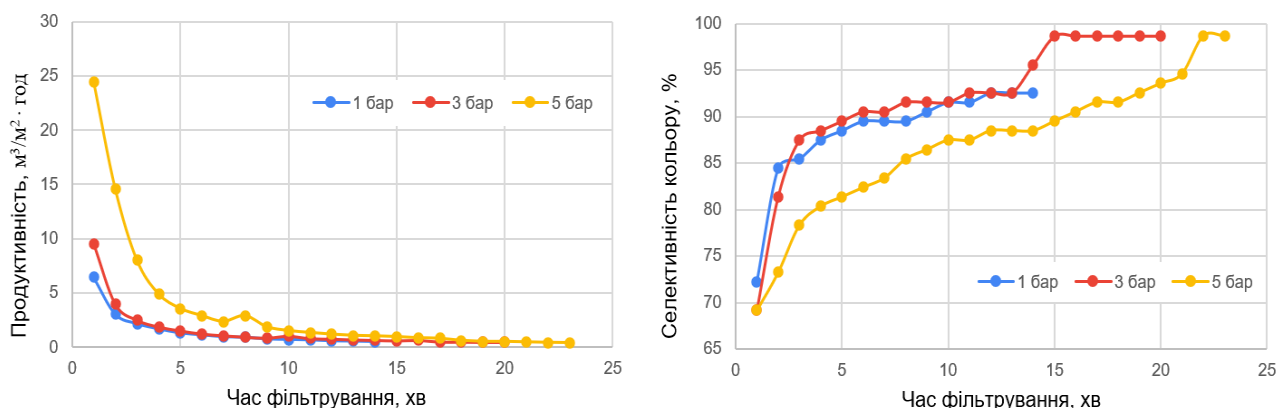


Рисунок 1. Залежність продуктивності та селективності від часу фільтрування мембран на основі целюлозного волокна, модифікованого полівініловим спиртом

Слід зазначити, що мембрани на основі целюлозного волокна, модифіковані Na-КМЦ + хітозан та полівініловим спиртом мають гіршу селективність при тиску 5 бар, що є не характерним для попередніх досліджень.

Таким чином, проведені дослідження показують доцільність та актуальність подальшого розвитку мембранних технологій на основі природних полімерів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Mylokost, S., Halysh, V., Trus, I., Krysenko, T., Hlushko, O., Benatov, D., Sirenko, L., Chuprinov, E. (2025). A new approach in the production of cellulose membranes. *Ecological Engineering & Environmental Technology (EEET)*, 26(4).

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ ЦІЛЮВИХ КОМПОНЕНТІВ З БІОМАСИ ДРІЖДЖІВ**Волошкевич П. П., Пукач П. Я., Корендій В. М., Гриценко О. М., Кунинець А. В.***Національний університет «Львівська політехніка», Україна**petro.p.voloshkevych@lpnu.ua*

Сучасна біотехнологічна, хімічна та фармацевтична промисловість активно орієнтується на розроблення енергоощадних і екологічно безпечних технологій переробки біомаси. Одним із перспективних напрямів є одержання з дріжджових клітин біоактивних речовин (вуглеводів, ліпідів, рибонуклеїнових кислот) методом екстрагування. Математичне моделювання процесів екстрагування є ефективним інструментом аналізу та оптимізації, що дозволяє описувати кінетику вилучення цільових компонентів, визначати оптимальні режими екстракції та прогнозувати ефективність процесу без проведення тривалих і витратних експериментів [1].

Метою роботи було створення узагальненої математичної моделі процесу екстрагування цільових компонентів із біомаси дріжджів, яка б враховувала мембранні властивості клітинної стінки, внутрішньо- та міжклітинну дифузію, а також вплив структури біомаси на масоперенесення. В основу моделі покладено уявлення про клітину дріжджів як сферичну частинку, поділену клітинною стінкою на внутрішній і зовнішній об'єми, з яких дифузія речовини відбувається з різною швидкістю. Основний опір масоперенесенню створює клітинна стінка, яка функціонує як напівпроникна мембрана.

На основі кінетичних рівнянь масоперенесення побудовано систему диференціальних рівнянь, розв'язання якої операційним методом дозволило отримати узагальнену аналітичну залежність відносного вмісту компонентів у часі. Рівняння містить параметри, які характеризують швидкість вивільнення речовини з внутрішнього і зовнішнього об'ємів клітини. Підбір коефіцієнтів здійснювався методом найменших квадратів, що дало змогу мінімізувати розбіжність між експериментальними і теоретичними даними. Експериментальні дослідження проводилися на лабораторній установці з мішалкою за постійної температури. Як екстрагенти використовували гексан, етанол і воду. Визначення концентрацій вуглеводів, ліпідів і рибонуклеїнових кислот (РНК) здійснювали за стандартними методиками. Отримані кінетичні криві вивільнення біоактивних речовин задовільно описуються двоєкспоненційною моделлю, що підтверджує адекватність побудованої математичної моделі. Кореляційний аналіз показав високу узгодженість теоретичних і експериментальних результатів.

Показано, що процес екстрагування вуглеводів і ліпідів контролюється внутрішньою дифузією, основним опором якої є клітинна стінка. Найвищий ступінь вилучення досягається у випадку екстрагування з окремих клітин, тоді як утворення агрегатів клітин ускладнює процес. Екстрагування РНК із застосуванням води відбувається інтенсивніше, оскільки за підвищених температур клітинні стінки руйнуються, що забезпечує більш повне вивільнення нуклеїнових кислот.

Розроблена математична модель дає змогу визначати оптимальні параметри процесу екстракції, прогнозувати його тривалість і вихід продукту, а також використовувати її для комп'ютерного проектування апаратів для екстрагування біоактивних речовин з дріжджової біомаси. Вона може бути основою для подальшої оптимізації процесів у біотехнологічних виробництвах та сприяти інтенсифікації отримання природних біоактивних компонентів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Voloshkevych P., Pukach P., Korendiy V., Grytsenko O., Kunynets A. Mathematical modeling of the extraction process of target components from yeast biomass. *Mathematical Modeling and Computing*. 2025. Vol. 12, iss. 2. P. 532–539.

МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТА ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Жиляк І. Д., Бойчук Д. Р., Дем'янів В. І., Шпара Н. Г.

Уманський національний університет, Україна

Zhilyak@i.ua

Сучасна екологічна ситуація характеризується кризовим станом і надзвичайно високим антропогенним навантаженням на природні ресурси. Забруднювачі навколишнього середовища безпосередньо впливають на хімічний склад і якість води підземних джерел. Водночас 80 % сільських жителів України використовують ці джерела для децентралізованого водопостачання. В останні роки в зв'язку з інтенсифікацією антропогенного забруднення гідросфери проблема якісної питної води стає першочерговою для людства. Щороку десятки тисяч нових забруднюючих речовин поповнюють багатомільйонний склад політантів поверхневих вод.

Метою роботи було оцінити екологічний стан водних джерел підземного походження населених пунктів м. Чортків та смт. Товсте Тернопільської області.

Питне водопостачання смт. Товсте та м. Чортків, що здійснюється із централізованих та децентралізованих джерел, є, в переважній більшості, екологічно безпечним за органолептичними показниками, а також рН, вмісту фтору, нітритів, магнію, заліза загального, амонію. Дана тенденція зберігається незалежно від пори року.

Вода майже всіх досліджених об'єктів водопостачання характеризується високою загальною твердістю, тому її слід віднести до категорії твердої (загальна жорсткість 8-12 мг-екв/дм³) та дуже твердої (вище 12,0 мг-екв/дм³). Також спостерігається перевищення вмісту кальцію на всіх досліджених вододжерелах, що може справляти негативний впливу на здоров'я людей. Питна вода фізіологічно повноцінна за вмістом магнію. Однак співвідношення вмісту магнію та кальцію може коливається від 0,83 на весні до 2,45 - 4,56 в інші пори року, що свідчить, що вода досліджуваних об'єктів не завжди відповідає рекомендованим нормам за даним критерієм.

Спостерігаються досить високі показники перманганатної окиснюваності у джерелах централізованого водопостачання.

Порівняння результатів моніторингу якості централізованих та децентралізованих джерел водопостачання смт. Товсте та м. Чортків встановило суттєву відмінність рівня антропогенного навантаження на досліджених територіях.

Індикатором є значний вміст нітратів у всіх криничних водах де спостерігається перевищення їх вмісту майже у два рази в порівнянні з водою водозабірних колонок, що свідчить про високе забруднення водоносних горизонтів на території житлових будинків відходами тваринницької ферми, побутовими гноєсховищами та смітниками.

Для забезпечення якісною питною водою за показниками вмісту нітратів слід рекомендувати перехід на централізоване водопостачання. Щоб покращити якість питної води за показниками жорсткості її слід пропускати через фільтри додаткової очистки.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ СОРБЦІЇ ІОНІВ КУПРУМУ З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ МОДИФІКОВАНИМ ЛІГНОЦЕЛЮЛОЗНИМ СОРБЕНТОМ

Коробій Д. В., Хохотва О. П.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
dkorobiy@gmail.com, khokhotva@bigmir.net

Дослідження механізму сорбції іонів важких металів проводили на йонах Cu^{2+} , як одного з найчастіше використовуваного у промисловості важкого металу. Дослідження сорбції проводили на сосновій тирсі (лігноцелюлозному сорбенті), модифікованій розчинами суміші двох компонентів (сечовина та амоній фосфат). Ці реактиви здатні генерувати функціональні групи з нітрогеном та фосфором, що мають потенційну можливість затримувати йони d-металів, завдяки утворенню з ними стійких комплексів [1, 2]. Також метою дослідження було виявити можливість та кількісно оцінити сорбцію йонів Cu^{2+} за іонообмінним механізмом. В ході досліджень було виявлено зменшення рН водних розчинів після сорбції у порівнянні із вихідним розчином йонів Cu^{2+} . Можна припустити, що наростання концентрації йонів H^+ відбувалось за рахунок обміну між йонами Cu^{2+} та H^+ на кислотних центрах сорбенту, зокрема PO_4^{3-} від амоній фосфату. Для модифікації тирси готували серії розчинів із амоній фосфатом та сечовиною у діапазоні концентрацій 0 – 0,5 М для $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ та 0 – 2,0 М для $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Після просочування зразків тирси відповідним модифікуючим розчином та подальшої пробопідготовки, зразки промивали на фільтрі до нейтрального рН гарячою дистильованою і висушували до постійної маси. Дослідження сорбуючих властивостей проводили за допомогою визначення зміни концентрації 2 мМ водного розчину купрум сульфату (CuSO_4) до сорбції та після. Концентрацію йонів Cu^{2+} визначали методом йодометричного титрування. Перед титруванням вимірювали рН розчинів після сорбції йонів Cu^{2+} як і вихідного 2 мМ розчину купрум сульфату, використаного для дослідження сорбуючих властивостей модифікованої тирси.

