

Проект SWorld



Гамаюнова В.В., Криничная И.П., Львович Я.Е., Павлов С.В., Преображенский А.П. и др.
Гамаюнова В.В., Криничная И.П., Львович Я.Е., Павлов С.В., Преображенський А.П. та ін.
Gamyunova V.V., Krnichnaya I.P., Lvovich Y.E., Pavlov S.V., Preobrazhensky A.P. and etc.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИЗНИ СОВРЕМЕННОГО ЧЕЛОВЕКА

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ЖИТТІ СУЧАСНОЇ ЛЮДИНИ
INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE LIFE OF MODERN PERSON

ВХОДИТ В
Международные наукометрические базы
входить до Міжнародні наукометричних баз
included in International scientometric databases

МОНОГРАФІЯ

МОНОГРАФІЯ
MONOGRAPH

Одесса
Одеса / Odessa
Купrienko СВ
Купрієнко СВ / Kyprienko SV
2020

УДК 33
ББК 65
И 57

Авторский коллектив

Колектив авторів / Author team:

Антоненко А.В. (10), Арсенюк И.Р. (3), Бараненко Н.А. (9), Бровенко Т.В. (10),
Вяткин С.И. (13), Гамаюнова В.В. (4), Гошко К.А. (7), Денисюк А.В. (13), Думич В.В. (4),
Землина Ю.В. (10), Зыбайло С.Н. (12), Коваленко О.А. (4), Козлов Я.Н. (12),
Короткова И.В. (6), Корхова М.М. (4), Криворучко М.Ю. (10), Криничная И.П. (9),
Лемешко В.В. (2), Львович И.Я. (11), Львович Я.Е. (8), Майданюк В.П. (3), Павлов С.В. (13),
Преображенский А.П. (8, 11), Преображенский Ю.П. (8), Приходько К.А. (10),
Романюк А.Н. (3, 13), Романюк О.В. (13), Сахно Т.В. (6), Семенов А.А. (6), Толлок Г.А. (10),
Федорчук М.И. (4), Федотов О.В. (7), Харьковлюк-Балакина Н.В. (5)

И 57 **Инновационные** технологии в жизни современного человека. Часть 3: Серия монографий / [авт.кол. : В.В. Гамаюнова, И.П. Криничная, Я.Е. Львович, С.В. Павлов, А.П. Преображенский и др.]. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2019 – 208 с. : ил., табл. – (Серия «Инновационные технологии в жизни современного человека», Часть 3)

Інноваційні технології в житті сучасної людини. Частина 3: Серія монографій / [авт.кол. : В.В. Гамаюнова, І.П. Криничная, Я.Є. Львович, С.В. Павлов, А.П. Преображенський та ін.]. - Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2019 - 208 с.: іл., табл. - (Серія «Інноваційні технології в житті сучасної людини», Частина 3)

ISBN 978-617-7414-98-7

Монография содержит научные исследования авторов в области техники и технологий. Может быть полезна для инженеров, руководителей и других работников предприятий и организаций, а также преподавателей, соискателей, аспирантов, магистрантов и студентов высших учебных заведений.

Монографія містить наукові дослідження авторів в області техніки і технологій. Може бути корисна для інженерів, керівників та інших працівників підприємств і організацій, а також викладачів, здобувачів, аспірантів, магістрантів і студентів вищих навчальних закладів.

The monograph contains the scientific research of authors in the field of engineering and technology. It may be useful for engineers, managers and other employees of enterprises and organizations, as well as teachers, applicants, graduate students, undergraduates and students of higher educational institutions.

УДК 33
ББК 65

© Коллектив авторов, 2020
© Куприенко С.В., оформление, 2020

ISBN 978-617-7414-98-7



Монография подготовлена авторским коллективом:

1. *Антоненко Артем Васильевич*, Киевский университет культуры, Украина, кандидат технических наук, доцент - *Глава 10 (в соавторстве)*
2. *Арсенюк Игорь Ростиславович*, Винницкий национальный технический университет, Украина, кандидат технических наук, доцент - *Глава 3 (в соавторстве)*
3. *Бараненко Никита Александрович*, Ягеллонский университет, факультет международных отношений и политических исследований, Украина, студент - *Глава 9 (в соавторстве)*
4. *Бровенко Татьяна Викторовна*, Киевский национальный университет культуры и искусств, Украина, кандидат технических наук, доцент - *Глава 10 (в соавторстве)*
5. *Вяткин Сергей Иванович*, Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Украина, кандидат технических наук, старший науч.сотрудник - *Глава 13 (в соавторстве)*
6. *Гамаюнова Валентина Васильевна*, Николаевский национальный аграрный университет, Украина, доктор сельскохозяйственных наук, профессор - *Глава 4 (в соавторстве)*
7. *Гошко Ксения Александровна*, Донецкий национальный медицинский университет, Украина, студент - *Глава 7 (в соавторстве)*
8. *Денисюк Алла Васильевна*, Украина - *Глава 13 (в соавторстве)*
9. *Думич Василий Васильевич*, Львовский филиал УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого, Украина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший науч.сотрудник - *Глава 4 (в соавторстве)*
10. *Землина Юлия Владимировна*, Киевский университет культуры, Украина, кандидат педагогических наук, доцент - *Глава 10 (в соавторстве)*
11. *Зыбайло Сергей Николаевич*, Украинский государственный химико-технологический университет, Украина - *Глава 12 (в соавторстве)*
12. *Коваленко Олег Анатольевич*, Николаевский национальный аграрный университет, Украина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент - *Глава 4 (в соавторстве)*
13. *Козлов Ярослав Николаевич*, Украинский государственный химико-технологический университет, Украина, кандидат технических наук - *Глава 12 (в соавторстве)*
14. *Короткова Ирина Валентиновна*, Полтавская государственная аграрная академия, Украина, кандидат химических наук, доцент - *Глава 6 (в соавторстве)*
15. *Корхова Маргарита Михайловна*, Николаевский национальный аграрный университет, Украина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент - *Глава 4 (в соавторстве)*
16. *Криворучко Мирослав Юрийович*, Киевский национальный торгово-экономический университет, Украина, кандидат технических наук, доцент - *Глава 10 (в соавторстве)*
17. *Криничная Ирина Петровна*, Государственный университет телекоммуникаций, Украина, доктор наук государственного управления, профессор - *Глава 9 (в соавторстве)*



18. *Лемешко Василий Владимирович*, Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина, кандидат физико-математических наук, старший науч.сотрудник - Глава 2
19. *Львович Игорь Яковлевич*, Воронежский институт высоких технологий, Россия, доктор технических наук, профессор - Глава 11 (в соавторстве)
20. *Львович Яков Евсеевич*, Воронежский государственный технический университет, Россия, доктор технических наук, профессор - Глава 8 (в соавторстве)
21. *Майданюк Володимир Павлович*, Винницкий национальный технический университет, Украина, кандидат технических наук, доцент - Глава 3 (в соавторстве)
22. *Павлов Сергей Владимирович*, Украина, доктор технических наук, профессор - Глава 13 (в соавторстве)
23. *Преображенский Андрей Петрович*, Воронежский институт высоких технологий, Россия, доктор технических наук, доцент – Главы 8, 11 (в соавторстве)
24. *Преображенский Юрий Петрович*, Воронежский институт высоких технологий, Россия, кандидат технических наук, доцент - Глава 8 (в соавторстве)
25. *Приходько Ксения Александровна*, Украина, аспирант - Глава 10 (в соавторстве)
26. *Романюк Александр Никифорович*, Винницкий национальный технический университет, Украина, доктор технических наук, профессор – Главы 3, 13 (в соавторстве)
27. *Романюк Оксана Владимировна*, Винницкий национальный технический университет, Украина, кандидат технических наук, доцент - Глава 13 (в соавторстве)
28. *Сахно Тамара Викторовна*, Полтавский институт экономики и права, Украина, доктор химических наук, профессор - Глава 6 (в соавторстве)
29. *Семенов Анатолий Алексеевич*, Полтавский университет экономики и торговли, Украина, кандидат физико-математических наук, доцент - Глава 6 (в соавторстве)
30. *Толок Галина Арсеньевна*, Киевский национальный университет культуры и искусств, Украина, кандидат технических наук, доцент - Глава 10 (в соавторстве)
31. *Федорчук Михаил Иванович*, Николаевский национальный аграрный университет, Украина, доктор сельскохозяйственных наук, профессор - Глава 4 (в соавторстве)
32. *Федотов Олег Валерьевич*, Донецкий национальный медицинский университет, Украина, доктор биологических наук, доцент - Глава 7 (в соавторстве)
33. *Харковлюк-Балакина Наталья Валериевна*, ГУ "Институт геронтологии АМН Украины", Украина, кандидат биологических наук - Глава 5
34. *Хмельницкая Евгения Викторовна*, Полтавский университет экономики и торговли, Украина, кандидат технических наук, доцент - Глава 6 (в соавторстве)
35. *Чопоров Олег Николаевич*, Воронежский государственный технический университет, Россия, доктор технических наук, профессор - Глава 11 (в соавторстве)
36. *Шапка Ирина Витальевна*, Украинский государственный химико-технологический университет, Украина, кандидат технических наук - Глава 12 (в соавторстве)



Монографія підготовлена авторським колективом

1. Антоненко Артем Васильович, Київський університет культури, Україна, кандидат технічних наук, доцент - Глава 10 (у співавторстві)
2. Арсенюк Ігор Ростиславович, Вінницький національний технічний університет, Україна, кандидат технічних наук, доцент - Глава 3 (у співавторстві)
3. Бараненко Микита Олександрович, Ягеллонський університет, факультет міжнародних відносин і політичних досліджень, Україна, студент - Глава 9 (у співавторстві)
4. Бровенко Тетяна Вікторівна, Київський національний університет культури і мистецтв, Україна, кандидат технічних наук, доцент - Глава 10 (у співавторстві)
5. Вяткін Сергій Іванович, Інститут автоматизації і електроніки СО РАН, Україна, кандидат технічних наук, старший науч.сотрудник - Глава 13 (у співавторстві)
6. Гамаюнова Валентина Василівна, Миколаївський національний аграрний університет, Україна, доктор сільськогосподарських наук, професор - Глава 4 (у співавторстві)
7. Гошко Ксенія Олександрівна, Донецький національний медичний університет, Україна, студент - Глава 7 (у співавторстві)
8. Денисюк Алла Василівна, Україна - Глава 13 (у співавторстві)
9. Дулич Василь Васильович, Львівська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, Україна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науч.сотрудник - Глава 4 (у співавторстві)
10. Землина Юлія Володимирівна, Київський університет культури, Україна, кандидат педагогічних наук, доцент - Глава 10 (у співавторстві)
11. Зибайло Сергій Миколайович, Український державний хіміко-технологічний університет, Україна - Глава 12 (у співавторстві)
12. Коваленко Олег Анатолійович, Миколаївський національний аграрний університет, Україна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент - Глава 4 (у співавторстві)
13. Козлов Ярослав Миколайович, Український державний хіміко-технологічний університет, Україна, кандидат технічних наук - Глава 12 (у співавторстві)
14. Короткова Ірина Валентинівна, Полтавська державна аграрна академія, Україна, кандидат хімічних наук, доцент - Глава 6 (у співавторстві)
15. Корхова Маргарита Михайлівна, Миколаївський національний аграрний університет, Україна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент - Глава 4 (у співавторстві)
16. Криворучко Мирослав Юрійович, Київський національний торгово-економічний університет, Україна, кандидат технічних наук, доцент - Глава 10 (у співавторстві)
17. Кринична Ірина Петрівна, Державний університет телекомунікацій, Україна, доктор наук з державного управління, професор - Глава 9 (у співавторстві)
18. Лемешко Василь Володимирович, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна, кандидат фізико-математичних наук, старший науч.сотрудник - Глава 2
19. Львович Ігор Якович, Воронежський інститут високих технологій, Росія, доктор технічних наук, професор - Глава 11 (у співавторстві)
20. Львович Яків Овсійович, Воронежський державний технічний університет, Росія, доктор технічних наук, професор - Глава 8 (у співавторстві)
21. Майданюк Володимир Павлович, Вінницький національний технічний університет, Україна, кандидат технічних наук, доцент - Глава 3 (у співавторстві)
22. Павлов Сергій Володимирович, Україна, доктор технічних наук, професор - Глава 13 (у співавторстві)
23. Преображенський Андрій Петрович, Воронежський інститут високих технологій, Росія, доктор технічних наук, доцент - Глави 8, 11 (у співавторстві)
24. Преображенський Юрій Петрович, Воронежський інститут високих технологій, Росія, кандидат технічних наук, доцент - Глава 8 (у співавторстві)
25. Приходько Ксенія Олександрівна, Україна, аспірант - Глава 10 (у співавторстві)
26. Романюк Олександр Никифорович, Вінницький національний технічний університет, Україна, доктор технічних наук, професор - Глави 3, 13 (у співавторстві)
27. Романюк Оксана Володимирівна, Вінницький національний технічний університет, Україна, кандидат технічних наук, доцент - Глава 13 (у співавторстві)
28. Сахно Тамара Вікторівна, Полтавський інститут економіки і права, Україна, доктор хімічних наук, професор - Глава 6 (у співавторстві)
29. Семенов Анатолій Олексійович, Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна, кандидат фізико-математичних наук, доцент - Глава 6 (у співавторстві)
30. Толок Галина Арсеніївна, Київський національний університет культури і мистецтв, Україна, кандидат технічних наук, доцент - Глава 10 (у співавторстві)
31. Федорчук Михайло Іванович, Миколаївський національний аграрний університет, Україна, доктор сільськогосподарських наук, професор - Глава 4 (у співавторстві)
32. Федотов Олег Валерійович, Донецький національний медичний університет, Україна, доктор біологічних наук, доцент - Глава 7 (у співавторстві)
33. Харковлюк-Балакіна Наталія Валеріївна, ДУ "Інститут геронтології АМН України", Україна, кандидат біологічних наук - Глава 5
34. Хмельницька Євгенія Вікторівна, Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна, кандидат технічних наук, доцент - Глава 6 (у співавторстві)
35. Чопоров Олег Миколайович, Воронежський державний технічний університет, Росія, доктор технічних наук, професор - Глава 11 (у співавторстві)
36. Шапка Ірина Віталіївна, Український державний хіміко-технологічний університет, Україна, кандидат технічних наук - Глава 12 (у співавторстві)



The monograph was prepared by the authors

1. *Antonenko Artem Vasilievich*, Kiev University of Culture, Ukraine, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor - Chapter 10 (co-authored)
2. *Arsenyuk Igor Rostislavovich*, Vinnitsa National Technical University, Ukraine, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor - Chapter 3 (co-authored)
3. *Baranenko Nikita Alexandrovich*, Jagiellonian University, Department of International Relations and Political Studies, Ukraine, student - Chapter 9 (co-authored)
4. *Brovenko Tatyana Viktorovna*, Kiev National University of Culture and Arts, Ukraine, candidate of technical sciences, associate professor - Chapter 10 (co-authored)
5. *Iyatkin Sergey Ivanovich*, Institute of Automation and Electrometry SB RAS, Ukraine, Candidate of Technical Sciences, Senior Scientific Worker - Chapter 13 (co-authored)
6. *Gamayunova Valentina Vasilievna*, Nikolaev National Agrarian University, Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor - Chapter 4 (co-authored)
7. *Goshko Ksenia Aleksandrovna*, Donetsk National Medical University, Ukraine, student - Chapter 7 (co-authored)
8. *Denisyuk Alla Vasilievna*, Ukraine - Chapter 13 (co-authored)
9. *Dumich Vasily Vasilievich*, Lviv branch of UkrNIIPIT them. L. Pogorely, Ukraine, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Scientific Worker - Chapter 4 (co-authored)
10. *Zemlina Julia Vladimirovna*, Kiev University of Culture, Ukraine, candidate of pedagogical sciences, associate professor - Chapter 10 (co-authored)
11. *Zybaylo Sergey Nikolaevich*, Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine - Chapter 12 (co-authored)
12. *Kovalenko Oleg Anatolyevich*, Nikolaev National Agrarian University, Ukraine, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor - Chapter 4 (co-authored)
13. *Kozlov Yaroslav Nikolaevich*, Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine, Candidate of Technical Sciences - Chapter 12 (co-authored)
14. *Korotkova Irina Valentinovna*, Poltava State Agrarian Academy, Ukraine, candidate of chemical sciences, associate professor - Chapter 6 (co-authored)
15. *Korkhova Margarita Mikhailovna*, Nikolaev National Agrarian University, Ukraine, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor - Chapter 4 (co-authored)
16. *Krivoruchko Miroslav Yuriyovich*, Kiev National University of Trade and Economics, Ukraine, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor - Chapter 10 (co-authored)
17. *Krinichnaya Irina Petrovna*, State University of Telecommunications, Ukraine, Doctor of Science in Public Administration, Professor - Chapter 9 (co-authored)
18. *Lemeshko Vasily Vladimirovich*, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Scientific Worker - Chapter 2
19. *Lvovich Igor Yakovlevich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor - Chapter 11 (co-authored)
20. *Lvovich Yakov Evseevich*, Voronezh State Technical University, Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor - Chapter 8 (co-authored)
21. *Maydanyuk Volodimir Pavlovich*, Vinnitsa National Technical University, Ukraine, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor - Chapter 3 (co-authored)
22. *Pavlov Sergey Vladimirovich*, Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - Chapter 13 (co-authored)
23. *Preobrazhensky Andrey Petrovich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor - Chapters 8, 11 (co-authored)
24. *Preobrazhensky Yuri Petrovich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor - Chapter 8 (co-authored)
25. *Prikhodko Ksenia Aleksandrovna*, Ukraine, graduate student - Chapter 10 (co-authored)
26. *Romaniuk Alexander Nikiforovich*, Vinnitsa National Technical University, Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - Chapters 3, 13 (co-authored)
27. *Romaniuk Oksana Vladimirovna*, Vinnitsa National Technical University, Ukraine, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor - Chapter 13 (co-authored)
28. *Sakhno Tamara Viktorovna*, Poltava Institute of Economics and Law, Ukraine, Doctor of Chemical Sciences, Professor - Chapter 6 (co-authored)
29. *Semenov Anatoly Alekseevich*, Poltava University of Economics and Trade, Ukraine, Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor - Chapter 6 (co-authored)
30. *Tolok Galina Arsenievna*, Kiev National University of Culture and Arts, Ukraine, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor - Chapter 10 (co-authored)
31. *Fedorchuk Mikhail Ivanovich*, Nikolaev National Agrarian University, Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor - Chapter 4 (co-authored)
32. *Oleg Fedotov*, Donetsk National Medical University, Ukraine, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor - Chapter 7 (co-authored)
33. *Harkovlyuk-Balakina Natalya Valerievna*, Institute of Gerontology, Academy of Medical Sciences of Ukraine, Ukraine, Candidate of Biological Sciences - Chapter 5
34. *Khmelnitskaya Evgenia Viktorovna*, Poltava University of Economics and Trade, Ukraine, candidate of technical sciences, associate professor - Chapter 6 (co-authored)
35. *Choporov Oleg Nikolaevich*, Voronezh State Technical University, Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor - Chapter 11 (co-authored)
36. *Shapka Irina Vitalevna*, Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine, Candidate of Technical Sciences - Chapter 12 (co-authored)



Содержание

ГЛАВА 1. БИОРАФИНИРИЯ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ - НОВЫЕ РЕСУРСЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ИДЕИ

Введение	14
1.1. Детоксикация лигниноцеллюлозного гидролизата	17
1.2. Раздельные гидролиз и биоконверсия	19
1.3. Микроорганизмы, используемые при биоконверсии	20
1.4. Биоконверсия с использованием бактерий	23
1.5. Одновременное осахаривание и биоконверсия	27
1.6. Иммуобилизация дрожжей	38
Выводы	41

ГЛАВА 2. ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Введение	43
2.1. Количественный анализ комплексообразования в растворах ацетон-хлороформа и этил ацетат-циклогексана	44
2.2. Вибрационная спектроскопия комплексообразования в водных растворах изопропилового спирта	52
Выводы	58

ГЛАВА 3. УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Введение	60
3.1. Основные подходы к улучшению качества изображений	61
3.2. Моделирование и результаты	70
Выводы	77

ГЛАВА 4. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИДЕРАТОВ, МИКРОУДОБРЕНИЙ, ПОЧВЕННЫХ И ЭНДОФИТНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Введение	78
4.1. Место проведения исследований. Методика	79
4.2. Влияние инновационных элементов технологии выращивания на биометрические показатели льна масличного	81
4.3. Влияние инновационных элементов технологии выращивания на урожайность льна масличного и её структуру	86
4.4. Экономические параметры выращивания льна масличного в зависимости от инновационных элементов технологии	89
Выводы	95



ГЛАВА 5. ЭРГОНОМИЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОХРАНЕНИЯ ТРУДОВОЙ АКТИВНОСТИ ЛИЦ ТРУДОСПОСОБНОГО ВОЗРАСТА

Введение	96
5.1. Методологический подход к оптимизации внешнего управления трудовым процессом лиц трудоспособного возраста	97
5.2. Эргономичный модуль трудовой деятельности специалиста	101
5.3. Влияние возрастного фактора на профессиональную реализацию работников	107
Выводы	108

ГЛАВА 6. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ БАКТЕРИЦИДНОГО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА И ПОВЕРХНОСТЕЙ

Введение	110
6.1. Инактивация микроорганизмов в электротехнических комплексах обеззараживания воздуха и поверхностей	111
6.2. Разработка электротехнического комплекса обеззараживания белковой массы	117
6.3. Разработка электротехнического комплекса обеззараживания активированного угля	120
Выводы	123

ГЛАВА 7. БИОСИНТЕЗ ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ БАЗИДИОМИЦЕТАМИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО И МЕДИЦИНСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Введение	125
7.1. Материалы и методы исследования	126
7.2. Общее содержание полифенольных веществ	127
7.3. Общее содержание каротиноидов	130
7.4. Общее содержание меланинов	132
7.5. Обсуждение результатов исследований и перспектив их практического использования	134
Выводы	135

ГЛАВА 8. О МОДЕЛЯХ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ И ПРИМЕНЕНИИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДИРОВАНИЯ

Введение	136
8.1. Канальные модели	136
8.2. Типы каналов связи	137
8.3. Кодирование	143
Выводы	144



ГЛАВА 9. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ КОММУНИКАЦИИ В ОРГАНАХ ПУБЛИЧНОЙ ВЛАСТИ И ГОСУДАРСТВЕННЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Введение	145
9.1. Современное состояние использования коммуникационных технологий в органах публичной власти и государственных учреждениях Украины	145
9.2. Использование IT-технологий в реализации принципов прозрачности и открытости органов публичной власти и государственных учреждений Украины	148
Выводы	153

ГЛАВА 10. ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ СОУСНОЙ ПРОДУКЦИИ..... 154

ГЛАВА 11. ПРОБЛЕМЫ КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В КАНАЛАХ СВЯЗИ

Введение	164
11.1. Изучение сверточных кодов.....	164
11.2. Кодирование информации сверточными кодами	164
11.3. Алгоритм сверточного кодирования	170
Выводы	171

ГЛАВА 12. ОБЗОР МЕТОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КРЕМНИЯ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Введение	172
12.1. Влияние чистоты поликристаллического кремния на эффективность работы фотоэлектронных преобразователей	172
12.2. Методы получения полукристаллического кремния высокой чистоты.....	174
Выводы	178

ГЛАВА 13. МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ФОРМЫ И ВНЕШНЕГО ВИДА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ НОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Введение	179
13.1. Методы по использованию деформируемых моделей для интерпретации изображений.....	180
13.2. Разработка метода построения формы и внешнего вида функциональных моделей	181
Выводы	185

ЛИТЕРАТУРА	186
------------------	-----



ГЛАВА 1. БІОРАФІНЕРІЯ ДРУГОГО ПОКОЛІННЯ - НОВІ РЕСУРСИ, ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІДЕЇ	
Вступ.....	14
1.1. Детоксикація лігноцелюлозного гідролізату.....	17
1.2. Роздільний гідроліз та біоеонверсія.....	19
1.3. Мікроорганізми, що використовуються при біоконверсії.....	20
1.4. Біоконверсія з використанням бактерій.....	23
1.5. Одночасне оцукрювання та біоконверсія.....	27
1.6. Імобілізація дріжджів.....	38
Висновки.....	41
ГЛАВА 2. ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ МОЛЕКУЛЯРНИХ КОМПЛЕКСІВ	
Вступ.....	43
2.1. Кількісний аналіз комплексоутворення в розчинах ацетон-хлороформу та етил- ацетат-циклогексану.....	44
2.2. Вібраційна спектроскопія комплексоутворення у водних розчинах ізопропілового спирту.....	52
Висновки.....	58
ГЛАВА 3. ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ	
Вступ.....	60
3.1. Основні підходи до поліпшення якості зображень.....	61
3.2. Моделювання і результати.....	70
Висновки.....	77
ГЛАВА 4. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ СИДЕРАТИВ, МІКРОДОБРІВ, ГРУНТОВИХ ТА ЕНДОФІТНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ	
Вступ.....	78
4.1. Місце проведення досліджень. Методика.....	79
4.2. Вплив інноваційних елементів технології вирощування на біометричні показники льону олійного.....	81
4.3. Вплив інноваційних елементів технології вирощування на врожайність льону олійного і її структуру.....	86
4.4. Економічні параметри вирощування льону олійного залежно від інноваційних елементів технології.....	89
Висновки.....	95
ГЛАВА 5. ЕРГОНОМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТРУДОВОЇ АКТИВНОСТІ ОСІБ ПРАЦЕЗДАТНОГО ВІКУ	
Вступ.....	96
5.1. Методологічний підхід до оптимізації зовнішнього управління трудовим процесом осіб працездатного віку.....	97
5.2. Ергономічний модуль трудової діяльності фахівця.....	101
5.3. Вплив вікового фактору на професійну реалізацію працівників.....	107
Висновки.....	108
ГЛАВА 6. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ БАКТЕРИЦИДНОГО ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПОВІТРЯ ТА ПОВЕРХОНЬ	
Вступ.....	110
6.1. Інактивація мікроорганізмів в електротехнічних комплексах знезараження повітря та поверхонь.....	111
6.2. Розробка електротехнічного комплексу знезараження білкової маси.....	117
6.3. Розробка електротехнічного комплексу знезараження активованого вугілля.....	120
Висновки.....	123



ГЛАВА 7. БІОСИНТЕЗ ПОЛІФЕНОЛЬНИХ РЕЧОВИН БАЗИДІОМІЦЕТАМИ І ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА МЕДИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Вступ.....	125
7.1. Матеріали та методи дослідження	126
7.2. Загальний вміст поліфенольних речовин	127
7.3. Загальний вміст каротиноїдів	130
7.4. Загальний вміст меланінів.....	132
7.5. Обговорення результатів досліджень і перспектив їх практичного використання	134
Висновки	135

ГЛАВА 8. ПРО МОДЕЛЯХ КАНАЛІВ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ ТА ЗАСТОСУВАННІ ЗАВАДОСТІЙКОГО КОДУВАННЯ

Вступ.....	136
8.1. Моделі каналів	136
8.2. Типи каналів зв'язку.....	137
8.3. Кодування	143
Висновки	144

ГЛАВА 9. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ КОМУНІКАЦІЇ В ОРГАНАХ ПУБЛІЧНОЇ ВЛАДИ ТА ДЕРЖАВНИХ УСТАНОВАХ

Вступ.....	145
9.1. Сучасний стан використання комунікаційних технологій в органах публічної влади та державних установах України	145
9.2. Використання ІТ-технологій в реалізації принципів прозорості та відкритості органів публічної влади та державних установ України.....	148
Висновки	153

ГЛАВА 10. ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СОУСНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Вступ.....	164
11.1. Вивчення згорткових кодів	164
11.2. Кодування інформації за допомогою згорткових кодів.....	164
11.3. Алгоритм згорткового кодування	170
Висновки	171

ГЛАВА 11. ПРОБЛЕМИ КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В КАНАЛАХ ЗВ'ЯЗКУ

Вступ.....	172
12.1. Вплив чистоти полікристалічного кремнію на ефективність роботи фотоелектронних перетворювачів.....	172
12.2. Методи отримання напівкристалічного кремнію високої чистоти.....	174
Висновки	178

ГЛАВА 12. МЕТОД ПОБУДОВИ ФОРМИ ТА ЗОВНІШНЬОГО ВИДУ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ НОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Вступ.....	179
13.1. Методи з використання деформованих моделей для інтерпретації зображень.....	180
13.2. Розробка методу побудови форми і зовнішнього вигляду функціональних моделей	181
Висновки	185

ЛІТЕРАТУРА.....	186
-----------------	-----



CHAPTER 1. THE BIOREFINERY OF SECOND GENERATION- NEW RESOURCES, TECHNOLOGIES AND IDEAS

Introduction	14
1.1. Detoxification of Lignocellulosic Hydrolyzate	17
1.2. Separate Hydrolysis and Fermentation (SHF)	19
1.3. Microorganisms Used in the Fermentation	20
1.4. Fermentation Using Bacteria	23
1.5. Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)	27
1.6. Immobilization of Yeast	38
Conclusions	41

CHAPTER 2. THE PROCESSES OF FORMATION OF MOLECULAR COMPLEXES

Introduction	43
2.1. Quantitative analysis of complexation in solutions of acetone-chloroform and ethyl acetate-cyclohexane	44
2.2. Vibration spectroscopy of complexation in aqueous solutions of isopropyl alcohol	52
Conclusions	58

CHAPTER 3. IMPROVING IMAGE QUALITY

Introduction	60
3.1. Basic approaches to improving image quality	61
3.2. Modeling and results	70
Conclusions	77

CHAPTER 4. INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF GROWING OIL FLAX BASED ON APPLICATION OF SEDERATES, MICROFERTILIZERS, SOIL AND ENDOPHYTIC MICROORGANISMS

Introduction	78
4.1. Place of research. Methodology	79
4.2. The influence of innovative elements of growing technology on the biometric indicators of oil flax	81
4.3. The influence of innovative elements of growing technology on the yield of oil flax and its structure	86
4.4. The economic parameters of the cultivation of oil flax, depending on innovative technology elements	89
Conclusions	95

CHAPTER 5. ERGONOMIC TECHNOLOGY OF SAVING LABOR ACTIVITY OF PERSONS OF WORKING AGE

Introduction	96
5.1. Methodological approach to the optimization of external management of the labor process of people of working age	97
5.2. Ergonomic module of labor activity of a specialist	101
5.3. The influence of age on the professional realization of employees	107
Conclusions	108

CHAPTER 6. ELECTRICAL TECHNICAL COMPLEXES OF BACTERICIDE CONTINUATION AIR AND SURFACE

Introduction	110
6.1. Inactivation of microorganisms in electrical complexes of air and surface disinfection	111
6.2. Development of an electrical complex for protein disinfection	117
6.3. Development of an electrotechnical complex of disinfection of activated carbon	120
Conclusions	123



CHAPTER 7. BIOSYNTHESIS OF POLYPHENOLIC SUBSTANCES OF BASIDIOMYCETES AND THE PROSPECTS OF THEIR BIOTECHNICAL AND MEDICAL USE

Introduction	125
7.1. Materials and methods of the study	126
7.2. The total content of polyphenolic substances	127
7.3. Total carotenoid content.....	130
7.4. Total melanins contents	132
7.5. Discussion of research results and prospects of their practical use.....	134
Conclusions	135

CHAPTER 8. ABOUT MODELS OF INFORMATION TRANSMISSION CHANNELS AND APPLICATION OF NOISE-RESISTANT CODING

Introduction	136
8.1. Channel Models	136
8.2. Types of communication channels.....	137
8.3. Coding.....	143
Conclusions	144

CHAPTER 9. PROSPECTIVE DIRECTIONS OF MODERN COMMUNICATION METHODS IN PUBLIC AUTHORITIES AND GOVERNMENT INSTITUTIONS

Introduction	145
9.1. The current state of use of communication technologies in public authorities and state institutions of Ukraine.....	145
9.2. The use of IT-technologies in the implementation of the principles of transparency and openness of public authorities and government agencies of Ukraine.....	148
Conclusions	153

CHAPTER 10. INNOVATIVE APPROACHES TO THE CREATION OF SAUCE TECHNOLOGY

CHAPTER 11. PROBLEMS OF CODING INFORMATION IN COMMUNICATION CHANNELS

Introduction	164
11.1. The study of convolutional codes	164
11.2. Coding information with convolutional codes.....	164
11.3. The algorithm of convolutional coding	170
Conclusions	171

CHAPTER 12. OVERVIEW OF METHODS FOR PRODUCING SILICON FOR PHOTOELECTRON CONVERTERS

Introduction	172
12.1. The effect of the purity of polycrystalline silicon on the efficiency of photoelectric converters.....	172
12.2. Methods for producing high-purity semi-crystalline silicon	174
Conclusions	178

CHAPTER 13. A METHOD FOR CONSTRUCTING A FORM AND AN EXTERNAL VIEW OF FUNCTIONAL MODELS FOR INTERPRETING NEW IMAGES

Introduction	179
13.1. Methods for using deformable models for image interpretation.....	180
13.2. Development of a method for constructing the shape and appearance of functional models.....	181
Conclusions	185

REFERENCES	186
------------------	-----



ГЛАВА 1. БИОРАФИНЕРИЯ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ - НОВЫЕ РЕСУРСЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ИДЕИ

**THE BIOREFYNERY OF SECOND GENERATION-
NEW RESOURCES, TECHNOLOGIES AND IDEAS**

**БИОРАФІНЕРІЯ ДРУГОГО ПОКОЛІННЯ -
НОВІ РЕСУРСИ, ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІДЕЇ**

DOI: 10.30888/2663-9874.2020-01-001

Introduction

The inevitable decline in petroleum reserves and the rise in demand for oil from rapidly growing economies have caused soaring oil prices, and coupled with climate change concerns have contributed to the current interest in renewable energy resources. In some parts of the world this interest has resulted in the introduction of legislations promoting the use of renewable energy resources and increasing government incentives for commercialization of renewable energy technologies. Development of science and technologies for efficient conversion of lignocellulosic biomass to renewable liquid transportation fuels has become one of the high priority research areas of the day, and bioethanol is the most successful biofuel to date.

Corn- and sugarcane-derived first generation bioethanol is currently in wide use as a blending fuel in gasoline sold in the United States, Brazil, and in a few other countries. However, there are a number of major drawbacks to these first generation fuels such as the effect on food prices as traditional food resources are utilized as raw materials, net energy balance, and poor greenhouse gas mitigation.

It is very interesting, that the bioethanol producers are looking to the new type of raw materials, not typical for them before. E.g. UNICA, the Brazilian sugarcane industry association, has released data showing that Brazilian corn ethanol production has more than doubled over the past year and accounted for approximately two-thirds of the ethanol produced during the second half of December.

According to UNICA, mills in the south-central region of Brazil processed 733,860 tons of sugarcane during the second half of December. From the beginning of the current harvest, which began April 1, through the end of December, mills in the region processed 578.6 million tons of sugarcane, up 2.86 percent when compared to the same period of the previous harvest.

As of the end of 2019, UNICA said 253 units had ended harvest activities, compared to 267 that had completed the harvest by the end of 2018. During the final half of December, 31 units produced ethanol. This includes 21 that produced sugarcane ethanol, 5 that produced corn ethanol, and five that produced ethanol from both feedstocks.

Only 137.28 million liters (36.27 million gallons) of ethanol was produced during the second half of December, including 84.52 million liters of hydrous ethanol and 52.76 million liters of anhydrous ethanol. Approximately 90.38 million liters, or 66 percent, of the ethanol produced during the two weeks period was made from corn.

Since the beginning of the current season, mills in the region have produced



32.11 billion liters of ethanol, including 9.85 billion liters of anhydrous ethanol and 22.26 billion liters of hydrous ethanol. Of that total volume, corn ethanol accounted for 1.05 billion liters, up 104.03 percent when compared to the same period of 2018.

Ethanol sales by units in the south-central region reached 2.67 billion liters in December, including 120.64 million liters that were destined for export, and 2.55 billion liters that were sold domestically. The volume of anhydrous ethanol sold into the domestic market reached 681.86 million liters, with the volume of hydrous ethanol at 1.87 billion liters, up 4.91 percent when compared to December 2018 [1].

Cellulosic ethanol is a second generation biofuel produced from agricultural wastes, grasses, municipal wastes, and other feedstocks that do not double as food, so unlike traditional corn-based ethanol, it promises to avoid encroaching upon and destabilizing the human food supply. In addition, cellulosic ethanol can be produced from a variety of abundant lignocellulosic biomass feedstocks, and should be able to be produced in substantial amounts to meet the growing global energy demand.

Cellulosic ethanol is the biofuel produced from many forms of lignocellulosic biomass such as grasses, wood, agricultural wastes, or inedible parts of plants. The use of lignocellulosic biomass for the production of biofuels, and particularly the cellulosic ethanol, has a number of advantages, as shown below.

1. Cellulosic biomass is the most abundant form of organic carbon on earth. Unlike corn and sugarcane now used to make most ethanol, cellulose is not used for food; therefore cellulosic ethanol will not have adverse effects on food supply and prices. As there is a very wide range of plant materials that can be used for cellulosic ethanol production, it can be grown in all parts of the world. Cellulosic ethanol can be made of many agricultural wastes like corn stover, wheat straw, rice straw, grasses, farm residues, industrial wastes, sawdust, forest thinnings, waste paper, and municipal wastes. Fast-growing woody crops such as poplar and willow are also attractive options for cellulosic ethanol production.

2. Cellulosic ethanol achieves a significant reduction in greenhouse gases compared to other forms of ethanol. On a life-cycle basis, all biofuels produce lower GHG emissions compared to gasoline. Corn-based bioethanol offers rather limited benefits, as it reduces GHG emissions by only 18% compared to gasoline. In contrast, cellulosic bioethanol results in almost 90% lower emissions. On a life-cycle basis, not all biofuels are equal in terms of environmental benefits. The net energy balance of biomass to bioethanol conversion is the key parameter that explains the interest in using bioethanol fuel instead of fossil gasoline. From a life-cycle assessment (LCA) viewpoint, the ratio of the energy content of bioethanol to the net non-renewable primary energy consumed in the whole production process must be taken into consideration. As the approach is LCA oriented, the energy input must be estimated in terms of primary energy. Studies have shown that corn-based bioethanol yields 20–30% more energy, typically fossil fuel energy, than is consumed in making it. On the other hand, sugarcane and cellulosic bioethanol yield renewable energy nine times worth the fossil energy used to produce them. The reductions in carbon dioxide emissions mean that bioethanol is better for the environment. Using renewable resources-based bioethanol or bioethanol-gasoline blends as transportation fuels can significantly reduce gasoline use and exhaust greenhouse gas emission.



3. Land-use change (LUC) is another parameter used in evaluating the biomass-based renewable fuels. Dunn and coworkers from Argonne National Laboratory, USA, have recently published their results on a land-use change and greenhouse gas emissions from corn and cellulosic ethanol. Land-use change occurs when land is converted to biofuel feedstock production from other uses or states, including forests, non-biofuel feedstock agricultural lands, and grasslands. This type of land-use change is at times called direct LUC. The resulting change in crop production levels like, for example, an increase in corn production, may cause a decrease in soybean production and in turn affect corn exports in one country, shifting the land uses in other parts of the world through economic linkages.

There are two fundamental routes to produce cellulosic ethanol from renewable biomass: the aqueous-phase biomass saccharification-fermentation route, and thermochemical gasification route. The thermochemical route can be divided into two paths as syngas produced from biomass can be converted to ethanol by chemical or enzymatic methods.

Fermentation

Fermentation is the biochemical transformation by which sugars are converted to ethanol, and carbon dioxide is also formed as a byproduct in this reaction. This step can be applied in the cellulosic ethanol production process in two different ways.

1. Separate Hydrolysis and Fermentation (SHF)

This classic configuration involves a sequential process where the hydrolysis of cellulose and fermentation are carried out in different units as shown in the scheme in Figure 1.1. In this route the first enzymatic or acid hydrolysis can be used to produce biomass hydrolyzate or C-5, C-6 sugar solution. Secondly this sugar solution is subjected to fermentation in a separate vessel and this configuration is known as separate hydrolysis and fermentation (SHF).

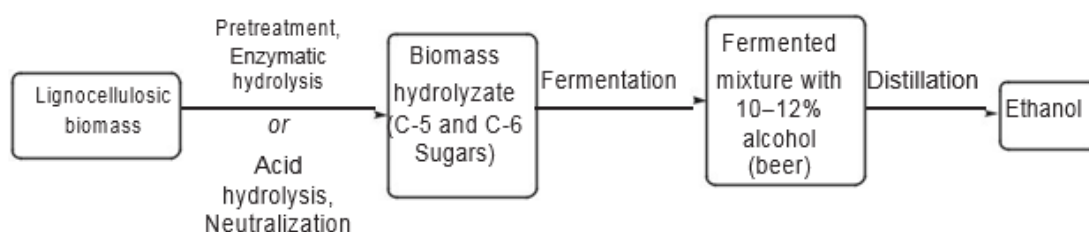


Figure 1.1 Separate hydrolysis and fermentation (SHF).

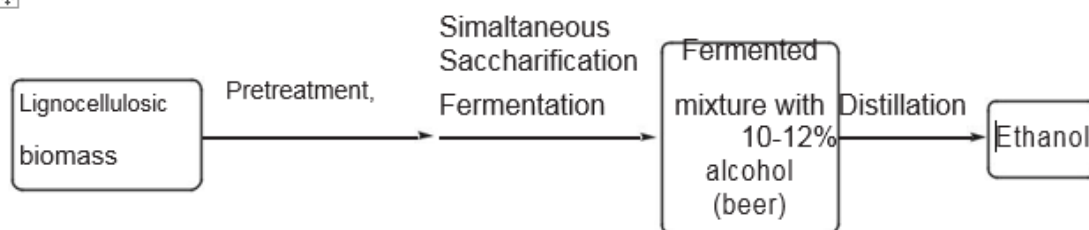


Figure 1.2 Simultaneous saccharification and fermentation (SSF).

2. Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)



In this alternative route, pretreated biomass is subjected to hydrolysis and fermentation in a single unit as shown in the scheme in Figure 1.2. This method can be carried out in two different ways: (1) using a mixture of biomass saccharification microorganisms and fermentation microorganisms, or, (2) using genetically engineered microorganisms that can do both saccharification and fermentation.

1.1. Detoxification of Lignocellulosic Hydrolyzate

Detoxification of lignocellulosic hydrolyzate is an integral part of the cellulosic ethanol process, because during pretreatment and hydrolysis steps, a considerable amount of compounds that can inhibit the subsequent fermentation are formed in addition to the fermentable sugars. The detoxification step is applied to remove or reduce the concentrations of these undesirable compounds to tolerable levels before biological processes. In the separate hydrolysis and fermentation (SHF) method, detoxification can be applied before exposure to cellulase enzymes, or in the case of direct acid hydrolysis type saccharification, detoxification is applied before the fermentation step. In the simultaneous saccharification and fermentation (SSF) technique detoxification is required before exposure to an enzyme cocktail affecting hydrolysis and fermentation. These inhibitory substances are produced in four different ways in pretreatments or exposure to acids. As a result of hydrolysis of the extractive components, organic or sugar acids, saponification of esters to acids like acetic, formic, glucuronic, galacturonic acids, and solubilization of phenolic derivatives.

1. Degradation of soluble sugars to furfural, 5-hydroxy-methylfurfural (HMF) and further degradation of these substances to levulinic acid, formic and acetic acid.
2. Degradation of lignin to cinnamaldehyde, *p*-hydroxy-benzaldehyde, syringaldehyde, and related compounds.
3. Solubilization of metal ions from biomass.

Depending on the type of pretreatment and hydrolysis process employed, concentrations of these inhibitory substances can be varied in a wider range. Consequently, a variety of detoxification methods have been developed depending on the downstream requirements. As pointed out by Palmqvist and Hahn-Hägerdal, these methods cannot be directly compared because they vary in the neutralization degree of the inhibitors. In addition, the fermenting microorganisms have different tolerances to the inhibitors. The main features of the detoxification methods employed for lignocellulosic ethanol production and selected examples are summarized in Table 1. 1.

Detoxification methods can be divided into three groups: physical, chemical and biochemical methods, as shown in Table 1.1. In the model processes developed at National Renewable Energy Laboratory (NREL), ionic exchange and adding excess of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ or over-liming have been proposed as detoxification methods. The calcium hydroxide method is especially useful in the case of dilute-acid hydrolyzates, where furan aldehydes and phenolic compounds are formed and can be efficiently



Table 1.1

Common detoxification methods used on streams resulting pretreatment and hydrolysis of lignocellulosic biomass during bioethanol production

Methods	Procedure/ Remarks
Physical methods:	
Evaporation	Reduction of acetic acid and phenolic compounds in non-volatile fraction; roto-evaporation
Extraction	Solvent: diethyl ether Removal of acetic, formic and levulinic acids, furfural, HMF
Adsorption	Activated carbon, Amberlite hydrophobic polymeric Adsorbent Reduction of furfural conc. from 1–5 to <0.01 g/L
Chemical methods:	
Neutralization	Ca(OH) ₂ or CaO, pH = 6, then membrane filtration or adsorption
Alkaline detoxification (over liming)	Ca(OH) ₂ , pH = 9–10.5, then pH adjustment to 5.5–6.5 with H ₂ SO ₄ or HCl
Ionic exchange	Weak base resins, Amberlyst A20, regenerated with ammonia Poly(4-vinyl pyridine), Removal: >80% phenolic compounds, 100%, levulinic, acetic and formic acids, 70% furfural; considerable lost of fermentable sugars
Biological methods:	
Enzymatic detoxification	Laccase (phenol oxidase) and lignin peroxidase from <i>Trametes versicolor</i> , laccase selectively removes phenolic, low molecular weight compounds and phenolic acids
Microbial detoxification	Laccase (phenol oxidase) and lignin peroxidase from <i>Trametes versicolor</i> <i>Pseudomonas putida</i> and <i>Streptomyces setonii</i> cells(biofilm reactor: PCS tubes attached to CSTR acetic acid, furfural and benzoic acid derivatives Aerobic bacteria oxidize aromatic compounds

removed leading to great improvement in fermentability. Detoxification with calcium hydroxide (over-liming) has shown better results than treatment with sodium or potassium hydroxide, but this difference has not been understood. Martinez and coworkers have performed experimental optimization of the amount of lime needed in the detoxification, which depends on the content of acids in each hydrolyzate. In this study they developed a method for predicting the optimal addition dosage based on the titration of hydrolyzate with standardized NaOH. Persson *et al.* indicate that the positive effects of alkali.