За результатами сорбції слід відмітити, що найбільший відсоток йонів Cu^{2+} , вилучених за іонообмінним механізмом, становить 39,8 % для зразків, модифікованих амоній фосфатом 0,5 М у відсутності сечовини, а також 30,3 % при концентраціях амоній фосфату та сечовини по 0,5 М, що цілком підтверджує гіпотезу сорбції йонів Cu^{2+} на кислотних центрах сорбенту PO_4^{3-} від амоній фосфату. При модифікації соснової тирси більшою концентрацією сечовини, у порівнянні із амоній фосфатом, коли наростає співвідношення концентрацій сечовина/амоній фосфат від 2,5 до 4, відсоток сорбції йонів Cu^{2+} за іонообмінним механізмом зменшується від 13,1 % до 4,3. Це можна пояснити збільшенням вмісту атомів нітрогену і фосфору у складі лігноцелюлозного матеріалу внаслідок модифікації, які стають новими активними центрами вилучення купруму за донорно-акцепторним механізмом, що сприяє зменшенню концентрації купруму без зниження рН.

ЛІТЕРАТУРА

1. Malwina Gabryel-Skrodzka, Martyna Nowak, Anna Teubert and Renata Jastrzab. Coordination Chemistry of Phosphate Groups in Systems Including Copper(II) Ions, Phosphoethanolamine and Pyrimidine Nucleotides. Int. J. Mol. Sci. 2022, 23, 13718. <https://doi.org/10.3390/ijms232213718>.
2. Chiara Canovi, Francesco Genua, Kevin D'Addazio, Lara Gigli, Alessandra Forni, Petr Michálek, Mauro Carcelli, Dominga Rogolino and Luca Rigamonti. Studies on the Effect of Diamine Elongation in Copper(II) Complexes with NNO Tridentate Schiff Base Ligands. Inorganics 2025, 13, 94 <https://doi.org/10.3390/inorganics13030094>.

БІОТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ БІОСТИМУЛЯТОРІВ У СИСТЕМАХ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА УКРАЇНИ

Барамідзе Н. М.

Сумський національний аграрний університет, Україна

natelanutela16@gmail.com

В умовах посилення антропогенного навантаження, зміни клімату та необхідності переходу до принципів органічного (екологічного) землеробства в Україні виникає гостра потреба у заміщенні традиційних агрохімікатів екологічно безпечними та високоефективними засобами. Природні біостимулятори (ПБ) виступають як ключовий біотехнологічний інструмент, здатний підвищити стійкість агроценозів, оптимізувати живлення рослин та забезпечити отримання якісної та безпечної сільськогосподарської продукції. Вони є альтернативою хімічним регуляторам росту, сприяють відновленню біорізноманіття ґрунту та формуванню сталих агроєкосистем.

Сучасне екологічне землеробство орієнтоване на впровадження біотехнологічних методів, що підвищують продуктивність культур без порушення природних процесів ґрунтових екосистем. До природних біостимуляторів відносять біоінокулянти, екстракти морських водоростей, гумінові та фульвокислоти, мікробні метаболіти та комплекси природних фітогормонів. Найефективнішими серед них є біоінокулянти – препарати на основі живих мікроорганізмів, які стимулюють ріст, фіксують атмосферний азот, мобілізують фосфор, продукують фітогормони (ауксини, цитокініни, гібереліни) та активують системний імунітет рослин.

Серед біоінокулянтів виділяють азотфіксуючі (*Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*), фосфатмобілізуючі (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Aspergillus*), мікоризні (*Glomus*, *Rhizophagus*) та антагоністичні (*Trichoderma*, *Streptomyces*). Їх дія ґрунтується на активізації біохімічних процесів у ризосфері, підвищенні ферментативної активності ґрунту (уреази, дегідрогенази, фосфатази) та посиленні імунної відповіді рослин (через механізми РТІ та ISR).

Біотехнологічна оцінка ефективності застосування ПБ демонструє, що вони забезпечують зростання врожайності на 12–18 %, підвищують вміст хлорофілу та біологічну активність ґрунтів, сприяють економії мінеральних добрив на 25–30 %. Генетичні та метаболічно оптимізовані штами бактерій та грибів, створені із застосуванням методів синтетичної біології та CRISPR-технологій, демонструють підвищену стійкість та пролонговану активність у польових умовах.

Отже, як свідчить проведений літературний аналіз, результати біотехнологічної оцінки підтверджують високу ефективність природних біостимуляторів у системах екологічного землеробства України. Їх використання сприяє підвищенню врожайності, покращенню фітосанітарного стану агроценозів, зменшенню залежності від мінеральних добрив та збереженню родючості ґрунтів. Інтеграція ПБ у сучасні агротехнології є стратегічним напрямком розвитку органічного землеробства та екологізації аграрного виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Федоришина Л. Проблема впливу глобальної зміни клімату на розвиток аграрної галузі в Україні: історичний екскурс. *Scientific Papers of the Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University Series History*. 2024. № 50. С. 60-67.
2. De-Bashan, L.E., Prabhu, S.R., Hernandez, J.-P., 2014. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology—formula-tions and practical perspectives (1998–2013). *Plant Soil* 378, 1–33.

ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ *AESCULUS HIPPOCASTANUM* В УМОВАХ УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА

Балабак О. А., Бородієнко В. О., Хоменко М. Ю.

Уманський національний університет, Україна

o.a.balabak@ukr.net

Представники роду *Aesculus* досить різнобічно використовуються в озелененні міст та парків завдяки високій декоративності, відносній стійкості до міських умов і значній адаптивності. Цей вид листяних дерев відноситься до швидкорослих і абсолютно невибагливих до ґрунтів рослин. Гіркокаштан звичайний або каштан кінський (*Aesculus hippocastanum*), досить поширений у європейському просторі урбанізованого середовища для озеленення вулиць, захисних смуг та ділянок різного призначення. Саме у контексті його впровадження в урбанізованому середовищі виникає потреба дослідити еколого-біологічні особливості цього виду, особливо ті, що стосуються стійкості до біотичних та абіотичних чинників навколишнього середовища [2, 7].

Українська родова назва гіркокаштан вказує на неїстівність плодів, що підкреслює їхню відмінність від каштану їстівного, який дає смачні їстівні горіхи. Інша поширена назва кінський каштан є дослівним перекладом латинської видової назви *hippocastanum*. Точне походження цього терміну невідоме. За найвірогіднішою версією, цю назву рослині надали з тієї ж причини, що й українську – для позначення її неїстівного статусу [1, 4].

Каштан кінський – листопадне дерево має визначну густу розкидисту крону, яка може розростатися до 20 метрів в діаметрі і досягати висоти близько 30 метрів з великими пальчатоскладними листками, кількістю 5-7 шт. та прямостоячою пірамідальною волоттю, 10-30 см заввишки, яка містить 20-50 квіток, що квітнуть в травні–червні. Походить рослина з Балканського півострова, найбільш розповсюджена в Греції, Албанії, Македонії. Вид культивується з XVI століття в Центральній Європі. Темп росту крони в молодому віці досить слабкий, але дерево з віком набуває значних розмірів і може за сприятливих умов мати високу декоративність близько 50–150 років [3, 5].

В умовах міста дерева піддаються впливу ряду стрес-факторів, зокрема це підвищена концентрація автомобільних викидів, накопичення пилу, низький рівень обігу повітряних мас, підвищена температура повітря, ущільнення ґрунту, обмежений простір для кореневої та надземної систем [6, 10].

Разом з тим попри високу стійкість рослин каштану до антропогенного навантаження та абіотичних факторів навколишнього середовища огляд літературних джерел та результати маршрутних обстежень вказують на значне ураження досліджуваних рослин каштановою мінуючою міллю (*Cameraria ohridella*), особливо в умовах урбанізації, коли негативний вплив має постійний характер, проходить накопичення шкідливих речовин, а дерево перебуває в ослабленому стані. Важливо також вказати, що розвиток фенологічних фаз даного виду (розпускання бруньок, цвітіння тощо) залежить від підвищення температури навколишнього середовища, разом з тим ріст і розвиток шкочинних організмів також корелює з відповідними температурними показником. Взагалі, фенологія розвитку гіркокаштану звичайного в міському середовищі може змінюватись у бік пришвидшення розпускання бруньок або цвітіння за рахунок міського теплового ефекту, але це також підвищує ризик пошкоджень весняними заморозками [1, 8].

Вид *Aesculus hippocastanum* має важливі декоративні та екологічні характеристики в міському озелененні: крім естетики, ця рослина сприяє покращенню якості повітря, завдяки створенню притінених ділянок, знижує температурне навантаження та біофільтрацію. Такі урбанізаційні чинники, як автовикиди, пил, ущільнення ґрунту, підвищення теплоізоляції, можуть негативно впливати на

біологічний стан рослин каштану, змінюючи при цьому біохімічні показники складу насіння та призводять до зменшення опірності до дії шкідників і хвороб [1, 3, 9].

Для створення стійких насаджень гіркокаштану звичайного в умовах урбанізованого середовища слід обов'язково враховувати такі показники, як забезпечення оптимальних ґрунтових умов, відповідна схема садіння рослин, використання якісного сертифікованого садивного матеріалу товарних гатунків, моніторинг та обробка насаджень на предмет виявлення та зменшення шкодочинних організмів, формуючі обрізки, удобрення, полив, мульчування тощо.

Тобто, впровадження в умовах урбанізованого середовища рослин гіркокаштану звичайного є доцільним і перспективним, проте успіх в значній мірі залежить від врахування еколого-біологічних особливостей виду. Інтеграція знань про адаптацію, фенологію, ґрунтові та кліматичні вимоги з розробкою практичних агротехнічних заходів сприятиме створенню більш стійких насаджень. Подальше дослідження факторів міського стресу й розробка методів підсилення стійкості *Aesculus hippocastanum* в умовах насаджень дозволить підвищити ефективність його використання в сучасному урбосередовищі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць : підручн. Львів : Світ. 2005. 456 с.
2. Baycan-Levent T., Vreeker R., Nijkamp P. A Multi-Criteria Evaluation of Green Spaces in European Cities. *European Urban and Regional Studies*. 2009. 16 (2). P. 193–213.
3. Brosse N., Dufour A., Meng X. et al. Miscanthus: a fast-growing crop for biofuels and chemicals production. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 2019. P. 34–45.
4. City of Dresden. Zukunft Dresden 2025. Integriertes Stadtentwicklungskonzept Dresden (INSEK). Dresden. 2016. 150 p.
5. Fazliev S., et al. Escin's Multifaceted Therapeutic Profile in Treatment and Research. *Biomolecules*. 2023;13(2):315.
6. Gallelli L., et al. Escin: a review of its anti-edematous, anti-inflammatory, and venotonic properties. *Phytotherapy Research*. 2019;33(11):2800-2813.
7. Parker J. Drought resistance in woody plants // *Bot. Rev.* 1996. 22. P. 241–289.
8. Pittler M. H., Ernst E. Horse-chestnut seed extract for chronic venous insufficiency. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2012;11:CD003230.
9. Sirtori C. R. Aescin: pharmacology, pharmacokinetics and therapeutic profile. *Pharmacological Research*. 2001;44(3):183-193.
10. Yan L., et al. Pharmacological Activities of *Aesculus hippocastanum* and Its Main Bioactive Components in the Inflammatory-Oxidative-Platelet Endothelial Axis: A Review. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*. 2024;21(1).

ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН КАШТАНА ЇСТІВНОГО В УМОВАХ УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА

Балабак О. А., Плаксицький В. А., Рибачок О. В.

Уманський національний університет, Україна

o.a.balabak@ukr.net

У сучасних умовах інтенсивної урбанізації, що супроводжується зростанням антропогенного навантаження на біосферу, збільшенням рівня промислового забруднення атмосфери та загальним ускладненням екологічної ситуації, питання формування безпечного, екологічно збалансованого та комфортного середовища для життя людини набуває особливої актуальності.

Каштан їстівний (*Castanea sativa*) – цінна декоративна та плодова рослина, яка набуває все більшої популярності для використання в умовах урбанізованого середовища, особливо зі зміною кліматичних умов регіону досліджень, зокрема, підвищенням температурного режиму [1, 2].

В умовах Причорномор'я та на Балканському півострові історія використання каштану їстівного в культурі сягає багатьох століть. Плоди використовуються в харчовій промисловості в готовому вигляді та після переробки, під час цвітіння отримують цінні продукти бджолярства, деревина надзвичайно якісна, міцна, довговічна з антисептичними властивостями, що робить її стійкою до ураження грибковими хворобами. Кора містить значну кількість дубильних речовин. З опалого листя, вибракованих плодів і плюски отримують матеріал для мульчування насаджень та сировину для виготовлення органічних добрив [3, 4].

Листки каштану ланцетовидні, продовгуваті, по краю мають зубці, зверху слабоопушені, довжиною 10-28 см і 5-9 см завширшки. Листки розпускаються в квітні-травні. Квітки зібрані в суцвіття, цвітіння проходить протягом червня-липня. Запилюється бджолами та іншими комахами, хоча завдяки особливостям розміщення жіночих і чоловічих квіток, можливе також запилення вітром [5].

Плоди закриті плюскою, досить колючою зовні. На момент дозрівання плодів оболонка розділяється на дві або чотири частини. Плід каштана – це однонасінний горіх, кількість яких в одній плюскі може сягати від одного до трьох штук з діаметром 2-3 см і вагою 3-20 г в залежності від сортових особливостей [6].

Плоди покриті тонкою шкаралупою, що при дозріванні набуває темно-коричневого кольору. Горіхи дозрівають і починають випадати з розкритої плюски в другій декаді жовтня, хоча деякі сорти мають більш пізній період досягання. Плодоношення рослин насінневого походження настає у віці від 3 до 10 років, відповідно щеплених – від 3 до 6 років. Врожайність одного дерева може сягати близько 100 кг горіхів [7].

В Україні найбільші насадження цих горіхоплідних рослин, в тому числі промислові, розміщені в Криму, Закарпатті та в окремих районах Вінницької області. В 2013 році розпочалися інтродукційні дослідження по впровадженню даної рослини в урбанізоване середовище інших регіонів. В даному середовищі створюються специфічні екологічні умови, а саме підвищена температура, змінена структура ґрунтів, забруднення повітря, обмежений простір для розвитку кореневої системи, що значно впливає на інтенсивність проходження фізіологічних процесів у рослині.

Castanea sativa – світлолюбива культура. При оптимальному світлозабезпеченні у рослин формується потужна крона з значною кількістю листя. В загущених насадженнях крони цих рослин досить рідкі, листки тьмяні, слабозвинені, загальний вигляд дерев має низьку декоративність, плодоношення незначне або повністю відсутнє.

Найкращі показники росту і розвитку рослин каштану зафіксовано на родючих ґрунтах, зовсім непридатними для цієї культури є солончаки та вапнякові ґрунти. Може рости на сухих кам'янистих ґрунтах, за умови забезпечення оптимальних умов після закладання насаджень і періоду проходження коренями несприятливих ділянок. Вирощування каштану в культурі можливе лише, коли підґрунтові води залягають на глибині не ближче 2,0-2,5 м від поверхні ґрунту. На сухих ґрунтах спостерігається слабе галуження коренів в верхніх горизонтах і формування потужної стрижневої системи в напрямку зволжених ділянок.

Тобто, дослідження еколого-біологічних особливостей вирощування каштану їстівного в урбанізованих умовах є важливим з точки зору рекомендацій щодо впровадження представників даного виду рослини, визначення її стійкості до абіотичних та біотичних факторів навколишнього середовища, сталого використання виду, а також визначення безпечності горіхів отриманих в насадженнях розміщених в різних екологічних умовах зростання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Metreveli, V. On the relationship between environment and growth of Sweet chestnut (*Castanea sativa* Miller). *Frontiers in Forests and Global Change*. 2025.
2. Abdelwahab, S. I.. Exploring the potential of chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Bulletin of the National Research Centre*. 2024. 48.
3. Marques, T., Ferreira-Pinto, A., Feveireiro, P., Pinto, T., & Gomes-Laranjo, J. Current Biological Insights of *Castanea sativa* Mill. to Improve Crop Sustainability to Climate Change. *Plants*. 2025. 14(3), 335.
4. Beridze, B. Conservation prioritization of *Castanea sativa* in the South Caucasus. *Ecology and Evolution*. 2023. 13.
5. Conedera, M., et al. Chestnut (*Castanea sativa*): a multipurpose European tree – Workshop Proceedings. Brussels, 30 Sept-1 Oct 2010.
6. Holuša, J., & Holý, K. The distribution of *Castanea sativa* and its ability to regenerate in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*. 2024. 70(12), 634-637.
7. Clark, S. L., et al. A silvicultural synthesis of sweet (*Castanea sativa*) and American chestnuts. *Journal of ...* 2023.

ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ФІЗІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ПРЕДСТАВНИКІВ РОДИНИ LAMIACEA У ФОРМУВАННІ АГРОЕКОСИСТЕМ

Гнатюк Н. О., Сухоярський В. С.

Уманський національний університет, Україна

natgnatiuk@gmail.com

Незбалансоване харчування, забруднене повітря та вода, а також систематичний вплив різних побутових і технічних забруднювачів спричиняють розвиток хронічних захворювань і патологічних станів, які не завжди піддаються лікуванню алопатичними чи гомеопатичними засобами. Ефективність цих традиційних методів значно знижується при ослабленому імунитеті та у випадках сучасних актуальних хвороб.

Водночас значну профілактичну і корекційну роль відіграють біологічно активні добавки, синтезовані з рослинної сировини пряно-ароматичних рослин. Рослини цієї групи містять цінні ефірні олії та фізіологічно активні речовини, зокрема вітаміни, антиоксиданти, дубильні речовини, фенольні сполуки та флавоноїди. Ці компоненти покращують органолептичні властивості продуктів, стимулюють діяльність смакових та травних органів, підвищують апетит і сприяють ефективному засвоєнню білків, жирів та вуглеводів. Крім того, вони беруть участь у нормалізації обміну речовин та стабілізації функціонування нервової і серцево-судинної системи людини, що підтверджує їх важливе значення для підтримки здоров'я і профілактики захворювань.

Рациональне та збалансоване харчування й досі залишається радше ідеальною моделлю для більшості населення, оскільки в сучасному суспільстві переважає індустріальний тип харчування. Одним із ефективних, економічно доцільних і швидких шляхів покращення харчового статусу населення є включення до раціону біологічно активних добавок (БАД).

Біологічно активні добавки — це природні або ідентичні природним фармакологічні комплекси, призначені для підтримання фізіологічно оптимального функціонування організму людини. Вони компенсують дефіцит життєво важливих речовин, який виникає внаслідок споживання переважно рафінованих і синтетично оброблених харчових продуктів.

За походженням БАД можуть бути рослинного, тваринного, мінерального, мікробіологічного або комбінованого складу. Їх використання сприяє відновленню балансу вітамінів, мінеральних речовин, макро- та мікроелементів, рослинних волокон та інших біоактивних компонентів. Окрім цього, вони беруть участь у процесах детоксикації організму, сприяючи виведенню токсичних сполук, важких металів і радіонуклідів.

Біологічно активні добавки класифікують на кілька основних груп залежно від їхнього складу та функціонального призначення.

Нутрієнтивки — це природні компоненти їжі, до складу яких входять вітаміни, провітаміни, окремі мікроелементи, незамінні амінокислоти, деякі моно- і дисахариди, а також харчові волокна. Вони забезпечують організм необхідними речовинами для підтримання нормальних фізіологічних процесів і поповнення нутрієнтного дефіциту.