Treatment cannot be completely explained by the removal of inhibitors, and this method could have possible stimulatory effects on fermenting microorganisms as well.

In addition to the single-step methods, there are diverse and multistep detoxification methods which include: neutralization with lime followed by the



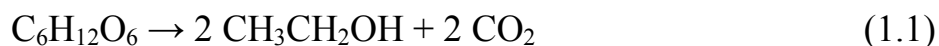
addition of activated carbon, and filtration for acetic acid removal; partial removal of acetic acid, furfural and soluble lignin by molecular sieves; vapor stripping for removal of volatile inhibitors, and; adsorption using activated carbon, addition of diatomite, bentonite and zeolite after neutralization or over liming. Biological detoxification is an attractive alternative to physical and chemical methods. Khiyami *et al.* have proposed a biofilm method, which uses a mixed culture of aerobic bacteria cells naturally immobilized on a plastic support. In this way, the biofilm-associated cells are more resistant to the toxic substances released during the biomass pretreatment. The use of extraction with supercritical fluids has also been tested as a detoxification method for wood hydrolyzates.

Most of the studies on the effects of toxic compounds on growth and ethanol production have been performed for common Baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae* and xylose-fermenting yeast. Palmqvist *et al.* carried out extensive experiments for assessing the effect of acetic acid, furfural and *p*-hydroxybenzoic acid on growth and ethanol productivity of *S. cerevisiae* and *C. shehatae* through full factorial design. Oliva *et al.* performed a study of the effect of compounds released during the pretreatment of poplar biomass by steam explosion for the thermotolerant yeast *Kluyveromyces marxianus*, showing that growth is more affected than ethanol production, and this microorganism exhibits an important resistance to aromatic compounds. Additionally, Zaldivar *et al.* have investigated recombinant microorganisms regarding their tolerance capacity for fermenting lignocellulosic hydrolyzates containing common inhibitors.

1.2. Separate Hydrolysis and Fermentation (SHF)

In the separate hydrolysis and fermentation method aqueous sugar solution from the enzymatic or acid hydrolysis is taken for the fermentation. The main advantages of this method are that each step can be processed at its optimal operating conditions, and separate steps minimize interaction between the steps. The disadvantages of the SHF method are that the end product inhibition minimizes the yield of ethanol, and there is a chance of contamination due to the long period processes.

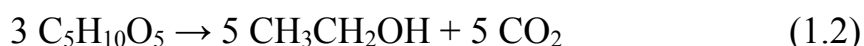
The supernatant from enzymatic hydrolysis of lignocelluloses can contain both 6-carbon (hexoses) and 5-carbon (pentoses) sugars when both cellulose and hemicellulose are hydrolyzed. Depending on the lignocellulose source, the hydrolyzate typically consists of glucose, xylose, arabinose, galactose, mannose, fucose, and rhamnose. According to theoretical calculations one ton of 6-carbon polysaccharides, glucan, galactan, or mannan yields 1.11 tons of six-carbon sugars and could be fermented into 172.0 gallons of bioethanol, and fermentation of the representative 6-carbon sugars like glucose can be represented by the equation:



Similarly, one ton of 5-carbon polysaccharides, xylan or arabinan, yields 1.14 tons of 5-carbon sugars and could be fermented theoretically into 176.0 gallons of



bioethanol. Fermentation of 5-carbon sugars like xylose can be represented by the equation:



1.3. Microorganisms Used in the Fermentation

Biochemical conversion of sugars to ethanol or fermentation can be carried out by fungi or bacterial microorganisms.

The use of that cytosolic NADH kinase appeared to revert these effects during anaerobic metabolism of xylose by channeling carbon flow from ethanol to xylitol. Heterologous expression of a *xylose isomerase* (XI) can also be another approach to enable *S. cerevisiae* cells to metabolize xylose. In pursuing this approach, Brat and coworkers screened nucleic acid databases for sequences encoding putative *xylose isomerases* and cloned them to express a highly active *xylose isomerase* from the anaerobic bacterium *Clostridium phytofermentans* in *S. cerevisiae*, which resulted in an efficient metabolism of xylose as the only carbon and energy source by recombinant yeast cells [40].

In a real biomass application example, Zho and Xia utilized genetically modified

Table 1.2

Recombinant yeast strains capable of fermenting C-5 xylose sugars and co-fermenting mixtures of C-5, C-6 sugars and their references.

Strain	Sugar/ sugar* mix (g/L)	Ethanol Production (g/L)	Ethanol Yield (g/g)
<i>S. cerevisiae</i> 1400	G:X:A:Gal 31:15:10:2	22	90
<i>S. cerevisiae</i> BH42	G:X 50:50	28	56
<i>S. cerevisiae</i> 1400	80 X	27	66
<i>S. cerevisiae</i> ZU-10	80 X	30.2	75.6

* A – arabinose; G – glucose; Gal – galactose; X – xylose

yeast to ferment corn stover hydrolyzates [41]. In this study ethanol production from corn stover hemicellulosic hydrolyzate was investigated using immobilized recombinant *Saccharomyces cerevisiae* yeast cells. Detoxification of hemicellulosic hydrolyzate by roto-evaporation and lime neutralization was carried out to remove volatile fermentation inhibitors. All furfural and more than 50% of the acetic acid in the hydrolyzate were removed, meanwhile the xylose concentration was enhanced to 71.8 g/L. The fermentability of the detoxified hydrolyzate was significantly improved using Ca-alginate immobilized cells of recombinant *S. cerevisiae* (ZU-10). An



ethanol concentration of 31.1 g/L and the corresponding ethanol yield on fermentable sugars of 0.406 g/g were obtained within 72 h in batch fermentation of the detoxified hydrolyzate with immobilized cells; the concentration of ethanol in each batch maintained above 30.1 g/L with the ethanol yield on fermentable sugars over 0.393 g/g. With these experiments Zho and Xia demonstrated the viability of ethanol production from corn stover hydrolyzate using C-5 and C-6 co-fermenting recombinant *S. cerevisiae*, and the effect of immobilization of this yeast [36].

The time course of ethanol production from detoxified corn stover hemicellulose hydrolyzate by recombinant *S. cerevisiae* ZU-10 using free and immobilized cells is shown in Figure 1.3. In addition, repeated batch fermentation of immobilized recombinant *S. cerevisiae* cells was attempted for ethanol production for five batches, demonstrating the reusability of the immobilized *S. cerevisiae* ZU-10. The results of the reusability experiment are shown in Figure 1.4.

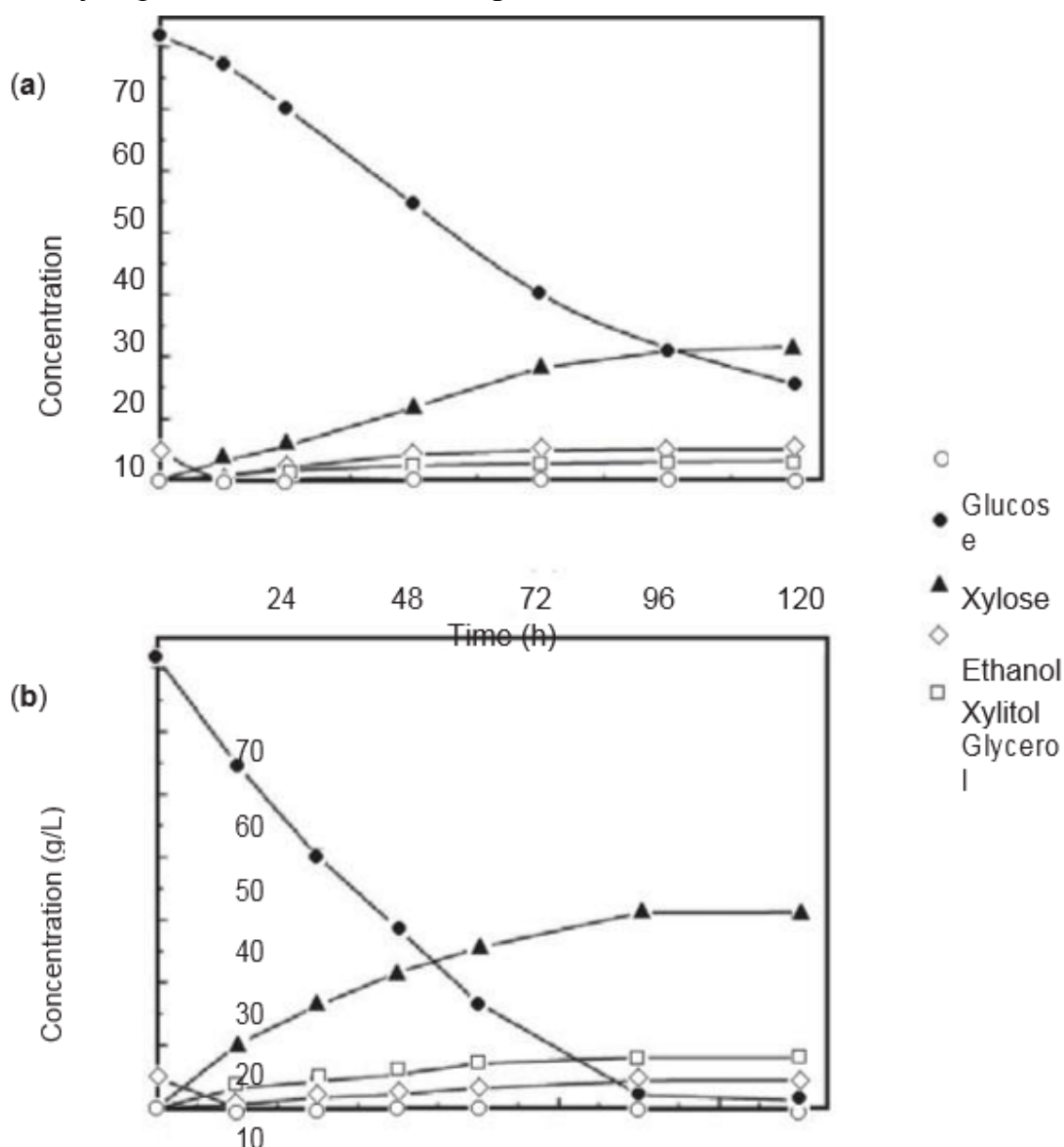


Figure 1.3 Time course of ethanol production from detoxified corn stover hemicellulose hydrolyzate by recombinant *S. cerevisiae* ZU-10 (a) free cells; (b) immobilized cells



In another example Carlos Martín *et al.* used recombinant xylose-utilizing *Saccharomyces cerevisiae* for ethanol production from enzymatic hydrolyzates of sugarcane bagasse. In their experiments, sugarcane bagasse was first pretreated by steam explosion at 205 and 215°C and hydrolyzed with cellulolytic enzymes.

The hydrolyzates were then subjected to enzymatic detoxification by treatment with the phenoloxidase laccase and to chemical detoxification by over-liming. Approximately 80% of the phenolic compounds were specifically removed by the laccase treatment. Over-liming partially removed the phenolic compounds, but also other fermentation inhibitors such as acetic acid, furfural and 5-hydroxymethylfurfural. The resultant hydrolyzates were fermented with the recombinant xylose-utilizing *Saccharomyces cerevisiae* laboratory strain TMB 3001, a CEN.PK derivative with overexpressed xylulokinase activity and expressing the xylose reductase and xylitol dehydrogenase of *Pichia stipitis*, and the *S. cerevisiae* strain ATCC 96581, isolated from spent sulphite liquor from a fermentation plant. They reported that the fermentative performance of the lab strain in undetoxified hydrolyzate was better than the performance of the industrial strain. An almost two-fold increase of the specific productivity of the strain TMB 3001 in the detoxified hydrolyzates compared to the undetoxified hydrolyzates was observed. The ethanol yield in the fermentation of the hydrolyzate detoxified by over-liming was 0.18 g/g dry bagasse, whereas it reached only 0.13 g/g dry bagasse in the undetoxified hydrolyzate. Furthermore, a partial xylose utilization with low xylitol formation was observed with this recombinant yeast strain *Saccharomyces cerevisiae* TMB 300.

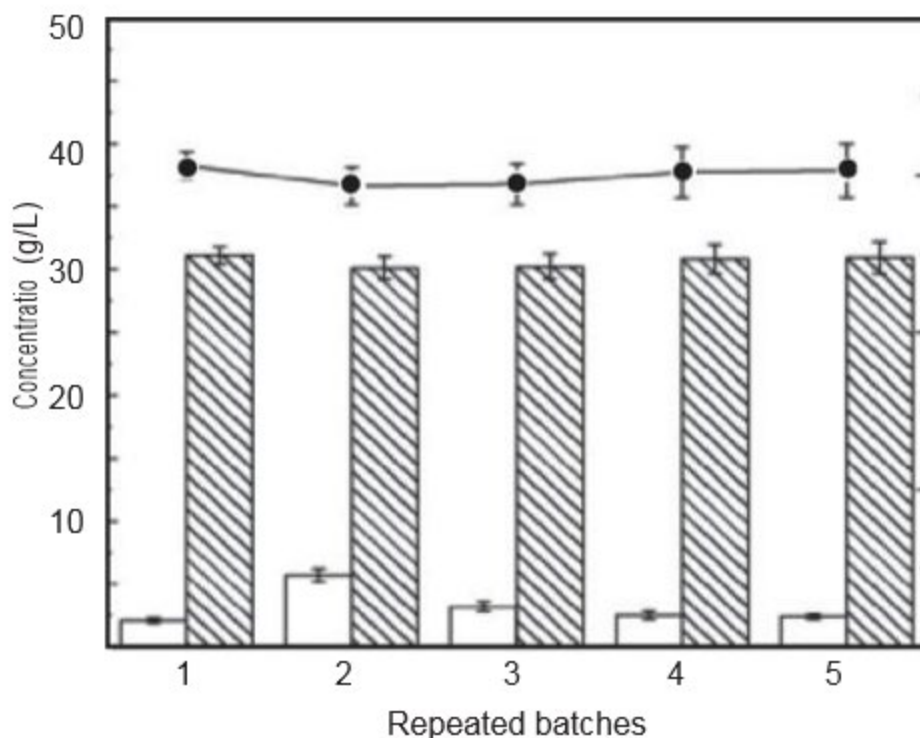


Figure 1.4 Repeated batches fermentation of hemicellulose hydrolyzate by immobilized recombinant *S. cerevisiae* ZU-10 cells: residual xylose (white); ethanol (dashed); ethanol yield (•). Error bars represent the standard deviation.



1.4. Fermentation Using Bacteria

Bacteria such as *Zymomonas mobilis*, *Escherichia coli* and *Klebsiella oxytoca* have attracted particular interest in ethanol fermentation given their rapid fermentation which can be minutes compared to hours or days for yeasts. *Zymomonas mobilis* is a Gramnegative bacterium belonging to the genus *Zymomonas* and is notable for its bioethanol production capabilities, which surpass yeast in some aspects. *Z. mobilis* is well recognized for its ability to efficiently produce ethanol at high rates from glucose, fructose, and sucrose. It was originally isolated from alcoholic beverages like African palm wine and Mexican pulque, and was also a contaminant of cider and beer in European countries.

Zymomonas mobilis degrades sugars to pyruvate using the Entner-Doudoroff pathway. The Entner–Doudoroff pathway describes an alternate series of reactions that catabolize glucose to pyruvate using a set of enzymes different from those used in either glycolysis or the pentose phosphate pathway. The distinct features of this pathway are that it has a net yield of one ATP for every glucose molecule processed, as well as one NADH and one NADPH. By comparison, glycolysis has a net yield of two ATP and two NADH for every one glucose molecule processed. The pyruvate is then fermented to produce ethanol and carbon dioxide as the only products, similar to yeast.

The advantages of *Zymomonas mobilis* over *Saccharomyces cerevisiae* with respect to producing ethanol from lignocellulosic biomass can be summarized as follows:

1. Higher sugar uptake and higher ethanol yield
2. Higher ethanol tolerance up to 16% (v/v)
3. Does not require controlled addition of oxygen during the fermentation

Comparative performance trials on glucose have shown that *Zymomonas mobilis* can achieve 5% higher bioethanol yields and up to five-fold higher bioethanol volumetric productivity compared to wild type *Saccharomyces cerevisiae* yeast. *Zymomonas mobilis* can efficiently produce bioethanol from the hexose sugars glucose and fructose. However, wild-type *Z. mobilis* cannot ferment C-5 sugars like xylose and arabinose, which are important components of lignocellulosic hydrolyzates. Another disadvantage is that, unlike *E. coli* and yeast, *Zymomonas mobilis* cannot tolerate toxic inhibitors present in lignocellulosic hydrolyzates such as acetic acid and various phenolic compounds. Concentration of acetic acid in lignocellulosic hydrolyzates can be as high as 1.5% (w/v), which is well above the tolerance threshold of *Zymomonas mobilis*. Therefore efficient detoxification steps are essential in using this type of bacteria in the fermentation step.

Genetic Modifications of Bacteria

Metabolic engineering has allowed the development of recombinant microorganisms that will ferment glucose and xylose. Some of the most widely considered recombinant microorganisms as candidates for industrial application include ethanologenic *Escherichia coli* xylose-fermenting *Z. mobilis*. The National Renewable Energy Laboratory (NREL), USA, has made significant contributions in recent years to engineer *Z. mobilis* to overcome its inherent deficiencies by



expanding its substrate range to include C-5 sugars like xylose and arabinose. In one approach from NREL, two oper-ons encoding xylose assimilation and pentose phosphate path-way enzymes were constructed and transformed into *Zymomonas mobilis* in order to generate a strain that grew on xylose, and efficiently fermented it to ethanol. Thus, anaerobic fermentation of a pentose sugar to ethanol was achieved through a combination of the pentose phosphate and Entner-Doudoroff pathways. Furthermore, this strain efficiently fermented both glucose and xylose, which is essential for economical conversion of lignocellulosic biomass to ethanol. The same group from NREL later developed an arabinose-fermenting *Zymomonas mobilis* strain by metabolic pathway engineering as well [48]. A number of research groups around the world have successfully engineered C-5, C-6 co-fermenting bacteria suitable for industrial applications. Some selected examples from these successes and their references are shown in Table 1.3.

Table 1.3

Recombinant bacteria strains capable of fermenting C-5 xylose sugars and co-fermenting mixtures of C-5, C-6 sugars and their references.

Strain	Sugar/sugar* mix (g/L)	Ethanol Production (g/L)	Ethanol Yield (g/L)
<i>Z. mobilis</i> ATCC 39767	G:X:A 30:30:20	33.5	82–84
<i>Z. mobilis</i> AX101	A:G:X 20:40:40	42	84
<i>Z. mobilis</i> ZM4	G:X 65:65	62	90
<i>Z. mobilis</i> CP4	G:X 65:65	24.2	95
<i>E. coli</i> FBR5	A:X:G 15:30:30	34	90
<i>E. coli</i> FBR5	95 X	41.5	90

* A – arabinose; G – glucose; X – xylose

In a more recent example, Agrawal *et al.* reported the engineering of efficient xylose metabolism capabilities into an acetic acid-tolerant *Zymomonas mobilis* strain by introducing adaptation-induced mutations [53]. They reported that chromosomal mutation at the xylose reductase gene was critical to xylose metabolism by reducing xylitol formation, together with the plasmid-borne mutation impacting xylose isomerase activity, and these two mutations accounted for 80% of the improvement achieved by adaptation.

In an attempt to produce new xylose fermenting strain in the presence of high acetic acid concentrations, they transferred the two mutations to an acetic acid-tolerant



strain. The resulting strain fermented glucose + xylose (each at 5% w/v) with 1% (w/v) acetic acid at pH 5.8 to completion with an ethanol yield of 93.4%, outperforming other reported strains [53]. Introduction of xylose metabolizing pathways from *E. coli* is another example. Modified *Z. mobilis* has the advantages of requiring a minimum of nutrients, growing at low pH and high temperatures, and it is considered generally recognized as safe (GRAS). A comparison between genetically engineered *Z. mobilis* by introducing xylose metabolizing pathways from *E. coli* and *E. coli* is shown in Table 1.4.

Table 1.4

Comparison of ethanol production using genetically engineered *Z. mobilis* by introducing xylose metabolizing pathways from

E. coli and *E. coli*.

	Genetically engineered <i>Z. mobilis</i> by introducing xylose metabolizing pathways from <i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>
Ethanol (g L ⁻¹)	62	27
Ethanol yield ^a (%)	97	90
Ethanol productivity (g L ⁻¹ h ⁻¹)	1.29	0.92

^a Estimation from the theoretical yields.

A genetic modification of wild-type *E. coli* to improve its fermentation profile is another approach. Saha and Cotta have reviewed the recent developments in recombinant *E. coli* strains in the fermentation of biomass hydrolyzate. Researchers at Bioenergy Research Unit, National Center for Agricultural Utilization Research, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, Peoria, Illinois, USA, have developed two recombinant *E. coli* strains (FBR4 and FBR5) that have been used for fermentation of corn fiber hydrolyzates. These strains carry the plasmid pLOI297, which contains the genes from *Zymomonas mobilis* necessary for efficiently converting pyruvate into ethanol. Both strains selectively maintained the plasmid when grown anaerobically. Each culture was serially transferred 10 times in anaerobic culture with sugar-limited medium containing xylose, but no selective antibiotic. An average of 93–95% of the FBR4 and FBR5 cells maintained pLOI297 in anaerobic culture. The fermentation performances of the repeatedly transferred cultures were compared with those of cultures freshly revived from stock in pH-controlled batch fermentations with 10% (w/v) xylose. Fermentation results were similar for all the cultures. Fermentations were completed within 60 h and ethanol yields were 86–92% of theoretical. Maximal ethanol concentrations were 3.9–4.2% (w/v). In order to test the applicability in real biomass situations, Dien and coworkers tested these strains for their ability to ferment corn fiber hydrolyzate, which contained 8.5% (w/v) total sugars (2.0% arabinose, 2.8% glucose, and 3.7% xylose). *E. coli* FBR5 produced more ethanol than *E. coli* FBR4 from the corn fiber hydrolyzate. *E. coli* FBR5 fermented all but 0.4% (w/v) of the available sugar, whereas strain FBR4 left 1.6% unconsumed. The fermentation with FBR5 was



completed within 55 h and yielded 0.46 g of ethanol/g of available sugar, which corresponds to 90% of the maximum obtainable.

Saha *et al.* from the same research laboratory also reported the use of these two recombinant *E. coli* strains (FBR 4 and 5), and in this case for the fermentation of wheat straw. In these experiments ethanol production by separate hydrolysis and fermentation (SHF) and simultaneous saccharification and fermentation (SSF) have been compared using recombinant bacterium *E. coli* FBR 5, where high solid loading of wheat straw was used. The yield of total sugars from dilute acid pretreated wheat straw after enzymatic saccharification was 86.3 g/L. Then pretreated wheat straw was bioabated by growing a fungal strain aerobically in the liquid portion for 16 h. Ethanol yields and productivity under SHF and SSF conditions using recombinant bacterium *E. coli* FBR 5 on wheat straw are shown in Table 1.5.

A number of research groups have demonstrated that recombinant *E. coli* has the ability to ferment a wide spectrum of sugars, without the requirements for complex growth factors. However, the major disadvantages associated with using *E. coli* cultures are a narrow and neutral pH growth range (6.0–8.0), less hardy cultures compared to yeast, and public perceptions regarding the danger of *E. coli* strains. The lack of data on the use of residual *E. coli* cell mass as an ingredient in animal feed is also an obstacle to its application.

A variety of ethanol-producing thermophilic microorganisms have been isolated and characterized due to their ability to degrade a broad variety of both hexoses and pentoses. These bacteria include *Thermoanaerobacter ethanolicus* [, *Thermoanaerobacter math-ranii*, *Clostridium thermohydrosulfuricum*, *Thermoanaerobium brockii*, *Clostridium thermosaccharolyticum*, etc. These types of thermophilic anaerobic bacteria have a distinct advantage over conventional yeasts for bioethanol production in their ability to use a variety of inexpensive biomass feedstocks and their ability to withstand temperature extremes. Nevertheless, the low bioethanol tolerance of thermophilic anaerobic bacteria (< 2%, v/v) is a major obstacle for their industrial exploitation for bioethanol production. *Thermoanaerobacterium saccharolyticum* is one of the thermophilic anaerobic bacteria which is able to directly ferment hemicellulosic oligomers as well as primary sugars found in cellulosic biomass, including cellobiose, glucose, xylose, mannose, galactose, and arabinose. The ability to ferment the full spectrum of sugars available in hydrolyzates promises to further enhance the overall fermentation of mixed solutions of hexoses and pentoses to ethanol, therefore this group of bacterium can be identified as a hopeful branch in fermentation microbiology.

The dilute acid (0.75% H₂SO₄, v/v) pretreatment of wheat straw (150 g/L) was performed at 160°C for 10 min. Enzymatic saccharification was carried out at pH 5.0 at 45°C for 72 h with a cocktail of three commercial enzyme (cellulase, b-glucosidase, and hemicellulase) preparations. Fed-batch SSF was performed by adding the substrate 4 times (0, 16, 21, and 24 h) in 4 equal portions. SHF – separate hydrolysis and fermentation; SSF – simultaneous saccharification and fermentation.



Table 1.5

Summary of fermentation activity of recombinant *Escherichia coli* FBR 5 from dilute acid pretreated wheat straw hydrolyzate at 35°C.

Fermentation type	Fermentation time (h)	Total sugars (g/L)	EtOH produced (g/L)	EtOH productivity (g/L/h)	EtOH yield (g/g straw)
SHF					
Non-abated (pH 7.0)	168	86.6 ± 0.3	41.1 ± 1.1	0.24	0.27
Bioabated (pH 6.5)	120	86.6 ± 0.3	41.8 ± 0.0	0.35	0.28
SSF					
Non-abated (pH 7.0)	-	—	—	—	—
Bioabated (pH 6.0)	104	—	41.6 ± 0.7	0.40	0.28

1.5. Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)

In simultaneous saccharification and fermentation (SSF) pretreated biomass is subjected to hydrolysis and fermentation in a single unit. This method can be carried out in two different ways:

1. Using a mixture of biomass saccharification microorganisms and fermentation microorganisms.
2. Using genetically engineered microorganisms that can do both saccharification and fermentation.

Simultaneous saccharification and fermentation generally gives higher ethanol yields due to the removal of end product inhibition of the saccharification step, and another advantage is that the SSF method requires only one reactor for both steps. The disadvantage of the SSF method is that a difference in optimum temperature conditions of enzyme for hydrolysis and fermentation conditions can affect the yield when a mixture of biomass saccharification microorganisms and fermentation microorganisms are used. On the other hand, genetically engineered microorganisms that can do both saccharification and fermentation are still a technology in the developing stages.

SSF Using a Mixture of Saccharification and Fermentation Microorganisms

In this type of simultaneous saccharification and fermentation (SSF) technique pretreated biomass is exposed to a cocktail of enzymes that can convert cellulosic material to ethanol in one reactor. Cellulases and xylanases in the cocktail first convert the carbohydrate polymers to fermentable sugars, and these enzymes are notoriously susceptible to feedback inhibition by the products—glucose, xylose, cellobiose and other oligosaccharides. Therefore, this process has an enhanced rate of hydrolysis because sugars are concurrently removed by the fermentation step by yeast or bacteria in the solution. This SSF technique requires lower enzyme loading, results in higher bioethanol yields, and reduces the risk of contamination. Compatibility of



enzymes and fermentation conditions is the major issue in this SSF technique, and it is essential to match enzymes and microorganisms that can operate under similar pH, temperature and substrate concentrations. In many cases, the low pH, e.g., lower than 5, and high temperature, e.g., $> 40^{\circ}\text{C}$, may be favorable for enzymatic hydrolysis, whereas the low pH can surely inhibit the lactic acid production and the high temperature may adversely affect the fungal cell growth. For example, *Trichoderma reesei* cellulases, which constitute the most active preparations, have optimal activity at pH 4.5 and 55°C . On the other hand, *Saccharomyces* cultures are typically operated at pH 4.5 and 37°C .

Various forms of biomass such as corn stover, wheat straw, rice straw, barley straw, oat straw, switchgrass, sugarcane bagasse, sorghum bagasse, cogon grass, napier grass, guinea grass, Paja Brava straw, lespedeza stalks, eucalyptus wood, pine wood, aspen wood, algae, seaweed, paper sludge, and waste paper have been tested for bioethanol production using this type of simultaneous saccharification and fermentation (SSF) technique. A selected sample of SSF on various biomass forms, saccharification enzymes used, operating conditions and ethanol yields are shown in Table 1.6.[2].

Table 1.6

Selected examples of simultaneous saccharification and fermentation (SSF) using a mixture of biomass saccharification microorganisms and fermentation microorganisms.

Biomass	Pretreatment	Saccharification	Fermentation	Ethanol yield
Sweet sorghum (Sugar Drip Variety)	0.5% H_2SO_4 solution, 180°C for 5 min.	Novozymes North America (Franklinton, NC, USA), which included cellulase (NS50013), β -glucosidase (NS50010) and hemicellulase (NS22002)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (ATCC 24858)	89.4% yield, 38 g/L concentration and 1.28 g/L/h production rate
Sweet sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> [L.] Moench)	liquid hot water ($170\text{--}200^{\circ}\text{C}$)	Celluclast 1.5 L in combination with Novozymes 188	active dry yeast (ADY) Thermosacc® (Birkerød, Denmark) 2 g ADY/L	53 g/L ethanol was achieved after 168 h
Lodgepole wood chips	dil. sulfuric acid, sodium bisulfite solutions, 180°C	cellulase cocktail, Cellic CTec 2, by Novozymes North America (Franklinton, NC).	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> YRH400	47.4 g/L, calculated yield of 285 L/tonne of wood
Micro algae <i>Saccharina japonica</i>	0.06% (w/w) sulfuric acid at 170°C for 15 min.	Celluclast 1.5 L and Novozymes 188 (Novozymes A/S Bagsvaerd,	Thermotolerant <i>S. cerevisiae</i> DK 410362	13.01 g/L, 67.41% based total available glucan



		Denmark)		
Corn stover	dilute acid-pre-treated corn stover	cellulase cocktail	thermotolerant strain <i>Saccharomyces cerevisiae</i> DQ1	ethanol titer of 48 g/L and yield of 65.6 %
Rice straw	calcium hydroxide according to the alkali treatment method in CaCCO (calcium capturing by carbonation) process	Celluclast 1.5 L (Novozymes Japan Co. Ltd., Chiba, Japan), Novozymes 188 (Novozymes Japan Co. Ltd.) and UltrafloL (Novozymes Japan Co. Ltd.).	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> cells were immobilized by entrapping in photocrosslinkable resin beads	ethanol production of approx. 38 g/L and an ethanol yield of 84.7% were obtained
Napier grass	1% aqueous solution of NaOH at 95°C for 1 h.	cellulase from filamentous fungus <i>Acremonium cellulolyticum</i> (Acremozyne; Kyowa Kasei, Osaka, Japan)	<i>S. cerevisiae</i> NBRC 2044 and <i>E. coli</i> KO11	44.2% of the theoretical yield based on hexose (37.5 g) and pentose (26.5 g) derived from 100g napier grass
Paper sludge	No pretreatment	<i>A. cellulolyticus</i> C-1 (Ferm P-18508 Tsukishima Kikai (Tokyo, Japan),	thermotolerant and high ethanol producing strain, <i>Saccharomyces cerevisiae</i> TJ14	11.34 kg/m ³ from 50 kg/m ³ untreated paper sludge
Kinnow mandarin (<i>Citrus reticulata</i>) peels	hydrothermally pretreated	strain of <i>Aspergillus oryzae</i>	thermotolerant strain of <i>Pichia kudriavzevii</i>	Ethanol production productivity of 33.87 g/L and 2.82 g/Lh, respectively, after 12 h.
Rice straw	1% sodium hydroxide	20 FPU gds ⁻¹ cellulase, 50 IU gds ⁻¹ <i>b</i> -glucosidase, 15 IU gds ⁻¹ pectinase	thermotolerant <i>Pichia kudriavzevii</i> HOP-1 strain	24.25 g/L corresponding to 82% theoretical yield on glucan basis and ethanol productivity of 1.10 g/Lh
Corn stover	Ammonia Fiber Expansion (AFEX TM)	Spezyme CP (Genencor Inc., USA) 22.4 mg protein/g glucan, Novozymes 188 (Sigma-Aldrich, USA)	xylose-fermenting strain <i>S. cerevisiae</i> 424A(LNH-ST)	193.2 g ethanol per kg AFEX TM - corn stover
Eucalyptus globulus Wood	8 g of water/g of oven-dry wood, 210–230 °C	“Celluclast 1.5L” cellulases (from <i>Trichoderma reesei</i>) and NS50010 <i>b</i> -glucosidase (from <i>Aspergillus niger</i>), Novozymes	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CECT-1170, Spanish Collection of Type Cultures (Valencia, Spain	67.4 g ethanol /L and 291 L ethanol /1000 kg oven-dry wood



		(Madrid, Spain).		
Sugarcane bagasse	steam explosion at 200 °C for 7 min.	<i>Trichoderma reesei</i> cellulases (Celluclast 1.5L: 42.40 FPU/mL and 21.10 CBU/mL) and a <i>b</i> -glycosidase (1340 CBU/mL) preparation (Novozym 188), both from Novozymes A/S (Bagsværd, Denmark)	Industrial strain <i>S. cerevisiae</i> UFPEDA 1238	150 L ethanol/t bagasse
Switchgrass (<i>Panicum virgatum</i>)	Hot water, 200 °C, 10 min.	cellulase enzyme (Fibrilase, Iogen, Ottawa, Canada) at a loading of 15 FPU g ⁻¹ glucan	thermotolerant yeast strain <i>Kluyveromyces marxianus</i> IMB3 at 8% solid loading	22.5 g/L after 168 h equivalent to 86% yield.
Office paper, newspaper, handbills and cardboard	steam explosion	cellulase from <i>Aspergillus niger</i> and <i>Trichoderma viride</i> at the fixed loading rate of 20 FPU g ⁻¹	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	21.02 g/L after 36 h., production rate of 0.58 g ethanol /L h
Native aspen (<i>Populus tremuloides</i>)	sulfuric acid and sodium bisulfite. 170 °C for approximately 20–30 min.	Celluclast 1.5 L, Novozymes 188 (<i>b</i> -glucosidase), and Fibercare® were generously provided by Novozymes North America (Franklinton, NC)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Y5 (Strain preserved No. CGMCC2660, China General Microbiological Culture Collection Center) Capital Normal University of Beijing, China	211 L/ton wood at 59 g/L with SSF efficiency of 76%
Cogon grass	10% (wt) NaOH at room temperature for 24 h.	Cellulase accellerase 1500 yeast	Ethanol red dry yeast	76.2% yield

The main disadvantages of SSF are:

1. Different temperature optima for saccharification and fermentation can make it difficult to optimize the process.
2. A typical fermentation will take 5–7 days; the long residence time may make contamination control difficult in a continuous process, but may be manageable in a batch process.

SSF Using Microorganisms that Can Do both Saccharification and Fermentation or Consolidated Bio-Processing (CBP)

A more recent development in simultaneous saccharification and fermentation



(SSF) technique uses microorganisms that can do both saccharification and fermentation, thereby directly processing pretreated biomass to ethanol. This approach commonly involves four biochemical transformations:

1. Production of saccharolytic enzymes (cellulases and hemicellulases)
2. Hydrolysis of cellulose and hemicellulase present in pretreated biomass to sugars
3. Fermentation of hexose sugars (glucose, mannose and galactose)
4. Fermentation of pentose sugars (xylose and arabinose)

Since these four transformations occur in a single reactor and in one process configuration, this technique is known as consolidated bioprocessing (CBP). In recent years CBP has gained recognition as a promising bioethanol production system since the costs of capital investment, substance and other raw materials, and utilities associated with the production of cellulase enzyme can be avoided or reduced as these enzymes are generated by the same microorganism. However, one of the major drawbacks in the SSF process and CBP is the optimum temperature required for the saccharification and fermentation stages. The optimum temperature for saccharification with cellulolytic enzymes is around 50°C, while most fermenting microbes have a most favorable temperature for ethanol fermentation between 28°C and 37°C. In practice as well as following the current state of technology, it would be difficult to lower the optimum temperature of cellulases through genetic engineering. One possible answer to this problem could be the use of thermo-tolerant yeast strains that can ferment at higher temperatures as host for genetic manipulation of introducing saccharolytic enzyme producing genes.

There are two fundamental approaches for the construction of new microorganisms for consolidated bioprocessing (CBP) type simultaneous saccharification and fermentation process, which include:

1. Heterologous expression of cellulase genes in yeast.
2. Surface engineering of yeast strains to display cellulases on cell surface.

Heterologous Expression of Cellulase Genes in Yeast *S. cerevisiae* for the Development of CBP

As we discussed earlier, common yeast *S. cerevisiae* has many advantages as a producer of lignocellulosic ethanol, such as faster sugar consumption, higher ethanol yield, and higher resistance to ethanol and fermentation inhibitors present in pretreated lignocellulosic materials. In addition to this, *S. cerevisiae* is amenable to genetic manipulation and is generally regarded as safe (GRAS) due to its long association with the food and beverage industries. Therefore, a number of researchers have focused their efforts in the heterologous expression of cellulase genes with yeast hosts in order to produce genetically engineered yeasts for CBP. A genetically engineered yeast cell acts as a host cell for cellulase genes with promoters which secretes the cellulases and its operation in consolidated bioprocessing is illustrated in Figure 1.5. There are several examples of expression of cellulases and hemicellulases by *Saccharomyces cerevisiae* in recent literature, especially after 2008, and some of the selected examples and their references are shown in Table 1.7.

Multiple enzymatic activities are required to hydrolyze cellulose into soluble sugars. These include endo-glucanase (EG), exoglucanases including

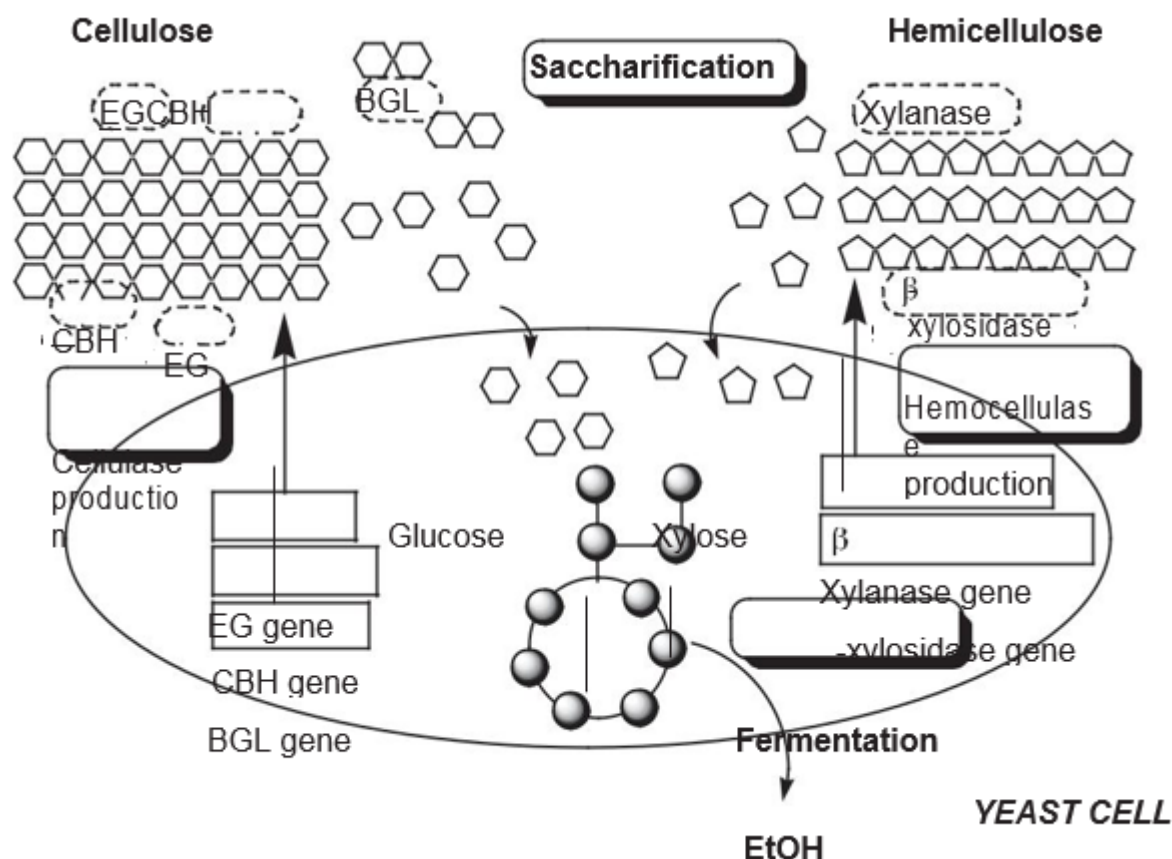


Figure 1.5 Genetically engineered yeast cell acting as a host cell for cellulase genes with promoters which secretes the cellulases endoglucanase (EG), exoglucanases including cellobiohydrolase (CBH) and cellodextrinase, and *b*-glucosidase (BGL), and its operation in consolidated bioprocessing. (Reprinted with permission from reference [110]; copyright 2012 Elsevier).

cellobiohydrolase (CBH) and cellodextrinase, and *b*-glucosidase (BGL). Endoglucanase produces nicks in the cellulose polymer, exposing reducing and non-reducing ends for cellobiohydrolase, which liberates celooligo-saccharides, cellobiose and glucose. In the last step of saccharification, *b*-glucosidase cleaves the celooligosaccharides and cellobiose to liberate glucose. Given that cellobiose and celooligosaccharide are potent inhibitors of cellulose hydrolysis, *b*-glucosidase action has been shown to be one of the major rate-limiting steps in the hydrolysis of cellulose. Therefore, *b*-glucosidase genes with a fun-gal origin such as BGL1 from *Saccharomycopsis fibuligera*, BGL1 from *A. aculeatus*, bglA from *Aspergillus kawachii*, bglB from *Candida wick-erhamii*, bgl from *Trichoderma reesei*, and BGL1 from *Endomyces fibu-liger*, have been heterologously expressed in *S. cerevisiae*. Cellobiose fermentation ability of industrial *Saccharomyces* strains carrying *S. fibuligera* BGL1 depends on their ability to accumulate BGL1 but also on their genetic background. In one of the early examples, Den Haan *et al.* demonstrated the construction of a yeast strain capable of growing on and one-step conversion of amorphous cellulose to ethanol. This report represents a significant progress towards realization of one-step processing of cellulosic biomass in a consolidated bioprocessing configuration. In 2007, Den Haan *et al.* claimed this was the first



Table 1.7

Cellulase and hemicellulase expression by *Saccharomyces cerevisiae*

Organism source Cellulase and hemicellulase (gene)	Yeast strain
Endoxylanase from <i>Trichoderma reesei</i> , <i>b</i> -xylosidase from <i>Aspergillus oryzae</i> , and <i>b</i> -glucosidase from <i>Aspergillus aculeatus</i> but that also assimilated xylose through the expression of xylose reductase and xylitol dehydrogenase from <i>Pichia stipitis</i> and xylulokinase from <i>S. cerevisiae</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>b</i> -glucosidase (BGL) and <i>b</i> -xylosidase (XYL) genes, and a gene cassette for xylose assimilation	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> OC-2HUT
Cellulases and exoglucanase encoded by cel6A of <i>Neocallimastix patriciarum</i> , a <i>b</i> -glucosidase encoded by cel3A of <i>Saccharomycopsis fibuligera</i> and an endoglucanase encoded by cel7B of <i>Trichoderma reesei</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Saccharolytic enzymes (bglA, cel48A, celpin, xylA, and xylB) from a cDNA library prepared from the anaerobic fungus <i>Piromyces sp E2</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Y294
Genes encoding cellulases (endoglucanase, exoglucanase and <i>b</i> -glucosidase)	<i>S. cerevisiae</i> K1-V1116
Endoglucanase E (<i>Clostridium thermocellum</i>) and <i>b</i> -glucosidase 1 (<i>Saccharomycopsis fibuligera</i>)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>

report of a recombinant strain of *S. cerevisiae* growing on pure cellulose. In this study, they expressed two cellulase encoding genes, an endoglucanase of *Trichoderma reesei* (EGI) and the *b*-glucosidase of *Saccharomycopsis fibuligera* (BGL1) combination in *Saccharomyces cerevisiae*. The resulting strain was able to grow on phosphoric acid-swollen cellulose (PASC) through simultaneous production of sufficient extracellular endoglucanase and *b*-glucosidase activity. Anaerobic growth (0.03 h^{-1}) up to 0.27 g l^{-1} DCW was observed on medium containing 10 g l^{-1} phosphoric acid-swollen cellulose as the sole carbohydrate source with concomitant ethanol production of up to 1.0 g l^{-1} .

In another example, Jeon and coworkers reported the direct cellulosic alcohol fermentation using recombinant *Saccharomyces cerevisiae* engineered for the production of *Clostridium cellulovorans* endoglucanase and *Saccharomycopsis fibuligera* *b*-glucosidase. In this study, *Saccharomyces cerevisiae* was engineered for simultaneous saccharification and fermentation of cellulose by the overexpression of the endoglucanase D (EngD) from *Clostridium cellulovorans* and the *b*-glucosidase (Bgl1) from *Saccharomycopsis fibuligera*. To promote secretion of the two enzymes,



the genes were fused to the secretion signal of the *S. cerevisiae* α mating factor gene. The recombinant yeast developed could produce ethanol through simultaneous production of sufficient extracellular endoglucanase and *b*-glucosidase. When direct ethanol fermentation from 20 g L⁻¹ *b*-glucan as a substrate was performed with these recombinant strains, the ethanol concentration reached 9.15 g L⁻¹ after 50 h of fermentation. Furthermore, Jeon and coworkers reported the conversion ratio of ethanol from *b*-glucan as 80.3% of the theoretical ethanol concentration produced from 20 g L⁻¹ *b*-glucan.

Recently, genes encoding *T. reesei* endoglucanase II (EGII) and cellobiohydrolase II (CBHII) and *A. aculeatus* BGL1 were integrated into the chromosome of a wine yeast strain with a single vector carrying a gene responsible for resistance to the antibiotic G418. The resultant *S. cerevisiae* strain produced ethanol from pretreated corn stover cellulose without addition of exogenously-produced enzymes. When ethanol fermentation was performed with 10% dry weight of pretreated corn stover, the recombinant strain fermented 63% of the cellulose in 96 h and the ethanol titer reached 2.6% v/v.

Yamada and coworkers constructed a diploid *Saccharomyces cerevisiae* strain optimized for expression of cellulolytic enzymes, and attempted to improve the cellulose-degradation activity and enable direct ethanol production from rice straw. In this study they found that the engineered diploid strain, which contained multiple copies of three cellulase genes integrated into its genome, was pre-cultured in molasses medium (381.4 mU/g wet cell) and displayed approximately six-fold higher phosphoric acid-swollen cellulose (PASC) degradation activity than the parent haploid strain (63.5 mU/g wet cell). When used to ferment PASC, the diploid strain produced 7.6 g/l ethanol in 72 hours, with an ethanol yield that achieved 75% of the theoretical value, and also produced 7.5 g/l ethanol from pretreated rice straw in 72 hours.

Surface-Engineered Yeast Strains for the CBP

Another approach for producing cellulolytic yeast strain is displaying various types of functional proteins on microbial cell surfaces without loss of their activity. This can be achieved by yeast cell surface engineering, where functional proteins are genetically fused to an anchor protein such as α -agglutinin, α -agglutinin and Flo1p, and expressed on the yeast cell surface. Display of *S. fibuligera* BGL1 on the *S. cerevisiae* cell surface by fusing the mature protein and α -agglutinin anchoring moieties enabled the recombinant strain to grow on cellobiose at almost the same rate as on glucose under anaerobic conditions. The application of surface-engineered yeast cell with endoglucanase (EG), exoglucanases including cellobiohydrolase (CBH), cellodextrinase, and *b*-glucosidase (BGL) fused on to yeast cell surface in consolidated bioprocessing is shown in Figure 1.6.

A number of examples of using cell surface engineering to express cellulases and their applications in direct conversion of cellulose and lignocellulosic materials have appeared in recent literature. Guo and coworkers reported a recombinant *S. cerevisiae* expressing cell-wall associated BGL1 from *S. fibuligera* utilized 5.2 g/L cellobiose and produced 2.3 g/L ethanol in 48 h, while a comparable *S. cerevisiae* secreting BGL1 into the culture broth used 3.6 g/L cellobiose and produced 1.5 g/L

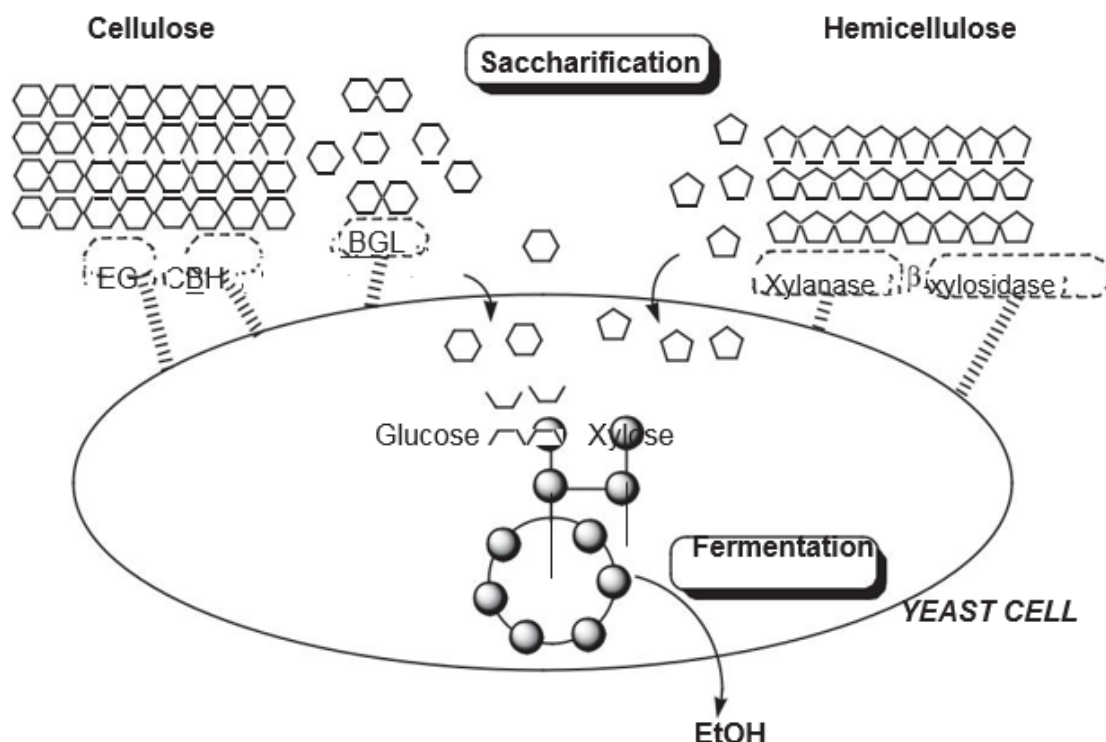


Figure 1.6 Schematic representation of ethanol production from cellulose and hemicellulose by a recombinant yeast cell displaying cellulases and hemicellulases on the cell surface. (Reprinted with permission from reference [110]; copyright 2012 Elsevier).

ethanol over the same period. In another example, Fujita and coworkers produced ethanol from pure cellulose such as phosphoric acid-swollen cellulose as well as from biomass such as barley straw without the addition of cellulases using recombinant *S. cerevisiae* strains displaying *T. reesei* EGII and CBHII and *A. aculeatus* BGL1 on the cell surface.

A yeast strain codisplaying endoglucanase II and cellobiohydrolase II showed significantly higher hydrolytic activity with amorphous phosphoric acid-swollen cellulose than one displaying only endoglucanase II, and its main product was cellobiose; codisplay of β -glucosidase 1, endoglucanase II, and cellobiohydrolase II enabled the yeast strain to directly produce ethanol from the amorphous cellulose. The yield of ethanol produced from the PASC consumed was 0.45 g/g, which corresponds to 88.5% of the theoretical yield.

Additionally, Matano and coworkers reported the enhancement of cellulase activities on a recombinant yeast cell surface displaying *T. reesei* EGII, CBHII and *A. aculeatus* BGL1 by additionally integrating EGII and CBHII genes into the recombinant strain. As a result, high-liter ethanol (43.1 g/L) was produced from high-solid (200 g-dry weight/L) rice straw by performing 2 h liquefaction and subsequent 72 h fermentation in the presence of 10 FPU/g biomass added cellulase. The yield of ethanol produced from the cellulosic material by the recombinant strain reached 89% of the theoretical yield, which was 1.4-fold higher than the wild-type strain. Consequently, cell surface engineering successfully reduced the amount of commercial enzyme required for the fermentation of cellulose. Notably, the



recombinant strain was able to hydrolyze a portion of the cellulosic material that was not hydrolyzed by commercial cellulase [2].

Displaying the cellulases on the yeast cell surface has certain advantages as well as disadvantages, some of the main advantages include:

1. Close proximity of multiple cellulases on the cell surface enables synergistic hydrolysis of cellulose, which leads to increased sugar availability for ethanol production.
2. Glucose liberated from cellulose is concurrently taken up on the yeast cell surface so that the glucose concentration is maintained at low levels, which reduces both the risk of contamination by other glucose-dependent organisms and product inhibition by cellulases.
3. Since the steady-state concentration of glucose in the medium can be maintained near zero, glucose repression, which prevents the uptake, catabolism or both of non-glucose sugar, is alleviated to facilitate consumption of xylose.
4. Reutilization of the yeast cells enables reuse of the enzymes displayed on their cell surface without reproduction of the yeast cells, which would reduce the cost of yeast propagation as well as enzyme addition.
5. Cellulolytic enzymes are genetically self-immobilized on the yeast cell surface so that the activities of the enzymes are retained as long as the yeast continues to grow, while the activity of enzymes secreted into the medium is poorly maintained over a long reaction period.

However, despite all these advantages, surface immobilization of cellulases on yeasts is still an immature technology and the main disadvantage is that ethanol yields are still very low and most of the studies so far have been done on simple model compounds or pure cellulose or xylan. Significant biotechnological advances are needed in engineering recombinant yeast that can display a vast array of cellulases required to handle very complex lignocellulosic biomass forms.

Cell Recycle Batch Fermentation (CRBF)

Cell recycle batch fermentation (CBRF) is a recently developed batch fermentation method where yeast cells are separated and reused in the next batch. The cell recycling techniques can significantly reduce time and costs associated with inoculum preparation and are also an interesting strategy for improving ethanol production in the simultaneous saccharification fermentation (SSF). However, in the case of fermentation of lignocellulosic materials, it is very difficult, or in many cases impossible, to collect only microbial cells by conventional cell collection procedures. This is because lignocellulosic residue, which is not utilized by microbes, is retained in the fermentation medium with yeast cells in the solid fraction after fermentation. Lignin left as solid residue in the fermentation medium also inhibits cellulase activity. Therefore, the removal of lignin is required for the efficient saccharification of cellulose in the subsequent batch.

Matano and coworkers have recently developed a new approach of cell recycle batch fermentation of high-solid lignocellulose using a recombinant cellulase-displaying yeast strain for consolidated bioprocessing. In this method a two-phase separation consisting of rough removal of lignocellulosic residues by low-speed centrifugation and solid-liquid separation enabled effective collection of



Saccharomyces cerevisiae cells with decreased lignin and ash. A schematic diagram of Matano and coworkers CRBF method for fermentation of lignocellulosic materials is shown in Figure 1.7.

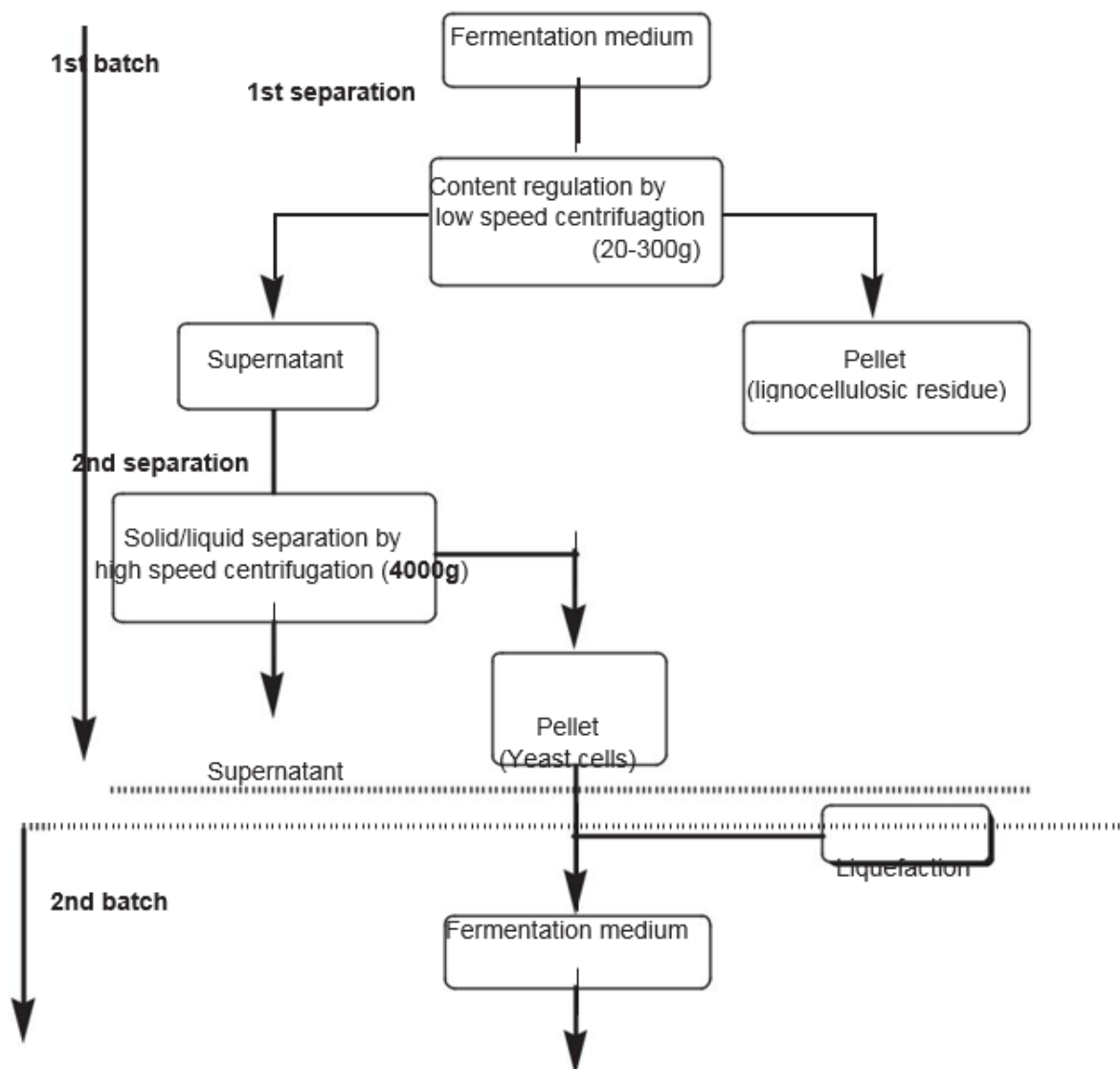


Figure 1.7 A schematic diagram of Matano and coworkers cell recycle batch fermentation (CRBF) method

After the fermentation, C-5 and C-6 sugars in the fermentation medium and the broth are separated by centrifugation at low gravity (20, 50, or 300 g) for 2 min to obtain a supernatant and a pellet; this pellet contains the lignocellulosic residue. Then the supernatant is separated by decantation, and then centrifuged for 5 min at 4000 g to precipitate yeast cells. The pellet obtained at the second stage was used as the yeast cell fraction for the next batch fermentation.

According to Matano and coworkers, five consecutive batch fermentations of 200 g/L hydrothermally pretreated rice straw led to an average ethanol titer of 34.5 g/L. Moreover, they claimed that the display of cellulases on the recombinant yeast cell surface increased ethanol titer to 42.2 g/L. After five-cycle fermentation only 3.3 g/L sugar was retained in the fermentation medium because cellulase displayed on



the cell surface hydrolyzed cellulose that was not hydrolyzed by commercial cellulases or free secreted cellulases. They reported that fermentation ability of the recombinant strain was successfully kept during five-cycle repeated batch fermentation with 86.3% of theoretical yield based on starting biomass.

Comparison of Different Fermentation Configurations

As discussed earlier, there are many fermentation configurations, and the efficiencies of these configurations can depend on several factors such as microorganism used, operating conditions, pretreatment, and the type of biomass used. A few studies reported comparisons of various fermentation configurations. In one example of a comparison of different fermentation configurations, María López-Abelairas and coworkers reported the ethanol yields from corn stover under various pretreatments and fermentation configurations; some of the data and references are shown in Table 1.8.

Table 1.8

Ethanol yields for corn stover under different pretreatment and fermentation configurations and references

Pretreatment	Saccharification and fermentation configuration	Fermentative microorganism		
			mg/g consumed sugars	mg/g untreated wheat straw
H ₂ SO ₄	SSF	<i>K. marxianus</i>	–	45
H ₂ SO ₄	SHF	<i>P. tannophilus</i>	380	98
Steam explosion	SSF	<i>S. cerevisiae</i>	–	120
Steam explosion	SSF	<i>S. cerevisiae</i>	–	132
Biological (<i>I. lacteus</i>)	SHF	<i>P. tannophilus</i>	430±11	128±2
Biological (<i>I. lacteus</i>)	SSF	<i>P. tannophilus</i>	440±14	143±2
Biological (<i>I. lacteus</i>)	C6/C5	<i>P. tannophilus</i> / <i>S. cerevisiae</i>	421±12	99±2
Biological (<i>I. lacteus</i>)	H5–SSF	<i>P. tannophilus</i>	452±10	163±4
Biological (<i>I. lacteus</i>) SHF	SHF	<i>S. cerevisiae</i>	484±13	97±4
Conditioning+biological (<i>I. lacteus</i>)	SHF	<i>S. cerevisiae</i>	481±11	161±3
Biological (<i>I. lacteus</i>)	SHF	<i>S. cerevisiae</i>	–	123±5
Biological (<i>I. lacteus</i>)	SSF	<i>S. cerevisiae</i>	–	
Biological (<i>P. chrysosporium</i>)	SSF	<i>S. cerevisiae</i>		62
Biological (<i>C. subvermispora</i>)	SSF	<i>S. cerevisiae</i>	–	120

1.6. Immobilization of Yeast

Immobilization of yeast is another valuable technique applicable to industrial ethanol fermentation due to its high cell density, greater volumetric productivity, tolerance to higher concentrations of sub-strate and products, relative ease of downstream processing, and most importantly, easy reusability. Many forms of solid support materials have been tested for cell immobilization, varying from natural



materials like wood chips to synthesized polymers like polyacrylamide, polyurethane and polyethylene. A representative list of some solid supports used in the immobilization of yeast is given in Table 1.9. There are advantages and disadvantages in all these solid supports; for example, synthesized polymers are non-biodegradable and could cause toxic effects on cell growth. For natural polymers, although they demonstrate non-toxic, biocompatible, biodegradable and antimicrobial properties, they have the problems of unsatisfactory mechanical strength and insufficient space for live cells, which could lead to cell breakdown and leakage to the medium. Then there is some interest in immobilization of yeast cells on membranes, which will further enhance the recyclability. Additionally, the

Table 1.9
Some solid materials used in immobilization of yeast and their references.

Solid support	Reference
Wood shavings	[3], [4]
Corn cobs	[3], [5]
Cane bagasse	[3], [6], [7]
Pseudo-boehmite (α -AlOOH) mixed with Na alginate	[8]
Microporous divinyl benzene copolymer (MDBP)	[9]
Corn stalks	[10]
Microporous and mesoporous zeolites, including ZSM-5, H-b, H-Y, and MCM-41, modified with 3-aminopropyl-triethoxysilane (APTES), mixed with alginate	[11]
A thin-shell silk cocoon (TSC), a residual from the silk industry	[12]
Porous cellulose carriers	[13]
Calcium alginate	[14], [7]
A gel containing 2% sodium alginate, 15, 30 or 50% iron powder (or Ba-ferrite) in CaCl ₂ solution	[15]
Polymer carriers, poly(hydroxyethyl acrylate (HEA)-methoxy polyethylene glycol methylacrylate (M-23G)) and poly(hydroxyethyl acrylate (HEA)-glycidyl methylacrylate (GMA) prepared by radiation polymerization at low temperature	[16]
Bacterial cellulose membrane	[3156]
Agar-agar	[7]
Polystyrene	[17]
Carbon-nanotubes	[18]
Hydroxy apatite ceramics	[19]
Divinyl benzene co-polymer	[9]
Organic polymer supports (natural and synthetic) - Review	[20]



entrapment type of immobilization could cause physical constraints for cell growth and the natural adsorption cannot satisfy the stability requirements. Therefore, one of the promising aspects for immobilization is self-flocculation on supporting materials, which seems to have superior attributes among the yeast cell immobilization technologies in terms of the simple process and natural environment for cell growth.

Sing and coworkers recently reported a comparative study on etha-nol production from pretreated sugarcane bagasse using immobilized *Saccharomyces cerevisiae* on various matrices. In this experiment, first alkali pretreated sugarcane bagasse was enzymatically hydrolyzed by crude unprocessed enzymes: cellulase (filter paper activ-ity 9.4 FPU/g), endoglucanase (carboxymethylcellulase, 148 IU/g), *b*-glucosidase (116 IU/g) and xylanase (201 IU/g) produced by *Aspergillus flavus*. Then the resulting sugar solution was exposed to *Saccharomyces cerevisiae* immobilized on sugarcane bagasse, calcium alginate and agar-agar for the production of ethanol. Fermentation parameters used in batch fermentation of sugarcane bagasse enzymatic hydrolyzate with immobilized cells of *S. cerevisiae* and the eth-anol yields for different solid supports are shown in Table 1.10.

Table 1.10

Fermentation parameters obtained in batch fermentation of sugarcane bagasse enzymatic hydrolyzate with *S. cerevisiae* cells immobi-lized on sugarcane bagasse, calcium alginate and agar-agar [163].

Parameters	Sugarcane bagasse immobilized	Calcium alginate immobilized	Agar-agar immobilized
Initial sugar concentration (gs/L)	50	50	50
Residual sugar (gs/L)	15	19	22
Ethanol (gp/L)	15.4	11.8	9.4
Ethanol yield (gp/gs)	0.44	0.38	0.33
Volumetric ethanol productivity (gp/L/h)	0.42	0.32	0.26
Efficiency of sugar conversion to ethanol (%)	86.2	74.5	64.7

The yield of ethanol was 0.44 g ethanol/g bagasse in the case of yeast immobilized sugarcane bagasse, 0.38 gp/gs using Ca-alginate and 0.33 g ethanol/g bagasse using agar-agar as immobilization matrices. The immobilized yeast was used up to 10 cycles in the case of immobilized sugarcane bagasse and up to 4 cycles in the case of agar-agar and calcium alginate, for ethanol production under repeated batch fermentation conditions. With all three solid supports, studied ethanol yield reached their maximum values after about 36 hr, as shown in the Figure 8.8 time course of ethanol production by *S. cerevisiae* from microwave alkali pretreated



sugarcane bagasse hydrolyzate (ISB: immobilized on sugarcane bagasse; ICA: immobilized on calcium alginate; IAA: immobilized on agar-agar).

Total incubation time 72 h; maximum ethanol was produced within 36 h of incubation.

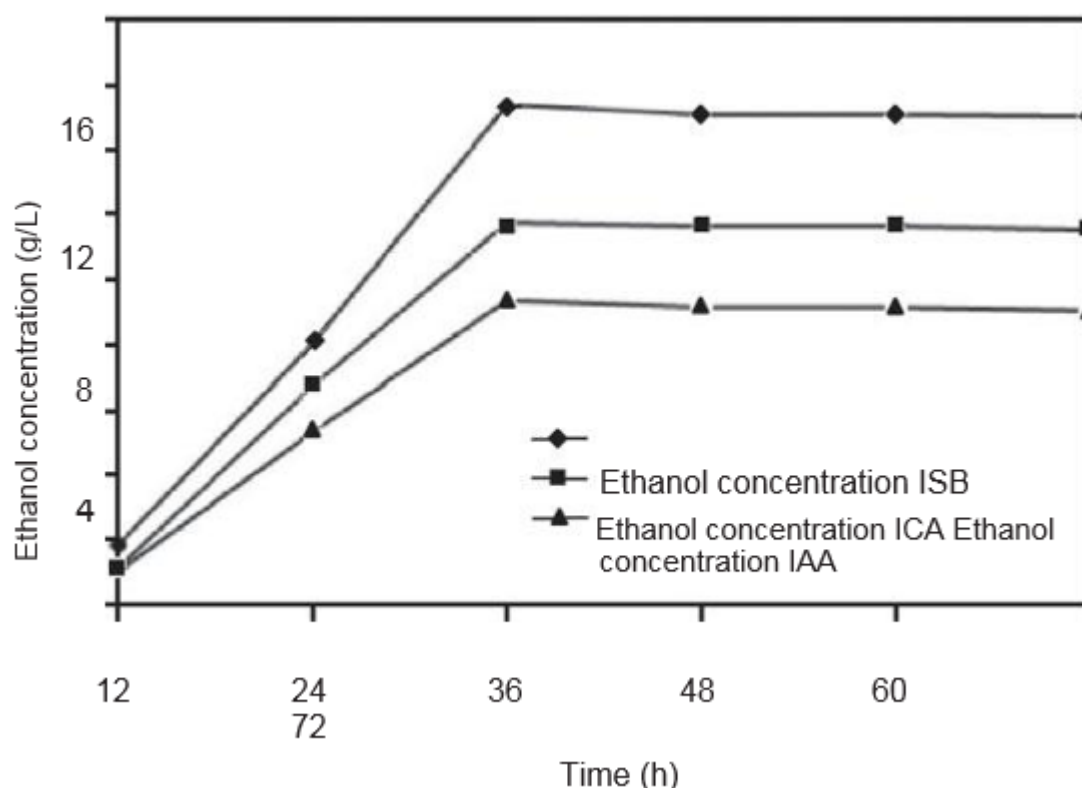


Figure 1.8 Time course of ethanol production by *S. cerevisiae* from alkali pretreated sugarcane bagasse hydrolyzate (ISB: immobilized on sugarcane bagasse; ICA: immobilized on calcium alginate; IAA: immobilized on agar-agar).

Summary.

As of mid 2013, several indicators have shown a steady progress in the cellulosic ethanol industry, even though the earlier targets set in the United States have not been met, as expected. Technoeconomic analysis plays an important role in the realization of cellulosic ethanol. The overreaching goal for the DOE's office of the biomass program is to demonstrate the cost-competitiveness of cellulosic ethanol with petroleum fuels.

The cellulosic biofuel industry 2013–2018 progress report is a more realistic and a vital indicator, which summarizes the global perspective of the industry. This report gives a detailed snapshot of advancements made towards the commercial deployment of cellulosic ethanol. However, entering into a commercial operation phase is an encouraging sign and a testimony for investor confidence on cellulosic ethanol technology. The future of cellulosic ethanol looks promising and the goal of large-scale production of fuel ethanol from abundant lignocellulosic biomass to meet the global energy demand is realizable in the near future.



The fuel producers are looking to the ethanol more interested than a past.

The utilization of biofuels in Low Temperature Combustion has shown great potential to decrease emissions and improve overall lifecycle energy efficiency. In particular, wet ethanol (a mixture of ethanol and water) as a domestically sourced biofuel has shown such potential. This study aims to determine what blend of wet ethanol would optimize combustion properties under HCCI operating conditions, both naturally aspirated and boosted. Four different blends are tested, and it is determined that WE80 (80% ethanol and 20% water by mass) exhibits optimal combustion characteristics when examining upstream intake temperature, combustion efficiency and thermal efficiency, regardless of intake boost level [21].



ГЛАВА 2. ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ МОЛЕКУЛЯРНИХ КОМПЛЕКСОВ

THE PROCESSES OF FORMATION OF MOLECULAR COMPLEXES ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ МОЛЕКУЛЯРНИХ КОМПЛЕКСІВ

DOI: 10.30888/2663-9882.2020-01-004

Вступ

Точний опис структури розчинів вимагає використання статистичного підходу [1–3]. Однак, спрощені моделі також дуже корисні. Таким чином, можна припустити, що суміш двох рідин А і В утворює багатокомпонентний розчин [4–6]. Цей розчин можна розглядати як суміш асоціатів чистих компоненти (далі -"асоціати") та змішаних асоціатів (далі -"комплекси"). Структура таких комплексів у розчині ацетон-хлороформ визначали в ряді праць [7–10]. Добре встановлено, що взаємодія між молекулами ацетону та хлороформу утворює комплекси типу 1:1. Деякі автори вважають, що разом з комплексами типу 1:1 комплекси типу 2: 1 також існують у невеликій кількості [11, 12].

Визначення комплексів у молекулярних спектрах пов'язане зі ступенем їх виникнення в спектральних смугах. У цій роботі ми покажемо, що це неможливо визначити більше одного типу комплексу в розчині ацетон-хлороформ, стехіометричний відношення яких можна вважати рівним 1:1.

У деяких випадках можна передбачити тип комплексів за формою кривої залежності концентрації ентальпії $\Delta H(N_j)$, де N_j - концентрація компонента А в компоненті В, $N_j \in [1:100]$. Наприклад, якщо в останній функції є екстремум при 50 мол.% це рівняння можна пояснити рівністю молекул А і В в комплексі. Профіль концентраційної залежності ентальпії в розчині ацетон-хлороформ приблизно симетричний відносно концентрації ацетону 50 мол.% (мінімум при 42 ± 3 мол.%) [13]. Як результат - розгляд трискладової моделі (із утворенням лише одного типу комплексу) є прийнятним наближенням.

Вібраційний спектральний аналіз рідких бінарних розчинів з різною концентрацією компонентів надає інформацію про концентрацію структурних утворень у розчині [4, 14]. Вибір спектрального діапазону для аналізу важливий у хемометричній обробці спектральних даних. Ефекти міжмолекулярні взаємодії виявляються по-різному у різних спектральних діапазонах. Вивчення концентраційної залежності інтегральної інтенсивності різних коливань для розчину ацетону-хлороформу проводили за допомогою Рамановської спектроскопії в [15]. Було встановлено, що вібрації С – С і С – Н ацетону (що не беруть участь у водневому зв'язку) не зміщується і не розширюється практично по всьому діапазону концентрацій (0 до 100 мол.%) в процесі змішування. Але С = С коливання ацетону і С-Н вібрації хлороформу, безпосередньо залучені до водневих зв'язків в комплексі зазнають значних змін. Причому максимальне збільшення інтегральної інтенсивності С = О коливань ацетону припадало на концентрацію 45–50 мол.%.



Особливу увагу слід приділити ділянкам з найвищим проявом ефектів міжмолекулярної взаємодії при виборі спектрального діапазону. Важливо вивчити спектральні смуги з найменшим можливим перекриттям контурів. Це є однією з умов для успішного застосування методу мультиваріативного розділу кривих (multivariate curve resolution MCR). Ацетон-хлороформний розчин є цікавим, оскільки ацетон здатний утворювати водневий зв'язок з хлороформом, тоді як водневі зв'язки між тільки молекулами ацетону або тільки хлороформу не утворюється. Зауважимо, що енергія взаємодії ван-дер-Ваальса в асоціатах (<1 ккал/моль) менше енергії водневого зв'язку (> 3 ккал/моль [9]) між компонентами в комплексах $[A_n B_m]$. У цьому випадку викривлення спектральних ліній пов'язані з появою асоціатів A_p (що складаються лише з молекул ацетону) і B_q (що складаються лише з молекул хлороформу) будуть набагато слабкішими, ніж викривлення, пов'язані з появою комплексів типу $[A_n B_m]$. Міжмолекулярні взаємодії проявляються меншою мірою в розчин етилацетату-циклогексану через відсутність водневих зв'язки як між молекулами в асоціатах, так і у комплексах, що робить їх важко відокремлюваними в ІЧ спектрах поглинання.

У роботі описані методи визначення концентрації структурних утворень (комплексів) в розчинах ацетон-хлороформу та етилацетат-циклогексану. По-перше, кількість та концентрація комплексів у розчині визначаються, за допомогою хемометричного методу MCR-ALS (ALS - Alternating Least Squares (метод змінних найменших квадратів)) [16] по відношенню до спектрів поглинання в ближньому інфрачервоному діапазоні. Далі застосовується допоміжний метод визначення кількості комплексів шляхом аналізу залишкової інтенсивності в ІЧ-спектрах. Порівняння значення концентрації комплексів, одержуваних за MCR-ALS і шляхом аналізу залишкової інтенсивності в спектри виконано для розчинів ацетон-хлороформу та етилацетат-циклогексану, при цьому виявлено відповідність одержаних результатів.

2.1. Кількісний аналіз комплексоутворення в розчинах ацетон-хлороформу та етил- ацетат-циклогексану

2.1.1. Експеримент.

У цьому дослідженні були використані ацетон, хлороформ, етилацетат та циклогексан з чистотою 99,9%. Концентрація компонентів змінювалася з 0% до 100% (в об'ємних %) з кроком 10%. Вимірювання спектрів проводили через 24 години після час приготування розчинів для усунення вплив процесів релаксації.

Спектри пропускання FT-NIR вимірювалися за допомогою спектрометру BXII Perkin Elmer Spectrum з а спектральна роздільна здатність 2 см⁻¹. Спектральні записи було повторено 10 разів для кожного зразка. Після цього усереднені спектри розраховувалися для кожної концентрації і використовувалися в подальшому аналізі. Спектри програмно не були



згладжені і корекція по базових лініях не проводилася (оскільки подібні перетворення не можуть спотворити прояв наслідків міжмолекулярних взаємодій у спектральних смугах). Довжина оптичного шляху кварцової комірки становила 1 мм. Нагрівання зразка протягом вимірювання практично не мало місця через мале значення коефіцієнту поглинання на використаних частотах збудження. Температура рідких зразків була $25 \pm 0,2$ °C.

2.1.2. Модельний підхід.

2.1.2.1. Модель "бінарного" рідкого розчину.

Бінарний розчин - це суміш двох рідин А і В. Однак, у подібному випадку можуть бути і нові компоненти (типовий приклад - спиртові гідрати у водних розчинах спирту). Таким чином, "бінарний" розчин буде розглядатися як суміш чистих компонентів А і В (асоціати) та комплексів $[A_n B_m]$.

Термін "комплекс" вживається в літературі у різному змісті, тому зосередимось на його визначенні. Відомо, що часи життя водневих та ван-дер-Ваальсових зв'язків у молекулярних рідинах надзвичайно малі (менше $\approx 10-12$ с) [18]. Це викликає сумніви у придатності для розгляду третього компонента розчину ("комплекси") через нестабільність сполуки. Однак середній час життя комплексу -це лише одна характеристика. Іншою особливістю динаміки розчинення з середнім вільним часом τ_f існування молекул А і В. Припустимо, що $\tau_0 = \tau_f$ і зауважимо, що макроскопічні (виміряні) дані відповідають усередненню відповідних властивостей ансамблю частинок за час $t \gg \tau_0, \tau_f$. У цьому випадку 50% частинок завжди буде у зв'язаному стані (комплекси) та решта 50% частинок будуть у вільному (не зв'язаному) стані у будь-якому фізично нескінченно малому обсязі. У рамках цього підходу малість часу життя міжмолекулярних зв'язків значення не має, оскільки "комплекс" розглядаються як усереднена характеристика індивідуальних компонент системи.

2.1.2.2. Аналіз залишкової інтенсивності в спектрах.

Сpektри вимірювалися при кожній фіксованій концентрації одного компонента. Набір значень «спектральна концентрація» буде представлено у вигляді матриці X (з розмірами $i \times j$), де кожний рядок відповідає спектру (набору частот) при фіксованій концентрації. Визначення оптимальної ділянки частот проводилося з використанням наступної процедури:

1 До розгляду вводиться гіпотетичний спектр "ідеального бінарного розчину". Така рідина складається з молекул типів А і В, і вони не взаємодіють між собою під час перемішування (комплекси не утворюються). Відповідну модельна матриця для ідеалізованого бінарного розчину позначимо X_{mod} , а спектри чистих компонентів I_A і I_B відповідно.

2) Модельна матриця X_{mod} (матриця ідеального розчину) обчислюється як



лінійна комбінація I_A і I_B :

$$X_{\text{mod}} = 0,01 \begin{pmatrix} I_A N_1 + I_B (1 - N_1) \\ I_A N_2 + I_B (1 - N_2) \\ \dots \\ I_A N_i + I_B (1 - N_i) \end{pmatrix} \quad (1)$$

Матриця X вимірюваних значень для реального бінарного розчину відрізняється від ідеалізованої (модельної) матриці, оскільки взаємодія між молекулами змінює коливальні характеристики системи. Відмінності між реальними та модельними розчинами визначають допоміжну матрицю:

$$X_{\text{res}} = X - X_{\text{mod}} \quad (2)$$

Остання матриця містить інформацію про умови, при яких відмінності форм і зсувів резонансних частот коливальних смуг, викликані утворенням комплексів, найбільш чітко проявляється.

3) Частоти областей, де матриця X_{res} має максимальні відхилення від нульового рівня можна розглядати як ділянки з найбільшим проявом міжмолекулярних взаємодій в утвореннях комплексів. Надалі це буде предметом детального аналізу. Виключення спектральних регіонів, де міжмолекулярна взаємодія є слабкою, допомагає підвищити точність обчислень. Інформація про кількість отриманих комплексів з аналізу залишкової інтенсивності в матриці X_{res} повинні доповнювати результати MCR-ALS аналізу.

2.1.2.3. Мультиваріативний розділ кривих.

Методи роздільної здатності розкладають математично а загальний змішаний інструментальна відгук - на чисті внески за рахунок кожного компонента в системі [16]. Цей змішаний сигнал організований в матриці X , що містить необроблену інформацію про всі компоненти присутні у наборі даних. Методи роздільної здатності дозволяють розкладання вихідної матриці даних суміші X у добуток двох матриць даних C і S^T , кожен з них, включаючи чисті профілі відгуків n сумішей або компоненти, пов'язані з напрямками рядків і стовпців початкової матриці даних, відповідно. У матричному позначенні дійсний для всіх методів роздільної здатності вираз є таким:

$$X = CS^T + E, \quad (3)$$

де $X(i \times j)$ - вихідна матриця даних, $C(i \times n)$ і $S^T(n \times j)$ - матриці, що містять чисті профілі відгуків, пов'язані з варіацією даних у напрямки рядків та стовпців відповідно та $E(i \times j)$ - матриця помилок, тобто залишкова варіація набору даних, не пов'язана з будь-яким хімічним внеском. Параметри i і j - це номери рядків та стовпців вихідної матриці даних відповідно, i^n - кількість хімічних компонентів в суміші або процесі. C і S^T часто звертаються до



профілів концентрації та спектрів (отже, їхніх імен). Математичне розкладання єдиної матриці даних, незалежно від методу, що використовується, як відомо, є неоднозначним [17]. Це означає, що безліч наборів парних матриць C і S^T - типу може відтворити оригінальний набір даних з однаковою відповідною якістю. Іншими словами, правильного відтворення вихідної матриці даних можна досягти за допомогою використання профілів реакцій, що відрізняються формою (обертальна неоднозначність) або величиною (неоднозначність інтенсивності) від шуканих (справжніх) [19]. Математично це може записуватися так:

$$X = CS^T = CTT^{-1}S^T = \tilde{C}\tilde{S}^T, \quad (4)$$

де $T(n \times n)$ - обернена матриця. Якщо T є ортогональною матрицею, неоднозначність називається обертальною. Багатовимірною роздільною здатністю кривої-чергування.

Метод мультиваріативного розділу кривих-змінних найменших квадратів (Multivariate Curve Resolution-Alternating Least Squares (MCR-ALS)) є популярним хемометричним методом, який використовується для розділу багатокомпонентних у невідомих нерозв'язаних сумішах. MCR-ALS ітераційно розв'язує рівняння (2.3) за допомогою змінного алгоритму обчислення найменших квадратів, що обчислює концентраційні C та чисті спектральні S^T матриці, що оптимально відповідають експериментальній матриці даних X . Ця оптимізація проводиться для запропонованого числа компонентів із застосуванням початкових оцінок C , або S^T .

2.1.3 Результати.

2.1.3.1. Ацетон-хлороформ.

ІЧ Фур'є спектри пропускання розчину ацетон-хлороформу (рис. 1) зареєстровані у спектральній області 4500–3900 см⁻¹. Цей спектральний діапазон було обрано через слабке поглинання обертонів і композитні частоти в ближній ІЧ-області. Слабке поглинання дозволяє використовувати рідку клітину з відносно великим значенням оптичного шляху променя (1 мм). Було визначено сполучені коливання ацетону при 4009 см⁻¹, 4065 см⁻¹, 4142 см⁻¹, 4185 см⁻¹, 4315 см⁻¹, 4357 см⁻¹, 4420 см⁻¹, і сполучені коливання хлороформу при 4213 см⁻¹ ($\nu_1 + \nu_4$), де ν_1 (≈ 3033 см⁻¹) - частота коливань С-Н симетричного розтягування хлороформу, а ν_4 (≈ 1220 см⁻¹) – частота деформаційних С-Н коливань хлороформу [24]. Вибір спектрального діапазону 4500–3900 см⁻¹ було виконано з кількох причин. По-перше, спектральні контури хлороформу та ацетону трохи перекриваються в цьому регіоні, що найкраще підходить для поділу комплексів із застосуванням MCR-ALS. По-друге, вимірювання в середній ІЧ-області вимагають від нас використання шляху оптичного променя близько 10–25 мкм. Тому цей діапазон не є кращим для кількісного аналізу.

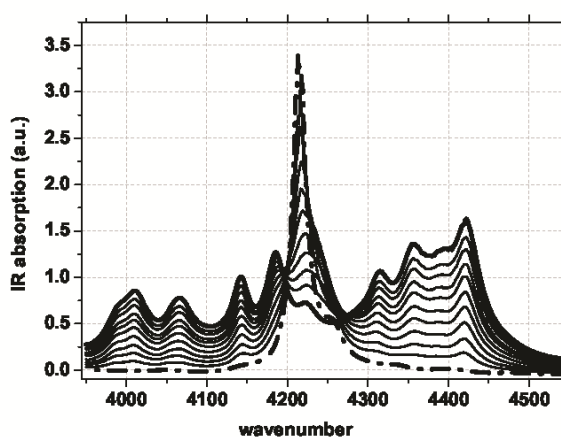


Рис.1. ІЧ спектри розчину ацетон-хлороформ в діапазоні 4500–3900 см⁻¹. Крок концентрації розчину становить 10 об.%, суцільна лінія - спектр чистого ацетону, пунктирна лінія - спектр чистого хлороформу

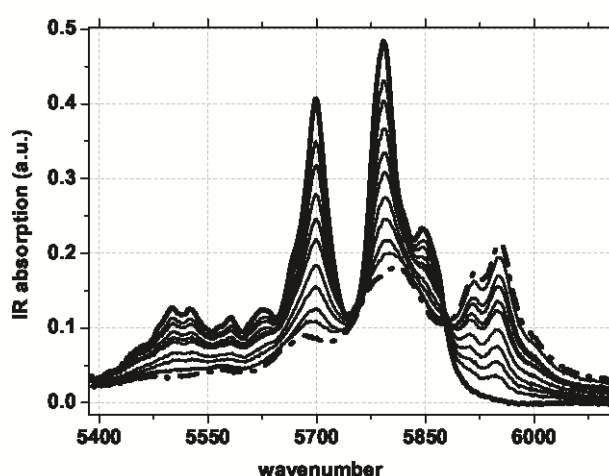


Рис.2. ІЧ спектри розчину етилацетат-циклогексан в діапазоні 6150–5400 см⁻¹. Крок концентрації розчину 10 об.%, суцільна лінія - спектр чистого етил-ацетату, пунктирна лінія - спектр чистого циклогексану

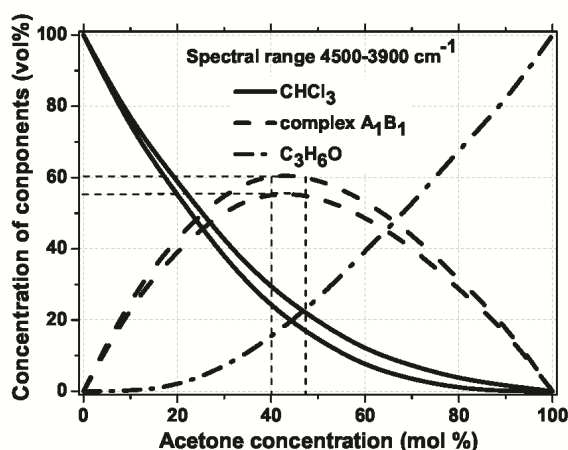


Рис. 3. Профілі мінімальної та максимальної концентрації трьох компонент в розчині ацетон-хлороформ, отримані методом MCR-ALS аналізу ІЧ-спектрів у діапазоні 4500–3900 см⁻¹. Діапазон концентрацій між верхньою і нижньою кривими одного типу вказують на існування ряду розчинів із заданим залишком.