Парафармацевтики — це сполуки, що мають регуляторний вплив на функції організму. До них належать органічні кислоти, біофлавоноїди, біогенні аміни, регуляторні ди- та олігопептиди, а також натуральні речовини з вираженою фармакологічною активністю.

Біологічно активні добавки до харчових продуктів становлять окрему групу речовин із лікувально-профілактичними властивостями. Вони мають низку переваг порівняно із синтетичними та монокомпонентними лікарськими засобами.

Уживання продуктів харчування, збагачених натуральними добавками рослинного походження, забезпечує організм комплексом біологічно активних сполук, які характеризуються м'якою, пролонгованою та фізіологічно узгодженою дією. На відміну від синтетичних препаратів, такі добавки не проявляють токсичної дії, краще

засвоюються організмом, рідше викликають побічні ефекти чи алергічні реакції. Крім того, вони сприяють нейтралізації негативних наслідків, що можуть виникати внаслідок застосування синтетичних лікарських засобів, і, як правило, не накопичуються в організмі.

Слід розрізняти біологічно активні добавки та харчові добавки синтетичного походження. Останні не споживаються самостійно, а вводяться до складу продуктів для поліпшення їх органолептичних властивостей, структури чи терміну зберігання. Харчові добавки, як правило, не мають поживної цінності, не беруть участі в обміні речовин і не виконують біологічних функцій у тканинах, органах та системах організму[1].

Перспективними для даного напрямку є рослини родини глухокропивові (*Lamiaceae*), свою увагу акцентуємо на деяких представниках:

- Гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis* L.) [2]. Ефірна олія містить пінен, пінекамфор, камфен, альдегіди, вуглеводні та спирти. Молоді пагони з листками і суцвіттями у свіжому та висушеному вигляді мають приємний імбирно-шавлієвий аромат і гіркувато-пряний смак. Рослину використовують як духмяну приправу. У разі споживання з їжею вона сприяє кращому травленню, а також чинить загальнозміцнювальну дію під час медикаментозного лікування простудних захворювань. У деяких країнах гісоп застосовують для приготування тонізувальних напоїв для людей похилого віку.

- Змієголовник молдавський (*Dracocephalum moldavica* L.) [3]. Ефірна олія рослини містить цитраль (25–70 %), гераніол, тимол і нерол. Культуру можна вирощувати для промислового отримання цитралю, який широко застосовують у парфумерно-косметичній промисловості. Квітки та листки змієголовника характеризуються приємним лимонним ароматом. У консервній промисловості рослину доцільно використовувати у складі прямих сумішей, що можуть замінювати чорний та духмяний перець.

- Лаванда вузьколиста (*Lavandula officinalis* Chaix.) [2]. Ефірна олія рослини містить складні ефіри спирту L-ліналоолу та органічних кислот — оцтової, масляної, валеріанової, капронової, а також цинеол, гераніол і борнеол. У суцвіттях наявні дубильні речовини, гіркоти, смоли, урсолова кислота, кумарин і герніарин. Суцвіття та ефірну олію лаванди застосовують у м'ясопереробній промисловості, а також у кулінарії — зокрема, у традиційних стравах французької, іспанської та італійської кухонь.

- Монарда трубчаста (*Monarda didyma* L.) [4]. Ефірна олія рослини містить тимол і карвакрол. У листках виявлено каротин, вітаміни С і групи В, а також мінеральні, дубильні, фенольні та інші біологічно активні речовини. Для цього виду монарди характерний аромат, подібний до запаху гіркуватих зелено-жовтих цитрусових плодів тропічних дерев родини рутових. Свіже листя використовують як приправу під час маринування. Ефірну олію застосовують як антисептичний засіб для ароматизації безалкогольних напоїв, а також у виноробній промисловості.

- М'ята перцева (*Mentha piperita* L.) [2]. Ефірна олія рослини містить вторинний спирт ментол, а також цитраль, гераніол, карвон і дигідрокарвон. У надземній масі наявні дубильні та смолисті речовини, каротин, аскорбінова кислота і рутин. Листки м'яти застосовують у медицині, парфумерії, кондитерській та лікеро-горілчаній промисловості, зокрема під час виробництва коньяків. За кордоном висушену надземну масу використовують як біологічну добавку у процесі переробки м'яса.

Мінливість вмісту біохімічних компонентів в окремих органах і тканинах рослин залежить від ґрунтово-кліматичних умов вирощування, генетичних особливостей виду, сортового і видового різноманіття, фази розвитку. Встановлено, значну індивідуальну мінливість по вмісту компоненту в окремих рослинах, плодах і

насінні. Ця відмінність рослини пов'язана з величиною стебла, віком та умовами дозрівання. Деякі пряно-ароматичні рослини або їх окремі органи є натуральними концентратами однієї або декількох речовин одночасно. Значної мінливості в рослинах досягає показник ароматичних речовин, вміст ефірної олії, і % діючого компоненту в ній змінюється в процесі індивідуального розвитку рослини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сімахіна Г. О., Стеценко Н. О., Науменко Н. В. Біологічно активні речовини в харчових технологіях: підручник. Київ: НУХТ, 2016. 455 с.
2. Дудченко Л. Г., Козьяков А. С., Кривенко В. В. Пряно-ароматичні та пряно-смакові рослини: довідник. Київ: Наукова думка, 1989. 304 с.
3. Корабльова О. А. Інтродукція *Dracosephalum moldavicum* L. і *D. grandiflorum* L. у Поліссі та Лісостепу України для використання в переробній промисловості // Бюлетень Нікітського ботанічного саду. – 2004. – Вип. 89. – С. 63-66.
4. Рись М. В. Визначення строків сівби та терміну зберігання насіння видів роду *Monarda* L. в умовах інтродукції в південному Лісостепу України // Інтродукція рослин. – 2006. – №1. – С. 64-67.

ЕЛЕКТРОДІАЛІЗНА ПЕРЕРОБКА КОНЦЕНТРАТИВ ОПРІСНЕННЯ ЯК МЕТОД РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ У ВОДОПІДГОТОВЦІ

Крижановська Я. П., Максимець А. А., Бялківська А. В.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Yanamart93@ukr.net*

Сучасний стан водних ресурсів України та світу характеризується зростаючим дефіцитом прісної води, що зумовлює необхідність активного розвитку технологій опріснення природних вод. Особливої актуальності набуває демінералізація морських, шахтних та артезіанських вод для забезпечення питного та технічного водопостачання.

Традиційні методи обробки концентратів — випаровування, виморожування чи реагентна нейтралізація — є енергомісткими та економічно недоцільними при масштабному використанні. Крім того, скидання таких концентратів у водні об'єкти, навіть у морське середовище, створює загрозу локальної засоленості й погіршення якості екосистем. Тому розроблення нових підходів, що дозволяють одночасно знешкоджувати концентрати та отримувати корисні продукти, є важливим напрямом екологічної інженерії. Одним із перспективних рішень є електрохімічна переробка концентратів знесолення, що дає змогу не лише вилучати надлишкові солі, а й отримувати реагенти, необхідні для водопідготовки. У представлений роботі досліджено процеси електродіалізу концентратів, які містять хлориди та сульфати натрію, із застосуванням алюмінієвих анодів для синтезу розчинів хлориду та гідроксохлориду алюмінію — ефективних коагулянтів для очищення води.

Експерименти проводили у дво- та трикамерних електролізерах із використанням катіонообмінних мембран МК-40 та аніонообмінних мембран МА-41. В анодній зоні застосовували алюмінієвий анод марки АД-31, у катодній — пластину з нержавіючої сталі 12Х18Н10Т. Досліджено вплив густини струму, концентрації солей, тривалості електролізу та кислотності середовища на ефективність процесу.

Показано, що у двокамерному електролізері процес відбувається з утворенням лугу в катодній області та хлориду алюмінію в аноліті, проте ефективність обмежується отруєнням катіонообмінної мембрани іонами Al^{3+} , що знижує електропровідність системи. У трикамерному електролізері вдалося досягти практично повного знесолення розчину (ступінь конверсії NaCl понад 99 %) та отримати концентровані розчини алюмінієвих коагулянтів, придатних для використання у водопідготовці.

Під час процесу спостерігалися як електрохімічне окиснення алюмінію, так і його часткове хімічне розчинення у слабкокислому середовищі з утворенням іонів Al^{3+} . Це дозволяло підтримувати стабільний рН аноліту на рівні 2,5–3,0 і запобігати пасивації аноду. Одночасно в католіті відбувалося накопичення лугу, який може бути повторно використаний у технологічних циклах.

Отримані результати свідчать, що застосування електродіалізу для переробки концентратів опріснення води забезпечує ефективне вилучення іонів натрію, хлоридів та сульфатів, дозволяє отримувати корисні продукти. Таким чином, процес є не лише екологічно безпечним, а й економічно доцільним, оскільки зменшує обсяги відходів та сприяє створенню безвідходних технологічних схем водопідготовки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Klimonda A. Sequential process: membrane filtration and ion exchange as an effective method for water solution purification containing cationic surfactants / A. Klimonda, I. Kowalska // *Desalination and Water Treatment*. – 2021. – V. 214. – P. 232–2412.
2. Tsutano Kyohei. Application of monolithic ion exchange resins for the field of ultrapure water / Kyohei Tsutano // *Journal of Ion Exchange*. – 2022. – V. 33. №3. – P. 51–55.

УРБОЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ ГОРІХОПЛІДНИХ РОСЛИН РОДУ *JUGLANS* У ПОКРАЩЕННІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Балабак О. А., Мельник Б. Р., Завершинська Ю. М.

Уманський національний університет, Україна

o.a.balabak@ukr.net

Волоський горіх (*Juglans regia* L.) є представником однієї з найцінніших та найбільш перспективних деревних порід для впровадження в умовах урбанізованого середовища, з давніх-давен його високопоживні плоди вживаються в їжу, а листки використовуються як народні лікарські засоби. В плодах містяться жири, білки, вуглеводи, мінеральні солі і вітаміни. Крім безпосереднього вживання в їжу в сирому і підсмаженому вигляді, горіхи використовуються для приготування різноманітних кулінарних і кондитерських виробів. В цьому відношенні горіхи є незамінною за своїми якостями сировиною [1,7].