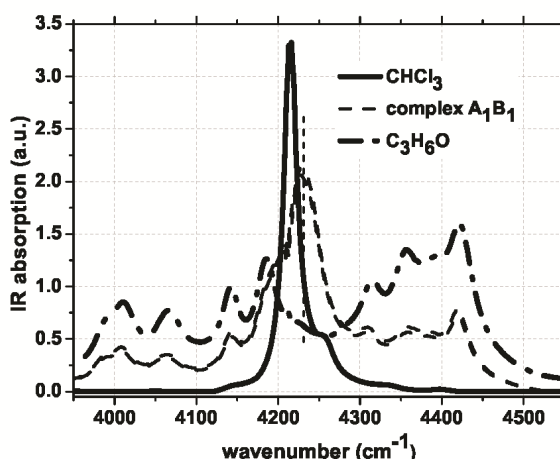


Рис. 4. Профілі мінімумів та максимумів спектрів трьох компонентів в отриманому розчині ацетон-хлороформ методом MCR-ALS аналізу ІЧ-спектрів у діапазоні 4500–3900 см⁻¹. Діапазон концентрацій між верхніми та нижні криві одного типу вказують на існування ряду розчинів із заданим залишком.

2.1.3.2. Етилацетат-циклогексан.

На рис. 2 показані ІЧ-спектри, отримані в пропускаючому режимі (в одиницях поглинання) для розчину етилацетат-циклогексан у діапазоні 6150–5400 см⁻¹. Цей діапазон відповідає за С – Н розтягуючі коливання циклогексану та етилацетату. Велика кількість різних коливальних мод етилацетату та циклогексану розташована в діапазон частот 4600–3800 см⁻¹.

Останній факт має негативний вплив на здатність методу MCR виділити концентрації комплексів з отриманих спектрів. Тому частотний діапазон 4600–3800 см⁻¹ не аналізувався.

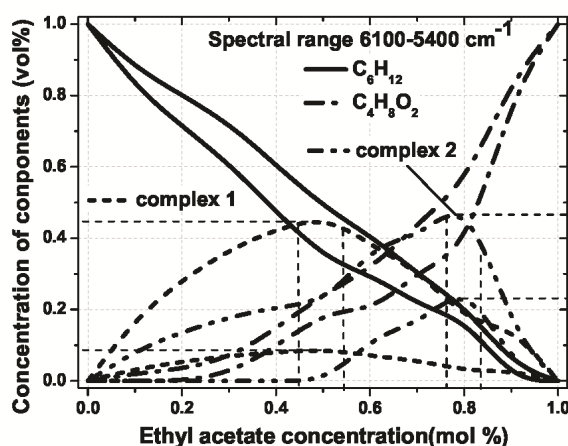


Рис. 5. Профілі мінімальної та максимальної концентрації трьох компоненти в розчині етилацетат-циклогексану, отримані методом MCR-ALS аналізу ІЧ-спектрів у діапазоні 6100–5400 см⁻¹. Діапазон концентрацій між верхніми та нижні криві одного типу вказують на існування ряду розчинів із заданим залишком.

2.1.3.3. Результати мултиваріативного розділу кривих

Проведено розкладання матриці X для трьох компонентів розчину ацетон-



хлороформ (асоціати чистого ацетону, асоціати чистого хлороформу і комплекси одного типу). -оптимізована збіжність досягається тоді, коли у двох послідовних ітераційних циклах відносні відмінності стандартних відхилень залишків між експериментальними даними і даними ALS обчислень менші, ніж раніше вибране значення, що зазвичай вибирається як 0,1%. Ітераційний процес в аналізі MCR-ALS не вдалося успішно реалізувати із встановленим критерієм 0,1% під час розкладання матриці розчину етилацетат-циклогексану для трьох компонентів. Але процес був успішно завершений шляхом розкладання на 4 компоненти (асоціати) чистого етилацетату, асоціатів чистого циклогексану, і два типи комплексів). Початкові наближення для матриць C і S^T було визначено з використанням аналізу еволюційного коефіцієнта під час обробки спектрів розчину [25].

Методом MCR-ALS були отримані концентраційні та спектральні профілі комплексів для розчину ацетон-хлороформу (рис. 3, рис. 4) та для розчину етилацетат-циклогексану (рис. 5, рис. 6). Точність визначення комплексів у розчині (максимальні та мінімальні концентрації та спектральні профілі) оцінювали, використовуючи метод MCR смуг [22].

Матриці для розчину ацетон-хлороформ в діапазон 4500–3900 см⁻¹ і для етилацетату–розчин циклогексану в діапазоні 6100–5400 см⁻¹ були отримані аналізом залишкової інтенсивності в спектрах. Графічне зображення матриць показано на рис. 7 і рис. 8.

Як видно на рис. 7, у розчині ацетон- хлороформу є лише один екстремум. Це підтверджує доцільність вибору потрійної системи (дві чисті речовини та один тип комплексів) у MCR-ALS аналізі. На рис. 8 показано наявність двох екстремумів концентрацій в розчині етилацетат-циклогексану. Це добре корелює з тим, що (як згадане вище) виділення лише одного комплексу у розчині (розкладання на 3 основні компоненти) не дає задовільних результатів в аналізі MCR-ALS. Збіжність ітеративного процесу могла б досягаться лише введенням двох комплексів (чотириккомпонентна модель) під час аналізу MCR-ALS.

Концентрація комплексів в розчин ацетон-хлороформу (рис. 3), отримана шляхом аналізу спектрального діапазону 4500–3900 см⁻¹ досягає максимуму при мольному вмісті ацетону $44 \pm 4\%$ (x -вісь на рис. 3). Максимальне значення відповідає молярній концентрації комплексів $58 \pm 2\%$ від загальної концентрації компонентів у бінарному розчині (y -вісь на рис. 3).

Два типи комплексів у розчині етилацетат-циклогексану, отримані шляхом аналізу спектрального діапазону 6100–5400 см⁻¹ (рис. 5), мають наступні характеристики:

1) Концентрація комплексів типу I досягає максимуму, коли вміст етилацетату становить 50 ± 5 мол.%, а значення максимуму концентрації - 27 ± 18 мол.%;

2) Концентрація комплексів II типу досягає максимуму, коли вміст етилацетату становить 80 ± 5 мол.%, а значення максимуму концентрації 34 ± 12 мол.%.

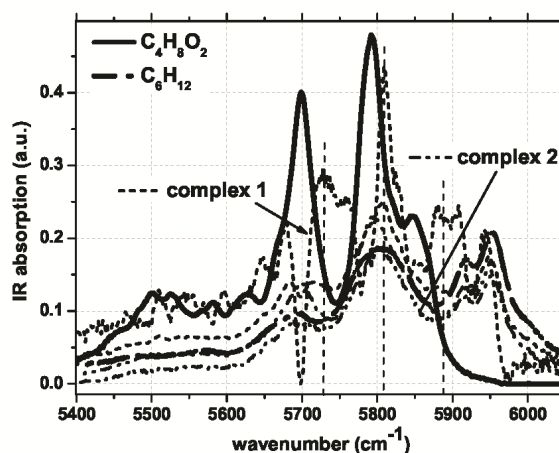


Рис. 6. Профілі мінімумів та максимумів спектрів трьох компонентів в розчині етилацетат-циклогексан, отримані методом MCR-ALS аналізу ІЧ-спектрів у діапазоні 6100–5400 см⁻¹. Діапазон концентрацій між верхніми та нижніми криві одного типу вказують на існування ряду розчинів із заданим залишком

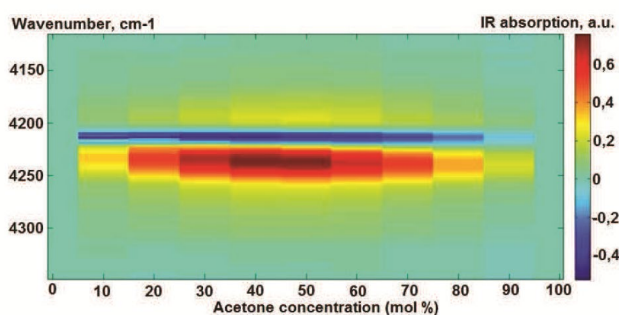


Рис. 7. Графічне зображення залишкової інтенсивності в ІЧ-спектрі для розчину ацетон-хлороформу у діапазоні 4500–3900 см⁻¹

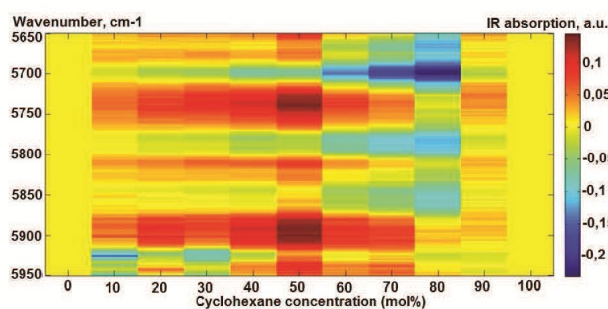


Рис. 8. Графічне зображення залишкової інтенсивності в ІЧ-спектрі для розчину етилацетат-циклогексану у діапазоні 6100–5400 см⁻¹

Велика неоднозначність у концентраціях комплексів в розчині етилацетат-циклогексану пов'язана зі значно меншими силами міжмолекулярних взаємодій між молекулами A і B порівняно з розчином ацетон-хлороформу. Стехіометрія комплексів у розчині етилацетат-циклогексану розраховувалася відповідно до до профілів концентрації (рис. 5). Комплекс має склад, близький до $[A_1B_1]$ (A - ацетон, B - хлороформ) у розчині хлороформ-ацетон. Комплекс типу I має



склад, близький до $[X_1Y_1]$ (X - етилацетат, Y - циклогексан) та комплекс типу II має склад, близький до $[X_5Y_1]$ в розчині етилацетату-циклогексану.

Екстремум на рис. 7 розташований у спектральному діапазоні 4250–4220 см⁻¹ при концентрації ацетону 44 ± 4 мол.% у розчині ацетон-хлороформу. Екстремуми на рис. 8 розташовані в спектральних областях 5750–5720 см⁻¹, 5820–5800 см⁻¹, 5910–5880 см⁻¹ при концентраціях етилацетату 50 ± 5 і 80 ± 5 мол.%. Ці дані відповідають результатам отриманим методом MCR-ALS аналізу вимірюваних розчинів (рис. 4, рис. 6). Інформація про кількість комплекси в розчинах, отримана за допомогою аналізу залишкової інтенсивності в матриці X_{res} корелює з даними MCR-ALS. Це вказує на те, що дані зі спектрів 3-го та 4-го основних компонентів отримані методом MCR-ALS (які трактуються як комплекси) фактично походять від наявності екстремуму концентрації в матриці X_{res} (рис. 7 і рис. 8).

2.2. Вібраційна спектроскопія комплексоутворення у водних розчинах ізопропілового спирту

Водні розчини спиртів досліджувались давно, але деталі їх молекулярної структури ще не були повністю усвідомлені [24-47]. Такий великий інтерес до водно-спиртових розчинів викликаний не лише фундаментальним інтересом, але й завдяки їх широкому використанню у багатьох сферах діяльності, включаючи хімічну інженерію та біологічну науку. У біохімічному застосуванні спирти використовуються як модельний вид для складних молекул амфіфілів (наприклад, білків) [48, 49].

Фізико-хімічні властивості спиртово-водних розчинів демонструють аномальну поведінку в цілому діапазоні концентрацій. Це означає, що їх концентраційна залежність сильно відхиляється від ідеальної поведінки, наприклад, таких властивостей розчину, як в'язкість [38, 39], щільність [39], коефіцієнти взаємної та самодифузії [28,43-46,50,72], перевищення термодинамічних функцій [33,37,38,51], діелектрична проникність [27,31,32], показник заломлення [42] тощо. Така нелінійна поведінка є макроскопічним проявом складної молекулярної структури спиртово-водних розчинів. Повідомлялося, що спирти-водні розчини мають неоднорідну мікроструктуру, тобто спирт та вода не змішуються повністю на молекулярному рівні [47]. Внаслідок утворення водневих зв'язків як спирт [52-54,73-76], так і вода [55-57, 75, 76] має тенденцію до формування самоасоціатів. Також алкоголь і вода можуть утворювати молекулярні комплекси або гетероасоціатори [24,33,36,41,59].

Вібраційна спектроскопія (Раманова та / або інфрачервона) є потужним інструментом для дослідження молекулярної структури рідких розчинів. Вібраційні спектри відрізняються високою чутливістю до структурних змін рідких розчинів, що відбуваються при змішуванні [60-62]. Формування



комплексів супроводжується зміною деяких коливальних ступенів свободи, тому спричиняє появу нових міжмолекулярних коливань та / або зсув частоти внутрішньомолекулярних коливань. Поєднання вібраційної спектроскопії із сучасними аналітичними методами (такими як мультиваріативний розділ кривих, MCR [63]) могло б дати не лише якісну, а й кількісну інформацію (концентрацію видів розчину) про досліджувану систему.

Метою нашого дослідження є дослідження ізопропанол-водних розчинів за допомогою вібраційної спектроскопії. Ми продовжуємо дослідження водного розчину спиртів метанолу серії [50]. На даний момент представлено дослідження мікрогетерогенності розчинів ізопропанол-вода методом NIR-спектроскопії в роботі [41]. Нас зацікавило дослідження інфрачервоних спектрів розчинів у діапазоні коливань ОН, що розтягують ізопропанол та воду. Ця спектральна область надає опосередковану інформацію про можливе утворення водневих зв'язків НО... Н, які відповідають за самоасоціацію та утворення комплексу (гетеро-асоціацію) в розчинах ізопропанол-вода.

2.2.1. Матеріали та методи.

2.2.1.1. Зразки та інструментарій.

У цьому дослідженні використовували ізопропанол та воду чистотою 99,9%. Спектри ATR FTIR були виявлені для розчинів з різною концентрацією ізопропанолу та води: від чистого ізопропанолу до чистої води з кроком концентрації 5% (об'ємн.). Спектри досліджуваних розчинів були виявлені через 24 години після перемішування, щоб уникнути впливу релаксаційних процесів. Температуру зразків стабілізували при 25 ° С. Спектри інфрачервоного відбиття реєстрували за допомогою спектрометра FTIR Thermo Fisher Scientific Nicolet iS50. Всі спектри вимірювали зі спектральною роздільною здатністю 4 см⁻¹. Кількість сканувань для кожного спектру становила 32. Більш детальний опис спектроскопічного вимірювання можна знайти в роботі [64].

2.2.1.2. Аналіз залишкових спектрів.

Аналіз залишкових спектрів (або надлишкової спектроскопії) використовується для посилення спектральних відхилень від поведінки ідеального розчину [65,66]. Ідея цього методу досить проста. Якщо досліджуваний розчин є ідеальним, його спектр (інтенсивність Рамана або інфрачервона поглинання) є лінійною комбінацією спектрів чистих компонентів. Елімінуючи спектр ідеального розчину від вимірюваного, ми отримуємо залишковий спектр:

$$S_{res}(\nu, c_1, c_2) = S_{meas}(\nu, c_1, c_2) - S_{ideal}(\nu, c_1, c_2) = S_{meas}(\nu, c_1, c_2) - (c_1 S_1(\nu) + c_2 S_2(\nu)). \quad (5)$$

Тут c_1 і c_2 є концентрації компонента 1 і 2 відповідно.

Використання залишкових спектрів, встановлених у різних концентраціях, може забезпечити інформацію про спектральні області, які є найбільш чутливими до впливу міжмолекулярних взаємодій. Метод виявився корисним для дослідження формування комплексу у бінарних розчинах [65-68].



2.2.1.3 MCR метод.

Мультиваріативний розділ кривих MCR - це широко поширена хемометрична методика, яка використовується в спектроскопії для визначення кількісної інформації про досліджувану систему. Метою методів MCR є оцінка невідомого внеску різних компонентів у їх суміші (аналіз сумішей) [63]. Передбачалося, що внесок кожного компонента в загальний спектр пропорційний чистому спектру, тому ми використовуємо таку білінійну форму:

$$\mathbf{D} = \mathbf{C}\mathbf{S}^T + \mathbf{E}. \quad (6)$$

де $\mathbf{D}$ - матриця спектральних даних, $\mathbf{C}$ являє собою матрицю профілів концентрації компонентів суміші; матриця $\mathbf{S}$ містить спектральні профілі компонентів суміші; $\mathbf{E}$ являє собою матрицю залишків. Рівняння (2) вирішується мультиваріативним розділом кривої, використовуючи метод змінних найменших квадратів (Multivariate Curve Resolution-Alternating Least Squares (MCR-ALS)). Попередня інформація про досліджувану систему зазвичай реалізується як додаткове обмеження в проблемі оптимізації. Оптимізація ALS в умовах обмежень допомагає нам уникати нефізично значущих рішень. Основним недоліком розкладання MCR-ALS є неоднозначність отриманих розчинів.

2.2.1.4 Деталі обчислень.

Мультиваріативний розділ кривої виконувався алгоритмом Таулера, реалізованим в MATLAB [69]. Ми застосували такі обмеження: негативність, закриття для профілів концентрації, негативність для спектральних профілів. Оскільки ми вимірювали чисті спектри ізопропанолу та води, ми також фіксували спектри чистих компонентів та їх концентрації на кінцях області концентрації. В якості початкової оцінки профілів, яка потрібна для початку процесу ітерації чергування найменших квадратів, використовували чисті спектральні змінні; вони були отримані за допомогою SIMPLISMA [70]. Метод обмеженої нелінійної оптимізації (MCR-BANDS [70]) був використаний для виявлення неоднозначності розчинів MCR-ALS.

2.2.2. Результати та обговорення.

2.2.2.1. Залишкові спектри.

Для аналізу були обрані спектральні ділянки коливань C-H розтягування ізопропанолу та вібрації розтягування O-H ізопропанолу та води через їх високу чутливість до можливого утворення водневих зв'язків. Відповідні вимірювані спектри ATR FTIR показані на рис. 9.

Залишкові спектри були обчислені рівнянням (5); об'ємні частки чистих компонентів перед змішуванням використовувались як одиниці концентрації. Різниця між обсягом використання та молярною часткою для обчислення залишкових спектрів обговорюється в роботі [68]. Карта контуру залишкового спектра показана на рис. 10. Видно, що залишковий розподіл не є випадковим; він показує виразну залежність від концентрації розчину.

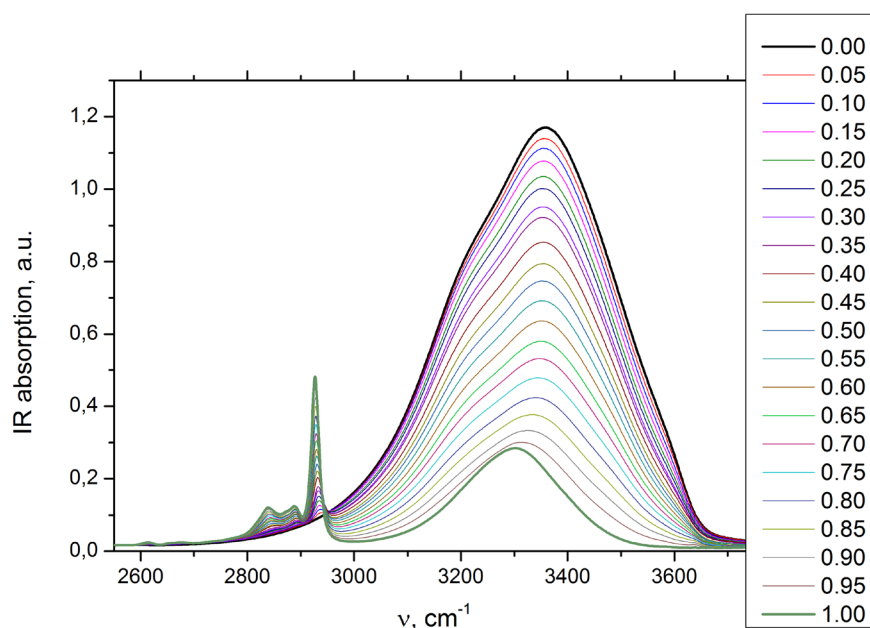


Рис.9 ATR FTIR-спектри розчинів ізопропанол-вода в різних концентраціях.

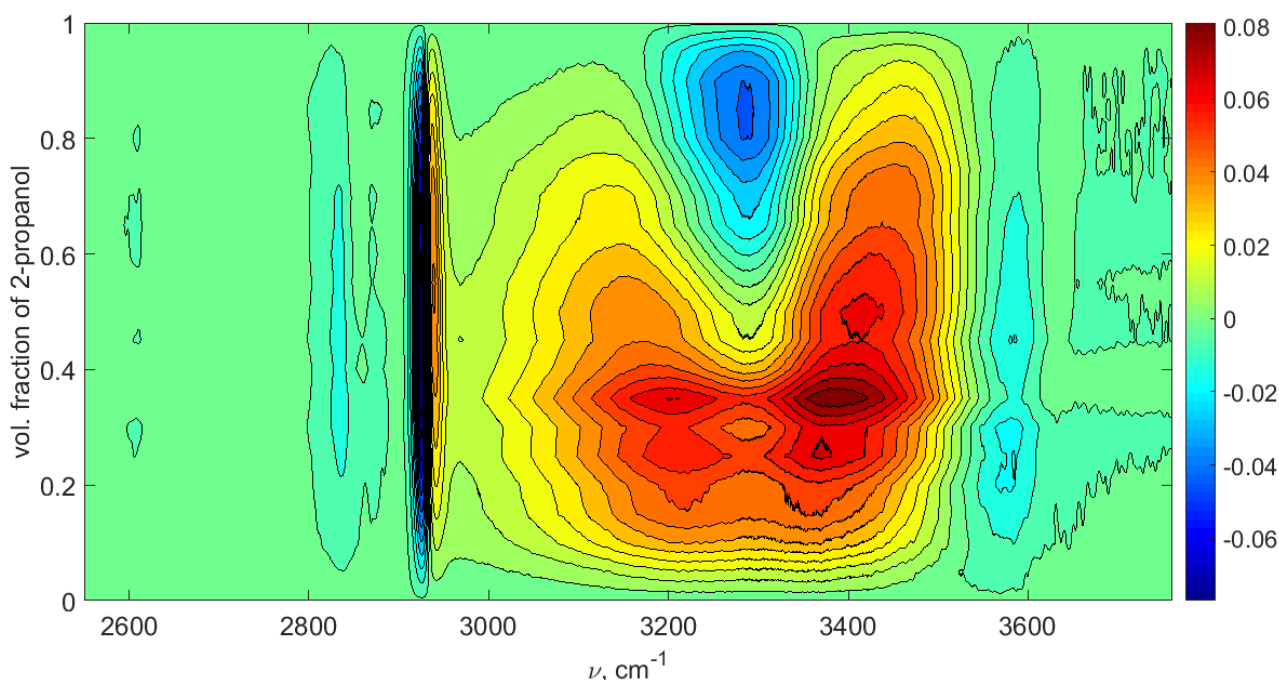


Рис.10. Залишкові спектри ATR FTIR.

Карта залишків спектрів ATR FTIR характеризується наявністю двох основних максимумів із позитивними значеннями залишків в районі 3200 см⁻¹ та 3440 см⁻¹. Їх максимальні значення досягаються при 35% (об'ємн.) Ізопропанолу. Також ненульові значення залишків представлені в спектральній області коливань СН, що розтягують ізопропанол. Це непрямі докази того, що ізопропанол може існувати в різних формах у розчині: як частина молекулярного комплексу, так і в несв'язаному стані.



2.2.2.2. Розкладання MCR-ALS.

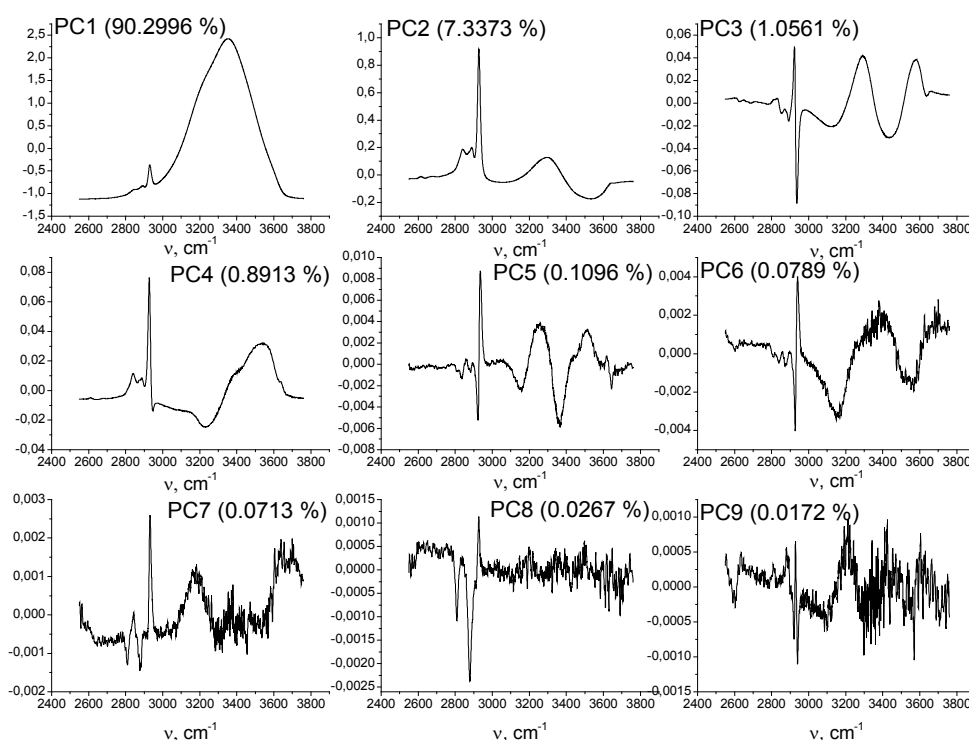


Рис. 11. Основні навантаження компонентів, отримані з матриці даних ATR FTIR.

Для отримання кількості компонентів, представлених у рішеннях, ми провели аналіз основних компонентів (PCA) [71] експериментальної матриці даних. На рис. 11 показані навантаження перших дев'яти основних компонентів (ПК). Ми бачимо, що основний внесок у вимірюваний інтегральний сигнал вносять перші чотири основні компоненти. Отже, нами було проведено чотирикомпонентне розкладання MCR-ALS матриці даних спектрів ATR FTIR. Відсутність придатності розкладання MCR-ALS дорівнює $\text{lof} = 0,44\%$. Оптимізацію MCR-BANDS проводили для пошуку меж смуг можливих спектральних та концентраційних профілів. Отримані спектральні та концентраційні профілі показані на рис. 12, 13. Як видно з рис. 13, отримані профілі концентрації не є унікальними через наявність неоднозначності обертання. Останнє зумовлене високим ступенем перекриття як спектрів ізопропанолу, так і води. Затінені ділянки на рис. 13 показують можливі рішення MCR-ALS.

Отримані чотири компоненти були ідентифіковані як "чистий" ізопропанол, "чиста" вода, комплекс 1 і комплекс 2. Максимальна концентрація комплексу 1 досягається при 55% (об'ємн.) ізопропанолу. Вона відповідає молярному співвідношенню ізопропанол / вода, яке дорівнює 1: 3,5. Ми ставилися до цього комплексу як до бідної води. Інтенсивність спектру ОН спектра спектрального профілю 1 нижча за відповідну спектральному профілю

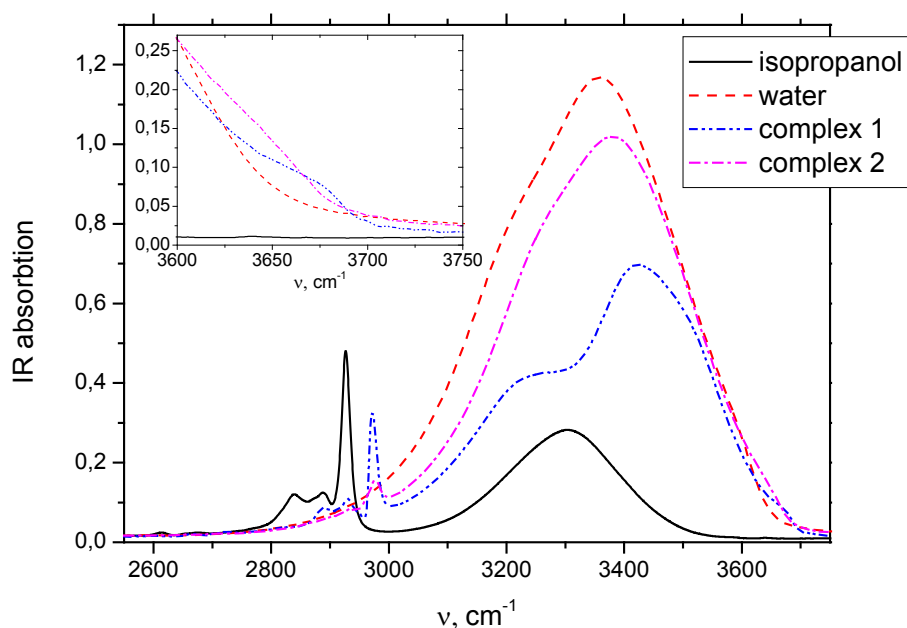


Рис.12. Спектри поглинання компонентів суміші ATR FTIR, отримані в результаті розкладання MCR

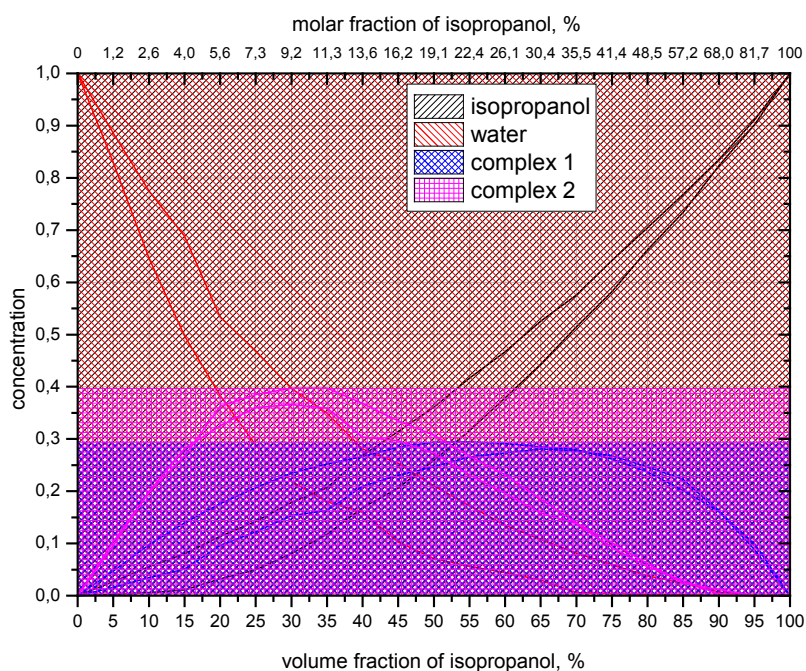


Рис. 13. Профілі концентрації компонентів розчину (пунктирні ділянки є можливою областю розчинів).

комплексу 2, це підтверджує наше твердження, що комплекс 1 має малу кількість молекул води. Максимальна концентрація комплексу 1 становить близько 30% (об'ємн.). Комплекс 2 є домінуючою структурою в районі, багатому водою. Максимальна концентрація комплексу 2 досягається приблизно 30% (об'ємн.) ізопропанолу. Відповідне молярне відношення води



до ізопропанолу дорівнює 1: 8,8. Оскільки цей комплекс домінує при низькій концентрації ізопропанолу, він має малу кількість молекул ізопропанолу. Таким чином, він може пояснити малу інтенсивність діапазону СН у його спектральному профілі.

Як ми бачимо з рис.12, спектр комплексу 1 має пік приблизно в 3670 см-1. Цей пік може визначати розтягування коливань вільних ОН груп. Відсутність таких піків у спектральних профілях «чистого» компонента та комплексу 1 означає, що вони формуються з домінуючих циклічних утворень.

Цікаво відзначити, що регіони, де концентрація комплексів домінує, відповідають областям концентрації, де деякі фізичні характеристики розчинів мають надзвичайні значення [26,27,29-31]. Домінування комплексу 2 у збагаченому водою регіоні може пояснити наступні особливості розчинів ізопропанол-вода: мінімальне значення коефіцієнта самодифузії ізопропанолу [27], мінімальне значення коефіцієнта взаємної дифузії [43], максимальне значення діелектричної проникності [27], максимальне значення коефіцієнтів поглинання у терагерцевому діапазоні [26], максимальне значення коефіцієнта звукопоглинання [30], мінімальне значення негативної надмірної ентальпії [26,29]. Наявність комплексів двох типів може пояснити існування мінімальної та максимальної концентраційної залежності надлишкової ентальпії [26, 29].

Висновки

Результати досліджень підтверджують можливість описати структуру рідкого розчину ацетон-хлороформу як комбінації трьох компонентів: вільний ацетон, вільний хлороформ і комплекси $[A_1B_1]$, що складаються обох типів молекул.

Показано, що розчин етилацетат-циклогексану можна розглядати як набір з чотирьох складових: вільний етилацетат, вільний циклогексан та комплекси $[X_1Y_1]$ і $[X_5Y_1]$, що складаються з обох типів молекул. Неоднозначність у визначенні концентрації комплексів в розчині етилацетат-циклогексану є більшою, ніж у розчині ацетон-хлороформу. Це пояснюється тим, що умови успішного MCR-ALS аналізу у меншій мірі стосується розчину етилу ацетат-циклогексан. Це відсутність сильних міжмолекулярних взаємодій у комплексах (водневі зв'язки не утворюються) і перекриття спектральних ліній етилацетату та циклогексану.

Запропоновано допоміжний метод визначення числа комплексів шляхом аналізу залишкової інтенсивності в ІЧ-спектрах. Мінімуми / максимуми поглинання в матриці залишкової інтенсивності X_{res} співпадають з мінімумами / максимумами концентрацій комплексів у матриці профілів концентрації, отриманій MCR-ALS. Це вказує на те, що дані зі спектрів основних компонентів, отриманих під час MCR-ALS аналізу фактично виходять із наявності концентрації екстремума в матриці X_{res} .



Спектри ATR FTIR ізопропанолово-водних розчинів вивчено у всьому діапазоні концентрацій. Утворення комплексу в досліджуваних розчинах викликає нелінійну залежність інтенсивності спектрів від концентрації, що було виявлено аналізом залишкових спектрів.

Проведено розкладання MCR-ALS матриці спектральних даних. Результати експериментів підтверджують можливість описати структуру рідкого ізопропанолово-водного розчину (з спектроскопічної точки зору) як комбінацію чотирьох компонентів: «чистого» ізопропанолу, «чистої» води та комплексів, що складаються з обох типів молекул, багаті водою та бідні на воду. Правильне визначення стехіометрії комплексів потребує додаткових досліджень. Наприклад, це можна оцінити за допомогою модельного багатофакторного розкладання вібраційних спектрів на основі моделі [44]. Додаткову інформацію можна отримати за допомогою квантових хімічних розрахунків *ab initio*.

Утворення молекулярних комплексів може пояснити аномальну концентраційну залежність фізико-хімічних властивостей розчинів ізопропанол-вода. Наявність крайніх точок при концентраційних залежностях може бути взаємопов'язане з домінуванням молекулярних комплексів у відповідній області концентрації.



ГЛАВА 3. УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ

IMPROVING IMAGE QUALITY ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ

DOI: 10.30888/2663-9882.2020-01-025

Вступ

Останніми роками значно зріс інтерес до цифрових методів обробки зображень з метою поліпшення їх якості. Широке освітлення отримали роботи, пов'язані з космічними і біомедичними дослідженнями. З числа інших застосувань слід згадати аерофотознімання і промислову радіографію. Підвищення якості зображень досягається двома видами обробки зображень: реставрацією (виправленням) зображень і їх поліпшенням [1-3].

Реставрація зображень полягає в наближенні зображення до деякого ідеалізованого оригіналу, тобто реставрацію можна розглядати як процес оцінювання: деяке зображення отримане в результаті спостереження піддають перетворенню, щоб знайти оцінку ідеального зображення, яке спостерігалось би на виході гіпотетичної системи, яка не вносить спотворень.

Процедури поліпшення якості зображення зводяться до виконання комплексу операцій, які виконуються з метою або поліпшення візуального сприйняття зображення або перетворення зображення в форму більш зручну для візуального або машинного аналізу. Серед причин необхідності використання методів поліпшення якості зображень можна назвати такі [1]:

- спотворення зображень на етапі дискретизації і квантування;
- зменшення якості зображень при їх збільшенні, зменшенні (зум), поворотах та інших перетвореннях, які дозволяють виконувати сучасні цифрові камери;
- зменшення візуальної якості зображень під час запису їх в форматах, що передбачають ущільнення зображень, наприклад, JPEG;
- можливі спотворення під час передачі зображень по мережах;
- старі фотографії, введені в комп'ютер з сканера;
- старі зображення, що зберігались в аналоговій формі;
- тенденцією виробників до погіршення параметрів якості зображень, за рахунок підвищення функціональності цифрових камер.

Особливо виросло в останні роки значення останнього фактора, причини якого не є технічними. Тут необхідно відзначити два аспекти [4-5]:

- бажанням виробників обманути споживача за рахунок підвищення візуальної якості низькочастотного зображення;
- бажанням користувачів покращити якість своїх фотографій.

Цифрові відеокамери почали користуватися популярністю у широких мас любителів відео починаючи з середини 1999 року, коли вихід в світ відеокамер Sony Digital 8 різко понизив ціновий поріг для входження в світ цифрового відео. З цієї пори почалося зростання співвідношення ціна/якість для цифрових відеокамер. З'явилась безліч цілком пристойних моделей відеокамер за цілком доступні гроші.



Однак, з початку 2002 року ситуація з цифровими камерами почала помітно мінятися. Тон в компаніях-виробниках почали задавати маркетингологи. Стратегія їх була досить проста - увагу потенційних клієнтів не можна привертати якістю зйомки, оскільки її достатньо складно оцінити і також важко довести високу якість зйомки нетямущій людині незалежно від того, чи добре знімає відеокамера насправді [5]. Тому упор почав робитися на ті параметри відеокамер, значення яких повинні впадати в очі навіть повним дилетантам. При цьому абсолютно не важно, чи мають ці параметри хоч який-небудь практичний сенс. Основне завдання - спонукати людини на покупку і ради цього всі засоби хороші. Що добре знає будь-яка сучасна людина, що хоч би трохи цікавиться технікою? Він знає, наприклад, що:

- чим більше пікселів, тим краще;
- чим більше матриць, тим краще;
- чим менше камера за розміром, тим це краще, оскільки можна покласти в кишеню і так далі;
- якщо камера підтримує які-небудь операції із MPEG або JPEG форматами, то це дуже добре, оскільки MPEG та JPEG це актуально, сучасно, перспективно і дуже модно [6].
- оптика із гучним ім'ям (Carl Zeiss, Leica Dicomar) це дуже добре і престижно;
- USB потрібний і корисний - всюди є, тому і цифрова відеокамера із ним має бути.

Цей список можна продовжувати, але сенс його зрозумілий. Саме на ці параметри маркетингологи почали робити упор і вимагати від технічних фахівців реалізації тих можливостей у відеокамерах, які потрібні для "лову на гачок" споживачів, а не для створення технічно грамотних продуктів. Під таким пресингом втратили сенс навіть ті класичні параметри, по яких багато років оцінювали якість відеокамер. Наприклад, наявність трьох матриць завжди мала на увазі високу якість зйомки, оскільки нікому не приходило в голову, що можна зменшити матриці до непристойності, здешевити оптику, застосувати електронний стабілізатор і отримати відеокамеру, яка за собівартістю може помітно поступитися хорошій одноматричній відеокамері і, за якістю зйомки, природно, теж. Незадоволені тільки любителі відео, які вже і не розуміють чому вірити і на які параметри відеокамери спиратися при виборі її для покупки.

Сукупність цих причин і факторів, як технічних так і не технічних, призводить до необхідності використання методів поліпшення якості зображень і відповідно вимагає розробки необхідних програмних засобів.

3.1. Основні підходи до поліпшення якості зображень

Безліч підходів до поліпшення зображень розпадається на дві великі категорії: методи обробки в просторовій області (просторові методи) і методи обробки в частотній області (частотні методи). Термін просторова область



відноситься до площини зображення як такий, і дана категорія об'єднує підходи, засновані на прямому маніпулюванні пікселями зображення [1-3]. Методи обробки в частотній області ґрунтуються на модифікації сигналу, що формується шляхом застосування до зображення перетворення Фур'є [1]. Разом з цим не є даремними і технології, що базуються на різних комбінаціях методів з цих двох категорій.

Основними серед методів обробки в просторової області є такі [1, 3]:

- зміна контрасту;
- видозміна гістограми;
- зменшення шуму з використанням лінійних і нелінійних методів;
- підкреслення границь.

Всі ці методи направлені на підвищення візуальної якості зображень. Наприклад, при підкресленні границь суб'єктивно зображення сприймається як зображення з більш високою роздільною здатністю, хоча в дійсності таким не є.

Частотні методи поліпшення якості зображень подібно до просторових також направлені на підвищення візуальної якості, однак для свого виконання вимагають дуже багато обчислень, оскільки ґрунтуються на двовимірних ортогональних перетвореннях типу перетворення Фур'є, Уолша-Адамара, Карунена-Лоева та інших [1].

Загальної теорії поліпшення зображень не існує. Коли зображення обробляється для візуальної інтерпретації, спостерігач є остаточним суддею того, наскільки добре діє конкретний метод. Візуальне оцінювання якості зображення є украй суб'єктивний процес, що робить тим самим поняття "хорошого зображення" деяким невловимим еталоном, за допомогою якого необхідно порівнювати ефективність алгоритму. Коли метою є обробка зображення для машинної обробки, завдання оцінювання дещо простіше. Наприклад, в завданні розпізнавання символів якнайкращим (залишаючи осторонь інші питання, такі як обчислювальні вимоги) буде той метод обробки зображень, який дає точніші результати машинного розпізнавання. Проте, навіть за ситуації, коли проблема дозволяє встановити чіткі критерії якості, зазвичай потрібна деяка кількість спроб тестування, поки буде вибраний конкретний підхід до поліпшення зображень.

В більшості практичних застосувань якості зображення це міра близькості двох зображень: ідеального і реального або перетвореного і початкового. Математично ця міра є усереднена середньоквадратична помилка [5]:

$$e^2 = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M E(U_{ij} - \hat{U}_{ij})^2, \quad (1)$$

де M, N – розміри сторін зображення;

$E(\bullet)$ – математичне сподівання;

U_{ij} - значення відліків початкового зображення;

$\hat{U}_{ij}$ - значення відліків відновленого зображення.

В експериментах мірою середньоквадратичної помилки служить середне



значення поелементних середньоквадратичних помилок:

$$\bar{e}^2 = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (U_{ij} - \hat{U}_{ij})^2 \quad (2)$$

На основі приведених вище залежностей можна визначити відношення сигнал/шум:

$$SNR = 10 \lg \frac{255^2}{e^2} \quad (3)$$

У чисельнику заданих розмах значень відеоданих, що звичайно задаються у виді дискретних відліків, проквантованих на 256 рівнів.

Критерій середньоквадратичної помилки - природна міра спотворень з фізичної і математичної точки зору. Але якщо зображення призначені для візуального спостереження, то перевага цьому критерію віддається не завжди. Це пов'язано з тим, що зорова система не обробляє зображення елемент за елементом, а витягає з нього в процесі нейронного кодування деякі просторові, часові ознаки, а також ознаки кольору.

Крім того, задача поліпшення якості зображень передбачає, що у нас немає оригінального зображення високої якості. Тому в задачах поліпшення якості зображень найбільш розповсюдженим і найнадійнішим способом визначення якості зображення є суб'єктивна експертиза [6].

Як експертів рекомендується залучати спостерігачів-неспеціалістів, їх оцінки визначають якість зображення саме так, як його сприймає "середній спостерігач".

Відповідно до рекомендації 654 МККР рекомендується п'ятибальна шкала абсолютних оцінок наведена в табл. 1

За результатами експертних оцінок звичайно визначається середній бал:

$$\bar{C} = \sum (n_k C_k) / \sum n_k, \quad (4)$$

де n_k - число зображень, віднесених до К-ої категорії; C_k – відповідний їй бал.

Таблиця 1

П'ятибальна шкала абсолютних оцінок

Якість	Погіршення
5. Відмінна	5. Непомітне
4. Добра	4. Помітне, але не заважає
3. Задовільна	3. Злегка заважає
2. Погана	2. Заважає
1. Дуже погана	1. Дуже заважає

Розглянемо найбільш поширені процедури обробки в просторовій області для поліпшення якості зображень.

Лінійне масштабування при покращенні якості зображень. Цей підхід



відноситься до методів з поелементною обробкою. Суть поелементної обробки зображень зводиться до наступного. Хай $f(n,m)$ і $g(n,m)$ - значення яскравості початкового і отриманого після обробки зображення відповідно в точці кадру, що має декартові координати n (номер стовпця) і m (номер рядка). Поелементна обробка означає, що існує однозначна функціональна залежність між цими яскравостями:

$$g(n,m) = \varphi(f(n,m)). \quad (5)$$

Це дозволяє за значенням початкового сигналу визначити значення вихідного сигналу. Тобто вона характеризується тим, що кожен елемент вхідного зображення математично перетворюється в нове значення елементу вихідного зображення, незалежно від значень інших елементів вхідного зображення.

Слабий контраст - найбільш поширена властивість зображень, обумовлена умовами спостереження, обмеженням діапазону яскравості та інше. Завдання контрастування зв'язане також і з поліпшенням узгодження динамічного діапазону зображення і екрану, на якому виконується візуалізація. Якщо для цифрового представлення кожного відліку зображення відводиться 1 байт (8 біт), то вхідний або вихідний сигнали можуть приймати одне з 256 значень. В якості робочого використовуватимемо діапазон значень сигналу $[0,255]$; при цьому значення 0 відповідає при візуалізації рівню чорного, а значення 255 – рівню білого.

Припустимо, що мінімальна і максимальна яскравості початкового зображення рівні f_{min} і f_{max} відповідно. Якщо ці параметри або один з них істотно відрізняються від граничних значень діапазону яскравості, то візуалізована картина виглядає або як темна, або як ненасичена, незручна, стомлива при спостереженні. При лінійному контрастуванні використовується лінійне поелементне перетворення вигляду [4]:

$$g(i, j) = af(i, j) + b. \quad (6)$$

Параметри перетворення a і b визначаються бажаними значеннями мінімальної g_{min} і максимальною g_{max} вихідної яскравості. Вирішивши систему рівнянь:

$$\begin{cases} g_{min} = af_{min} + b \\ g_{max} = af_{max} + b \end{cases}$$

відносно параметрів перетворення a і b , отримаємо:

$$\begin{cases} a = (g_{max} - g_{min}) / (f_{max} - f_{min}) \\ b = (g_{min}f_{max} - g_{max}f_{min}) / (f_{max} - f_{min}) \end{cases}$$

Тоді можна привести (6) до вигляду:

$$g(i, j) = \frac{f(i, j) - f_{min}}{f_{max} - f_{min}} (g_{max} - g_{min}) + g_{min}, \quad (7)$$

де f_{max} – максимальне значення яскравості в зображенні до масштабування;



$f_{\min}$ – мінімальне значення яскравості в зображенні до масштабування;
 $g_{\max}$ – бажане максимальне значення яскравості в зображенні;
 $g_{\min}$ – бажане мінімальне значення яскравості в зображенні;
 $f(i,j)$ – поточне значення яскравості в зображенні;
 $g(i,j)$ - нове значення яскравості в зображенні після масштабування.



Рис. 1. Початкове (ліве) та контрастзоване (праве) зображення

Лінійне контрастування початкового зображення, результат якого представлений на рис. 1, виконане при $g_{\min}=0$ і $g_{\max}=255$.

Порівняння двох зображень свідчить про значно кращу візуальну якість обробленого зображення. Поліпшення пов'язане з представленням зображення після контрастування в повному динамічному діапазоні сигналу.

Діапазон яскравості вихідного зображення може відрізнитись після цифрової обробки від діапазону яскравості початкового зображення. Приклад: після обробки можуть з'явитися від'ємні значення.

Відомі два способи приведення діапазону яскравості вихідного зображення у відповідності до діапазону яскравості вхідного зображення:

- лінійне масштабування (контрастування) (рис. 2 а);
- лінійне масштабування (контрастування) з обмеженням (рис. 2 б).

Другий спосіб деколи дає кращі візуальні результати.

Видозміна гістограми при покращенні якості зображень. Гістограмою цифрового зображення з рівнями яскравості в діапазоні $[0, L-1]$ називається дискретна функція:

$$h(r_k) = n_k, \quad (8)$$

де $r_k \in k$ - ий рівень яскравості, а n_k - число пікселів на зображенні, що мають яскравість r_k . Загальною практикою є нормалізація гістограми шляхом ділення кожного з її значень на загальне число пікселів в зображенні n . Тим самим, значення нормалізованої гістограми будуть:

$$p(r_k) = n_k/n. \quad (9)$$



для $k = 0, 1, \dots, L - 1$. У загальному $p(r_k)$ є оцінкою ймовірності появи пікселя із значенням яскравості r_k . Відзначимо, що сума всіх значень нормалізованої гістограми дорівнює одиниці.

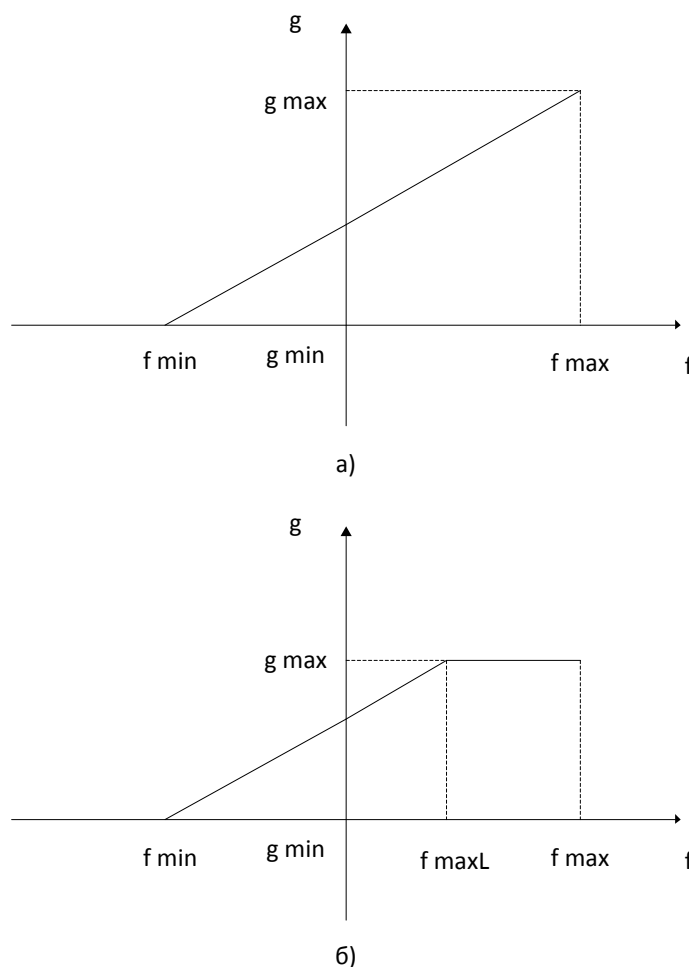


Рис. 2. Зміна контрасту: а) лінійне масштабування; б) лінійне масштабування з обмеженням; (f_{min}, f_{max}) - діапазон яскравості на вході; (g_{min}, g_{max}) – діапазон яскравості на виході

Гістограми є основою для численних методів просторової обробки [2-3]. Видозміна гістограми (гістограмна обробка) може успішно використана для поліпшення зображень. Окрім отримання корисної статистики про зображення, інформація, що міститься в гістограмі, також дуже корисна і в інших завданнях, таких як ущільнення і сегментація зображень. Гістограми достатньо прості як для програмного обчислення, так і для апаратної реалізації, що робить їх зручним інструментом для обробки зображень в реальному часі.

На гістограмі темного зображення ненульові рівні сконцентровані в області низьких (темних) значень діапазону яскравості. Аналогічно, значущі рівні гістограми яскравого зображення зміщені до верхньої частини діапазону. Зображення з низьким контрастом має вузьку гістограму, розташовану поблизу центру діапазону яскравості. Для однокольорового зображення це означає сірий, «виляючий» вигляд. Ненульові рівні гістограми високо контрастного зображення покривають широкую частку діапазону яскравості та мають розподіл



значень пікселів, що не дуже відрізняється від рівномірного, за винятком невеликого числа піків, що підносяться над рештою значень. Інтуїтивно можна зробити висновок, що зображення, розподіл значень елементів якого близький до рівномірного і займає весь діапазон можливих значень яскравості, виглядатиме високо контрастним і міститиме велику кількість півтонів. Грунтуючись тільки на інформації, що міститься в гістограмі початкового зображення, можна побудувати функцію перетворення, яка дозволить автоматично добиватися такого ефекту.

Лінійна та нелінійна фільтрація при покращенні якості зображень.

Деякі локальні перетворення оперують одночасно як із значеннями пікселів в околиці, так і з відповідними їм значеннями деякої матриці, що має ті ж розміри, що і околиця. Таку матрицю називають фільтром, маскою, ядром, шаблоном або вікном, причому перші три терміни є найбільш поширеними. Значення елементів матриці прийнято називати коефіцієнтами. Тут операції фільтрації виконуються безпосередньо над елементами зображення.

Для подібних операцій використовується термін просторова фільтрація, на відміну від більш традиційної фільтрації в частотній області. Процес заснований на простому переміщенні маски фільтру від точки до точки зображення; у кожній точці (x, y) відгук фільтру обчислюється з використанням попередніх заданих зв'язків. В разі лінійної просторової фільтрації відгук задається сумою добутків коефіцієнтів фільтру на відповідні значення пікселів в області, що покрита маскою фільтру.

Фільтрація зображення f , що має розміри $M \times N$, за допомогою фільтру розмірами $p \times m$ задається таким виразом [2,4]:

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t), \quad (10)$$

де, як випливає з попереднього абзацу, $a = (m - 1)/2$ і $b = (n - 1)/2$. При фільтрації всього зображення дана формула має бути обчислена для всіх поєднань $x = 0, 1, 2, \dots, M - 1$ і $y = 0, 1, 2, \dots, N - 1$. Це означає, що всі елементи зображення будуть оброблені по заданій масці. Процедура лінійної фільтрації, що задається рівнянням (10), в частотній області аналогічна операції згортки. З цієї причини лінійну просторову фільтрацію часто називають "згорткою маски із зображенням". Аналогічно, маску фільтру інколи називають маскою згортки або ядром згортки.

Найчастіше при покращенні якості зображень лінійні фільтри застосовують для видалення шуму та розфокусування зображення. В спектрі шуму містяться високі просторові частоти, тому проста низькочастотна фільтрація зменшує шум. Приклади згладжувальних масок [1,3]:

$$1) H = \frac{1}{9} \cdot \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}; \quad 2) H = \frac{1}{10} \cdot \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}; \quad 3) H = \frac{1}{16} \cdot \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{vmatrix}.$$



Перша маска дає суму значень яскравості по околиці 3×3 . Після закінчення процесу додавання отримане значення ділиться на 9, що зменшує погрішності в порівнянні з фільтром з коефіцієнтами $1/9$. Тобто на вихід поступають середні значення по околиці. Такий фільтр називають *однорідним усереднюючим фільтром*.

Друга і третя маска, дають зважене середнє. Цей термін підкреслює, що коефіцієнти фільтру мають різну "важливість" (вагу). Розглянемо маску три. Центр маски має саме більше значення (вагу), тим самим даючи відповідному елементу велику важливість при обчисленні середнього. Значення решти коефіцієнтів в масці зменшуються у міру віддалення від центру маски. Діагональні члени, в порівнянні з ортогональними, розташовані від центру далі, і таким чином «важать» менше, ніж найближчі сусіди центрального елемента. Основна стратегія привласнення центральному пікселю найбільшої ваги, а іншим - обернено пропорційна їх відстані, має на меті зменшення розфокусування при згладжуванні. Можна було б вибрати і інші значення коефіцієнтів маски для досягнення поставленої мети, але сума коефіцієнтів у масці три рівна 16, що зручно при комп'ютерній реалізації, оскільки це степінь двійки. Слід зауважити, що на практиці достатньо важко помітити різницю між зображеннями, згладженими фільтрами по одній з цих масок або якимись іншими, аналогічними по конструкції, оскільки розміри області, що покривається маскою при фільтрації одного елемента, дуже малі.

Недоліком цих трьох масок є те, що наряду з тим, що зменшується шум, згладжуються різкі переходи яскравості, тому в деяких випадках застосовуються методи нелінійної обробки, прикладом чого є медіанний фільтр. Нелінійні просторові фільтри також працюють по околиці, причому механізм переміщення маски по зображенню той же, що був тільки що описаний. Схема дії операції нелінійної фільтрації залежить від значень елементів околиці, що аналізується, і не обов'язково повинна використовувати коефіцієнти лінійної комбінації, як це було у формулі (10). Видалення шуму може бути, наприклад, ефективно здійснено за допомогою нелінійною фільтра, основна функція якого полягає в обчисленні медіани значень елементів аналізованої околиці. Обчислення медіани є нелінійною операцією.

Нехай є ряд яскравості елементів: 1, 2, 3, 100, 4, 5, 6, 200, 7, 8, 8... Тут шум це значення яскравості 100 і 200, які можуть проявлятися на зображенні як білі точки. Застосуємо маску розміром 1×3 . Послідовність із трьох значень розміщується в порядку зростання (або убутання), на вихід передається середній елемент кожної підпослідовності:

0, 1, 2 $\rightarrow$ 0, **1**, 2;
 1, 2, 3 $\rightarrow$ 1, **2**, 3;
 2, 3, 100 $\rightarrow$ 2, **3**, 100;
 3, 100, 4 $\rightarrow$ 3, **4**, 100;
 100, 4, 5 $\rightarrow$ 4, **5**, 100;
 4, 5, 6 $\rightarrow$ 4, **5**, 6;
 5, 6, 200 $\rightarrow$ 5, **6**, 200;
 6, 200, 7 $\rightarrow$ 6, **7**, 200



200, 7, 8 → 7, 8, 200

Вихід: 1, 2, 3, 4, 5, 5, 6, 7, 8...

Цей фільтр усуває імпульсний шум без згладжування границь [3].

Підкреслення границь зображень. Підкреслення границь підвищує різкість зображення. Головна мета підвищення різкості полягає в тому, щоб підкреслити дрібні деталі зображення або поліпшити ті деталі, які були розфокусовані унаслідок помилок або недосконалості самого методу зйомки. Підвищення різкості зображень використовується достатньо широко - від електронного друку і медичної інтроскопії до технічного контролю в промисловості і системах автоматичного наведення у військовій сфері.

Розфокусування зображення може бути досягнуто просторовою операцією усереднювання значень точок по околиці. Оскільки усереднювання аналогічно інтеграції, то логічно прийти до висновку, що підвищення різкості, будучи явищем, зворотним по відношенню до розфокусування, може бути досягнуте просторовим диференціюванням. Це дійсно так, що і показано нижче.

Психофізичні експерименти показують, що фотографічне або телевізійне зображення з підкресленими границями часто виявляється суб'єктивно приємнішим, ніж фотометрично здійснена репродукція. Метод підкреслення границь можна реалізувати декількома способами.

У системах електронного сканування зображень отриманий відеосигнал можна пропустити через електричний фільтр верхніх частот. Інший спосіб обробки сканованих зображень полягає у використанні нерізкого маскування [1-2]. При цьому зображення як би сканується двома апертурами, що перекриваються, одна з яких відповідає нормальній роздільній здатності, а інша - понижений.

В результаті отримують відповідно масив нормального зображення $F(j,k)$ і масив нечіткого зображення $F_L(j,k)$. Потім електронним способом формують масив маскованого зображення:

$$F_M(j,k) = cF(j,k) - (1-c)F_L(j,k), \quad (11)$$

де c - коефіцієнт пропорційності, нерізкого маскування. Зазвичай значення c знаходяться в межах від $3/5$ до $5/6$, тобто відношення складових нормальної і зниженої чіткості змінюється від 1,5 до 5.

На рис. 3 схематично показано результати підкреслення границь. Сигнал, отриманий в результаті маскування, має два викиди, відсутні в початковому сигналі (високої роздільної здатності). Тривалість фронту стала дещо більше. Суб'єктивна різкість маскованого зображення підвищується. Перше і третє зображення можуть сприйматися людиною однаковим чином.

Підкреслення границь можна також здійснити, виконуючи дискретну фільтрацію згідно співвідношення (10) з використанням високочастотного імпульсного відгуку H [4]. Нижче представлено три типові маски для виконання підкреслення границь (високочастотної фільтрації):

$$1) H = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}; \quad 2) H = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}; \quad 3) H = \begin{vmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{vmatrix}.$$

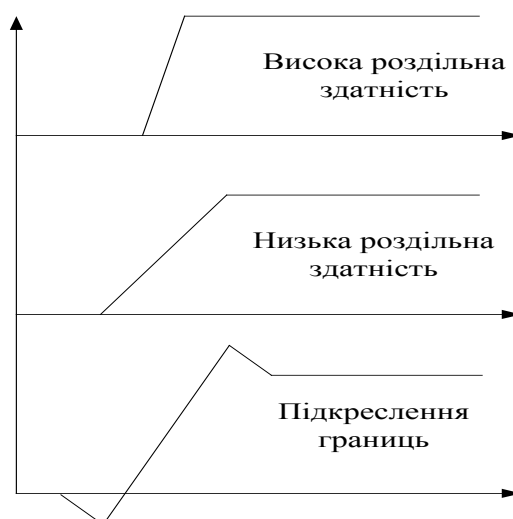


Рис. 3. Підкреслення границь

3.2. Моделювання і результати

Серед найбільш відомих програмних засобів для роботи з фотографічними зображеннями, поліпшення їх якості є пакет Adobe Photoshop. Однак, недоліком цього пакету є його багатофункціональність, висока вартість, жорстка детермінованість реалізованих алгоритмів поліпшення якості зображень. Тому для моделювання алгоритмів поліпшення якості зображень розроблено програмне забезпечення, орієнтоване тільки на поліпшення якості зображень, яке дозволяє досліджувати поліпшення якості зображень різними методами з можливістю завдання довільних фільтруючих масок.

Основні функції програми такі:

- лінійне масштабування;
- зменшення шуму на зображенні з використанням лінійної фільтрації;
- зменшення шуму на зображенні з використанням медіанної фільтрації;
- підкреслення границь.

Лінійне масштабування або лінійне контрастування виконується згідно формули (7). З цієї формули видно, що виконання масштабування вимагає двох проходів зображення. Під час першого проходу визначається мінімальне і максимально значення яскравості в зображенні, а під час другого проходу виконуються обчислення яскравості кожної точки згідно з виразом (7).

Для кольорових зображень цей алгоритм застосовується окремо до кожної компоненти кольорового зображення. Оскільки таких компонент три (R – червона складова; G – зелена; B – синя), то необхідно шість проходів початкового зображення, що вимагає значних обчислювальних ресурсів. Спрощена граф-схема алгоритму приведена на рис. 4.

Задача зменшення шуму на зображенні з використанням лінійної фільтрації та підкреслення границь з точки зору програмної реалізації одна і та ж задача – відмінність тільки в коефіцієнтах маски. Вона полягає у прямому множенні коефіцієнтів маски на значення пікселів зображення та знаходженні



їх суми, яка записується у вихідний файл. Після цього маска зсувається на один піксель і операція повторюється. Розмір маски 3x3, в результаті кожний піксель у вихідному зображенні замінюється сумою пікселів в околиці 3x3, включаючи центральний піксель:

$$g(i, j) = \frac{1}{k} \cdot \sum_{m=-1}^1 \sum_{n=-1}^1 a(1-m, 1-n) \cdot f(i-m, j-n), \quad (12)$$

де $f(i-m, j-n)$ – значення пікселів вхідного зображення;

$a(1-m, 1-n)$ – значення коефіцієнтів маски;

$g(i, j)$ – значення пікселів вихідного зображення.

k – коефіцієнт, задається користувачем.

Найчастіше значення коефіцієнта k – це сума елементів маски:

$$k = \sum_{m=-1}^1 \sum_{n=-1}^1 a(1-m, 1-n). \quad (13)$$

Основна задача цього коефіцієнта забезпечити у вихідному зображенні після обчислень значення, які знаходяться в межах одного байта на кожен компоненту кольорового зображення. Але можуть бути і інші значення, якщо це покращує якість зображення і в програмі передбачено вихідні дані після обчислень записувати у масив типу float з наступним приведення результату з використанням лінійного масштабування до стандартного динамічного діапазону для кожної компоненти RGB – 0 - 255.

Для кольорових зображень цей алгоритм застосовується окремо до кожної компоненти кольорового зображення. Спрощену граф-схему алгоритму наведено на рис. 5.

Медіанна фільтрація – це приклад нелінійної обробки зображень. Її суть полягає в заміні значення кожного пікселя середнім значенням масиву відсортованого за зростанням або спаданням значень пікселів, що оточують даний. Достатньо одновимірному масиву, тобто в програмі, що розробляється пікселі вибираються один за одним без врахування двовимірності зображення. Розмір області, що аналізується 1x3. Алгоритм виконання цієї операції достатньо детально наведений на прикладі вище.

Розробка програми виконана мовою програмування C# [7]. Для роботи програми потрібна операційна система Windows з установленою платформою Microsoft.NET Framework 4.0.

Щоб запустити програму на виконання потрібно вибрати файл ImageFilters.exe, що знаходиться у папці ImageFilters. Одразу після запуску програми з'явиться головне вікно програми (рис. 6). Для початку роботи необхідно завантажити зображення клацнувши мишею по кнопці «Відкрити». З'явиться стандартне вікно вибору файлу, де можна вибрати необхідний файл. Після цього вибирається тип фільтра в полі «Фільтри» - медіанний або лінійний. Якщо вибрано «Лінійний», то необхідно задати коефіцієнти фільтра в полі маска і значення множника. Крім того, можна додатково встановити опцію «Масштабування». При встановленні «Масштабування» в активний стан



можна задати нижню і верхню межу для масштабування або залишити ці поля так як вони встановлені за замовчуванням. Якщо вибрано «Медіанний», то необхідно встановити опцію V/H в заданий стан, оскільки медіанний фільтр одновимірний: активний стан – фільтрація виконується в вертикальному напрямку; пасивний стан – фільтрація виконується в горизонтальному напрямі. При виборі кнопки «Застосувати фільтр» виконується фільтрація згідно з вибраними параметрами і результат виводиться в поле «Оброблене зображення». Якщо необхідно зберегти оброблене зображення, то на панелі «Керування» вибирається кнопка «Зберегти» і результат записується у файл в форматі .BMP.

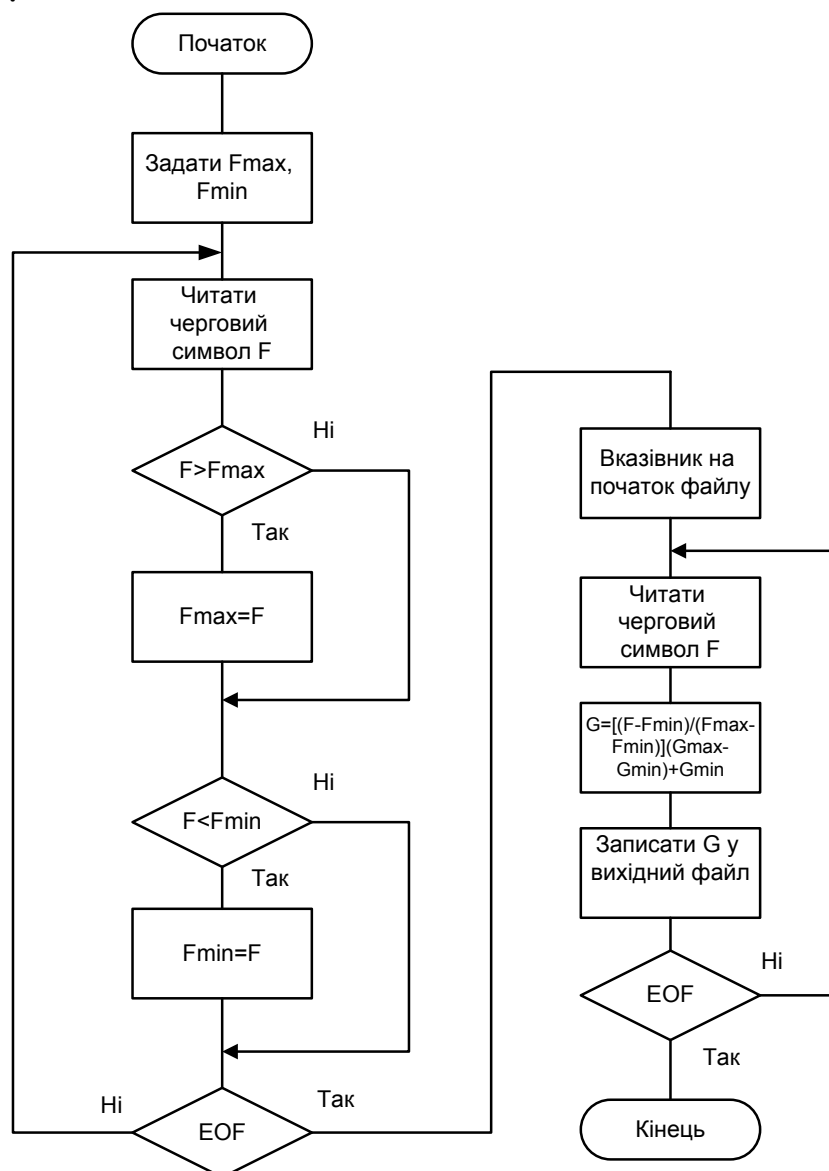


Рис. 4. Граф-схема алгоритму виконання лінійного масштабування

Дослідимо працездатність програми в таких режимах:

- масштабування зображення;
- згладжування зображення;
- підкреслення границь;
- медіанна фільтрація.

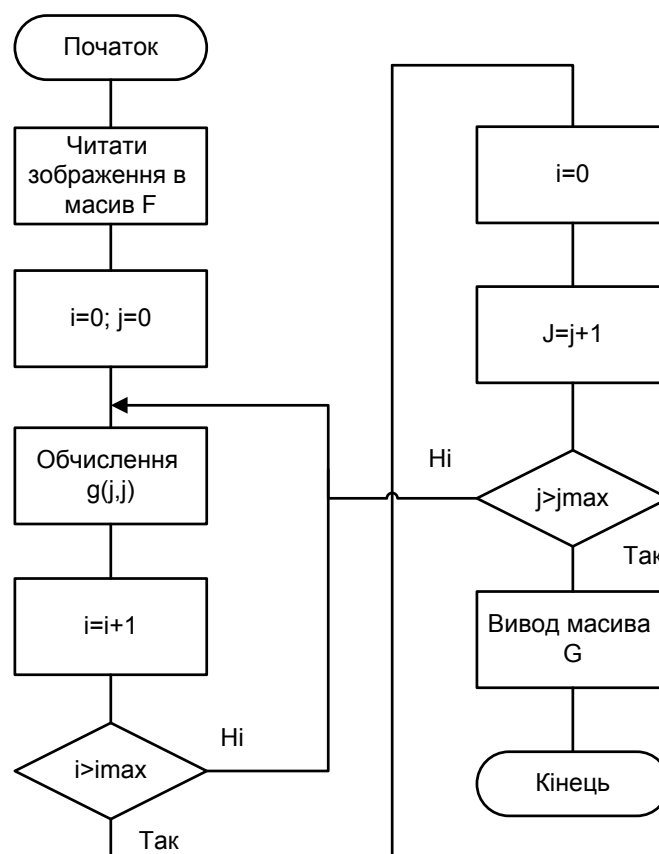


Рис. 5. Граф-схема алгоритму виконання лінійної

Оскільки відсутня можливість виконання масштабування окремо від лінійної фільтрації, то для виконання масштабування задамо таку маску:

```

0 0 0
0 1 0
0 0 0
    
```

Після обробки такою маскою початкове зображення не зміниться. Тепер необхідно, змінюючи межі масштабування, досягти кращої якості зображення. Виберемо файл зображення дуже низької якості Stalker.bmp. Це зображення з низькою яскравістю, тому при лінійному масштабуванні піднімемо нижню межу масштабування на 40 одиниць, множник встановимо в 1. Результати наведені на рис. 6 свідчать, що модуль масштабування повністю працездатний. Зображення покращилось, його яскравість збільшилась, добре видно деталі, які раніше були темними. Але все ж трохи розмите, що добре видно по напису внизу.

Для підкреслення границь використаємо таку маску:

```

0 -1 0
-1 5 -1
0 -1 0.
    
```

Результат роботи цього фільтра наведено на рис. 7. Аналіз цього зображення показує, що воно стало більш різким і яскравим.

Для перевірки роботи медіанного фільтра створимо три зображення з різними видами спотворень: горизонтальні лінії, вертикальні лінії та точковий



випадковий шум і поспробуємо виправити ці спотворення з використанням медіанного фільтра. Перше зображення з нерегулярними вертикальними лініями. Щоб виправити такі спотворення необхідно задати режим роботи медіанного фільтра в горизонтальному напрямку. Для горизонтальних смуг фільтр повинен працювати в вертикальному напрямку, а для точкового шуму в будь-якому. Результати роботи медіанного фільтра та його налаштування (параметр V/H) для даних типів зображень наведені на рис. 8–10.

Візуальний аналіз зображень після виконання медіанної фільтрації показує повну працездатність цього фільтра.

На зображенні рис. 8 наведено зображення, де шум це вертикальні лінії в один піксель (верхнє зображення). Тому застосуємо медіанний фільтр з фільтрацією в горизонтальному напрямі. В даній програмі реалізована маска з розмірами 1x3. Така маска повинна вилучати точковий шум та лінії в один піксель. Саме для цього вона призначена. Виберемо «Медіанний фільтр» та встановимо перемикач V/H в неактивний стан. Цей стан відповідає горизонтальній фільтрації. Після цього виберемо команду «Застосувати фільтр». Зображення після фільтрації виводиться в поле «Оброблене зображення» і не містить вертикальних ліній, що говорить про коректну роботу фільтра в горизонтальному напрямку.

Завантажимо зображення з горизонтальними лініями (рис. 9). Такий шум може бути усунутий медіанним фільтром з фільтрацією у вертикальному напрямі. Встановимо перемикач V/H в активний стан. Цей стан відповідає



Рис. 6. Головне вікно програми після виконання масштабування

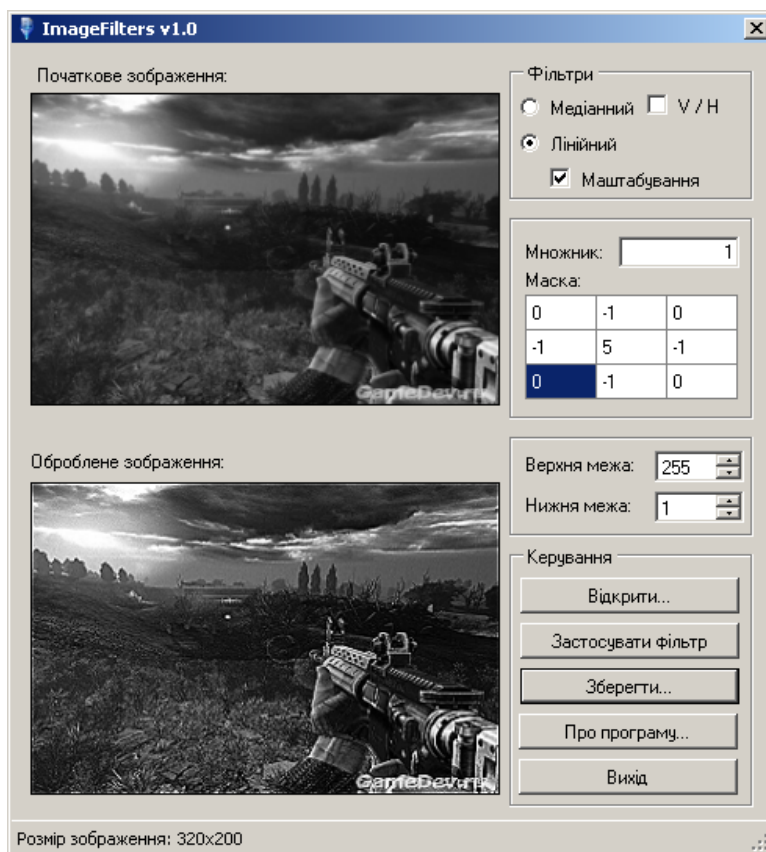


Рис. 7. Головне вікно програми після підкреслення границь та лінійного масштабування

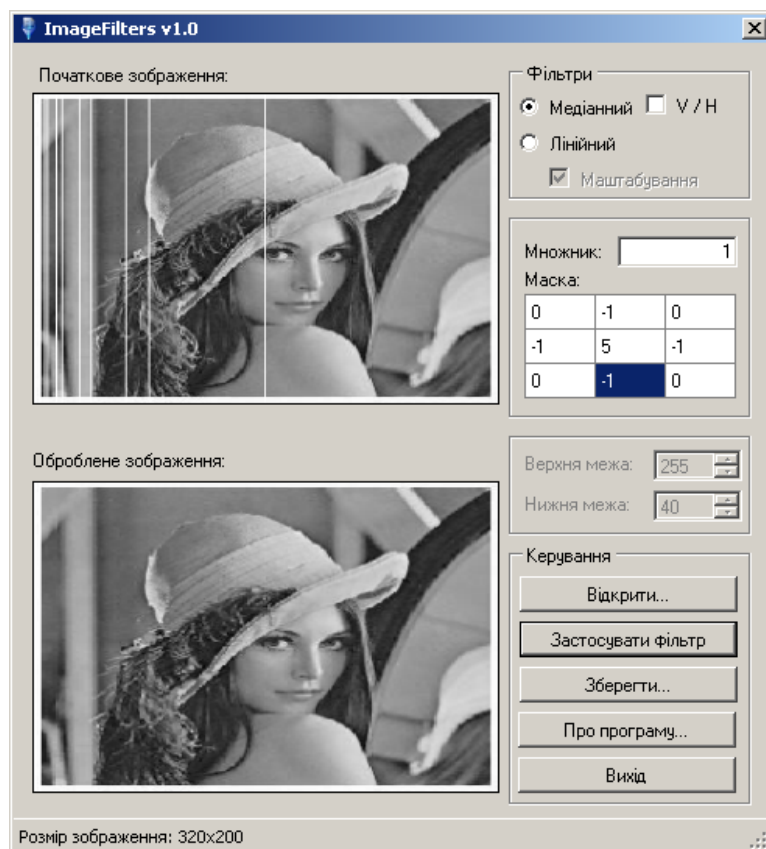


Рис. 8. Зображення після медіанної фільтрації в горизонтальному напрямі



вертикальній фільтрації.

Після цього виберемо команду «Застосувати фільтр». Зображення після фільтрації виводиться в поле «Оброблене зображення» і не містить горизонтальних ліній, що говорить про коректну роботу фільтра в вертикальному напрямку.

При вилученні точкового шуму просторова орієнтація медіанного фільтр може бути будь-яка. Наприклад, вертикальна як на рис. 10. Результати свідчать (нижнє зображення на рис. 10), що точковий шум усунуто повністю.

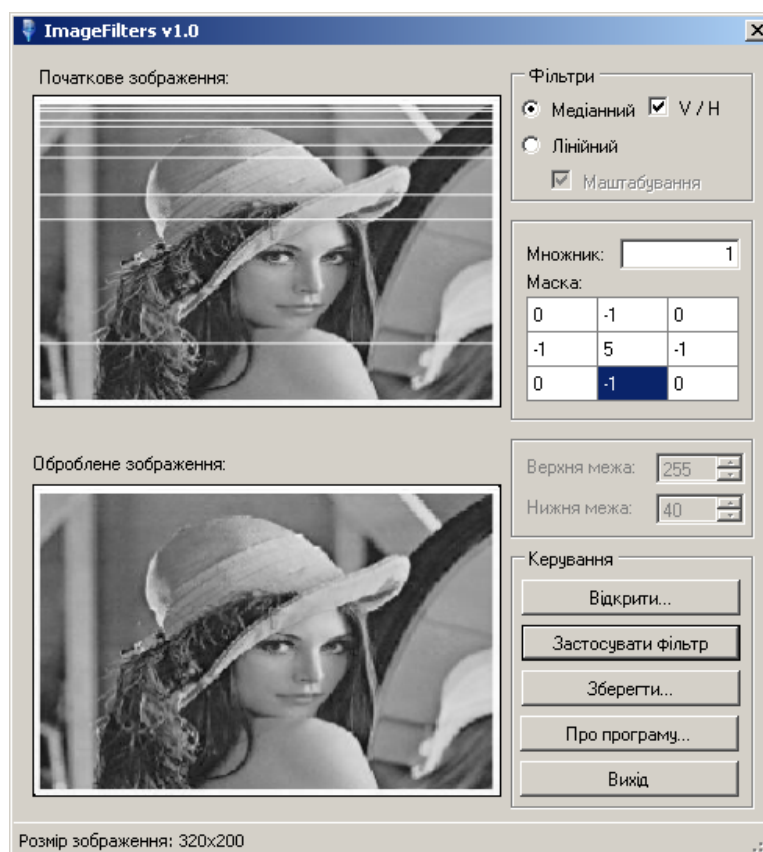


Рис. 9. Зображення після медіанної фільтрації у вертикальному напрямі

Програма також може працювати з кольоровими зображеннями. Фільтрація здійснюється по кожній компоненті кольорового зображення окремо.

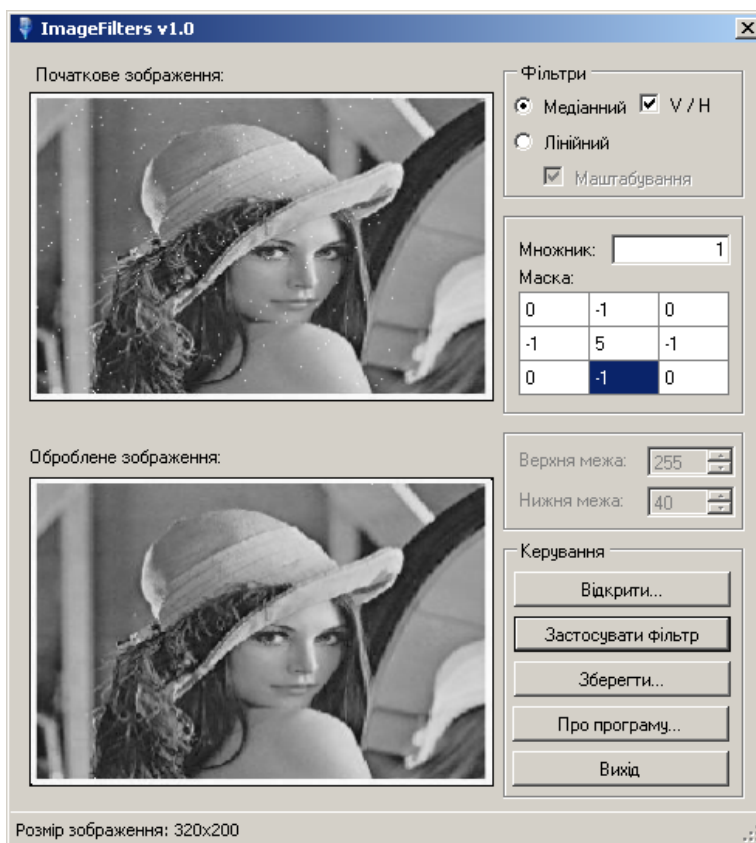


Рис. 10. Фільтрація точкових завад

Висновки

Показано, що серед методів поліпшення якості зображень методи з просторовою обробкою досить ефективні і не вимагають значних обчислювальних затрат. Для виконання моделювання методів поліпшення якості зображення розроблено власний програмний продукт, який може знайти застосування як в наукових дослідженнях так і в навчальному процесі.



ГЛАВА 4. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИДЕРАТОВ, МИКРОУДОБРЕНИЙ, ПОЧВЕННЫХ И ЭНДОФИТНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF GROWING OIL FLAX BASED ON APPLICATION
OF SEDERATES, MICROFERTILIZERS, SOIL AND ENDOPHYTIC**

MICROORGANISMS
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО НА ОСНОВІ
ЗАСТОСУВАННЯ СИДЕРАТІВ, МІКРОДОБРІВ, ҐРУНТОВИХ ТА ЕНДОФІТНИХ
МІКРООРґАНІЗМІВ

DOI: 10.30888/2663-9882.2020-01-006

Введение

Основной задачей системы применения микроэлементов и биопрепаратов является получение высоких урожаев и качественной продукции, что в конечном итоге обеспечит прибыль. Ранее использовали навоз и минеральные удобрения для обеспечения потребности растений в микроэлементах, а на сегодняшний день, в связи с резким уменьшением количества органических удобрений и использовании высококонцентрированные минеральных удобрения не содержащих микроэлементов, получили брешь в их обеспечении [1]. Нехватка нескольких грамм одного из необходимых микроэлементов часто может привести к ограничению усвоения других элементов питания и притормозить или остановить дальнейший рост урожайности и ее качества даже на высоких фонах минеральных удобрений [2].

Использование биопрепаратов способствует развитию более мощной корневой системы, которая обеспечивает растению более полное усвоение элементов питания из почвы, а также повышается устойчивость их к стрессовым факторам.

Норму внесения минеральных удобрений можно уменьшить в два раза и более за счет правильного подбора лучших предшественников, которыми являются многолетние бобовые травы и зерновые бобовые культуры. Полностью заменить минеральные удобрения могут альтернативные источники поступлением питательных элементов.

Использование минеральных удобрений, без внесения органических и известкования приводит к значительному подкислению и полной деградации почв. Воспроизводство плодородия почв может происходить путем использования органической массы.

В растениеводстве в последний период происходят значительные инновационные изменения. Разработаны различные модели технологий: интенсивные, ресурсосберегающие, экологически чистые, прямого сева (нулевой обработки).

Особенно эти инновации стараются использовать на технических культурах, которые являются более рентабельными. В отдельные годы, их урожайность сильно колеблется, а перепады обусловлены не столько разницей в метеорологических условиях по годам, сколько недоработками



агротехнического характера, что связано в первую очередь с общим кризисным состоянием экономики и отсутствием средств для материального обеспечения технологий.

Усвоение растениями традиционных минеральных удобрений из почвы очень низкое и доступно только при её температурах в 12-25 °С. Погодно-климатические условия Южного региона (высокие температуры, частые суховеи и т.д.) стали в последние годы не очень благоприятные для усвоения из почвы минеральных удобрений. Этот фактор стал толчком для поиска и научный исследований инновационных технических приемов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Такими приемами современной технологии их выращивания является сочетание использования микроудобрений, сидеральных культур, биопрепаратов содержащих почвенные и эндофитные живые микроорганизмы. Трансформация органического вещества микроорганизмами приводит к повышению биологической активности почвы [1].

4.1. Место проведения исследований. Методика

Полевые опыты проводились нами в условиях учебно-научно-практического центра Николаевского национального аграрного университета зоны Южной Степи Украины. Почва опытного поля представлен черноземом южным средне-суглинистым слабосолонцеватым, при глубоком уровне залегания грунтовых вод [3]. Гумусовый горизонт темно-серый с каштановым оттенком, характеризуется солонцеватостью и узким соотношением Ca^{2+} * и Mg^{2+} (2,5-2,8). Характерный высокой связностью, склонен к заплыванию, комковато-зернистый, рыхлый. Он имеет значительное количество остатков корней культурных растений и сорняков. Пахотный горизонт находится в пределах 0-30 см. Переходный горизонт имеет крупнозернистую или комковато-призматическую структуру. Под гумусовым горизонтом залегает карбонатный илювий в виде белоглазки.

Кроме того, при высыхании почва отличается высокой плотностью, низкой водопроницаемостью склонен к набуханию. Наименьшая влагоемкость 0-70 см слоя почвы составляет 22,0 %, влажность увядания 9,7 % от массы сухой почвы, плотность 1,40 г/см³. В пахотном слое почвы содержится такое количество гумуса 2,9-3,2 %, подвижного фосфора 31 - 38 и обменного калия 332 - 525 мг/кг. Валового азота в почве содержится 0,20-0,25 %, фосфора - 0,12-0,14 %. Реакция почвенного раствора верхних горизонтов близка к нейтральной или слабо щелочная (рН 6,8 - 7,2), вниз по профилю растет. По характеристике почва является типичным для чернозема южного степной зоны Украины, и придатен для выращивания большинства основных сельскохозяйственных культур [3]. Предшественник льна масличного в опыте - пшеница озимая. Фоном служило минеральное удобрение дозой N₃₄P₃₄K₃₄. Схема опыта включала следующие варианты:

Фактор А (Системы ви́рощивания):



- Традиционная (Контроль);
- Мульчирующая;
- Консервирующая.

Фактор В (Варианты деструкции растительных остатков):

- Без использования азотных удобрений и деструктора стерни (Контроль);
- С использованием 100 кг/га аммиачной селитры;
- С использованием ЭкоСтерн (2,5 л/га) + 100 кг/га аммиачной селитры.

Фактор С (Микроудобрения и бактериальные препараты):

К - Обработка водой 300 л/га (Контроль);

Б - Обработка водой 300 л/га + Биоконкомплекс-БТУ-р (0,7 л/га) + карбамид (5 кг/га);

Кв - Обработка водой 300 л/га + система микроудобрений Квантум (комплексное хелатное удобрение Квантум – ТЕХНИЧЕСКИЕ (2,0 л/га)) + функциональное микроудобрение Квантум – АкваСил (2,0 л/га)) + карбамид (5 кг/га);

Б+Кв - Обработка водой 300 л/га + Биоконкомплекс-БТУ-р (0,7 л/га) + система микроудобрений Квантум (комплексное хелатное удобрение Квантум – ТЕХНИЧЕСКИЕ (2,0 л/га) + функциональное микроудобрение Квантум – АкваСил (2,0 л/га)) + карбамид (5 кг/га).

Агротехника проведения опытов была общепринятой для зоны Степи Украины, кроме факторов, которые изучались. Препараты в количестве, предусмотрена схемами опыта, растворяли в воде непосредственно перед опрыскиванием посевов, контроль обрабатывали соответствующим количеством воды. Обработка посевов проводилась вручную. Сбор урожая проводился комбайном “Sampro-130” по участкам с отбором образцов зерна для анализа; масса зерна пересчитывалась на стандартную влажность и 100% чистоту. Учет урожая проводился методом прямого взвешивания с зачетной участка, а семена и вторичной продукции - методом пробного снопа. В течение вегетации проводились фенологические наблюдения, определялись запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, изучалась динамика подвижных питательных веществ под посевами сельскохозяйственных культур. Научно-исследовательские и аналитические работы проводились в соответствии с действующими нормативными документами, методик отбора образцов почвы и растений, проведение анализов, оценки их результатов. Достоверность результатов аналитических и полевых исследований определяется количеством повторений, математическим анализом [4, 5].

Для ускорения разложения пожнивных остатков пшеницы озимой использовали биопрепарат ЭкоСтерн из расчета 2,5 л/га + 100 кг аммиачной селитры (рис.1).