Горіх волоський, як символ достатку, довголіття, має давню історію медичного застосування. При цьому використовуються плоди, перикарпій, листя, кора гілок і коренів при захворюваннях шлунку, рахіті, ексудативному діатезі, подагрі, при внутрішніх і зовнішніх кровотечах, при гіпертонії. Олія містить велику кількість ненасичених жирних кислот, тому рекомендується при лікуванні атеросклерозу. Як висококалорійний продукт горіхи споживають для відновлення сил у видужуючих хворих і після хірургічних операцій [1].

Деревина горіхоплідних дерев представляє особливу цінність в меблевій промисловості. Визначна за кольором і малюнком, легко полірується, використовується для виготовлення домашнього начиння, сувенірів, оправ для картин, дзеркал, табакерок та ін. [3].

Горіхоплідні рослини широко застосовуються в лісовому господарстві, в агролісомеліорації, в зеленому будівництві міст і населених пунктів, для покращення екологічного стану урбанізованих територій та створення захисних смуг [2].

Волоський горіх найбільш посухо- і жаростійкий серед інших видів роду *Juglans*. Критерієм для визначення ступеня посухостійкості є довжина жилок і кількість продихів у листках різних видів горіха. За цими показниками встановлено ряд зменшення посухостійкості видів *Juglans*: волоський – чорний – серцеподібний – Зібольда – маньчжурський – сірий. Незважаючи на посухостійкість волоського горіха, багато дослідників для успішної культури та підвищення врожайності рекомендують зрошувати його в тих місцевостях, де кількість опадів менше 800 мм на рік. Для росту пагонів рекомендується проводити полив рослин горіху в умовах насаджень до кінця червня, а для росту плодів – до половини липня [5].

Необхідною умовою росту та плодоношення волоського горіха є достатня вологість ґрунту. Надмірно вологі, болотисті, як і дуже сухі, сильно засолені, ґрунти непридатні для вирощування цієї культури. Найбільш оптимальні ґрунтові умови для вирощування волоського горіха повинні мати нейтральну або лужну реакцію, що є найбільш типовою для чорноземів та супіскових і суглинкових ґрунтів [4].

Рослини волоського горіха займають проміжне положення між світлолюбними та тіньовитривалими породами, більше наближаючись до перших. Це свідчить про те, що при вирощуванні цієї рослини в умовах урбанізованого середовища, допустиме лише бокове затінення його нижньої частини стовбура і крони. Вершина дерева і вся середня частина крони повинні бути відкритими для сонячного освітлення з усіх боків. При вирощуванні горіха в садах для отримання плодів його крона повинна бути повністю освітлена. У прямій залежності від освітлення перебуває його безпосередній розвиток [3].

У перший рік життя сіянець горіха може досягати близько 30 см у висоту і 1 см у діаметрі. В умовах України щорічний приріст пагонів волоського горіха у висоту становить близько 0,5 м, а в товщину 1 см., у роки з значним вологозабезпеченням річний приріст може сягати до 1,5 м. Така сама величина приросту пагонів характерна і для умов Західної Європи. Пагони волоського горіха більш інтенсивно збільшуються в травні, закінчують свій ріст на початку липня, у червні ріст первинної меристеми зменшується і прирости більше потовщуються [3,4].

Тобто, впровадження горіхоплідних рослин в умовах урбанізованого середовища є надзвичайно перспективним, потребує підбору оптимального асортименту та використання якісного садивного матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кондратенко П. В., Сатіна Г. М., Затоковий Ф. Т., Сатіна Л. Ф. Культура горіха грецького в Україні: стан і перспективи розвитку. Міжв. темат. наук. зб. Садівництво. Київ: Нора-Прінт, 2011. №50. С. 121-126.
2. Наукові основи та складові Галузевої програми розвитку горіхівництва в Україні. Г. М. Сатіна, Ф. Г. Олещенко, Н. М. Кошлякова, І. С. Косенко, А. І. Опалко, О. А. Балабак, Г. А. Тарасенко, М. Є. Опанасенко, І. Г. Чернобай, Н. М. Трикоз. Київ: Логос, 2011. 100 с.
2. Павленко Ф. А. Вегетативне розмноження горіха грецького і фундука. Київ: Урожай, 1972. С. 31–66.
3. Сатіна Г. М. Формування внутрішнього і зовнішнього ринку волоських горіхів. Матеріали Шостих річних зборів Всеукраїнського конгресу вчених економістів-аграрників. - Київ: ННЦ ІАЕ, 2004. – С. 299-303.
4. Словник античної міфології [уклад. І. Я. Козовик, О. Д. Пономарів]: 2-е вид. Київ: Наук. думка, 1989. С. 67–68.
5. Щепотьєв Ф. Л., Павленко Ф. А., Ріхтер О. А. Горіхи. Київ: Урожай, 1975. С. 168.
6. Abbe E. C. Flowers and inflorescences of the Amentiferae. Botanical review. 1974. Vol. 40, № 2. P. 159–261.

ОЦІНКА ВПЛИВУ АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА СТАН ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ *PINUS SYLVESTRIS* L. В УРБАНІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ МІСТА УМАНЬ

Перепелиця М. Р., Балабак А. В.

Уманський національний університет, Україна

A.V.Balabak@ukr.net

Сучасні міські екосистеми зазнають значного впливу антропогенних чинників – транспортних викидів, промислових забруднень, ущільнення ґрунтів та змін мікроклімату, що призводить до деградації природних компонентів і погіршення стану зелених насаджень, основи екологічного каркаса міста. Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) – чутливий до забруднення та поширений у міських умовах вид. Вона використовується у лісопарках, санітарно-захисних смугах і рекреаційних насадженнях, виконуючи біоіндикаційні, фітомеліоративні та санітарно-гігієнічні функції. Завдяки морфологічним особливостям сосна слугує індикатором техногенного навантаження на міське середовище.

Метою дослідження є встановлення ступеня антропогенного навантаження на міські екосистеми міста Умані за допомогою біоіндикаційного аналізу хвої *Pinus sylvestris* L. як показника стану атмосферного повітря.

Для оцінки впливу антропогенних факторів на стан зелених насаджень *Pinus sylvestris* L. у місті Умань обрали ключові ділянки з урахуванням геоекологічних умов, розташування промислових підприємств, напрямків панівних вітрів та інтенсивності транспортних потоків. Для порівняння визначили також фонову ділянку (НДП «Софіївка» НАН України), віддалену від джерел забруднення. На кожній ділянці відбирали сосни висотою 1–1,5 м на відкритій місцевості, збираючи хвою з кількох дерев на площі 10×10 м². Фіксували дані про місце відбору, транспортні шляхи поблизу та час обстеження, а також оцінювали ступінь витоупування території за 4-бальною шкалою. Хвоїнки минулорічного приросту з бічних пагонів середньої частини крони 5–10 дерев аналізували за ступенем ушкодження (плями) та всихання, а результати переводили у відсоткове співвідношення для оцінки рівня забруднення повітря за морфологічними ознаками хвої. Такі спостереження забезпечують швидку біоіндикаційну оцінку екологічного стану міського середовища, дозволяючи визначити ступінь антропогенного навантаження на зелені насадження та простежити тенденції їх адаптації в умовах урбанізації. За результатами проведених досліджень встановлено, що найвищий рівень антропогенного забруднення спостерігається на вулицях Енергетичній та Індустріальній міста Умань, ці ділянки відзначаються значною концентрацією транспортних потоків і промислових об'єктів, що зумовлює інтенсивний техногенний вплив на зелені насадження *Pinus sylvestris* L.

Відсоток хвоїнок із плямами, що відображає дію забруднювальних речовин, по вулиці Енергетичній становить 16% від загальної кількості, тоді як у межах території НДП «Софіївка» НАН України цей показник є найнижчим – 6%. Показники всихання хвої демонструють подібну тенденцію: максимальні значення зафіксовано по вулиці Енергетичній (2025 р.) – 22% хвоїнок із ознаками деградації, тоді як на території НДП «Софіївка» цей показник становить лише 5%.

Таким чином, узагальнені результати свідчать, що найбільш забрудненою територією міста Умань є район вулиць Енергетична та Індустріальна, що пояснюється концентрацією підприємств і високою інтенсивністю транспортного руху. Найменший рівень забруднення зафіксовано на території НДП «Софіївка», де завдяки природним умовам і густій рослинності спостерігається стабільний екологічний стан. Біоіндикаційний аналіз *Pinus sylvestris* L. дозволяє оперативно оцінювати стан міського довкілля та відстежувати вплив урбанізації.

РОЗРОБКА УРБОЕКОЛОГІЧНОГО ПРОФІЛЮ МІСТА КИЄВА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Поліщук С. М.

Уманський національний університет, Україна
advocatsmp@gmail.com

В сучасних умовах стрімкої урбанізації міста стають основними осередками впливу на природне середовище. Тотальна і несистемна забудова, порушення екологічних норм та ігнорування вимог законодавства при будівництві, зменшення і безконтрольне знищення зелених насаджень, порушення екологічних зон та цілих екосистем призводить до погіршення екологічної ситуації в містах. Місто Київ, як найбільше в Україні, має високий рівень антропогенного навантаження, що проявляється через забруднення повітря, шумове навантаження, збільшення кількості транспортних засобів із шкідливими викидами та скорочення площ зелених насаджень.

Урбоєкосистема міста Києва поєднує природні, транспортні, житлові, будівельні, соціальні та антропогенні компоненти. Місто має неоднорідний розподіл зелених зон: центральні райони мають парки та сквери, північні та південні передмістя містять лісопаркові зони та природні території, тоді як промислові та густонаселені райони страждають від дефіциту озеленення. Одним з найкраще озелених районів міста є Голосіївський район, на території якого знаходиться лісовий масив «Голосіївський ліс», Національний музей народної архітектури та побуту України, який знаходиться серед зелених зон та фактично в Голосіївському лісі, та парк «Феофанія», який створений з метою збереження та використання в естетичних, виховних, наукових, природоохоронних та оздоровчих цілях найбільш визначних зразків паркового будівництва, а також входить до складу природно-заповідного фонду України, який є складовою частиною світової системи природних територій та об'єктів, що перебувають під особливою охороною.