Для внесения компонентов использовали опрыскиватель ОП - 2000. Норма расхода рабочей жидкости составляла 300 л/га. Одновременно после внесения ЭкоСтерну растительные остатки заделывали в почву на глубину - до 10 см, создавая в необходимом количестве полезного микробного угруппирования (рис.2).



Рис. 1. Опрыскивание растительных остатков пшеницы озимой деструктором стерни ЕкоСтерн



Рис. 2. Дискование почвы бороной БДВП-3,6

Подкормку биопрепаратами и микроудобрениями льна масличного согласно схемы опыта проводили в фазе «елочки» (дата внесения 20 - 27 мая), в зависимости от года исследований.

4.2. Влияние инновационных элементов технологии выращивания на биометрические показатели льна масличного

Период прорастания семян, появления всходов и период развития растений является наиболее требовательным по влаги в почве. Поэтому основная задача обработки состояла в создании наиболее благоприятных агрофизических условий в посевном слое почвы. В первой половине вегетации, при достаточной влажности почвы, фазы развития проходили без отклонений, формировали относительно высокий и здоровый урожай семян. Корневая система относительно хорошо была развита и растространялас вглубь.

Проведение нами исследований за ростом и развитием растений льна масличного, и общий вид их приведены на рисунке 3.

В процессе выполнения научных исследований проведены фенологические наблюдения за биометрическими показателями надземной части культуры льна масличного (табл.1). Более высокие показатели длины надземной части растений (50-54 см) отмечено в варианте с консервирующей системой



Рис. 3. Биометрические показатели льна масличного после применения биопрепаратов: а - высота растений; б - интенсивно развитая корневая система

обработки при комплексном использовании биопрепарата Биоконкомплекс-БТУ-р и системы микроудобрений Квантум на фоне обработки растительных остатков деструктором стерни ЕкоСтерн и аммиачной селитрой. При применении мульчирующей и традиционной системы обработки данный показатель уменьшался. Без применения деструкторов стерни растения льна масличного имели наименьшую высоту - от 35 до 50 см, в зависимости от года проведенных исследований. На контрольном варианте (при традиционной системе выращивания без использования азотных удобрений и деструктора стерни, а также без использования микроудобрений и бактериальных препаратов) и аналогичном варианте по мульчирующей системе выращивания они были наиболее низкими (35-39 см). Консервирующая система выращивания льна масличного на варианте без использования азотных удобрений и деструктора стерни формировали высшие растения (40-46 см). По мере использования микроудобрений и бактериальных препаратов, при этой же системе выращивания, высота растений увеличивалась и максимальной (46-50 см) была при обработке бактериальным препаратом Биоконкомплекс-БТУ-р и системой микроудобрений Квантум с одновременным внесением 5 кг/га карбамида, при этом средняя высота растений по вариантам варьировала от 40 до 45 см, а по системам выращивания от 39 до 48 см.

На варианте опыта с применением аммиачной селитры для усиления разложения растительных остатков, проявлялась практически аналогичная ситуация, за исключением того, что даже в контрольном варианте, без применения микроэлементов и бактериальных препаратов по мульчирующей системе обработки растения льна масличного были выше (42-46 см) по сравнению с растениями выращенными при традиционной технологии выращивания культуры (40-42 см).



Таблица 1

Высота растений льна масличного сорта Орфей в зависимости от применения микроудобрений, бактериальных препаратов и систем выращивания, см

Микроудобрения и бактериальные препараты (Фактор С)	Системы выращивания (Фактор А)									Среднее по вариантам	Среднее по фактору В	Среднее по фактору С	Среднее по опыту
	традиционная			мульчирующая			консервирующая						
	2015 год	2016 год	Среднее	2015 год	2016 год	Среднее	2015 год	2016 год	Среднее				
Без использования азотных удобрений и деструктора стерни (Фактор В)													46
К	42	36	39	39	35	37	46	40	43	40	43	43	
Б	45	41	43	42	40	41	47	41	44	43		46	
Кв	42	40	41	46	38	42	47	43	45	43		45	
Б+Кв	45	43	44	46	42	44	50	46	48	45		48	
Среднее	44	40	42	43	39	41	48	43	45	43			
С использованием аммиачной селитры (Фактор В)													
К	44	40	42	46	42	44	49	45	47	44	47		
Б	49	45	47	49	45	47	50	48	49	48			
Кв	48	42	45	48	46	47	48	46	47	46			
Б+Кв	50	44	47	51	47	49	53	49	51	49			
Среднее	48	43	45	49	45	47	50	47	49	47			
С использованием ЭкоСтерн + аммиачная селитра (Фактор В)													
К	45	41	43	47	43	45	50	46	48	45	48		
Б	48	44	46	52	46	49	52	50	51	49			
Кв	46	40	43	52	44	48	51	49	50	47			
Б+Кв	51	47	49	53	47	50	54	50	52	50			
Среднее	48	43	45	51	45	48	52	49	50	48			
Среднее по фактору А	44			45			48						
Среднее по опыту	46												

*- де К- Контроль; Б- Биокомплекс-БТУ-р; Кв – система микроудобрений Квантум; Б + Кв – система с Биокомплекс-БТУ-р та микроудобрений Квантум.



Использование аммиачной селитры повысили растения в среднем по факторам на 4 см, формируя максимально их высокими (от 49 до 53 см) за консервирующей системой выращивания и применения бактериального препарата Биоконкомплекс-БТУ-р и системы микроудобрений Квантум с одновременным внесением 5 кг/га карбамида. Аммиачная селитра дала возможность растениям льна масличного формировать по традиционной и мульчирующей системам выращивания практически одинаковой высоты (от 44 до 47 см) немного различаясь по вариантам с препаративными элементами.

Габитус растений по высоте с применением консервирующей системы выращивания отличались на 1-5 см относительно других вариантов опыта. Дальнейшее увеличение средней высоты растений на 1 см по сравнению с вариантом применения деструктора стерни озимой пшеницы с помощью аммиачной селитры и на 5 см с участками льна без использования азотных удобрений и бактериальных деструкторов, было констатировано при внесении препарата ЭкоСтерн совместно с аммиачной селитрой.

Максимальную высоту растений (52 см) в опыте (в среднем за 2 года) отмечали за консервирующей системы выращивания с использованием бактериального препарата Биоконкомплекс-БТУ-р и системы микроудобрений Квантум с одновременным внесением 5 кг/га карбамида. По годам она варьировала на данном варианте от 50 до 54 см, а в целом при использовании ЭкоСтерна и аммиачной селитры расхождение в показателях их высоты составляло 13 см.

Применение бактериального препарата Биоконкомплекс-БТУ-р и системы микроудобрений Квантум также повлияли на изменение высоты растений льна масличного. Так, средний их показатель в 48 см был зафиксирован при совместном применении в качестве подкормки в фазе елочки. Единоличное применение препаратов увеличивало высоту растений до 2 см (за применение системы микроэлементов Квантум) и до 3 см (за применения бактериального препарата Биоконкомплекс-БТУ-р) по сравнению с контрольным вариантом.

В процессе научных исследований нами были проведены фенологические наблюдения за густотой и средней высотой растений по фазам роста. Более высокие показатели льна масличного отмечено в опыте с использованием деструктора стерни ЭкоСтерн и аммиачной селитры (табл. 2 и рис. 4).

Анализируя густоту всходов, отмечено тенденцию к уменьшению количества растений в течение вегетации (от всходов льна до фазы полной спелости). Кроме того отмечено, что на участке с использованием биодеструктора стерни ЭкоСтерн и аммиачной селитры количество стеблей выше, чем в опыте с аммиачной селитрой и контролем (табл. 2).

Высокая температура воздуха негативно влияла на посевы культуры, вызывая подгорания растений, снижала процессы фотосинтеза, формирование органов плодоношения и урожайность семян, что в конечном счете приводило к значительному недобору урожая по вариантам опыта, но количественно между собой по выходу семян с растения, они все же отличались (рис. 5).



Таблица 2

Показатели льна масличного в зависимости от применения азотных удобрений и деструктора стерни, (среднее за 2015-2016 гг.)

Фаза развития	Длина наземной части льна масличного, см			Густота растений льна масличного, шт./м ²		
	I*	II**	III***	I*	II**	III***
Фаза всходов						
Полные всходы	2	3	2	425,0	435,0	455,0
Фаза ёлочек	11	13	12	418,5	427,1	451,0
Бутонизация	31	35	35	412,2	423,3	445,4
Цветение	43	47	48	396,0	416,2	440,7
Ранне-желтая спелость	43	47	48	395,8	415,4	440,5

*- Без использования азотных удобрений и деструктора стерни;

** - С использованием аммиачной селитры;

*** - С использованием ЭкоСтерн + аммиачная селитра.

Высота растений в фазе ранне-желтой спелости по трех вариантах опыта наведена в рисунку 4.



Рис. 4. Динамика высоты растений льна масличного в зависимости от примененных азотных удобрений и деструктора стерни: I - без использования деструктора стерни; II - с использованием аммиачной селитры; III - С использованием ЭкоСтерн + аммиачная селітра

На участке где вносили биодеструктор стерни, растения льна масличного были более развиты, и отличались по темно-зеленой окраской, высотой стеблей, более развитой корневой системой и количественным выходом семян.

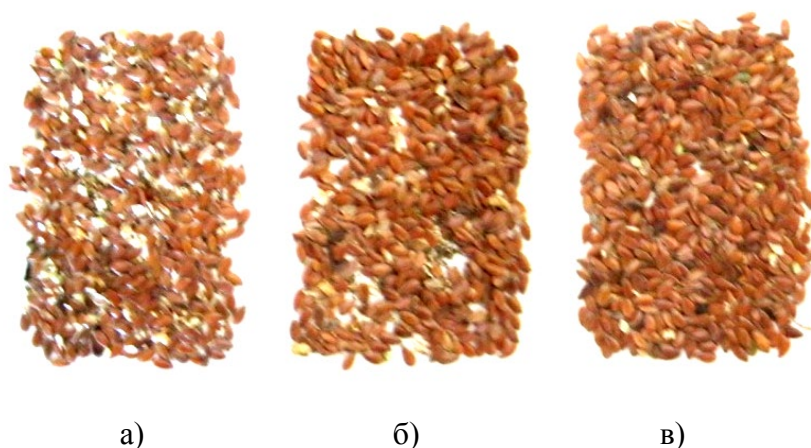


Рис. 5. Выход семян льна масличного с площади 0,25 м², в зависимости от вариантов применения азотных удобрений и деструктора стерни: а - без использования деструктора стерни и азотных удобрений; б – с использованием аммиачной селитры; в – с использованием ЭкоСтерн + аммиачная селитра

4.3. Влияние инновационных элементов технологии выращивания на урожайность льна масличного и её структуру

Биологическая урожайность льна масличного формировалась на уровне от 1,12 т/га до 1,90 т/га в зависимости от систем обработки почвы, азотных удобрений, микроудобрений и биопрепаратов (табл. 3-4). Масса 1000 семян варьировала от 5,5 г до 6,7 г в зависимости от варианта опыта. На участке, где были внесены бактериальный препарат Биоконкомплекс-БТУ-р и система микроудобрений Квантум с одновременным внесением 5 кг/га карбамида зафиксировано более высокую урожайность по консервирующей системе обработки почвы, которая составила в среднем 1,88 т/га и по сравнению с контролем прирост урожайности был на уровне 0,7 т/га.

Таким образом, применение биопрепаратов Биоконкомплекс-БТУ-р и ЭкоСтерн, а также системы микроэлементов Квантум, ведет к улучшению процессов роста и развития растения, увеличению площади ассимиляционной поверхности листьев и величины урожая.

Исходя из полученных нами опытных данных, приведенных в таблице 3, средние показатели урожайности льна масличного в зависимости от примененных азотных удобрений и деструктора стерни изменялись от 1,44 т/га до 1,61 т / га, а масса 1000 семян от 6,3 г до 6,7 г в зависимости от вариантов применения азотных удобрений и деструкторов стерни.



Таблица 3

Урожайность семян льна масличного сорта Орфей в зависимости от микроудобрений, бактериальных препаратов и систем выращивания, т/га

Микроудобрения и бактериальные препараты (Фактор С)*	Системы выращивания (Фактор А)									Среднее по вариантам	Среднее по фактору В	Среднее по фактору С	Среднее по опыту	
	традиционная			мульчирующая			консервирующая							
	2015 год	2016 год	Среднее	2015 год	2016 год	Среднее	2015 год	2016 год	Среднее					
Без использования азотных удобрений и деструктора стерни (Фактор В)													1,52	
К	1,29	1,13	1,21	1,24	1,12	1,18	1,35	1,29	1,32	1,24	1,44	1,33		
Б	1,53	1,43	1,48	1,54	1,44	1,49	1,55	1,53	1,54	1,50		1,56		
Кв	1,45	1,37	1,41	1,42	1,36	1,39	1,51	1,45	1,48	1,43		1,53		
Б+Кв	1,58	1,48	1,53	1,61	1,53	1,57	1,66	1,58	1,62	1,57		1,66		
Среднее	1,46	1,35	1,41	1,45	1,36	1,41	1,52	1,46	1,49	1,44				
С использованием аммиачной селитры (Фактор В)														
К	1,33	1,23	1,28	1,35	1,23	1,29	1,44	1,32	1,38	1,32	1,52			
Б	1,57	1,45	1,51	1,58	1,50	1,54	1,67	1,55	1,61	1,55				
Кв	1,52	1,42	1,47	1,55	1,47	1,51	1,70	1,56	1,63	1,54				
Б+Кв	1,61	1,53	1,57	1,68	1,60	1,64	1,80	1,68	1,74	1,65				
Среднее	1,51	1,41	1,46	1,54	1,45	1,50	1,65	1,53	1,59	1,51				
С использованием ЭкоСтерн + аммиачная селитра (Фактор В)														
К	1,43	1,31	1,37	1,47	1,33	1,40	1,59	1,51	1,55	1,44	1,61			
Б	1,57	1,49	1,53	1,65	1,57	1,61	1,79	1,73	1,76	1,63				
Кв	1,55	1,47	1,51	1,65	1,59	1,62	1,78	1,70	1,74	1,62				
Б+Кв	1,71	1,65	1,68	1,75	1,71	1,73	1,90	1,86	1,88	1,76				
Среднее	1,57	1,48	1,52	1,63	1,55	1,59	1,77	1,70	1,73	1,62				
НИР (2015 г) по фактору А - 0,09 т/га; по фактору В – 0,16 т/га; по фактору С – 0,15 т/га														
НИР (2016 г) по фактору А - 0,10 т/га; по фактору В – 0,09 т/га; по фактору С – 0,15 т/га														
НИР (2015-2016 гг.) по фактору А - 0,06 т/га; по фактору В – 0,08 т/га; по фактору С – 0,70 т/га														

*- де К- Контроль; Б- Биокomплекс-БТУ-р; Кв – система микроудобрений Квантум; Б + Кв – система с Биокomплекс-БТУ-р та микроудобрений Квантум.



Таблица 4

Урожайность семян льна масличного в зависимости от примененных азотных удобрений и деструктора стерни (среднее за 2015-2016 гг.)

Показатель	Варианты опыта		
	I*	II**	III***
Урожайность, т/га	1,44	1,52	1,61
Прирост до Контроля, т/га	-	+0,08	+0,17
Масса 1000 семян, г	6,3	6,6	6,7

*- Без использования азотных удобрений и деструктора стерни;

** - С использованием аммиачной селитры;

*** - С использованием ЭкоСтерн + аммиачная селитра.

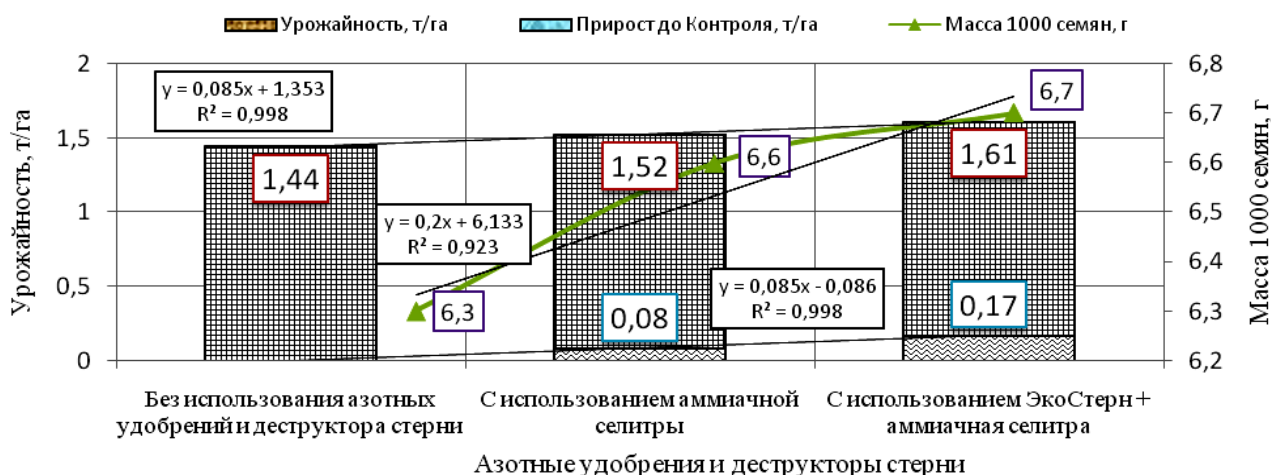


Рис. 6. Прямая линия Тренда и величина достоверности аппроксимации по влиянию азотных удобрений и деструктора стерни на урожайность семян льна масличного (среднее за 2015-2016 гг.)

В целом средняя урожайность семян льна масличного по всем вариантам опыта за 2015-2016 годы составила 1,52 т/га, варьируя от 1,12 до 1,90 т/га в зависимости от варианта и года исследований. Максимально продуктивной оказалась консервирующая система выращивания культуры при которой этот показатель изменяясь от 1,29 до 1,90 т/га, а в среднем составил 1,60 т/га. Используя мульчирующую и традиционную технологию, показатели урожайности льна масличного были более низкими от 1,12 до 1,75 т/га и от 1,13 до 1,71 т/га соответственно. Что дало возможность получить средние показатели по ним 1,50 и 1,4 т/га.

Использование микроудобрений и бактериальных препаратов также повлияло на урожайность семян льна масличного. Так, наиболее низкими средними показателями урожая по данному фактору оказался контрольный вариант, который сформировал его на уровне 1,33 т/га. По мере использования бактериальных препаратов и микроудобрений урожайность повышалась и составила: при обработке посевов бактериальным препаратом Биоконкомплекс-БТУ-р с одновременным внесением 5 кг/га карбамида - 1,56 т/га, при обработке посевов системой микроудобрений Квантум с одновременным внесением 5 кг/га карбамида - 1,53 т/га, а при обработке посевов комплексом с бактериального препарата Биоконкомплекс-БТУ-р и системы микроудобрений



Квантум с одновременным внесением 5 кг/га карбамида он равнялся 1,66 т/га.

На вариантах опыта без использования азотных удобрений и деструктора стерни урожайность семян льна масличного варьировала от 1,12 до 1,66 т/га в зависимости от системы выращивания и препаратов, используемых в подкормке. Несмотря на различие в показателях урожайности по вариантам подкормки микроудобрениями и бактериальными препаратами, в среднем по данному фактору, этот показатель при традиционной и мульчирующей системах выращивания равнялись и составили 1,41 т / га. Немного выше (1,49 т / га) он был за консервирующей системы выращивания.

При использовании аммиачной селитры для разложения растительных остатков предшественника льна масличного (пшеницы озимой) ситуация немного изменилась в сторону повышения урожайности на 0,04 т/га за мульчирующей системы выращивания (1,50 т/га) относительно традиционной. Наиболее низким показателем по данному фактору (1,46 т/га) характеризовались растения при традиционной технологии выращивания. Повышение средней урожайности на 0,09 и 0,13 т/га по сравнению с предыдущими обеспечила консервирующая система.

Аналогичная закономерность в формировании урожайности семян льна масличного прослеживалась и на опытных участках с использованием биодеструктора стерни ЕкоСтерн и аммиачной селитры, но разница между показателями при различных технологиях выращивания была более существенная. По традиционной, мульчирующей и консервирующей системах эти показатели составили 1,3; 1,52 и 1,59 т/га соответственно.

Разница между показателями в урожайности семян льна масличного в зависимости от применения микроудобрений и биопрепаратов при различных системах выращивания имела большую вариацию (от 0,29 до 0,41 т/га) на опытных вариантах где использовали азотные удобрения и бактериальные препараты для разложения растительных остатков. При использовании аммиачной селитры и баковой смеси с аммиачной селитры и бактериального деструктора стерни ЕкоСтерн вариация по данному фактору уменьшалась от 0,28 до 0,37 т/га и от 0,28 до 0,35 т/га соответственно.

4.4. Экономические параметры выращивания льна масличного в зависимости от инновационных элементов технологии

Сравнение экономических показателей технологии выращивания льна масличного проводилась по общим методикам с учетом исследуемых факторов (табл. 5-7, рис.7-12).

Исходя из полученных нами данных можно констатировать, что на финансово-экономические показатели при выращивании льна масличного оказывали влияние системы выращивания (табл.5).



Таблица 5

**Финансово-экономические показатели по культуре льна масличного в зависимости от системы выращивания (Фактор А)
(среднее за 2015-2016 гг.)**

Показатели	Варианты опыта за Фактором А		
	I*	II**	III***
Валовый сбор семян, т/га:	1,46	1,50	1,60
Прирост урожайности семян, т/га	-	0,04	0,14
Цена семян 1 \$/т:	428,57		
Стоимость валовой продукции, \$/га	625,71	642,86	685,71
Стоимость прироста, \$/га	-	17,14	60,00
Валовые общие расходы, \$/га	317,61	312,84	315,53
Себестоимость продукции, \$/т	217,54	208,56	197,20
Затраты на материалы и технологическую операцию, \$/га	-	-4,77	-2,08
Прибыль (убытки), \$/га	308,11	330,02	370,19
Рентабельность, %	97,0	105,5	117,3
Экономический эффект, \$/га	-	21,91	62,08

*- Традиционная;

** - Мульчирующая;

*** - Консервирующая

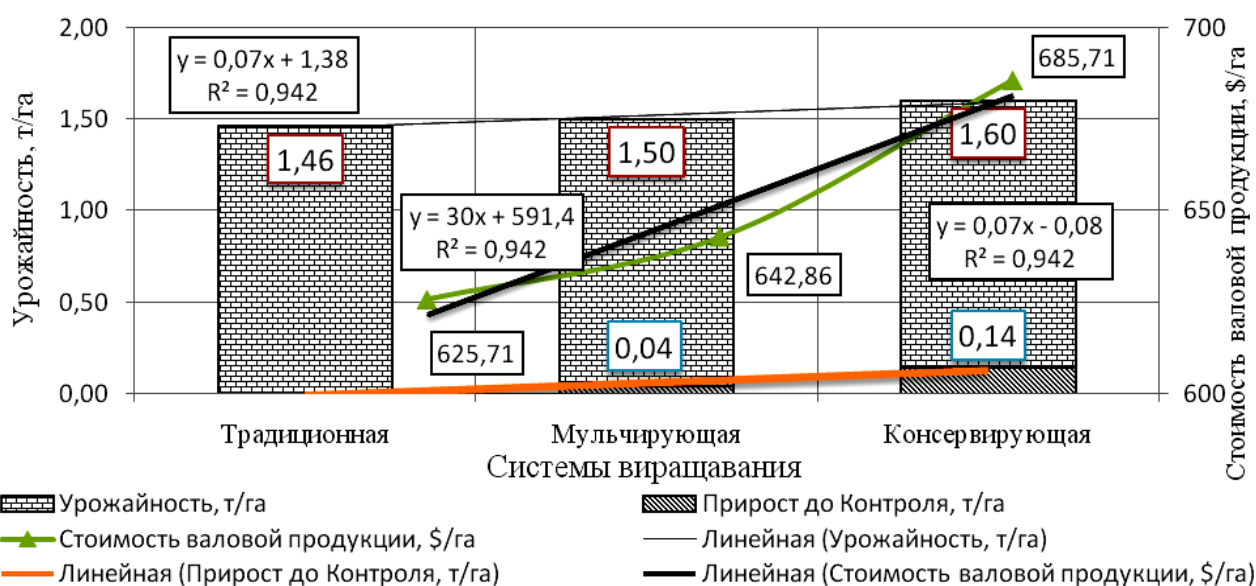


Рис. 7. Прямая линия Тренда и величина достоверности аппроксимации по влиянию систем выращивания на показатели урожайности, её прироста и валовой стоимости семян льна масличного с одного гектара (среднее за 2015-2016 гг.)

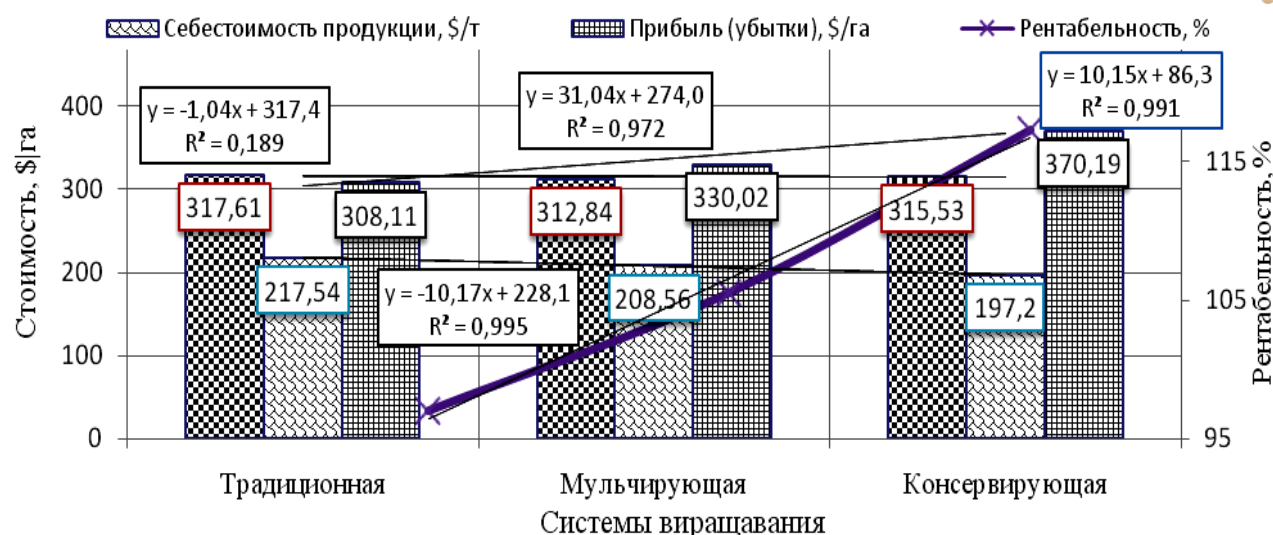


Рис. 8. Прямая линия Тренда и величина достоверности аппроксимации по влиянию системы выращивания на показатели валовых расходов, себестоимости, прибыли и рентабельности производства семян льна масличного (среднее за 2015-2016 гг.)

Так, наиболее высокие показатели формирования валовой продукции культуры в денежном эквиваленте (685,71 \$) были получены при выращивании по консервирующей системе, которая обеспечила прирост в 60,00 \$ по сравнению с контрольным вариантом (традиционная технология).

Использование мульчирующей системы сформировало среднюю стоимость прироста валовой продукции относительно контроля 17,14 \$, что на 42,86 \$ меньше по сравнению с лучшим вариантом.

Выращивание культуры льна масличного при использовании мульчирующей и консервирующей систем приводило к уменьшению валовых расходов по сравнению с традиционной технологией на 4,77 и 2,08 \$/га, при этом получении прибыли достигалось в размере 330,02 и 370,19 \$/га, рентабельность 105,5 и 117,3% и экономический эффект 21,91 и 62,08 \$/га соответственно.

Максимальная стоимость валовой продукции льна масличного при исследовании влияния фактора В (690,00 \$/га) отмечалась на варианте с применением азотных удобрений и деструктора стерни. Использование для деструкции растительных остатков только аммиачной селитры приводило к снижению ее на 38,57 \$ (651,43 \$/га) (табл.6). Наименьшая стоимость валовой продукции (617,14 \$/га) была получена на контрольном варианте.

Подкормки микроудобрениями и бактериальными препаратами (табл. 7) в опыте были наиболее результативными, а вариабельность валовой продукции в среднем за два года составила 141,43 \$/га, изменяясь от 570,00 \$/га на контрольном варианте до 711,43 \$/га при использовании в качестве подкормки бактериального препарата Биоконкомплекс-БТУ-р и системы микроудобрений Квантум с одновременным внесением 5 кг/га карбамида.



Таблица 6

**Финансово-экономические показатели при выращивании льна
масличного в зависимости от использованных азотных удобрений и
деструктора стерни (Фактор В) (среднее за 2015-2016 гг.)**

Показатели	Варианты досліду за Фактором В		
	I*	II**	III***
Валовый сбор семян, т/га:	1,44	1,52	1,61
Прирост урожайности семян, т/га	-	0,08	0,17
Цена семян 1 \$/т:	428,57		
Стоимость валовой продукции, \$/га	617,14	651,43	690,00
Стоимость прироста, \$/га	-	34,29	72,86
Валовые общие расходы, \$/га	288,97	317,81	332,36
Себестоимость продукции, \$/т	200,68	209,09	206,44
Затраты на материалы и технологическую операцию, \$/га	-	28,84	61,25
Прибыль (убытки), \$/га	328,17	333,62	357,64
Рентабельность, %	113,6	105,0	107,6
Экономический эффект, \$/га	-	5,45	29,47

*- Без использования азотных удобрений и деструктора стерни (Контроль);

** - С использованием аммиачной селитры;

*** - С использованием ЭкоСтерн + аммиачная селитра.

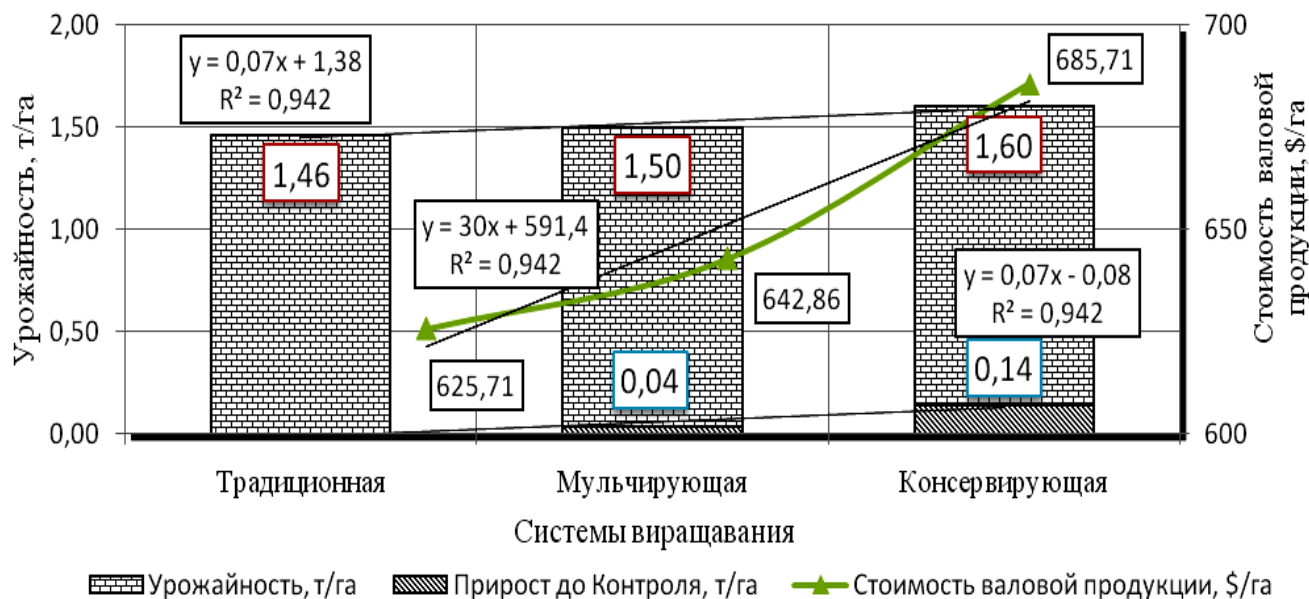


Рис. 9. Прямая линия Тренда и величина достоверности аппроксимации по влиянию систем выращивания на показатели урожайности, её прироста и валовой стоимости семян льна масличного с одного гектара (среднее за 2015-2016 гг.)

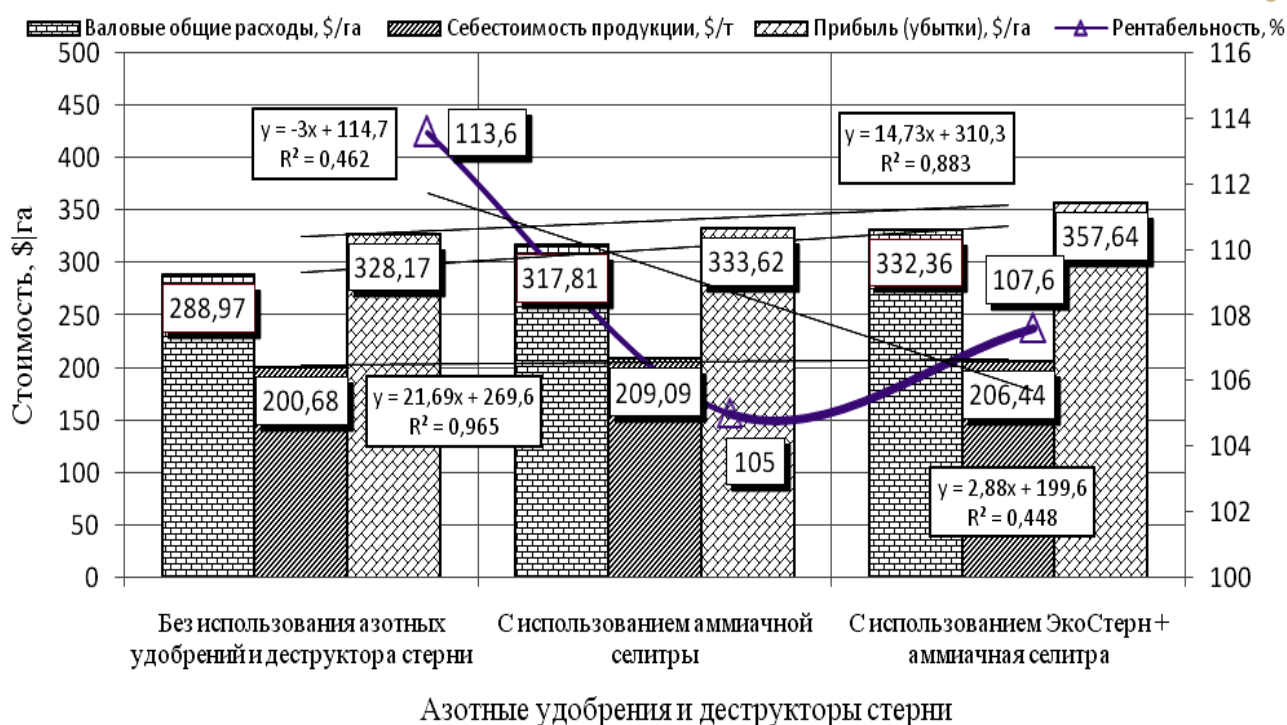


Рис. 10. Прямая линия Тренда и величина достоверности аппроксимации по влиянию азотные удобрения и деструктора стерни на показатели валовых расходов, себестоимости, прибыли и рентабельности производства семян льна масличного (среднее за 2015-2016 гг.)

Таблица 7

Финансово-экономические показатели при выращивании льна масличного в зависимости от подкормки микроудобрениями и бактериальными препаратами (Фактор С) (среднее за 2015-2016 гг.)

Показатели	Варианты опыта (Фактор С*)			
	К	Б	Кв	Б+Кв
Урожайность семян, т/га	1,33	1,56	1,53	1,66
Прирост урожайности семян, т/га	-	0,23	0,20	0,33
Цена семян 1 \$/т:	428,57			
Стоимость семян с 1 га, \$	570,00	668,57	655,71	711,43
Стоимость прироста, \$/га	-	98,57	85,71	141,43
Валовые общие расходы, \$/га	296,34	311,43	314,83	329,59
Себестоимость продукции, \$/т	222,81	199,63	205,77	198,55
Затраты на материалы и технологическую операцию, \$/га	-	15,09	18,49	33,25
Прибыль (убытки), \$/га	273,66	357,14	340,89	381,84
Рентабельность, %	92,3	114,7	108,3	115,9
Экономический эффект, \$/га	-	83,48	67,23	108,18

*- где К- Контроль; Б- Биокomплекс-БТУ-р; Кв – система микроудобрений Квантум; Б + Кв – система з Биокomплекс-БТУ-р и микроудобрений Квантум.



Валовые затраты на получение продукции льна масличного по мере применения подкормки по вегетации исследуемыми препаративными формами относительно контрольного варианта повышались на 15.09, 18.49 и 33.25 \$/га при обработке посевов бактериальным препаратом Биоконкомплекс-БТУ-р с одновременным внесением 5 кг/га карбамида, при обработке посевов системой микроудобрений Квантум с одновременным внесением 5 кг/га карбамида и при обработке посевов комплексом с бактериального препарата Биоконкомплекс-БТУ-р и системы микроудобрений Квантум с одновременным внесением 5 кг/га карбамида соответственно.

Данные варианты обеспечили получение прибыли в размере 357.14, 340.89 и 381.84 \$/га, рентабельность 114.7, 108.3 и 115.9 % и экономический эффект 83.48, 67.23 и 108.18 \$/га, при доходности контрольного варианта 273.66 \$/га и уровня рентабельности 92.3 %.

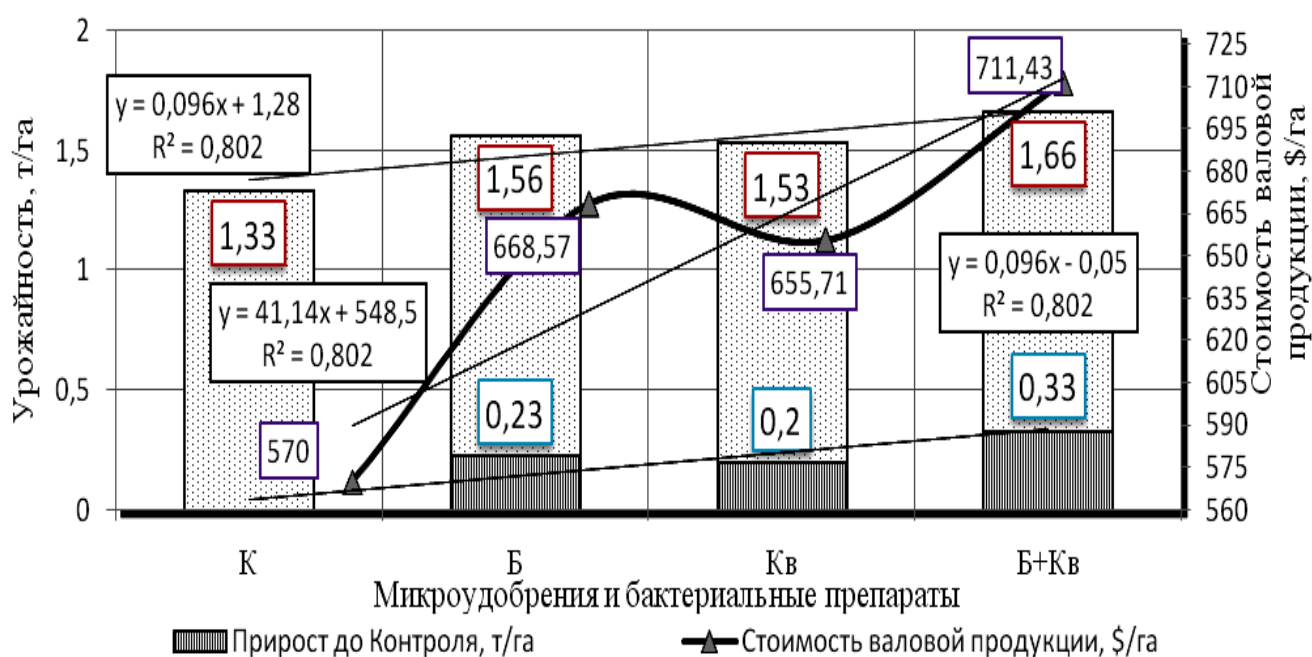


Рис. 11. Прямая линия Тренда и величина достоверности аппроксимации по влиянию микроудобрений и бактериальных препаратов на показатели урожайности, его прироста и валовой стоимости семян льна масличного с одного гектара (среднее за 2015-2016 гг.)

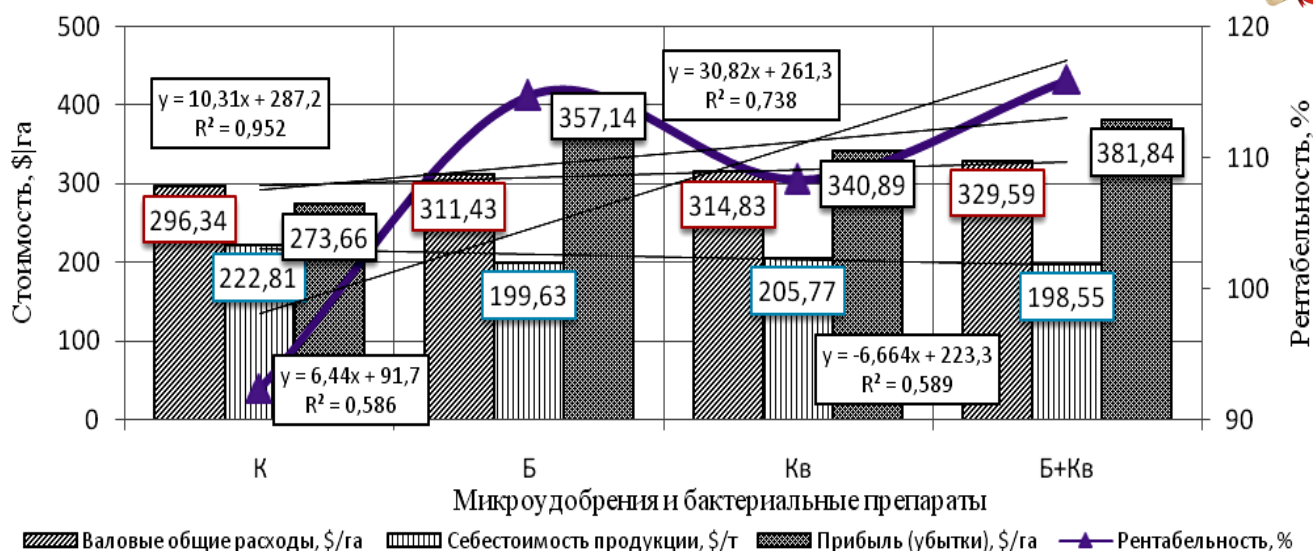


Рис. 12. Прямая линия Тренда и величина достоверности аппроксимации по влиянию микроудобрений и бактериальных препаратов на показатели валовых расходов, себестоимости, прибыли и рентабельности производства семян льна масличного (среднее за 2015-2016 гг.)

Выводы

В представленной работе проведены полевые, лабораторные, экономические и статистические анализы полученных нами на протяжении 2015-2016 годов результатов исследований относительно инновационных элементов агротехники культуры льна масличного для зоны Южной Степи Украины в условиях глобального изменения климата. На сегодняшний день используя консервирующую систему выращивания культуры в полевом севообороте на южном черноземе в засушливых климатических условиях, у сельскохозяйственных предприятий разных форм собственности, есть возможность получения относительно высокой биологической урожайности семян (1,86-1,90 т/га и выше), на фоне минерального питания $N_{34}P_{34}K_{34}$, с обработкой растительных остатков пшеницы озимой как предшественника бактериальным препаратом деструктором стерни ЕкоСтерн из расчета 2 л/га и одновременным внесением аммиачной селитры 100 кг/га в физическом весе (рабочий раствор 300 л/га) при использовании в качестве подкормки вегетирующих растений в фазе «елочки» бактериального препарата Биоконкомплекс-БТУ-р и системы микроудобрений Квантум и одновременным внесением 5 кг/га карбамида.



**ГЛАВА 5. ЭРГОНОМИЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОХРАНЕНИЯ
ТРУДОВОЙ АКТИВНОСТИ ЛИЦ ТРУДОСПОСОБНОГО ВОЗРАСТА**
ERGONOMIC TECHNOLOGY OF SAVING LABOR ACTIVITY OF PERSONS OF
WORKING AGE
ЕРГОНОМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТРУДОВОЇ АКТИВНОСТІ ОСІБ
ПРАЦЕЗДАТНОГО ВІКУ
DOI: 10.30888/2663-9882.2020-01-007

Вступ

На сьогодні практичні потреби суспільства межують з ускладненням виробництва та підвищенням вимог до психофізіологічних якостей працівників. Регулювання ринку праці здійснюється шляхом організації й перекваліфікації робочої сили, при чому різними формами навчання й переорієнтації постійно охоплено до 35 % дорослого населення країни. Наявна тенденція збільшення попиту на робочі вакансії, що свідчить про їх затребуваність. З іншого боку, сучасні демографічні дані свідчать про постійне зростання кількості осіб старшого віку в загальній структурі населення. За даними ООН до 2050 р. кількість людей віком понад 60 років глобально зросте до 2 млрд. Існуюче протиріччя актуалізує системне вирішення проблеми зберігання трудової активності працівників впродовж професійного шляху.

Один із аспектів проблеми припинення трудової діяльності працівників старшого віку пов'язаний із запровадженням нових технологічних процесів, комп'ютеризацією, розширенням інформаційного поля діяльності. З іншого боку, проблема впливу "людського чинника" не стає менш глобальною та перетинається з багатьма сферами діяльності. Отже, збереження трудового потенціалу висококваліфікованих працівників старшого віку вимагає великих матеріальних і фінансових витрат для їх професійної адаптації.

Рядом наукових досліджень було встановлено, що припинення трудової діяльності у зв'язку з настанням пенсійного віку у більше ніж 55 % професійно активних осіб викликало деструктивні наслідки у стані здоров'я. Тенденцію до поширення з віком мають певні захворювання, такі як серцево-судинні патології, діабет, остеоартрит або інші хронічні захворювання, в поєднанні з природним прогресуючим зниженням фізичних і когнітивних навичок. Це є визначальним фактором для реформування системи охорони здоров'я на сучасному етапі розвитку країни. Пріоритетні науково-технічні досягнення орієнтовані на системне вирішення проблеми підвищення ефективності праці фахівця. Ключовим інструментом модернізації виступають технології контролю "професійного здоров'я" осіб працездатного віку з метою профілактики прискореного професійного старіння.

В інтегративному варіанті "професійне здоров'я" розглядається як структурний комплекс, що охоплює фізичний, психічний і соціальний статус організму і особистості працівника та відображає здатність людини зберігати високу трудову активність в процесі професійної діяльності. Професійне здоров'я є значущою умовою становлення професіоналізму й професійної



компетентності фахівця. Це складний і багатовимірний феномен, який інтегрує численні взаємодії людини з професійним середовищем, займає важливе місце в системі ціннісних орієнтацій професіонала [26]. Отже, можна стверджувати, що "професійне здоров'я" відображає здатність людини до певної професійної діяльності з заданою ефективністю і тривалістю впродовж заданого періоду життя. Наразі, ефективна професійна діяльність висуває до здоров'я фахівців підвищені вимоги, тому здатність працівників старшого віку забезпечувати надійність праці розглядається як показник професіоналізму, а зниження цих параметрів – як одне з потенційних обмежень у діяльності працівника, на тлі збільшення фізіологічної "ціни" забезпечення ефективності праці. Отже, збереження професійної повноцінності у суспільстві працівників старшого віку виступає одним із практичних завдань зовнішнього управління трудовим процесом.

5.1. Методологічний підхід до оптимізації зовнішнього управління трудовим процесом осіб працездатного віку

У процесі системної трансформації економіки України розв'язання проблеми професійного довголіття базується на двох магістральних напрямках: забезпечення раціонального працевлаштування та стимулювання зайнятості кваліфікованих працівників. Моніторинг, оцінка та корекція "професійного здоров'я" фахівця виступають пріоритетними напрямками наукових досліджень.

На сьогодні відомі різні теоретико-методологічні аспекти щодо трактування поняття "моніторинг". Моніторинг дозволяє системно досліджувати будь-який процес і його об'єкти з метою отримання достовірної інформації для ефективного управління процесами, програмами розвитку і т. п.. Таким чином, моніторинг в загальнонауковому розумінні – це діяльність, яка передбачає діагностику, контроль і прогнозування, які є важливими складовими системи управління. Така система охоплює всі рівні управління від державного, до регіонального [21, 25, 27].

За аналізом наукових джерел моніторинг у сфері охорони здоров'я відображає систему постійних спостережень, оцінки і прогнозу зміни стану об'єкту досліджень [11, 27, 32, 33]. Моніторинг в цілому розглядається з різних точок зору як засіб управління та як засіб оцінки ефективності управління якістю охорони здоров'я населення.

Сучасні досягнення в галузі комунікацій призвели до появи так званих "розумних" технологій. Однак, незважаючи на значні теоретичні напрацювання, і до цього дня не створена ефективна експрес-система діагностики "професійного здоров'я" фахівця, яка дозволяла би своєчасно виявляти деструктивні функціональні стани та вживати заходи профілактики прискореного професійного старіння. Окремі аспекти моніторингу та діагностики фізичного здоров'я, представлені в сучасних роботах зарубіжних дослідників, доводять ефективність використання так званих "Smart Health



Monitoring Systems" - інтелектуальних систем моніторингу здоров'я (P. Astrand, T. Sjostrand, 2012; Baek, Chung, Kim; Ioannis Routis, Shanika Nanayakkara, Xiaoyan Zhou, 2014; Heiko Spallek, Marco Schweitzer, 2019) [33]. Однак, їх застосування в умовах України нашоветується на цілу низку проблем теоретичного, методологічного та прикладного характеру.

Метою даної роботи є організація дослідження по розробці ергономічної технології збереження трудової активності осіб працездатного віку.

Зміст об'єкту, предмет і мета дослідження було визначено за напрямками біологічної ти медичної кібернетики з метою підвищення рівня абстракції дослідження. Головним методом цих наукових напрямів є метод математичного моделювання in model (В. І. Гриценко, А. Б. Котова, М. І. Вовк, С. І. Кіфоренко, В. М. Белов) [10, 12]. Інформаційно-структурну модель поетапного розв'язування завдань дослідження представлено на рис. 1.

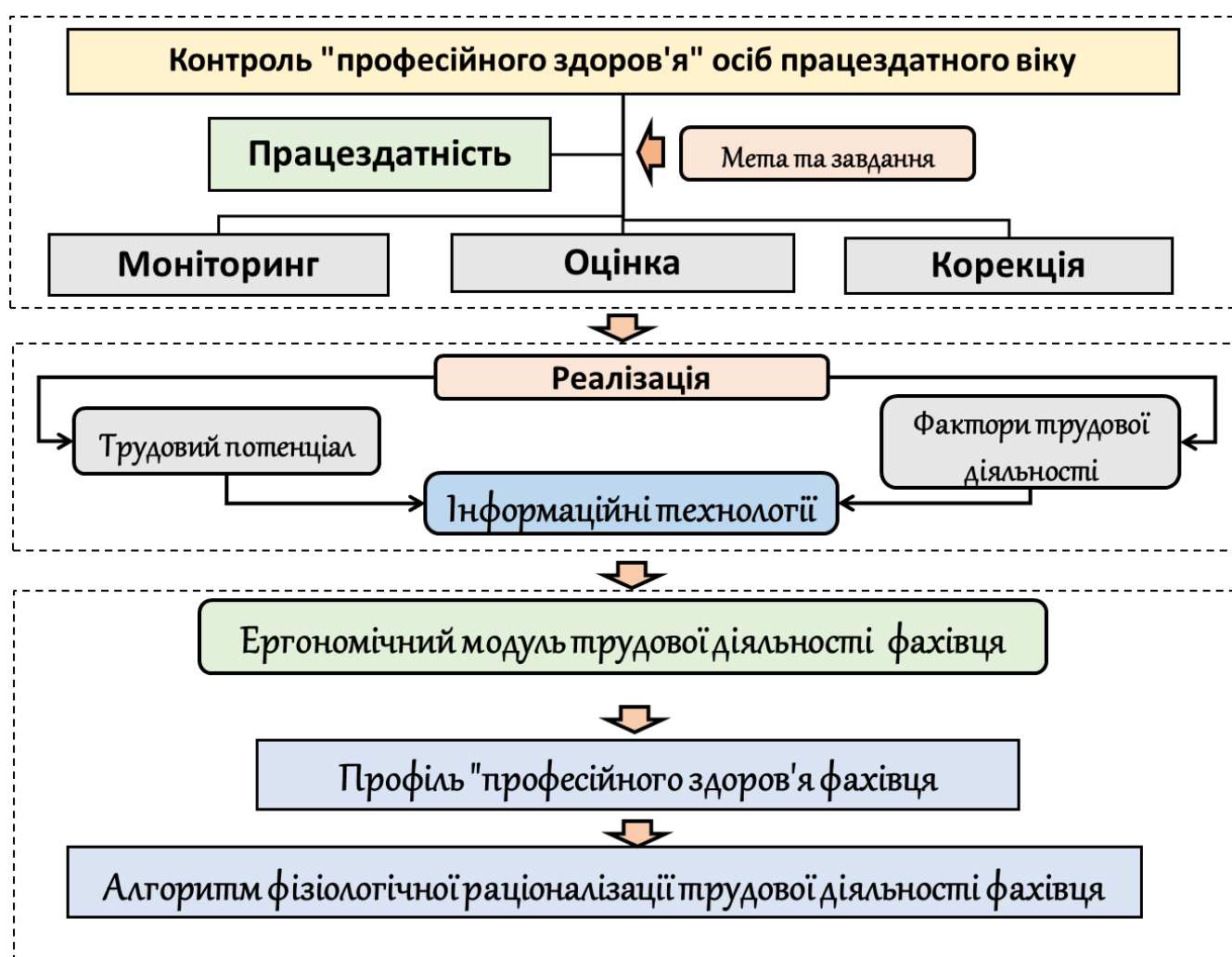


Рис. 1. Модель реалізації професійного довголіття фахівця (Харковлюк-Балакіна Н. В., 2020)

У запропонованій моделі лежить логіка повного циклу реалізації дослідження: постановка мети за ключових завдань – обґрунтування методів і технологій – розробка інформаційно-структурної моделі дослідження – впровадження – рекомендації. Предметом досліджень виступає працездатність



людини, як складова її соціально-біологічної сутності. Додатково актуалізує вивчення факторів трудової діяльності та трудового потенціалу, оскільки, будучи фізіологічною константою, вона формується протягом життя залежно форм взаємодії з середовищем, в тому числі виробничим [20, 21, 29, 34].

З точки зору діагностики, поняття функціональні можливості відображає комплекс морфо-функціональних особливостей організму, задатків, сформованих вмінь та навичок, стану здоров'я, що дозволяє виконувати професійні функції з бажаними кількісними і якісними характеристиками. Водночас, рівень функціональних можливостей визначається реалізованим в заданих умовах функціональним резервом, але не свідчить про його повне використання. Слід відмітити, що функціональні резерви організму людини тісно пов'язані з функціональними можливостями, які відображають той граничний рівень інтенсивності фізіологічних процесів, за якого зберігається константність їх функціонування (А. О. Крилов, 2011) [13, 21].

У ергономічному сенсі – функціональні можливості, як здатність людини виконати ту чи іншу роботу з урахуванням її знань, умінь, навичок, виступає складовою поняття працездатності фахівця [3, 4, 7]. Цей термін є найпоширеніший та загальноприйнятий, що поєднує клініцистів, фізіологів, соціологів та економістів. Водночас, корелятами працездатності фахівця, які лімують її рівень, виступають темп старіння та психофізіологічний потенціал людини (рис. 2). Рівень професійної працездатності людини формується на фоні конкретного функціонального стану (ФС) організму. Працездатність людини, зокрема в природних, штучно створених та екстремальних умовах трудової діяльності, лімітується динамікою функціонального "робочого" стану (ФРС), природно пов'язаного зі впливом різноманітних екзо- та ендогенних факторів (Ю. П. Горго, 2001) [5, 7]. Пошук прийомів об'єктивної оцінки фізіологічних корелят працездатності фахівця, від яких залежать надійність і ефективність виконуваної роботи, залишається однією з актуальних задач у фізіології праці, оскільки динаміка функціональних станів людини лінійно не відображає змін працездатності та ефективності діяльності.

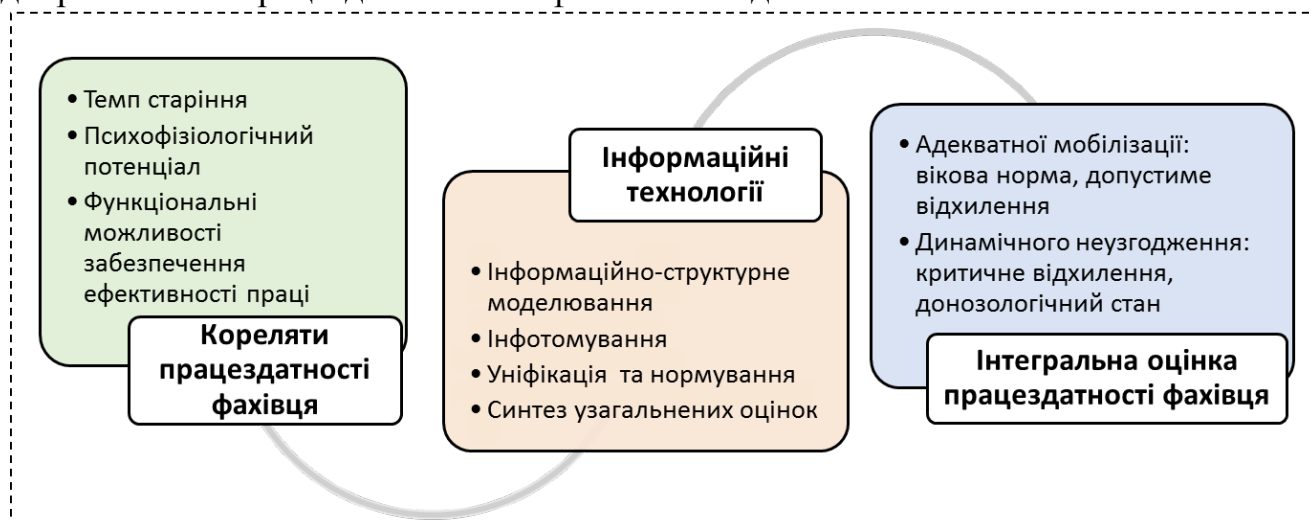


Рис. 2. Логічна схема усвідомленого упорядкування інформації про об'єкт дослідження



До фізіолого-гігієнічних передумов працездатності людини слід відносити: трудовий потенціал та демотиватори ефективності праці. До ергономічних - фактори трудової діяльності. Згідно з чинними нормативно-правовими актами (Гігієнічні нормативи ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002) важкість праці визначається переважно навантаженням на опорно-руховий апарат людини. В той же час спеціалістами в галузі гігієни та фізіології праці показник важкості праці часто використовується для її інтегральної оцінки [9, 18, 19, 21, 22, 23]. При цьому важкість праці визначається як функціональне напруження організму або окремих його систем під дією фізичних та/або нервово- та емоційно-психологічних навантажень.

Таким чином, інтегральна оцінка працездатності фахівця включає наступні складові:

- фактори трудової діяльності, які лімітують стан здоров'я та працездатність осіб старшого віку (умови і характеристики трудової діяльності за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу);
- трудовий потенціал людини (особистісний, кваліфікаційний, психофізіологічний).

Отже, існуючі приховані економічні втрати, пов'язані з рівнем професійного здоров'я та функціональним станом працівника, слугували базисною основою для обґрунтування структури та змісту предмету досліджень (рис. 2). Наразі, останні десятиліття ознаменувалися значними успіхами у сфері інформаційних технологій. У цьому контексті для інтегральної оцінки працездатності фахівця використано наступні інформаційні технології, запропоновано науковцями В. І. Гриценко, А. Б. Котова, М. І. Вовк, С. І. Кіфоренко, В. М. Белов [10, 11, 12]:

- метод інформаційно-структурного моделювання,
- метод інфотомування,
- метод уніфікованого нормування,
- метод побудови узагальнених оцінок .

Відомо що, ФС людини обумовлені впливами фізіологічних параметрів її організму та дією різноманітних факторів зовнішнього середовища: впливи оточуючого середовища різної природи, при цьому зворотним зв'язком є процеси адаптації; впливи фізіологічних, психофізіологічних та психоемоційних особливостей внутрішнього середовища організму. При цьому, зворотним зв'язком є керування та корекція станів внутрішніх органів та мозку; робочі ситуації, впливи робочого середовища, технічного чи соціального середовища, які створені людиною для виконання своїх потреб чи намірів і які викликають у людини перенапругу, стомлення, зниження уваги і т. д.. Зворотним зв'язком при цьому є операторська діяльність, виробка навичок трудової та соціальної діяльності [8, 9, 13, 17].

Для визначення ФС людини виділяють різні підходи, в залежності від наукових завдань [2, 5, 8, 14]. Згідно комплексного підходу, під ФС розуміється інтегральний комплекс наявних характеристик діяльності, тобто, ФС – це системна відповідь організму, що забезпечує його адекватність вимогам



діяльності, однак даний підхід є позбавленим змістовної характеристики, найбільш значущої для розуміння суті ФС.

Ергономічний підхід визначає ФС людини через результати трудової і професійної діяльності як інтегральні показники ФС, при чому, зниження результативності діяльності розглядається як ознака погіршення ФС. Водночас, згідно системного підходу, характеристика ФС людини базується на основі критерію адекватності відповідної реакції вимогам виконуваної діяльності. Виходячи з цього, всі ФС поділяють на дві групи [8]: стан адекватної мобілізації, коли всі системи організму працюють оптимально і відповідають вимогам діяльності; і стан динамічного неузгодження, при якому різні системи організму не повністю забезпечують його діяльність або працюють на надмірно високому рівні витрат енергетичних ресурсів, що відображає наявність так званих екстремальних станів (реактивні донозологічні або патологічні стани).

Таким чином, основними критеріями оцінки, а саме, оцінки характеру реакції організму на інформаційну структуру трудового процесу є критерії адекватності [3]. Подібний спосіб оцінки ФС безумовно надійний при вирішенні завдань підвищення ефективності праці та прогнозування екстремальних та патологічних станів. Виділяють три функціональні якісно відмінні стани організму під час трудової діяльності: нормальний, граничний (між нормою та патологією) та патологічний [1]. Такі функціональні стани організму можуть проявлятися при різних видах як фізичної, так і розумової діяльності. У процесі трудової діяльності у людини може сформуватися лише один з трьох вищевказаних функціональних станів. Вони слугують критерієм для встановлення категорії важкості праці, а також дозволяють диференційоване обґрунтування системи корекції працездатності фахівця або заходів професійної реабілітації.

5.2. Ергономічний модуль трудової діяльності фахівця

Згідно методології інформаційних технологій, яка ґрунтується на тріаді "дані – інформація – знання" (В. І. Гриценко, А. Б. Котова, М. І. Вовк, С. І. Кіфоренко, В. М. Белов, 2006) [10, 11, 13] було запропоновано модель реалізації концепції збереження трудового потенціалу на всіх етапах професійної біографії людини, яка побудована у вигляді ергономічного модулю трудової діяльності фахівця (рис. 3).

Профіль "професійного здоров'я" фахівця як ергономічно верифікований продукт реалізовано за допомогою інформаційних технологій.

Структура та зміст запропонованого ергономічного модулю трудової діяльності фахівця включає три функціональні блоки, кожен з яких представляє технологію отримання даних, інформації та її упорядкування з метою фізіологічної раціоналізації трудової діяльності фахівця.

Принципові відмінності запропонованого у роботі інформаційного підходу полягають у алгоритмі моніторингу, оцінки та корекції працездатності

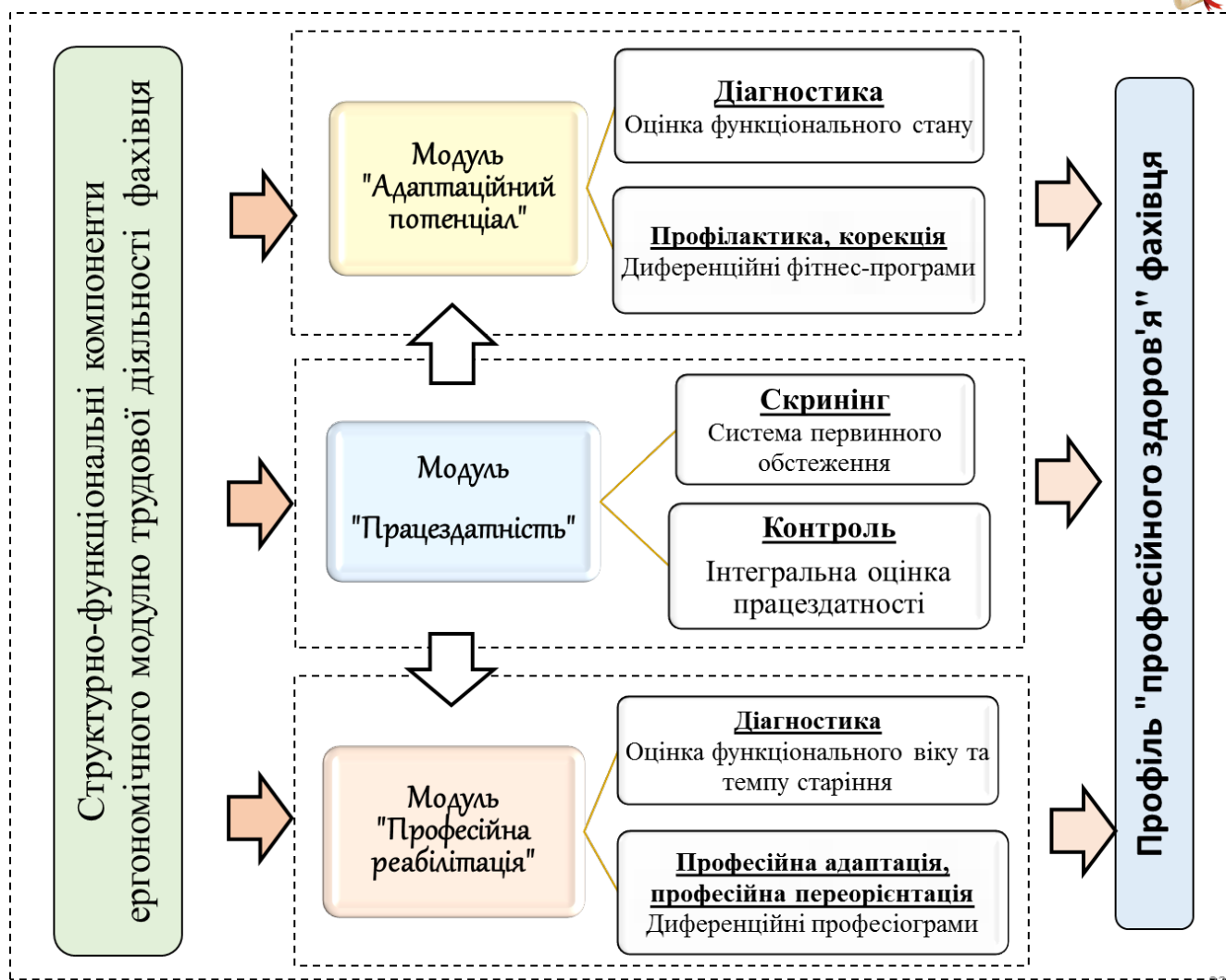


Рис. 3. Структура та зміст ергономічного модулю трудової діяльності фахівця (Харковлюк-Балакіна Н. В., 2020)

працівника. Система первинного обстеження (скринінг) включає параметри трудового потенціалу (відповідно до професійної діяльності фахівця), темпу старіння та характеристики функціональних можливостей забезпечення ефективності праці. Обґрунтування вибору параметрів інформаційно-структурної моделі інтегральної оцінки розумової працездатності фахівця (рис. 4) базувалося на наукових даних фундаментальних фізіологічних досліджень, тобто первинного інформаційного масиву, що є першим і необхідним кроком у пізнанні об'єкта, який досліджується [29, 30, 31].

З позиції адаптаційно-регуляторної теорії, висунутої академіком В. В. Фролькісом, старіння – це не тільки просте згасання обміну та функцій, але і мобілізація пристосувальних механізмів "вітаукту" [28]. Отже, темп старіння людини виступає вагомим фактором лімітування працездатності, оскільки пов'язаний з загальними закономірностями вікових функціональних змін організму [24]. Таким чином, інтегральна оцінка працездатності людини формувалася із оцінок наступних фізіологічних компонентів психофізіологічне забезпечення (ПЗРП) та темп старіння (ТС) людини (рис. 4).

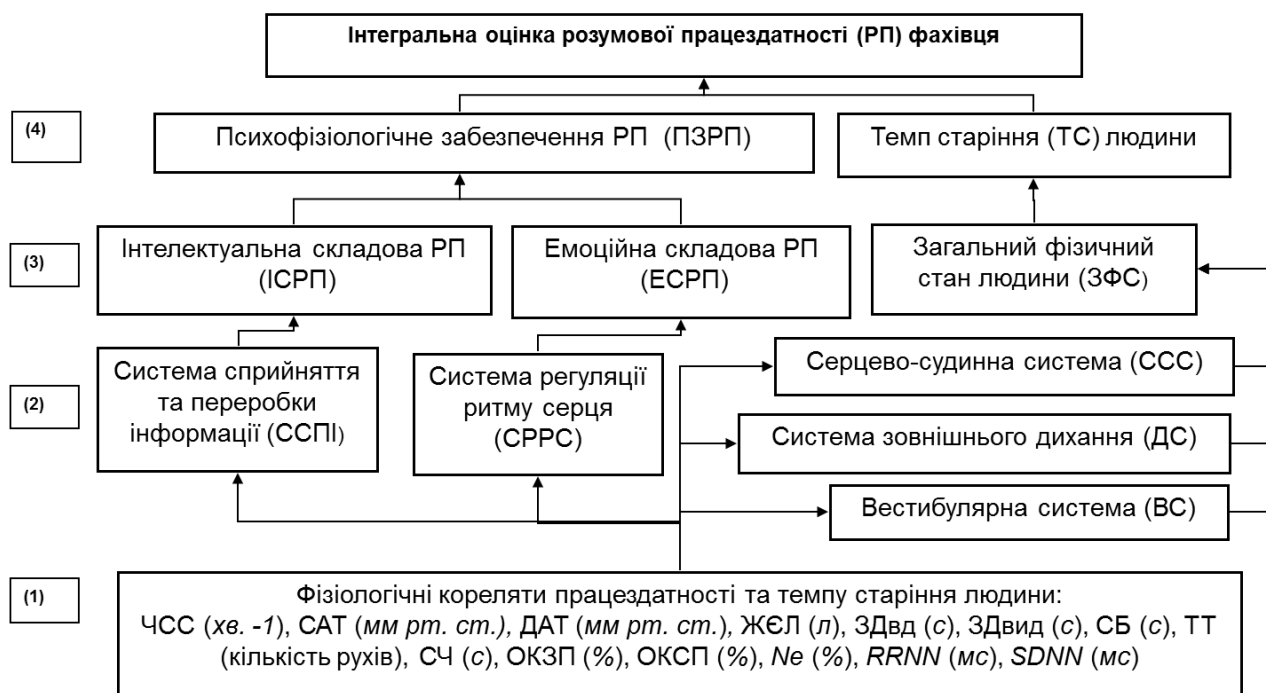


Рис. 4. Інформаційно-структурна модель інтегральної оцінки розумової працездатності (РП) фахівця (1, 2, 3, 4 – рівні ієрархії)

Відомо, що психофізіологічне забезпечення працездатності людини при розумових навантаженнях пов'язане з реалізацією вищих психічних функцій людини. Оскільки психічні процеси (зокрема, сприйняття та аналіз інформації, запам'ятовування та відтворення інформації) разом із сенсомоторними реакціями відображають інтелектуальну складову забезпечення розумової працездатності людини, то система сприйняття та переробки інформації, за даними Г. В. Кробейнікова, виступає головною ланкою вікової інволюції психофізіологічних механізмів розумової діяльності [15, 16, 23]. Водночас, психофізіологічне забезпечення розумової працездатності людини пов'язане з емоційною складовою, оскільки помірне підвищення нервово-емоційного напруження сприяє покращенню показників розумової працездатності та потребує оптимального збільшення психофізіологічних витрат.

Наразі, в умовах розумового напруження реактивність вегетативної регуляції ритму серця виявляється значно раніше інших гемодинамічних змін [6]. Фізіологічно цей механізм обґрунтований результатами лонгітудинальних досліджень закордонних авторів (McCraty R., Atkinson M., Tomasino D., Bradley R. T.), що резюмують фундаментальну концепцію узгодженості різних функціональних станів із серцевим ритмом [35]. Отже, на третьому рівні інформаційно-структурної моделі оцінки забезпечення розумової працездатності людини було відокремлено складові забезпечення працездатності людини: інтелектуальна (ІСРП) й емоційна складові розумової працездатності (ЕСРП), які формуються з оцінок поточного стану систем (другий рівень): системи сприйняття та переробки інформації (ССПІ), системи регуляції ритму серця (СРРС) (рис. 4). Крім того, отримані дані довели, що специфіка трудової діяльності осіб розумової праці пов'язана з впливом



гіпокінезії, як одного з факторів ризику патологічних змін функціонального стану кардіо-респіраторної системи та опорно-рухового апарату, отже, загальний фізичний стан (ЗФС) людини було виділено окремим складовим параметром (третій рівень, рис. 4), оцінку якого можна отримати за станом серцево-судинної (ССС), дихальної (ДС) та вестибулярної системи (ВС) (другий рівень, рис. 4).

Перший рівень інформаційно-структурної моделі представлено фізіологічними корелятами працездатності та темпу старіння людини (рис. 4):

ЧСС, хв.-1 (частота серцевих скорочень у спокої);

САТ, мм рт. ст. (систолический артеріальний тиск);

ДАТ, мм рт. ст. (діастолічний артеріальний тиск);

ЖЄЛ, л (життєва ємність легенів);

ЗДвд, с (тривалість затримки дихання на вдиху);

ЗДвид, с (тривалість затримки дихання на видиху);

СБ, с (статичне балансування);

ТТ, кількість рухів (загальна кількість рухів кісті за 30 с при проведенні тепінг-тесту, за яким оцінюється витривалість нервової системи);

ОКЗП, % (обсяг короткочасної зорової пам'яті – кількість відтворених цифр із таблиці з дванадцятьма випадковими числами від 11 до 99, які протягом 30 с необхідно запам'ятати, переведена у відсотки);

СЧ, с (помилка сприйняття часового інтервалу 30 с);

ОКСП, % (обсяг короткочасної слухової пам'яті – кількість цифр, відтворених у зворотному порядку, із дев'яти запропонованих символів при вербальному завданні, переведені у відсотки);

Ne, % (надійність уваги – розраховується як результат співвідношення кількості правильно виконаних завдань на увагу до загальної кількості завдань, помножений на 100 %);

RRNN, мс (середня тривалість кардіоінтервалів);

SDNN, мс (середнє квадратичне відхилення кардіоінтервалів).

Таким чином, спосіб інтегральної оцінки працездатності фахівця (модуль "Працездатність") базується на наступних методичних прийомах: уніфікація різноякісної інформації та синтез узагальнених оцінок та дозволяє усі досліджувані фізіологічні показники, що мають різні розмірності, уніфікувати та представити у єдиному діапазоні змін від 0 до 1 за віковою нормою. Реалізація способу інтегральної оцінки працездатності фахівця при розумових навантаженнях базується на послідовності наступних дій (рис. 5):

1) вимірювання фізіологічних показників (X): ЧСС, хв. -1; САТ, мм рт. ст.; ДАТ, мм рт. ст.; ЖЄЛ, л; ЗДвд, с; ЗДвид, с; СБ, с; ТТ, кількість рухів; ОКЗП, %; СЧ, с; ОКСП, %; Ne, %; RRNN, мс; SDNN, мс;

2) їх уніфікація, тобто переведення в інформаційні (Xвідн) засобом уніфікації різноякісної інформації: ЧССвідн, САТвідн, ДАТвідн, ЖЄЛвідн, ЗДвдвідн, ЗДвидвідн, СБвідн, ТТвідн, ОКЗПвідн, СЧвідн, ОКСПвідн, Ne відн, RRNNвідн, SDNNвідн, виконується відповідно до вікової групи обстежуваного;

3) ієрархічна згортка уніфікованих показників (Xвідн) засобом лінійно виважених сум (згідно побудованої інформаційно-структурної моделі оцінки,



рис. 4), з відповідними ваговими коефіцієнтами (α), для отримання узагальнених оцінок стану систем забезпечення працездатності людини ($\delta\text{ССС}$; $\delta\text{ДС}$; $\delta\text{ВС}$; $\delta\text{ССП}$; $\delta\text{СРРС}$);

4) ієрархічна згортка узагальнених оцінок стану систем забезпечення працездатності людини ($\delta\text{ССС}$; $\delta\text{ДС}$; $\delta\text{ВС}$; $\delta\text{ССП}$; $\delta\text{СРРС}$) (згідно побудованої інформаційно-структурної моделі оцінки, рис. 4), з відповідними ваговими коефіцієнтами (β), для отримання узагальнених оцінок складових забезпечення працездатності людини ($\Delta\text{ЗФС}$; $\Delta\text{СРП}$; $\Delta\text{ЕСРП}$);

5) ієрархічна згортка узагальнених оцінок складових забезпечення працездатності людини ($\Delta\text{ЗФС}$; $\Delta\text{СРП}$; $\Delta\text{ЕСРП}$) (згідно побудованої інформаційно-структурної моделі оцінки, рис. 4), з відповідними ваговими коефіцієнтами (γ), для отримання узагальнених оцінок фізіологічних компонентів працездатності людини при розумових навантаженнях ($\Delta\text{ТС}$; $\Delta\text{ПЗРП}$);

6) ієрархічна згортка узагальнених оцінок фізіологічних компонентів працездатності людини при розумових навантаженнях ($\Delta\text{ТС}$; $\Delta\text{ПЗРП}$) (згідно побудованої інформаційно-структурної моделі оцінки, рис. 4), з відповідними ваговими коефіцієнтами (μ), для отримання інтегральної оцінки розумової працездатності фахівця ($\Delta\text{РП}$).

Інтегральна оцінка працездатності розраховується відповідно до вікової групи обстежуваного та відображає "професійне здоров'я" фахівця людини за наступними функціональними станами – нормальний ("вікова норма" та "допустиме відхилення від вікової норми"), граничний ("критичне відхилення від вікової норми") та патологічний ("донозологічний стан").

Діапазон значень інтегральної оцінки "критичне відхилення від вікової норми" вказує на збільшення фізіологічної "ціни" виконуваної роботи, що потребує застосування засобів відновлення працездатності. Діапазон значень інтегральної оцінки "донозологічний стан" умовно відображає перенапруження адаптаційних механізмів, вказує на ризик виникнення деструктивних (патологічних) функціональних станів організму людини та обґрунтовує застосування професійно-трудова реабілітації. Отже, отриманий профіль "професійного здоров'я" фахівця інтегрально відображає об'єктивні параметри функціонального стану працівника, що обґрунтовує застосування засобів профілактики та корекції працездатності (модуль "Адаптаційний потенціал") або професійної адаптації, переорієнтації (модуль "Професійна реабілітація") (рис. 3).

Модуль "Адаптаційний потенціал" орієнтований на подолання наслідків негативної дії професійних чинників (нервово-емоційна напруженість, гіпокінезія). Функціонально розрахований на профілактику прискореного професійного старіння та відновлення працездатності фахівців, оцінка "професійного здоров'я" яких відповідає межах вікової норми та допустимого відхилення. Засобами виступають ряд фітнес-технологій, з доведеним тренувальним ефектом, які підвищують адаптаційний потенціал людини [29].

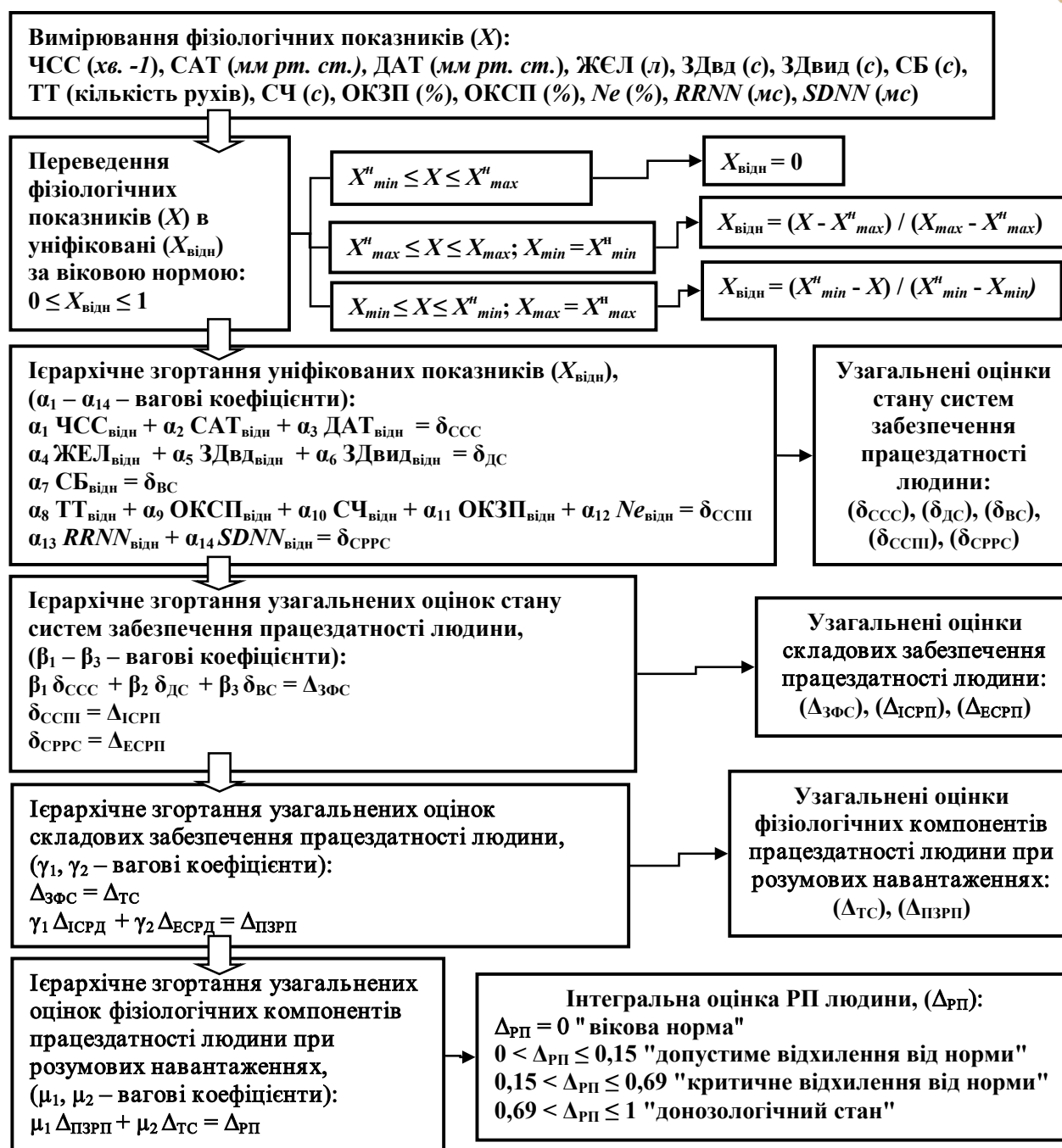


Рис. 5. Схема реалізації способу інтегральної оцінки працездатності людини при розумових навантаженнях

Ключовим принципом виступає корекція як канал зворотного зв'язку. Під величиною фітнес-навантажень у даному випадку розуміють кількісну міру тренувального впливу (обсяг та інтенсивність), яку можна охарактеризувати з "зовнішнього" і "внутрішнього" боку. "Зовнішнє" навантаження характеризується як фізичне і визначається за тривалістю і швидкістю виконаних вправ, кількістю повторів, підходів, елементів тощо. "Внутрішнє" або фізіологічне навантаження є мірою мобілізації функціональних можливостей організму під час виконання тренувальної роботи і враховується за такими показниками, як використання кисню, кисневий борг, частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, рН-крові, лактат крові тощо. З точки



зору управління "зовнішнє" навантаження характеризується прямим зв'язком, який спрямований від керуючого об'єкту (тренера-методиста) до керованого об'єкту (особи, яка виконує вправи). Цей зв'язок носить видимий характер. "Внутрішнє" навантаження характеризується зворотним зв'язком і проявляється як видима частина - біомеханічна структура рухів і невидима частина - реакція внутрішнього середовища організму людини, тобто тренувальний ефект. Ефективність зворотного зв'язку визначається за результатами діагностики функціонального стану (кардіо-респіраторна система, опорно-руховий апарат). Фітнес-технологія розробляється індивідуально, в залежності від вихідного стану організму (рівня функціонування та функціональних резервів), включає оздоровчі засоби кардіо-тренувань, засоби поліметричних тренувань та складно-координаційні вправи.

Модуль "Професійна реабілітація" розрахований на працівників із функціональним станом динамічного неузгодження (критичне відхилення від вікової норми та донозологічний стан). У даному випадку застосовуються засоби професійної адаптації та переорієнтації. Диференційовано розробляється професіографічна структура, що відображає затребуваність на ринку праці та психологічні вимоги професії до людини з виділенням основних і бажаних психічних особливостей, а також медичні протипоказання. Діагностичним методом слугує дослідження функціонального віку та визначення корелят темпу старіння людини.

Таким чином, практична значимість даної наукової розробки пов'язана з прогностичною оцінкою "професійного здоров'я" персоналу та обґрунтуванням своєчасного застосування засобів відновлення або професійно-трудової реабілітації.

5.3. Вплив вікового фактору на професійну реалізацію працівників

Реалізація запропонованої розробки Модуль "Працездатність" мала етапний характер та була впроваджена у відділі соціальної геронтології та герогієни на базі лабораторії професійно-трудової реабілітації ДУ "Інститут геронтології ім. Д. Ф. Чеботарьова НАМН України" за результатами лонгітудинального та соціально-гігієнічного дослідження 255 працездатних осіб віком 21 – 74 роки, професійно пов'язаних із різними видами праці. Аналіз результатів проводився за розподілом досліджуваних осіб на вікові групи: першого періоду зрілого віку, другого періоду зрілого віку, літнього віку.

Результати дослідження впливу вікового фактору на професійну реалізацію працівників підтвердили ефективність застосування запропонованих розробок (рис. 6).

Слід відмітити, що вивчення окремих параметрів розумової працездатності людини обмежує надання об'єктивної оцінки функціонального стану фахівця, оскільки вікове зниження швидкісних показників інформаційної обробки виявлене на тлі відсутності вікової регресії надійності розумової діяльності [31]. Аналіз структури розподілу обстежених осіб за критеріями

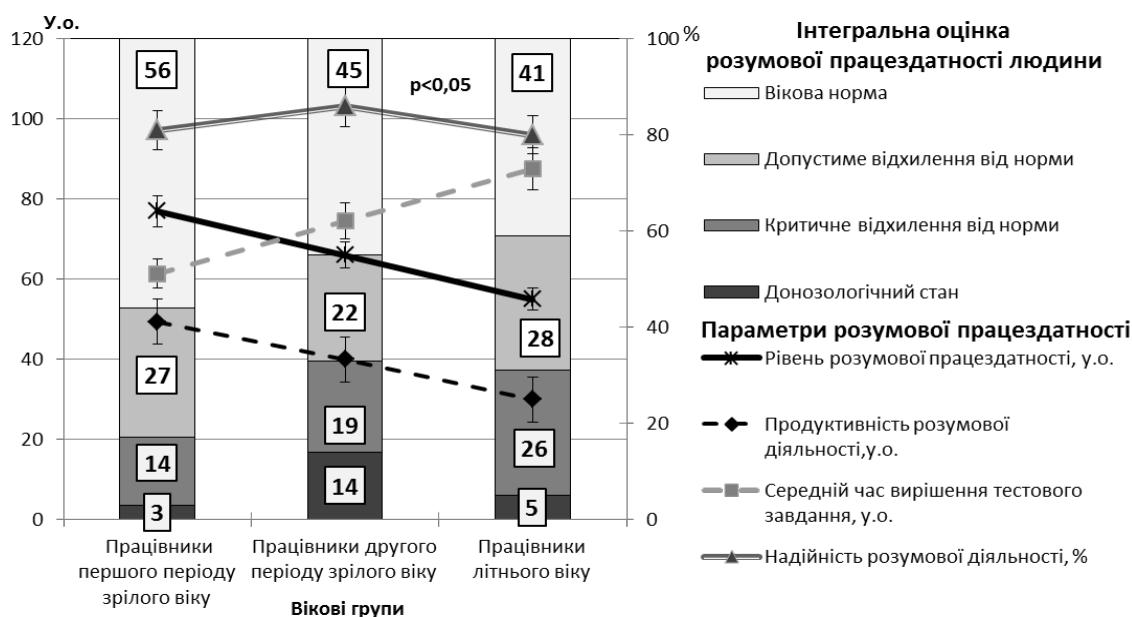


Рис. 6. Розподіл питомої частки обстежених працівників (%) у межах вікових груп за критеріями інтегральної оцінки розумової працездатності та вікові зміни значень її окремих параметрів

Інтегральної оцінки розумової працездатності виявив вікову тенденцію збільшення фізіологічних витрат забезпечення ефективності праці за зміною співвідношення осіб у досліджуваних вікових групах (рис. 6). Більше 80 % працівників віком до 35 років мають функціональні можливості забезпечення ефективності праці в межах вікової норми. У групі осіб другого періоду зрілого віку частка таких осіб зменшена до 67 %. Підвищення частки обстежених з критичним відхиленням від норми до 26 % у групі осіб літнього віку свідчить про вікову тенденцію до ризику виникнення деструктивних функціональних станів, пов'язаних з перенапруженням адаптаційних механізмів. У даному випадку рекомендовано введення засобів відновлення працездатності. Разом з тим, кількість обстежених з наявністю донозологічного стану в групі осіб літнього віку складає 5 %, і це в 3 рази менше, порівняно з особами молодшої за віком групи, що, на наш погляд, пов'язане з професійним відбором. Отже, для цих працівників застосування професійно-трудової реабілітації є фізіологічно необхідним.