Основні проблеми: сміттєве забруднення деяких територій міста, надмірна забудова і вирубка зелених насаджень, недостатнє озеленення новозбудованих масивів, фрагментація зелених зон, недостатнє з'єднання рекреаційних територій, забруднення ґрунтів і води, а також вплив транспортного та промислового шуму на стан зелених насаджень. Для підвищення екологічної стійкості Києва пропонується створення екологічної основи міста з поєднанням великих парків, лісопарків та скверів; збільшення площі зелених зон у місті; впровадження вертикального озеленення, зокрема на стінах, парканах, арках, стелях та спеціальних конструкціях; посилення контролю за викидами; модернізація очисних споруд; розвиток громадського транспорту та перехід на електромобільні транспортні засоби; впровадження серед населення елементарних побутових звичок, сортування сміття та економія природних ресурсів; розвиток рекреаційних маршрутів; посилення контролю за забрудненням повітря; контроль за забудовою міста.

Отже, розробка урбоєкологічного профілю міста Києва дає можливість систематизувати дані про стан зелених зон. Застосування цього профілю в плануванні зеленої інфраструктури сприяє підвищенню екологічної стійкості та екологічної рівноваги Києва, поліпшенню якості життя мешканців міста, збереженню природних ресурсів та створенню передумов для сталого та стабільного розвитку столиці України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Екологічна стратегія міста Києва до 2030 року – концепція, затверджена Київською міською радою, 2021. URL: https://kmr.gov.ua/sites/default/files/1535-4-dodatok-ecostrategy_final_kyivcouncil.pdf
2. Кучерявий В.П. Урбоєкологія: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Львів: Видавництво «Новий Світ-2000», 2021. 460 с.

УРБОЕКОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОРМОВОГО РІЗНОМАНІТТЯ РОСЛИН, ПРИДАТНИХ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ В УМОВАХ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Балабак О. А., Прошкін В. А., Кириченко О. В.

Уманський національний університет, Україна

o.a.balabak@ukr.net

У сучасних умовах інтенсивної урбанізації, що супроводжується зростанням антропогенного навантаження на біосферу, збільшенням рівня промислового забруднення атмосфери та загальним ускладненням екологічної ситуації, питання формування безпечного, екологічно збалансованого та комфортного середовища для життя людини набуває особливої актуальності.

Погіршення стану довкілля у містах потребує пошуку нових підходів до озеленення та впровадження інноваційних рішень, здатних не лише покращити естетичний вигляд урбанізованих територій, а й виконувати важливі екологічні функції – очищення повітря, зменшення рівня шуму, нормалізацію мікроклімату та підвищення якості життя населення.

Одним із найефективніших шляхів розв'язання цієї проблеми є широке впровадження у зелене будівництво нових, перспективних видів рослин, адаптованих до умов міського середовища. Розширення асортименту декоративних рослин, здатних витримувати урбаністичне навантаження, має неабияке значення для підвищення біорізноманіття, поліпшення стану екосистем та створення сприятливого мікроклімату в населених пунктах. Масове введення таких видів у культуру на території України не лише збагачуватиме ландшафтну структуру міст, а й сприятиме оздоровленню навколишнього середовища.

Добре відомо, що зелені насадження з використанням інтродукованих рослин відіграють важливу роль у просторовій та функціональній організації міських і сільських ландшафтів. Вони надають архітектурному вигляду населених пунктів гармонійності та виразності, зменшують пилові навантаження, запобігають ерозії ґрунтів і заболочуванню територій, затримують опади та сприяють очищенню ґрунтових вод. Усе це підтверджує значення зелених насаджень як одного з головних природних чинників, що забезпечують екологічне благополуччя людини.

Ефективність, естетичність і санітарно-гігієнічні властивості зелених насаджень значною мірою залежать від правильно підібраного видового складу рослин. В умовах значного різноманіття декоративних деревних та трав'янистих форм і видів вибір оптимального асортименту для конкретного об'єкта зеленого будівництва є складним завданням, що вимагає глибоких знань про біологічні особливості, декоративні якості та екологічну стійкість рослин.

У зв'язку з діяльністю, спрямованою на покращення екологічних умов урбанізованого середовища, особливої уваги заслуговують такі види, як представники роду платан (*Platanus*) та міскантус (*Miscanthus*), які можна використовувати як поодинокі, так і в комбінованих насадженнях. Ці рослини відзначаються високою декоративністю, стійкістю до забруднення повітря та здатністю адаптуватися до несприятливих міських умов, що робить їх перспективними для використання у зелених насадженнях сучасних міст.

Однією з характерних особливостей платану є його довговічність. А за швидкістю росту платани, разом з горіхами чорним та волоським, в'язом, шовковицею, сосною Веймутовою належать до групи швидкокорослих порід (з річним приростом до 1 м). У спекотному кліматі Півдня України платани за швидкістю росту значно випереджають різновиди клену та тополі. Збільшення густоти листового покриву з

віком у платанів відбувається набагато швидше, ніж у липи серцелистої та дуба звичайного [2, 3].

Тривалість життя платанів в умовах насаджень сягає понад 2000 років. Так відоме існування в Середній Азії платанів віком близько 1000 років, та в Середземномор'ї віком понад 2000 років. На острові Кос, що в Середземному морі, до нашого часу зберігся платан східний у віці не менше 2300 років, його напівзруйнований стовбур досягнув значних розмірів у діаметрі. За переказами, у затінку цього дерева приймав хворих античний лікар Гіппократ [1, 3, 5].

У природних умовах платан східний зростає в долинах та по берегах річок на вологих алювіальних ґрунтах та серед гірських лісів, піднімаючись на висоту 800–1500 м над рівнем моря. Види роду платан культивуються у помірному, субтропічному, тропічному та субекваторіальному кліматичному поясах і мають досить широке географічне поширення. Найбільш поширеними в насадженнях урбанізованого середовища є платан східний, платан західний та платан кленолистий. Північна межа культури видів роду платан у помірному кліматичному поясі проходить через країни Балтики, Харків та Полтаву [4, 7].

Міскантус належить до числа багаторічних трав, а завдяки гарному зовнішньому вигляду багато видів і сортів використовуються як декоративні рослини у ландшафтному дизайні для озеленення декоративних ставків, клумб, садів [6].

Активна робота проводиться для вдосконалення існуючих форм та отримання нових сортів міскантусу, враховуючи, що невибаглива й морозостійка культура добре прижилася в наших широтах. Найбільш перспективними для використання в умовах урбанізованого середовища є вітчизняні сорти міскантусу гігантського – Універсальний, Поліський, Енергетичний, Осінній зорецвіт та Місячний промінь [2].

Тобто, більшість представників формового і сортового різноманіття рослин платану та міскантусу цілком придатні для вирощування в умовах урбанізованого середовища з різним ступенем екологічного навантаження, також вони відзначаються значною середовищевірою та сануючою функцією. Для ремонту насаджень та при закладці нових рекреаційних ділянок доцільно використовувати якісний крупномірний садивний матеріал товарних гатунків, а при проведенні робіт по догляду за насадженнями застосовувати сучасні системи підживлення та формування з впровадженням загальноєвропейського досвіду, що в цілому позитивно впливає на стан рослин, естетичні показники та еколого-біологічні характеристики насаджень в міському середовищі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Барбаш В.А., Зінченко В.О., Трембус І.В. Ресурсозберігаючі технології перероблення стебел міскантусу. Наукові вісті НТУУ «КПІ». 2012. № 5. С. 118–123.
2. Гелетуца Г.Г., Желєзна Т.А., Трибой О.В. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні. Аналітична записка БАУ № 10. 2014. 33 с.
2. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць : підручн. Львів : Світ. 2005. 456 с.
3. Baycan-Levent T., Vreeker R., Nijkamp P. A Multi-Criteria Evaluation of Green Spaces in European Cities. European Urban and Regional Studies. 2009. 16 (2). P. 193–213.
4. Brosse N., Dufour A., Meng X. et al. Miscanthus: a fast-growing crop for biofuels and chemicals production. Biofuels, Bioprod. Bioref. 2019. P. 34–45.
5. City of Dresden. Zukunft Dresden 2025. Integriertes Stadtentwicklungskonzept Dresden (INSEK). Dresden. 2016. 150 p.
6. Parker J. Drought resistance in woody plants // Bot. Rev. 1996. 22. P. 241–289.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СОРБЕНТІВ ОТРИМАНИХ НА ОСНОВІ ВІДПРАЦЬОВАНОЇ КАВОВОЇ ГУЩІ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

Роменець О. А., Твердохліб М. М.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
tverdokhlib.mariia@kpi.ua*

Забруднення водних ресурсів є однією з найгостріших глобальних екологічних проблем. Токсичні речовини, що потрапляють у воду, перешкоджають її використанню для задоволення побутових та промислових потреб. Для боротьби з органічними та неорганічними забруднювачами широко застосовуються сорбційні технології. Однак традиційне використання вуглецевих адсорбентів, зокрема комерційного активованого вугілля, має суттєві недоліки. До них належать висока вартість самого матеріалу, недостатня ефективність для деяких сполук, короткий термін служби та складність, енергоємність і висока вартість регенерації відпрацьованого вугілля, що призводить до втрати адсорбенту [1]. Це створює нагальну потребу в розробці більш економічно вигідних, ефективних та екологічно стійких адсорбційних матеріалів, які можуть бути отримані з відновлюваної або вторинної сировини.

Світове виробництво кави та її споживання призводить до утворення великої кількості відходів, що є однією з екологічних проблем сьогодення. Хімічний склад відпрацьованої кавової гущі (ВКГ) характеризується високим вмістом вуглецю (понад 50%) – це забезпечує передумови для її використання як потенційного матеріалу для виробництва біовугілля та активованого вугілля. Переробка відпрацьованої кавової гущі вирішує низку проблем: утилізація органічних відходів замість їх захоронення та створення нових екологічно чистих сорбентів для очищення води. Використання ВКГ для очищення води є прикладом реалізації принципів циркулярної економіки та концепції «від відходів до ресурсу».

Відпрацьована кавова гуща є цінним органічним ресурсом, який дедалі частіше стає об'єктом наукових досліджень. Завдяки своєму унікальному хімічному складу, що включає целюлозу, лігнін, ліпіди, поліфеноли та антиоксиданти, вона має широкий спектр потенційних застосувань. Найбільш перспективним є напрямок використання кавової гущі в якості сорбційного матеріалу [2]. Навіть без складної фізико-хімічної попередньої обробки, відпрацьована кавова гуща демонструє значну адсорбційну активність. Вона функціонує як біосорбент завдяки природній наявності функціональних груп. Ефективність сорбентів на основі ВКГ була підтверджена для широкого спектру забруднювачів, що свідчить про універсальність матеріалу. Біовугілля та активоване вугілля отримане з ВКГ також ефективно видаляють широкий спектр органічних та неорганічних забруднювачів, проте їх синтез залишається досить складним процесом. Нажаль, більшість отриманих сорбентів із ВКГ потребують складного виробництва, що призводить до неможливості їх комерціалізації. Тому актуальним є розробка більш ефективних методів отримання та модифікації поверхні сорбентів на основі кавових відходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Priena G. H., Handajani M., Nisa L. M. Utilization of Spent Coffee Grounds as Adsorbent: A Review. *In ITB Graduate School Conference*. 2023. P. 727-739.
2. Hyeon G. W., Lee G. B., Kang D. J., Lee S. E., Seong K. M., Park J. E. (2025). Optimization of Activated Carbon Synthesis from Spent Coffee Grounds for Enhanced Adsorption Performance. *Molecules*. 2025. Vol. 30(12). P. 2557.

ЖИТТЄВИЙ СТАН ДЕРЕВ РОДУ ACER У СТРУКТУРІ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ ТА ЛАНДШАФТІВ УРБОЕКОСИСТЕМИ МІСТА УМАНЬ

Гончар Н. О.^{1,2}, Григораш С. В.², Кроковний В. В.²

¹Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України

²Уманський національний університет, Україна

natashagonchar23@ukr.net

Зелені насадження є невід’ємною складовою ландшафтної структури міських територій і виконують багатофункціональну роль, поєднуючи природоохоронні, кліматорегулювальні, рекреаційні та естетичні функції. Вони сприяють зниженню рівня забруднення повітря, поглинанню шуму, зменшенню ефекту теплових островів, накопиченню опадів та підтриманню біорізноманіття в межах урбанізованого середовища. У структурі урбанізованих ландшафтів дерева виступають стабілізуючим фактором екологічної рівноваги, пом’якшують наслідки антропогенного навантаження та створюють комфортні умови для проживання людини.

Серед багатьох декоративних та функціональних видів особливе місце займають представники роду *Acer*, які характеризуються поєднанням високої декоративності, швидкого росту, адаптивності до різних міських умов, стійкості до промислового забруднення та порівняно невибагливих вимог до ґрунтів і мікроклімату. Завдяки цим властивостям види роду *Acer* широко застосовуються у формуванні зелених насаджень вулиць, скверів та парків, що робить їх ключовими елементами урбоєкосистем.

Мета дослідження полягала в оцінці життєвого стану дерев роду *Acer* (*Acer platanoides* L., *Acer saccharinum* L.) у різних типах міських ландшафтів міста Умань з метою визначення їхньої екологічної стійкості, життєздатності та ролі у підтриманні структурної та функціональної цілісності зелених насаджень.

Роботи проводили на території вуличних насаджень та паркових зон міста Умань. Вік дерев визначали на основі облікових даних комунального підприємства зеленого господарства та шляхом візуальної оцінки морфологічних ознак. Життєвий стан дерев оцінювали за бальною шкалою життєздатності, яка враховує морфофізіологічні показники, стан крони та стовбурів, наявність патологічних змін та пошкоджень.

У структурі зелених насаджень міста Умань *Acer platanoides* становить близько 19%, а *Acer saccharinum* – 5%. Переважають дерева віком 21–40 років, хоча присутні і молоді екземпляри до 20 років, що свідчить про регулярне оновлення насаджень.

Більшість обстежених дерев демонструють задовільний стан життєздатності. Для *A. platanoides* життєздатність на рівні 6 балів спостерігалася у 38,2% дерев, 7 балів – у 26,5%; високий бал (8) був зафіксований у 11% екземплярів. Для *A. saccharinum* 5 балів спостерігали у 44,3%, 6 балів – у 28%. Сильно пошкоджені дерева (1–3 бали) становлять лише 1% від загальної кількості обстежених дерев.

Серед патологічних змін найчастіше зустрічалися засохлі скелетні гілки (6,5%), розрідження крони (6,2%) та суховерхість (3,5%). Найбільша кількість дефектів спостерігалася у *A. saccharinum* (18,6%), тоді як у *A. platanoides* цей показник становив 6,9%.

Дерева роду *Acer* є важливим елементом ландшафтної структури міських зелених насаджень, забезпечуючи стабільність, декоративність та екологічну функціональність урбоєкосистем. Результати дослідження підтверджують доцільність подальшого використання *A. platanoides* та *A. saccharinum* у формуванні озелених територій різного функціонального призначення – від вулиць до парків і рекреаційних зон. Використання цих видів сприяє підтриманню міського біоценозу та підвищенню екологічного комфорту міста.

ВИБІР І РАНЖУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗМІННИХ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПЕРЕРОБКИ НАПОВНЕНОГО ПОЛІПРОПІЛЕНУ НА ОСНОВІ МЕТОДОЛОГІЇ RSM

Кирило Артеменко, Вікторія Плавач

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
artemenko.kv@knu.edu.ua

Високонатовнені композити на основі поліпропілену із сполуками кремнію характеризуються поєднанням високої міцності та термостійкості, однак їх переробка й утилізація ускладнені через значну частку неорганічного наповнювача. У цьому випадку підвищення екологічності розглядається не з точки зору складу полімеру, а як оптимізація технологічного процесу. Зменшення кількості відходів і питомих енерговитрат, стабілізація параметрів потоку та регулювання реологічних характеристик екструдату є основними напрямками удосконалення процесу. Для аналізу взаємозв'язків між змінними та показниками ефективності застосовано метод поверхні відгуку (Response Surface Methodology, RSM) [1]. На початковому етапі визначено систему відгуків: частку технологічних відходів, питомі енерговитрати, текучість розплаву та інші параметри процесу. Вибір саме таких параметрів обумовлений їхнім прямим зв'язком із втратами матеріалу, енергії та стабільністю процесу.

Об'єктом аналізу є виробництво композиту на комбінованому черв'ячно-дисковому екструдері. Змінні процесу умовно поділено на хімічні та машинні, як такі, що відображають матеріалозумовлену й апаратну складові процесу. До хімічної групи належать вміст і тип діоксиду кремнію, розмір частинок, ступінь поверхневої обробки силаном, показник текучості розплаву поліпропіленової матриці та вологість композиції. Ці чинники визначають диспергованість наповнювача, структуру композиту й в'язкість розплаву, що впливає на стабільність потоку та кількість відходів. Машинна група охоплює температуру циліндра, частоту обертання дисково-черв'ячного вузла, робочий зазор у дисковій секції та фільтри [2]. Вони формують умови зсуву, гідродинаміку потоку й рівень гомогенізації розплаву. Масова подача розглядається як контрольований, але не варійований параметр. В методології RSM кількість незалежних змінних обмежується до п'яти–шести, оскільки збільшення їх числа різко підвищує кількість експериментів [1]. Аналіз літератури і попередніх досліджень показує, що найбільший вплив на питомі енерговитрати, відходоутворення та стабільність подачі розплаву мають вміст і поверхнева обробка SiO_2 , температура та частота обертання екструдера [1,3]. Їх взаємодія визначає рівень гомогенізації та зміну в'язкісних властивостей полімеру в зоні змішування. На цьому етапі сформовано набір змінних і відгуків, що відображають екологічні та технологічні аспекти процесу і будуть використані для побудови моделі RSM. Наступним кроком є розроблення дизайн-матриці типу Central Composite Design для експериментальної перевірки впливу ключових факторів і побудови поверхонь відгуку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Myers R.H., Montgomery D.C., Anderson-Cook C.M. Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments. Wiley, 2016.
2. Мікульонюк І.О., Радченко Л.Б. Моделювання дискових екструдерів для перероблення полімерних матеріалів. К.: НТУУ «КПІ», 2015.
3. Yan, S.; Tang, Y.; Bi, G.; Xiao, B.; He, G.; Lin, Y. Optimal Design of Carbon-Based Polymer Nanocomposites Preparation Based on Response Surface Methodology. Polymers 2023.

ЕКОЛОГІЧНА СЕРТИФІКАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИРОБНИЦТВА

Светош В. Ю.

*Науковий парк «Алгоритм інновацій», Україна
svetosvika@gmail.com*

У сучасних умовах глобалізації, коли питання охорони навколишнього середовища набувають стратегічного значення, екологічна сертифікація стає невід'ємним інструментом підвищення якості виробництва. Вона сприяє поєднанню економічних інтересів підприємства з екологічною відповідальністю, забезпечуючи сталий розвиток, конкурентоспроможність і довіру споживачів.

Екологічна сертифікація є офіційним підтвердженням відповідності системи управління підприємства міжнародним або національним екологічним стандартам. Найпоширенішим є стандарт ISO 14001, який визначає вимоги до систем екологічного менеджменту (СЕМ). Його впровадження дозволяє підприємствам системно оцінювати та контролювати екологічні аспекти діяльності, зменшувати негативний вплив на довкілля та раціонально використовувати ресурси.

Сучасні дослідження доводять, що впровадження екологічної сертифікації безпосередньо впливає на ефективність і якість виробничих процесів. Компанії, сертифіковані за ISO 14001, знижують споживання електроенергії на 10–15 %, витрати води — на 12 %, а кількість промислових відходів — на 20–25 % (ISO, 2024). Такі зміни свідчать про підвищення раціональності виробничих процесів, що, своєю чергою, відображається на якості кінцевої продукції.

Крім оптимізації ресурсів, екологічна сертифікація сприяє підвищенню дисципліни у виробничій діяльності. Стандарт ISO 14001 побудований на циклі **PDCA (Plan–Do–Check–Act)**, що передбачає планування, реалізацію, контроль та постійне вдосконалення екологічних заходів. Це стимулює підприємства системно працювати над зменшенням негативного впливу, удосконалювати внутрішні процеси, впроваджувати інноваційні технології очищення та рекуперації.

Важливим аспектом є й те, що екологічна сертифікація зміцнює позиції підприємства на ринку. У сучасній економіці імідж «зеленого» виробника має значну комерційну цінність. Споживачі дедалі частіше обирають продукцію компаній, які дотримуються принципів сталого розвитку. Крім того, багато міжнародних партнерів і тендерів передбачають наявність сертифікату ISO 14001 як обов'язкову умову співпраці. Це розширює можливості експорту та відкриває шлях до нових інвестицій.

Для України, де екологічна трансформація промисловості лише набирає обертів, сертифікація виступає дієвим механізмом адаптації до європейських стандартів. Згідно з даними Міністерства економіки України, кількість підприємств, сертифікованих за ISO 14001, щороку зростає на 8–10 %, особливо у галузях машинобудування, транспорту та енергетики. Це свідчить про поступову інтеграцію принципів екологічного менеджменту у виробничу політику країни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мельник Л. Г., Карінцева О. І. Екологічна сертифікація продукції: теорія та практика. Суми: Університетська книга, 2023. 212 с.
2. Герасимчук З. В., Кравченко І. М. Екологічний менеджмент та сертифікація: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2024. 188 с.
3. Власюк О. С., Бондар Т. В. Екологічні стандарти в системі управління якістю підприємства. Економіка та держава. 2023. №4. С. 102–106.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ БІОЕНЕРГЕТИКИ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Фалєєв Ф. Р.

*Науковий парк «Алгоритм інновацій», Україна
fedya.faleev2004@gmail.com*

Біоенергетика в останні роки розглядається як один з ключових напрямків сталого енергетичного переходу. Її роль у зниженні викидів парникових газів і зменшенні залежності від викопного палива робить цю галузь важливим інструментом реалізації кліматичних стратегій. Однак сучасні дослідження показують, що екологічна ефективність біоенергетики багато в чому визначається життєвим циклом виробництва і типом застосовуваного біопалива [1]. Це дає змогу провести аналіз впливу біоенергетики на навколишнє середовище.

Оцінка життєвого циклу демонструє, що вплив біоенергетичних систем на навколишнє середовище є неоднозначним. При раціональній організації процесів вирощування біомаси, транспортування та переробки скорочуються сукупні викиди вуглекислого газу та забруднюючих речовин. Водночас надмірне використання земельних ресурсів, добрив і водних ресурсів може нівелювати екологічні переваги біоенергетики [1]. Тому важливим напрямком досліджень стає розробка технологічних рішень, що мінімізують вуглецевий слід на кожному етапі виробничого циклу.

Особливе значення має врахування впливу систем уловлювання та зберігання вуглекислого газу (BECCS) у структурі біоенергетики. Як зазначається в сучасних дослідженнях, застосування технологій BECCS здатне не тільки компенсувати викиди, але й забезпечити вуглецевий баланс у довгостроковій перспективі [2]. Однак, ці технології вимагають значних енергетичних та фінансових ресурсів, а також створення інфраструктури для транспортування та довготривалого зберігання CO₂. Важливим завданням залишається забезпечення екологічної безпеки таких систем, особливо в контексті довгострокового впливу на екологію.

З економічної точки зору біоенергетика може стати не тільки екологічно стійким, але й економічно вигідним напрямком за умови правильного управління життєвим циклом. Інтеграція цифрових технологій моніторингу, прогнозування викидів та оптимізації роботи установок дозволяє значно підвищити ефективність виробництва [1]. Це дає змогу зрозуміти, що біоенергетика може бути не лише екологічною, але й економічно вигідною.

Таким чином, ефективність та екологічна користь біоенергетики визначаються не тільки використовуваними технологіями, але й комплексним підходом до управління життєвим циклом. Впровадження нових методів точного моніторингу викидів, цифровізація виробничих процесів і перехід до стійких видів біосировини дозволяють підвищити екологічну результативність сектора. На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що біоенергетика має потенціал стати одним з найбільш значущих інструментів декарбонізації, за умови суворого дотримання принципів сталого розвитку та екологічного контролю на всіх етапах виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Life cycle assessment and techno-economic analysis of sustainable bioenergy production: a review // *Environmental Chemistry Letters*. 2024. DOI: 10.1007/s10311-023-01694-z
2. Climate impact of bioenergy with or without carbon dioxide removal: influence of functional unit and parameter variability // *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2023. DOI: 10.1007/s11367-023-02144-2

**ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ДЖЕРЕЛ ПИТНОЇ ВОДИ У
М.ХАРКОВІ****Камнєва В. Б.¹, Камнєв М. М.¹, Крикля Н. М.^{1,2}**¹*Слов'янський фаховий коледж індустрії та фармації, Україна*²*Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, Україна*
kamneva@karazin.ua

Джерельні води є найважливішими у сучасній структурі питного водопостачання населення міст різних країн. В умовах війни гостро стає питання забезпечення населення великого міста, на прикладі Харкова, питною водою. Таким чином, інформація про якість питної джерельної води на території міста Харків є актуальною. З автоцистерн та обладнаних спеціалізованих пунктах у різних районах міста реалізується джерельна вода «Роганська», «Харківська-1», «Рошинська» та «Шестаковська». Також на території міста знаходяться двадять обладнаних для споживачів джерел. Її використовує третина населення. До них відносяться джерела: Глибокий Яр, Саржин Яр, Парк Юність, Манжосов Яр, Китлярчин Яр, джерело на вулиці Бучми, джерело по вулиці Зубенка, 46, Олексіївське, Тюринське, Немишлянське, Холодногірське, Шатилівське. Але, як встановив аналіз якості питної води, тільки шістнадцять з двадцяти джерел Харкова мають якісну питну воду. Було проведено дослідження джерел води: Холодногірського у парку «Юність», з Жуковського джерела, з джерела Саржин Яру та з джерела Глибокий Яр за показниками: рН, електричний потенціал, вміст нітратів, хлоридів, аміаку, прозорість, мутність, а також жорсткість води. Для визначення нітратів використовували фотометричний метод аналізу. Метод базується на взаємодії нітрат-іонів у сульфатному середовищі з утворенням суміші 3-нітросаліцилової та 5-нітросаліцилової кислоти. Світлопоглинання вимірюють при довжині хвилі 410 нм, використовують кювети з товщиною шару 1 та 2 см. Інші дослідження проводили за стандартними методиками.

Найвищі значення вмісту нітратів, нітритів, а також рівень лужності й жорсткості виявлено в пробах з Холодногірського джерела (джерело у парку «Юність»). У воді з Жуковського джерела виявлено, що вміст хлоридів в півтора рази вищий за показники у воді з інших джерел води міста.

Загалом за результатами хімічного аналізу було виявлено, що вміст хлоридів, нітратів та нітритів у пробах джерельної води відповідає вимогам, що ставляться до якості питних вод: за хлоридами не перевищує показник в 40 мг/дм^3 при нормі $\leq 350 \text{ мг/дм}^3$, вміст нітратів від 0,04 до $1,9 \text{ мг/дм}^3$ при нормі $\leq 50 \text{ мг/дм}^3$, нітритів $0,01\text{--}0,06 \text{ мг/дм}^3$ при нормі $\leq 3,3 \text{ мг/дм}^3$, вміст міді, цинку, марганцю, свинцю, хрому, кобальту, кадмію, нікелю, миш'яку та ртуті у нормі.

Бактеріологічний аналіз води автоцистерн не виявив ніяких відхилень від СанПіНу. Також проведений розрахунок індексу небезпеки НІ в результаті споживання питної джерельної води Олексіївської балки та Немишлянської джерельної води м. Харків. Джерельна вода в Олексіївській балці має НІ=1,851, відноситься до середнього рівня небезпеки з ризиком розвитку шкідливих ефектів в особливо чутливих групах населення. Немишлянська джерельна вода має більш високе значення індексу небезпеки НІ=2,942, але теж відноситься до середнього рівня небезпеки з ризиком розвитку шкідливих ефектів в особливо чутливих групах населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія / О.Г. Васенко, О.В. Рибалова, С.Р. Артем'єв і др. – Х.: НУГЗУ, 2015.- 419 с.

РОЛЬ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ У ФОРМУВАННІ ЕКОСВІДОМОСТІ НАСЕЛЕННЯ

Стеблєва А. В.

Науковий парк «Алгоритм інновацій», Україна

Steblievaantonina24@gmail.com

Екологічна освіта відіграє ключову роль у формуванні екосвідомості населення, адже саме через неї людина усвідомлює взаємозв'язок між своєю діяльністю та станом довкілля. Її головною метою є виховання відповідального ставлення до природи, розвиток навичок екологічно безпечної поведінки в повсякденному житті, навчанні та професійній сфері.

Процес формування екосвідомості має розпочинатися з раннього віку, тому важливо впроваджувати екологічну освіту у програми дошкільних і загальноосвітніх закладів. Через навчання діти засвоюють базові уявлення про природу, вчать дбайливо ставитися до ресурсів та відповідально споживати.

Сучасні підходи до екологічного виховання базуються на інтерактивних методах — проєктній діяльності, участі у волонтерських ініціативах, екологічних акціях, квестах та екскурсіях. Такі форми роботи сприяють розвитку практичних навичок і формуванню ціннісного ставлення до природи. Водночас важливу роль у підвищенні рівня екосвідомості відіграють засоби масової інформації, соціальні мережі та освітні платформи, які популяризують ідеї сталого розвитку та екологічного способу життя.

Отже, екологічна освіта є фундаментом формування екосвідомого суспільства. Вона сприяє підвищенню рівня екологічної культури, зменшенню антропогенного навантаження на природу та забезпечує гармонійний розвиток людини і навколишнього середовища.

Наукове видання

**ІННОВАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ:
БІОТЕХНОЛОГІЯ, ПРИКЛАДНА ХІМІЯ, ЕКОЛОГІЯ**

ЗБІРНИК ТЕЗ

**II МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ,
ПРИСВЯЧЕНОЇ 95-РІЧЧЮ КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ**

30-31 жовтня 2025

*За загальною редакцією
д-ра техн. наук, проф. О. Р. Мокроусової,
д-ра техн. наук, проф. В. П. Плавач
к-та техн. наук доц. Л. А. Майстренко*