Висновки

У процесі системної трансформації економіки України розв'язання проблеми професійного довголіття базується на двох магістральних напрямках: забезпечення раціонального працевлаштування та стимулювання зайнятості кваліфікованих працівників. У цьому контексті було запропоновано ергономічну технологію збереження трудової активності осіб працездатного віку для потенційного вирішення прикладного спектру завдань зовнішнього



управління трудовим процесом. Головна стратегія полягає у збереженні працездатності людини впродовж його професійного шляху за рахунок профілактики прискореного професійного старіння.

Впровадження розробленого ергономічного модулю трудової діяльності фахівця дозволяє отримати прогностичну оцінку "професійного здоров'я" персоналу та фізіологічно раціоналізувати трудову діяльність за рахунок диференційованого обґрунтування системи корекції функціонального стану та працездатності фахівця або професійної реабілітації. У глобальному плані проблема трудової реабілітації зливається з проблемою збільшення тривалості життя.

Застосування запропонованих наукових розробок має фізіолого-гігієнічне та соціально-економічне значення, оскільки слугуватиме доповненням наукових здобутків сучасної геронтології щодо радикального збільшення періоду активного, повноцінного, працездатного життя людини.



ГЛАВА 6. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ БАКТЕРИЦИДНОГО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА И ПОВЕРХНОСТЕЙ

**ELECTRICAL TECHNICAL COMPLEXES OF BACTERICIDE CONTINUATION AIR
AND SURFACE**

**ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ БАКТЕРИЦИДНОГО ЗНЕЗАРАЖЕННЯ
ПОВІТРЯ ТА ПОВЕРХОНЬ**

DOI: 10.30888/2663-9882.2020-01-017

Вступ

Ультрафіолетове бактерицидне випромінювання є дієвим профілактичним санітарно-епідемічним засобом, який подавляє життєздатність мікроорганізмів у повітряному середовищі на поверхнях та у воді [1-5].

В основі біологічної дії УФ-випромінювання лежать хімічні зміни молекул, завдяки чому ультрафіолетове випромінювання має широкий діапазон дії на мікроорганізми, в тому числі, бактерії, віруси, спори, грибки тощо. Це явище називається бактерицидною дією, яка призводить до загибелі всіх видів мікроорганізмів, що пов'язано з незворотними пошкодженнями структури ДНК. Процес починається з поглинання УФ-фотонів у мікроорганізмі [3]. В залежності від УФ-потужності і дози поглинання існує три умовних діапазони [1]:

1. При надзвичайно високій опроміненості поверхні УФ-випромінювання (1-10 кВт/см²), яка досягається тільки за рахунок використання потужних імпульсних джерел [6, 7], бактерії або інші мікроорганізми поглинають настільки багато енергії, що їх температура піднімається вище 130 °С, відбувається перегрів мікроорганізмів і їх термічне руйнування.

2. При середніх рівнях щільності УФ-випромінювання термічна деструкція не відбувається, однак, якщо потужність ще досить висока, то поглинання УФ-випромінювання зовнішніми мембранами протеїнових клітин призводить до руйнування цих мембран і далі до загибелі клітини, що виникає через витікання протоплазми.

3. При низьких рівнях опроміненості УФ-випромінювання і незначних отриманих дозах механізм інактивації не термічний, а УФ-випромінювання діє на молекулярному рівні, коли поглинання УФ-фотонів ДНК і РНК може порушити здатність мікроорганізму до відтворення [3, 8]. А оскільки вони не можуть розмножуватися, вони не можуть викликати захворювання, хоча формально вони все ще живі, оскільки відбувається обмін речовин. Саме тому слово «вбиває» не вживають до даного типу УФ-знезаражування, а використовують термін «інактивація». У сучасних системах знезараження застосовують дози УФ-опромінювання, умовно віднесені в найнижчий діапазон.



6.1. Інактивація мікроорганізмів в електротехнічних комплексах знезараження повітря та поверхонь

При розробці електротехнічних систем бактерицидного знезараження в різних сферах агропромислового комплексу (АПК), проведемо розрахунки необхідних бактерицидних величин.

Інактивація організмів відбувається за рахунок фотохімічних реакцій, ефективність яких залежить від довжини хвилі випромінювання або від енергії фотона. Тому при проектуванні та розробці електротехнічних систем бактерицидного знезараження враховуємо відносну бактерицидну ефективність УФ-випромінювання. Випромінювання, яке спричиняє бактерицидну дію, лежить у діапазоні довжин хвиль 205-315 нм [9].

Бактерицидний потік УФ-випромінювання Φ_b будемо оцінювати за співвідношенням [6]:

$$\Phi_b = \int_{205}^{315} \varphi(\lambda)_e \times S(\lambda) \times d\lambda \quad (1)$$

де $\varphi(\lambda)_e$ – густина спектрального розподілу променевого потоку випромінювання, Вт/нм; $S(\lambda)$ – спектральна бактерицидна ефективність у відносних одиницях; λ – довжина хвилі випромінювання, нм.

На практиці це співвідношення має вигляд:

$$\Phi_b = \sum_{i=1}^n \varphi(\lambda)_{e,i} \times S(\lambda)_i \times \Delta\lambda_i \quad (2)$$

де $\varphi(\lambda)_{e,i}$ – значення променевого потоку, виміряного на певному інтервалі довжин хвиль $\Delta\lambda_i$; $S(\lambda)_i$ – значення спектральної бактерицидної інтенсивності на тому ж самому інтервалі.

Значення відносної бактерицидної ефективності $S(\lambda)$ на довжинах хвиль зі значеннями, кратними 5 нм; надано в таблиці 1.

Таблиця 1.

Значення відносної бактерицидної ефективності

$\lambda, \text{нм}$	$S(\lambda)$	$\lambda, \text{нм}$	$S(\lambda)$	$\lambda, \text{нм}$	$S(\lambda)$
205	0,000	245	0,660	285	0,540
210	0,009	250	0,760	290	0,330
215	0,066	255	0,860	295	0,150
220	0,160	260	0,950	300	0,030
225	0,260	265	1,000	305	0,006
230	0,360	270	0,980	310	0,001
235	0,460	275	0,900	315	0,000
240	0,560	280	0,760	-	-

Якщо вибраний інтервал $\Delta\lambda$ довжин хвиль є меншим, ніж 5 нм, то потрібне значення $S(\lambda)$ може бути знайдене лінійною інтерполяцією. Отже,



значення $S(\lambda)$ на довжині хвилі λ , яке лежить в інтервалі довжин хвиль $\Delta\lambda_i = \lambda_{i+1} - \lambda_i$, обчислюємо за формулою:

$$S(\lambda) = S(\lambda)_i + \frac{\lambda - \lambda_i}{\Delta\lambda_i} \times (S(\lambda)_{i+1} - S(\lambda)_i), \quad (3)$$

де $\Delta S(\lambda)_i = S(\lambda)_{i+1} - S(\lambda)_i$ – різниця між значеннями $S(\lambda)$ на кінцях інтервалу, що розглядається $\Delta\lambda_i$.

За таблицею 1 для довжини хвилі 232 нм знаходимо:

$$S(232) = 0,360 + \frac{232 - 230}{235 - 230} \times (0,460 - 0,360) = 0,4$$

Інші бактерицидні величини та одиниці вимірювання визначаємо за формулами [6]:

Енергія бактерицидного випромінювання (в джоулях):

$$Q_b = \Phi_b \times t \quad (4)$$

де t – час дії випромінювання, с.

Бактерицидна випромінюваність (у ватах на метр квадратний):

$$E_b = \frac{\Phi_b}{S} \quad (5)$$

де S – площа опромінюваної поверхні.

Бактерицидна експозиція (в фотобіології – бактерицидна доза) (в джоулях на метр квадратний)

$$H_b = \frac{\Phi_b \times t}{S} = \frac{Q_b}{S} \quad (6)$$

Об'ємна густина бактерицидної енергії (в джоулях на метр кубічний)

$$g_b = \frac{Q_b}{V} \quad (7)$$

де V – об'єм опроміненого повітряного середовища.

З фізико-біологічної точки зору мікроорганізми є кумулятивними (накопичувальними) фотобіологічними приймачами. Тому, бактерицидна ефективність є пропорційною добутку опроміненості на проміжок часу, тобто визначається дозою. Кількісну оцінку бактерицидної дії (її інтенсивність) характеризують відношенням кількості N загинувших мікроорганізмів до їх початкової кількості N_0 :

$$I_b = \frac{N}{N_0} \times 100\% \quad (8)$$

Залежність бактерицидної ефективності I_b від дози H_b стосовно



мікроорганізмів виражаємо формулою:

$$I_b = a \ln H_b + b, \quad (9)$$

яка відображає закон Вебера-Фехнера, що встановлює залежність між фізичною дією на біологічний об'єкт і наслідками цієї дії.

Перетворюючи цей вираз і потім потенціюючи отримуємо:

$$H_b = e^{\frac{I_b - b}{a}} \quad (10)$$

де a та b – допоміжні константи відносно мікроорганізмів певного виду.

Ця формула і використана при створенні електротехнічних систем для комплексів бактерицидного знезараження, що дозволяє знаходити необхідне значення дози, якщо задаватися потрібним рівнем бактерицидної ефективності [3].

У таблиці 2 наводять експериментальні значення доз і бактерицидної ефективності відносно деяких видів мікроорганізмів, в разі дії на них УФ-опроміненням з довжиною хвилі 254 нм, і відповідні значення констант a і b [10].

Всі складові технологічного процесу, що впливають на бактерицидну ефективність ультрафіолетового опромінювання повітря та поверхонь різних матеріалів передбачити не можливо. Для рішення цих задач потрібно встановити закономірні залежності ефективності УФ-випромінювання від ряду чинників технологічного процесу.

Вирішення цієї задачі і є проблемним питанням, оскільки розробка електротехнічного комплексу знезараження УФ-дії для різних АПК залежить від властивостей матеріалів [11] і є невід'ємною частинною технологічного процесу.

Бактерицидну ефективність ультрафіолетового опромінення визначаємо підрахунком числа мікроорганізмів, що містяться в повітрі або на поверхні до і після опромінення, а потім оцінюємо в процентах за формулою:

$$J_{\text{бк}} = (1 - N_b / N_0) \cdot 100\% \quad (11)$$

де N_0 - число мікроорганізмів до опромінення; N_b - число мікроорганізмів після опромінення.

Бактеріологічні дослідження повітря, здійснені на ряді підприємств харчової промисловості передбачали визначення загальної кількості вмісту мікроорганізмів та золотистого стафілококу в 1 м³ повітряного середовища приміщення. Для визначення загальної кількості мікроорганізмів прокачували 100 л повітря, а для *Staphylococcus aureus* – 250 л із швидкістю 25 л/хв.

Для визначення загальної кількості мікроорганізмів в 1 м³ повітря відбір проб здійснювали на 2% поживному агарі, що забезпечує комплексний ріст більшості бактерій. Після інкубації посівом при 37⁰С на протязі 24 годин виконували підрахунок колоній і робили перерахунок на 1 м³.



Таблиця 2

Значення доз і бактерицидної ефективності, а також констант a та b

Види мікроорганізмів	Дози, Дж/м ² , за бактерицидної ефективності, %		Значення допоміжних констант	
	90	99,9	a	b
Бактерії:				
золотистий стафілокок (staphylococcus aureus)	49,5	66	34,4	44,3
епідермічний стафілокок (staphylococcus epidermidis)	33	57	18,2	27,0
гемолітичний стрептокок (staphylococcus haemoliticus)	21	55	10,3	59,0
зеленіший стрептокок (staphylococcus viridans)	20	38	15,4	44,0
дифтерійна паличка (corynebakterium diphteria)	34	65	15,3	36,0
туберкульозна паличка (micobacterium tuberculosis)	54	160	16,0	26,0
жовта сарцина (sarcina flava)	197	264	33,8	88,7
- спори сінної палички (bacillus subtilis)	120	220	16,3	12,0
- кишкова паличка (Escherichia coli)	30	66	12,6	47,2
- черевнотифна паличка (salmonella typhi)	21	41	14,8	45,0
- дизентерійна паличка (shigella)	16	42	10,3	62,0
- салмонела ентеритидіс (salmonella enteritidis)	40	76	15,4	33,0
салмонела мишачого тифу (salmonella typhimurium)	80	152	15,4	24,0
- синьогнійна паличка (Pseudomonas aeruginosa)	55	105	15,3	28,6
- ентерокок (enterococcus)	40	120	7,0	56,8
Віруси:				
вірус грипу	36	66	16,3	31,5
бактеріофаг кишкової палички	36	66	16,3	31,5
Грибки:	3 14-640	-	-	-
- дріжджові грибки	120	-	-	-
- дріжджеподібні грибки	120-	364 –	-	-
- пліснявні грибки	1800	3300	-	-

Крім того, враховували седиментацію – процес зниження кількості



концентрації мікроорганізмів в повітряному середовищі, внаслідок осідання частинок пилу під дією сили тяжіння. На процес седиментації також впливає рухомість повітряного середовища, як показано в роботі [3]. Формула, завдяки зниженню кількості мікроорганізмів N_B від початкового рівня N_0 із-за седиментації набуде наступного вигляду:

$$N_B = N_0 \exp(-K_c \cdot t) \quad (12)$$

де K_c - постійний коефіцієнт, значення якого залежить від рухомості повітряних потоків в приміщенні.

Проведені дослідження цього рівняння показали, що для спокійного повітряного середовища $K_c = 1,7 \cdot 10^4 \cdot \text{с}^{-1}$, при перемішуванні повітря з допомогою вентиляторів або приточної вентиляції цей показник змінюється в діапазоні значень $K_c = (0,5 - 0,85) \cdot 10^4 \cdot \text{с}^{-1}$, при інтенсивному $K_c = 0$ [Ошибка! Закладка не определена.].

При опроміненні мікроорганізмів спостерігається експоненціальна залежність між числом тих, що вижили мікроорганізмів N_B від початкового рівня N_0 і значенням дози N_S або N_V .

Такий процес при опроміненні поверхні апроксимується виразом [5]:

$$N_B = N_0 \exp(-\sigma_s H_s) \quad (13)$$

а при опроміненні об'ємів:

$$N_B = N_0 \exp(-\sigma_v H_v) \quad (14)$$

де: σ_s , σ_v - константи, що характеризують значення фоточутливості даного виду мікроорганізму відповідно при поверхневому або об'ємному ультрафіолетовому опроміненні.

Використовуючи формули (13) і (14), отримаємо вираз для бактерицидної ефективності при опроміненні поверхні:

$$J_{\text{бк}} = (N_B / N_0) 100 = (1 - \exp(-\sigma_s H_s)) \cdot 100\% \quad (15)$$

і при об'ємному опроміненні:

$$J_{\text{бк}} = (N_B / N_0) 100 = (1 - \exp(-\sigma_v H_v)) \cdot 100\% \quad (16)$$

З цих виразів випливає, що в граничних випадках, при відсутності загиблих мікроорганізмів після опромінення, бактерицидна ефективність дорівнює нулю, а при повному їх знищенні бактерицидна ефективність дорівнює 100 %. Очевидно, що σ як константа фоточутливості даного виду мікроорганізму (біоприймача УФВ), є основною характеристикою процесу впливу випромінювання.

У табл. 3 наведені значення констант для деяких мікроорганізмів при їх опроміненні на поверхні або в повітрі ультрафіолетовим випромінюванням з довжиною хвилі 253,7 нм.

Перетворюючи формули (15) і (16) [5] і використовуючи взяті з табл. 3



значення констант, можемо визначити необхідне значення дози для

Таблиця 3

Константи фоточутливості для деяких мікроорганізмів при опроміненні поверхні (σ_v , м³/Дж) та повітряних об'ємів (σ_s , м³/Дж)

Бактерії	σ_s	σ_v	Грибкові дріжджі	σ_s	σ_v
Bacillus anthracis	0,051	0,0195	Хлібопекарські дріжджі	0,060	
Bacillus megatherium (veg)	0,084	0,034	Пивні дріжджі	0,070	-
Bacillus megatherium (spores)	0,178	0,0743	Дріжджіподібні гриби	0,038	-
Bacillus paratyphosus	0,072	0,0274	Saccharomyces cerevisiae	0,038	-
Bacillus subtilis (veg)	0,032	0,0123	Saccharomyces ellipsoideus	0,038	-
Bacillus subtilis (spores)	0,019	0,0073	Saccharomyces sp.	0,029	-
Campylobacter jejuni	0,209	0,0768	Спори плісняви		
Clostridium tetani	0,019	0,0073			
Corynebacterium diphtheriae	0,069	0,026			
Бацили дизентерії	0,105	0,040			
Eberthella typhosa	0,108	0,041	Aspergillus flavus	0,003	-
Escherichia coli	0,077	0,029	Aspergillus glaucus	0,004	-
Klebsiella terrifani	0,089	0,034	Aspergillus niger	0,0014	-
Micrococcus Candidus	0,038	0,015	Mucor racemosus	0,013	-
Phytomonas tumefaciens	0,023	0,0088	Oospora lactis	0,046	-
Mycobacterium tuberculosis	0,038	0,015	Penicillium expansum	0,018	-
Nesseria catarrhalis	0,053	0,020	Penicillium roqueforti	0,018	-
Micrococcus sphaeroides	0,053	0,020	Rhizopus nigricans	0,002	-
Pseudomonas aeruginosa	0,042	0,014	Віруси		
Pseudomonas fluorescens	0,065	0,025			
Proteus vulgaris	0,086	0,035			
Salmonella enteritidis	0,058	0,022	Гепатит А	0,032	0,011
Salmonella paratyphi	0,072	0,068	Вірус грипу	0,064	0,024
Salmonella typhimurium	0,029	0,011	MS-2 Coliphage	0,012	0,0043
Sarcina lutea	0,012	0,0045	Поліовірус	0,040	0,015
Scratia marcescens	0,095	0,037	Ротавірус	0,028	0,0107
Shigella paradysenteriae	0,141	0,051	Найпростіші		
Shigella sonnei	0,077	0,029			
Staphylococcus aureus	0,047	0,0179			
Staphylococcus faecalis	0,053	0,020	Cryptosporidium parvum	0,092	0,033
Staphylococcus hemolyticus	0,106	0,042	Giardia lamblia	0,209	0,0768
Streptococcus lactus	0,037	0,014	Водорості		
Streptococcus viridans	0,043	0,115			
Холерний вібріон (V.comma)	0,066	0,025			
			Холера звичайна	0,019	-



мікроорганізмів при заданій бактерицидній ефективності 90, 95, 99 або 99,9 % при поверхневому або об'ємному опроміненні:

$$H_s = -L \ln(1 - J_{\text{бк}} 10^{-2}) \gamma \sigma_s, \text{Дж/м}^2 \quad (17)$$

$$H_v = -L \ln(1 - J_{\text{бк}} 10^{-2}) \gamma \sigma_v, \text{Дж/м}^3 \quad (18)$$

Використовуючи формулу (16) та формулу, перетворену із рівняння (14), яка виражає залежність кількості мікроорганізмів, що вижили під дією УФ випромінювання, отримаємо:

$$N_B = N_0 \exp\left(-\frac{\sigma_v K_\Phi \Phi_{\text{бл}} \cdot \tau \cdot t}{V}\right) \quad (19)$$

Це співвідношення дозволяє знайти залежність зниження кількості мікроорганізмів під дією одночасно двох факторів – УФ-випромінювання та седиментації:

$$N_B = N_0 \exp\left(-\frac{\sigma_v K_\Phi \Phi_{\text{бл}} \cdot \tau \cdot t}{V}\right) \cdot \exp(-K_c \cdot t) \quad (20)$$

Тоді з врахуванням того, що $N_B = N_0 - N_{\text{п}}$, отримаємо вираз і для бактерицидної ефективності

$$J_{\text{бк}} = \frac{N_B}{N_0} \cdot 100 = \left(1 - \frac{N_B}{N_0}\right) \cdot 100 = \left(1 - \exp\left(-\left(\frac{\sigma_v K_\Phi \Phi_{\text{бл}} \cdot \tau}{V} + K_c\right) \cdot t\right)\right) \cdot 100 \quad (21)$$

За подібним принципом визначаємо бактерицидну ефективність і при поверхневому опроміненні за формулою (13):

$$J_{\text{бк}} = \frac{N_B}{N_0} \cdot 100 = \left(1 - \frac{N_B}{N_0}\right) \cdot 100 = \left(1 - \exp\left(-\left(\frac{\sigma_s E_{\text{бк}}}{V}\right) \cdot t\right)\right) \cdot 100 \quad (22)$$

Використаємо на практиці вище запропонований підхід на прикладі розроблених електротехнічних комплексів бактерицидного знезараження білкової маси та активованого вугілля.

6.2. Розробка електротехнічного комплексу знезараження білкової маси

Проблема забезпечення тривалості зберігання харчових продуктів з високим і проміжним вмістом води без створення відповідних умов зберігання була і залишається однією з найважливіших завдань харчової промисловості [12].

Вода, перебуваючи в їжі у вільному і зв'язаному стані, є істотним чинником збереження водорозчинних вітамінів, запобігає окисленню жирів, неферментативному потемнінню продукту. Але, в той же час, вона сприяє



сприятливому розвитку патогенної мікрофлори, що викликає швидке псування продукту. У зв'язку з цим, проведення знезараження (стерилізації) в процесі виробництва є необхідною технологічною операцією для отримання продукту, безпечного в санітарно-гігієнічному відношенні. Використання УФ-випромінювання на різних етапах виробництва дозволяє розробити електротехнічні комплекси бактерицидного знезараження [13].

Для виявлення на етапах виробництва білкової маси ймовірного мікробіологічного забруднення, розглянемо особливості технологічного процесу.

Стадії технологічного процесу виробництва білкової маси передбачають: приймання молока та сортування за якістю; очистку від механічних домішок та охолодження молока; нагрівання та сепарацію; утворення нормалізованої суміші з очисткою та пастеризацією; згущення нормалізованого молока; гомогенізацію згущеного молока; сушка згущеного молока; охолодження білкової маси; фасування готового продукту в тару.

Як показали результати дослідження проведені на підприємстві ТОВ «Бучацький сирзавод» після сушки при фасуванні, а ще більше під час зберігання на 5-7 день білкова маса не відповідає вимогам НД за показниками [14]: бактерії групи кишкової палички (БГКП) та мезофільні аеробні і факультативно анаеробні мікроорганізми (МАФАНМ).

В таблиці 4 наведена інформація щодо кількості бактерій в готовому продукті. Відбір проб проведено із 30 партій в літній період часу червень-липень.

Як показали результати аналізу (табл. 4) невідповідність білкової маси вимогам нормативної документації за кількістю МАФАНМ складає 35%.

Таблиця 4

Кількість бактерій в білковій масі після сушки та після зберігання

Відбір проб для аналізу	Найменування показників	
	Кількість БГКП (КУО/0,1г) при нормуючому значенні не допускається (ДСТУ ISO 4831:2006 [15])	Кількість МАФАНМ (КУО/1г) при нормуючому значенні не більше 5×10^4 КУО/г (ISO 4833:2006)
Після сушки при фасуванні	Не виявлено	від $2,5 \times 10^4$ до $6,5 \times 10^4$ *
Через 3 дні після фасування	Не виявлено	від 7×10^4 до $1,1 \times 10^3$
Через 5 днів після фасування	Не виявлено	від $1,5 \times 10^3$ до $3,5 \times 10^3$
Через 7 днів після фасування	Не виявлено	від $3,5 \times 10^3$ до $8,5 \times 10^3$
* із 30 відібраних партій 35% продукції не відповідає вимогам НД за кількістю		



МАФАНМ

Встановлено, що на всіх технологічних операціях мікробіологічного забруднення не виявлено, а тільки в бункері сушіння білкової маси повітря, що надходить на сушку не задовольняє вимогам нормативної документації по загальному мікробному числу (табл. 5). І навіть після короткочасної термічної обробки загальне мікробне число перевищує допустимі норми в середньому на 25%.

Таким чином, з врахуванням виявлених груп бактерій розроблено електротехнічний комплекс бактерицидного знезараження білкової маси (рис.1).

Таким чином, згідно розробленого комплексу виробництва білкової маси з використанням УФ-опромінювання знезараження відбувається на декількох етапах: 1 – знезараження повітря, що використовується при сушці білкової маси; 2 – знезараження білкової маси та пакувальної тари при фасуванні; 3 – знезараження повітря в приміщенні фасування.

Таблиця 5

Показники забруднення повітря

Місце відбору проб	ЗМЧ (КУО/1м ³) при нормуючому значенні до 500 од.	Кількість стафілококів та стрептококів (КУО/1м ³) при нормуючому значенні до 10 од.
Повітря в бункері сушіння продукту	350-650	3-7
Повітря в бункері цеху фасування	300-750	6-14

При впровадженні електротехнічного комплексу бактерицидного знезараження білкової маси (рис.1) були отримані наступні результати по мікробіологічному обсіменінню готового продукту (табл. 6 та 7).

Як свідчать результати таблиць 6 та 7 впровадження електротехнічних систем бактерицидного знезараження для комплексу виробництва білкової маси забезпечило отримання чистого продукту за показниками мікробіологічного забруднення.

Таблиця 6

Показники забруднення повітря при впровадженні електротехнічного комплексу бактерицидного знезараження

Місце відбору проб	ЗМЧ (КУО/1м ³) при нормуючому значенні до 500 од.	Кількість стафілококів та стрептококів (КУО/1м ³) при нормуючому значенні до 10 од.
Повітря в бункері сушіння продукту	100-250	Не виявлено
Повітря в бункері	50-100	Не виявлено



цеху фасування		
----------------	--	--

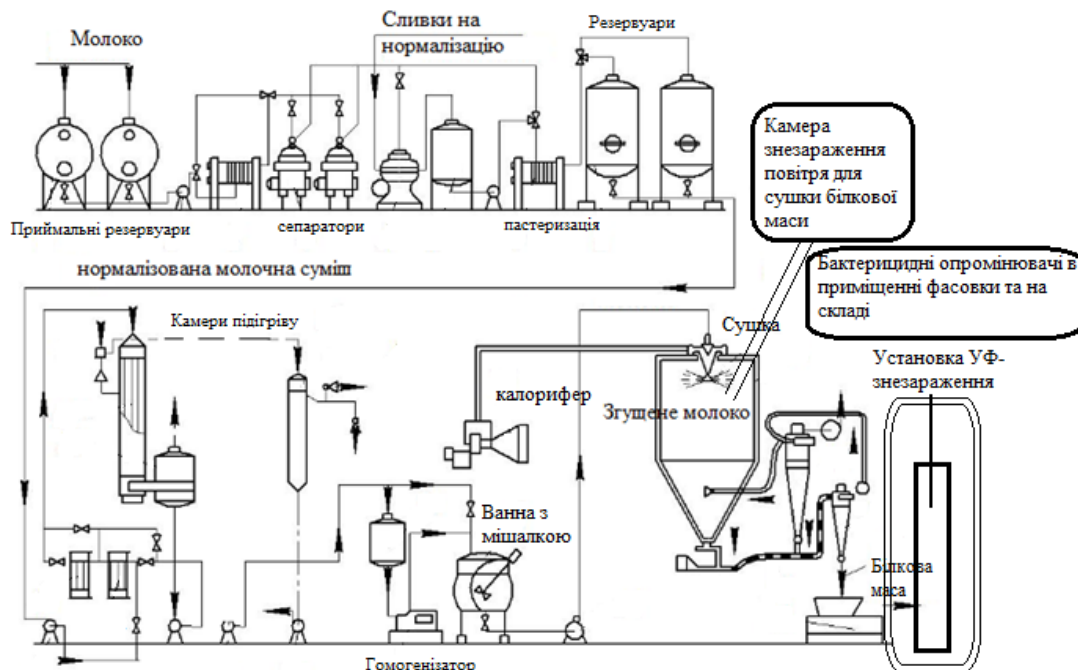


Рис. 1. Схема розробленого електротехнічного комплексу бактерицидного знезараження білкової маси

Таблица 7

Кількість бактерій в білковій масі після сушки та після зберігання при впровадженні електротехнічного комплексу бактерицидного знезараження

Відбір проб для аналізу	Найменування показників	
	Кількість БГКП (КУО/0,1г) при нормуючому значенні не допускається (ДСТУ ISO 4831:2006)	Кількість МАФАНМ (КУО/1г) при нормуючому значенні не більше 5×10^4 КУО/г (ISO 4833:2006)
Після сушки при фасуванні	Не виявлено	$1,0 \times 10^4$ *
Через 5 днів після фасування	Не виявлено	$1,2 \times 10^4$ *

* в таблиці наведені середні значення, що отримані при аналізі 20 партій

При розробці електротехнічного комплексу бактерицидного знезараження білкової маси під дією УФ-випромінювання використано електротехнічну систему, де реалізований технічно новий підхід – знезараження під дією вільного падіння. Детальний розгляд технічного підходу і пристрою для УФ-опромінювання частинок з розміром до 50 мкм більш детально розглянуто в роботах [12, 16].

6.3. Розробка електротехнічного комплексу знезараження активованого вугілля

Присутність деяких мікроорганізмів в нестерильних лікарських засобах, в



тому числі і в активованому вугіллі, може знижувати терапевтичну дію, або навіть інактивувати її, крім того існує можливість негативної дії цих мікроорганізмів на пацієнта.

Критерії прийнятності мікробіологічної чистоти нестерильних лікарських засобів встановлені в [17]. Загальна кількість аеробів, КУО/г, має не перевищувати 10^3 , а загальна кількість грибів, КУО/г не перевищувати 10^2 .

В Україні для виробництва вугілля активованого медичного призначення використовується сировина торгівельної марки «Сілкарбон», окремі партії якої за даними результатів дослідження в державній науково-дослідній лабораторії з контролю якості лікарських засобів інституту гігієни та медичної екології імені О.М. Марзеєва не відповідають вимогам [Ошибка! Закладка не определена.Ошибка! Закладка не определена.] за загальним вмістом дріжджових та плісневих грибів (табл. 8).

Таблиця 8

Результати перевірки відповідності вугілля активованого вимогам нормативної документації

Показники	Вимоги НД (МКЯ № UA/11425/01/01), КУО/г	Результати аналізів, КУО/г
Мікробіологічна чистота: - загальне число аеробних мікроорганізмів (ТАМС); - загальне число дріжджових та плісневих грибів (ТУМС)	не більше 10^3 не більше 10^2	500 (відповідає) 2575 (не відповідає)

Проведений аналіз технологічного процесу виробництва активованого вугілля показав, що мікробіологічного забруднення не виявлено на всіх виробничих лініях, але після зберігання активованого вугілля загальне число дріжджових та плісневих грибів (ТУМС) перевищує допустимі норми (табл. 9).

Причина появи мікробіологічного забруднення, пов'язана з механізмом активації, оскільки адсорбційна ймовірність зростає в декілька раз, що приводить в процесі зберігання до накопичення в порах дріжджових і плісневих грибів.

Для розробки електротехнічного комплексу знезараження активованого вугілля з використанням УФ-випромінювання розглянемо технічні підходи [18], що можуть бути використані при знезараженні харчових продуктів з розміром частинок, що не перевищує декілька мікрон.

Відомо, що в харчовій промисловості при знезараженні порошкоподібних матеріалів перевагу віддають фізичним, так званим безреагентним методам [19], оскільки при їх використанні не змінюється склад і властивості матеріалів, що підлягають обробці. При цьому використання тих чи інших технічних рішень для різних дрібнодисперсних частинок потребує проведення ряду



експериментальних робіт спрямованих на пошуки найбільш ефективних альтернативних підходів.

Таблиця 9
Показники мікробіологічної чистоти активованого вугілля після зберігання

Показники (мікробіологічна чистота)	Вимоги НД (МКЯ № UA/11425/01/01), КУО/г	Результати аналізів після активації або зберігання (днів), КУО/г			
		1	30	90	180
загальне число аеробних мікроорганізмів (ТАМС);	не більше 10^3	до 50	50-100	150- 280	350- 500
- загальне число дріжджових та плісневих грибів (ТУМС)	не більше 10^2	-	до 25	100- 450	1500- 4800

На рисунку 2 наведена схема електротехнічного комплексу бактерицидного знезараження активованого вугілля з використанням УФ-випромінювання або УФ-випромінювання з озонуванням.

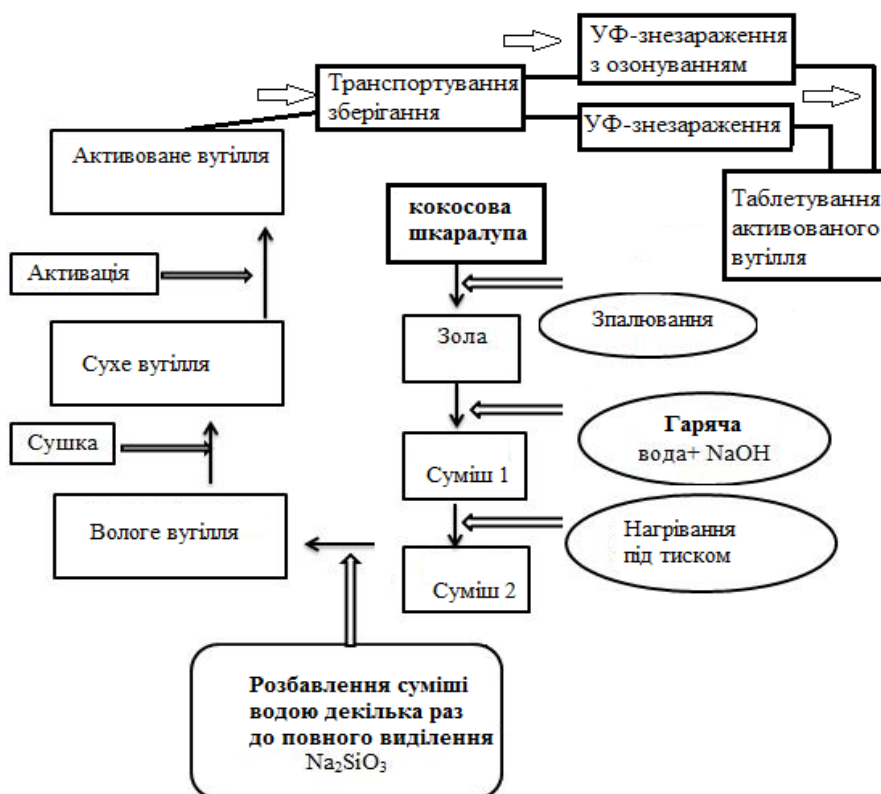


Рис. 2. Схема розробленого електротехнічного комплексу знезараження активованого вугілля з використанням УФ-опромінювання



Таким чином, згідно розробленого комплексу бактерицидного знезараження активованого вугілля процес інактивації мікроорганізмів може відбуватися на етапі таблетування за однією із схем: 1 – знезараження під дією УФ-випромінювання та озонування з дозою 1200 Дж/м^2 ; 2 – УФ-знезараження в камері опромінення під дією сили вільного тяжіння з використанням імпульсних ламп, пікова інтенсивність яких склала 100 кВт/см^2 .

При впровадженні електротехнічного комплексу бактерицидного знезараження активованого вугілля (рис. 2) були отримані наступні результати по мікробіологічному забрудненню (табл. 10).

Таблиця 10

Результати мікробіологічного забруднення активованого вугілля після впровадження електротехнічного комплексу УФ-знезараження

Показники (мікробіологічна чистота)	Вимоги НД (МКЯ № UA/11425/01/01), КУО/г	Результати аналізу при використанні різних методів знезараження, КУО/г	
		УФ- знезараження з озонуванням	УФ- знезараження
- загальне число аеробних мікроорганізмів (ТАМС);	не більше 10^3	$0,45 \cdot 10^2$	$0,55 \cdot 10^2$
- загальне число дріжджових та плісневих грибів (ТУМС)	не більше 10^2	$0,3 \cdot 10^2$	$0,25 \cdot 10^2$

Результати експериментальних досліджень показали, що досягти оптимальних параметрів за мікробіологічним забрудненням активованого вугілля можна використовуючи комбінацію УФ-випромінювання та озонування в камерах опромінювання [18], а також при використанні імпульсних ламп ультрафіолетової дії [7].

При розробці електротехнічного комплексу бактерицидного знезараження активованого вугілля під дією УФ-випромінювання застосовано електротехнічний пристрій, який використаний при знезараженні білкової маси [14, 16].

Висновки

В представленій роботі встановлені бактерицидні величини, параметри та критерії невідповідності продукції за мікробіологічними показниками: білкової маси та активованого вугілля. Розроблено електротехнічний комплекс



бактерицидного знезараження білкової маси з врахуванням показників забруднення повітря, кількістю бактерій групи кишкової палички (БГКП) та мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ) в білковій масі. При знезараженні білкової маси використано технічно новий підхід - електротехнічну систему знезараження частинок під дією вільного падіння. Розроблено електротехнічний комплекс бактерицидного знезараження активованого вугілля від дріжджових і плісневих грибів. Процес інактивації мікроорганізмів відбувається за однією із схем: 1 – знезараження під дією УФ-випромінювання та озонування з дозою 1200 Дж/м²; 2 – УФ-знезараження в камері опромінення з використанням імпульсних ламп при піковій інтенсивності 100 кВт/см².



**ГЛАВА 7. БИОСИНТЕЗ ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ
БАЗИДИОМИЦЕТАМИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО И МЕДИЦИНСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**
**BIOSYNTHESIS OF POLYPHENOLIC SUBSTANCES OF BASIDIOMYCETES AND THE
PROSPECTS OF THEIR BIOTECHNICAL AND MEDICAL USE**
**БІОСИНТЕЗ ПОЛІФЕНОЛЬНИХ РЕЧОВИН БАЗИДІОМІЦЕТАМИ І
ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА МЕДИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ**
DOI: 10.30888/2663-9882.2020-01-010

Introduction

Recently, the attention of scientists and specialists in various industries has been attracting polyphenolic substances and pigments of natural origin. These substances, namely polyphenols and low molecular weight compounds – carotenoids and melanin, many have antioxidant properties and are widely used in various industries, medicine, and organisms – producers of these compounds are involved in biotechnological industries [1, 2].

Among substances of the secondary metabolism of fungi with high antioxidant properties, a recognized place is occupied by substances of a polyphenolic nature and pigments – carotenoids and melanin [3, 4].

Polyphenolic substances are compounds containing more than one phenolic group. Carotenoids – natural pigments, Polyenes of the isoprenoids of the terpene series, which are widespread in wildlife. Melanins are a group of low molecular weight organic black or brown pigments formed during the oxidative polymerization of phenols.

These compounds are widely used. In particular, exhibiting medicinal properties – radio and photoprotective, immunomodulating, anti-carcinogenic, they are used in medicine with appropriate therapy. Normalizing and regulating the basic vital functions, they play a significant role in the formation of stress resistance and adaptation of organisms. Products and drugs rich in these substances, due to their availability, mild effect on the body, absence or relatively low toxicity, are the most promising for correlation of the antioxidant status of the human body [6, 7].

In addition, polyphenols and natural pigments are widely used and are in high demand in various industries.

A number of studies have shown a correlation of antioxidant activity with the content of phenolic compounds in mushroom and plant extracts. There is an increased interest in obtaining biologically active additives and the creation of functional products with a high content of physiologically active substances based on polyphenolic bioantioxidants – high molecular weight natural compounds that are widely found in mushroom raw materials.

The search for new producers of polyphenols, carotenoids and melanins is carried out by attracting organisms of new systematic groups. A thorough study of the ability to synthesize these substances by Mycological objects has begun recently.



For example, the content of some polyphenolic substances in the fruiting bodies of higher basidium fungi of the species *Lentinula edodes*, *Inonotus obliquus*, *Phellinus robustus*, *Ganoderma applanatum*, *Fomes fomentarius*, etc. *Blakeslea*, *Ghoanephora*, *Saccharomyces* and *Phycomyces* [7, 8].

However, the available data do not adequately characterize the quantitative content of polyphenols, melanins, and carotenoids in fruiting bodies and cultures of basidium fungi, which necessitates further screening in this direction. The results of such work would allow us to recommend certain species for isolation in a pure culture and development of technologies for their cultivation and production of phenolic substances. In addition, pharmacologically active substances of fungal origin, in comparison with products of chemical synthesis, are less toxic and more effective when used [9, 10].

On the basis of foregoing, the aim of this stage of the work was to establish the general content, screening of strains of basidiomycetes, the active producers of polyphenols, carotenoids, and melanins during their periodic surface cultivation on glucose-peptone medium.

7.1. Materials and methods of the study

The research materials were mycelium and culture fluid of Basidiomycetes strains. In the basis of the results of preliminary screening, biotechnologically valuable 58 strains were selected for 13 species of the phylum *Basidiomycota*, *Polyporales* orders: *Daedalea quercina* Dq-08, *Ganoderma lucidum* Gl-2, *Irpex lacteus* Il-4k, *Fomes fomentarius* T-10, *Laetiporus sulphureus* Ls-08 and *Agaricales*: *Agrocybe cylindracea* 167, 218 and 960, *Fistulina hepatica* Fh-08, *Lentinula edodes* 523, *Flammulina velutipes* F-03, F-06, F-073, F-1, F-10, F-102, F-104, F-107, F-112, F-2, F-202, F-204, F-610 and F-vv, *Pleurotus citrinopileatus* P-ctr, *Pleurotus eryngii* P-er, *Pleurotus ostreatus* D-140, Hk-35, P-004, P-01, P-035, P-039, P-081, P-082, P-083, P-087, P-088, P-089, P-105, P-107, P-12k, P-191, P-192, P-203, P-206, P-208, P-209, P-210, P-2175, P-447, P-6v, P-kl, P-14 P-4k, P-91, P-94 and P-998, *Schizophyllum commune* Sc-10. The systematic position of the strains was established according to modern literature [11, 12]. All studied strains are stored in the Collection of hat mushroom cultures at the M.G. Kholodny of Institute of Botany National Academy of Sciences of Ukraine (IBK), having the status of the National Heritage of Ukraine [1, 13]. To study the intensity of lipid peroxidation processes of cultures, vegetative mycelium was cultivated using periodic surface method on glucose-peptone medium (GPM) of the following composition (g/dm³): glucose – 10.0; peptone – 3.0; KH₂PO₄ – 0.6; K₂HPO₄ – 0.4; MgSO₄ × 7 H₂O – 0.5; CaCl₂ – 0.05; ZnSO₄ × 7 H₂O – 0.001; distilled water – up to 1 dm³ [13]. Cultivation was carried out in Erlenmeyer flasks with a volume of 250 cm³ containing 50 cm³ of culture medium. The determination of the total content of polyphenols (PF) was carried out in alcohol extracts according to the modified Folin-Ciocalteu method. The mass fraction of polyphenols (W) was calculated by the formula [3, 5]:

$$W = (D - D_{\text{inter}}) \cdot V_s / (S_{\text{std}} \cdot m_s \cdot w_{\text{dm}, s}), \quad (1)$$



where: m_s – sample weight; D – optical density of the solution; D_{inter} – intersection point of the calibration line with the axis Y ; S_{std} – slope of the calibration line; V_s – extract volume (10 cm^3); $w_{dm, s}$ – dry matter content in the sample. The determination of the number of carotenoids was carried out in mycelium per unit mass, g and culture fluid (CF) per unit volume, cm^3 by spectrophotometric method and was calculated according to the Wetstein formula [4, 14].

$$C_{K+KC} = 4,695 \times D_{440-0,268} \quad (2)$$

Then, the pigment content in the test material was calculated in terms of wet or dry weight [14]:

$$A = \frac{C \cdot V}{n \cdot 1000}, \quad (3)$$

where: A – pigment content in the prototype; C – pigment concentration found according to the Wetstein formula, mg/dm^3 ; V – extract volume, cm^3 ; n – sample weight, g; 1000 - coefficient for conversion of pigment concentration to 1 cm^3 .

The studies were carried out in triplicate. Data are expressed as mean values $\pm$ error. Statistical analysis was performed using OriginPro 8.5.1 software (Origin-Lab Corporation, USA), and samples were compared using one-way ANOVA. The difference $P < 0.05$ was considered statistically significant compared with the control.

7.2. The total content of polyphenolic substances

According to the results of previous studies, it was found that the biosynthesis and maximum accumulation of polyphenolic (PF) substances in cultures of basidiomycetes occurs at the end of exponential and in phases of slow and stationary growth [4, 7]. Based on this, at the end of the cultivation period of the strains, on the 12th day, the total content of polyphenolic substances in the mycological material was determined in terms of absolutely dry biomass.

The analysis of experimental data (Fig. 1) showed a positive correlation between the content of polyphenolic substances in mycelium and CF in 95% of experiments. Also, the vast majority of strains are characterized by the predominance of the content of polyphenols in the cultural substance over such in mycelium. The exception here is the strain *A. cylindracea* 167 and the strain *F. velutipes* F-02.

According to the recorded indicator in the culture filtrate, the studied strains can be divided into three groups.

The first group with a high content of polyphenolic substances in CF - more than 100 mg/g consists of five strains: *F. hepatica* Fh-08, *F. fomentarius* T-10, *L. sulphureus* Ls-08, *F. velutipes* F-03 and *P. eryngii* P-cr. The second group consists of eight strains with a high content of PF substances from 80 to 100 mg/g: *G. lucidum* Gl-2, *F. velutipes* F-202 i F-204, *P. ostreatus* P-192, P-12k, P-206 i P-94, *S. commune* Sc-10. The largest third group of forty-five strains of the order Agaricales: *A. cylindracea* 167, 218, 960, *L. edodes* 523, *F. velutipes* F-06, F-073, F-1, F-10, F-102, F-104, F-107, F-112, F-2, F-vv, F-610, *P. citrinopileatus* P-citr.,



P. ostreatus D-140, Hk-35, P-004, P-01, P-035, P-039, P-081, P-082, P-083, P-087, P-088, P-089, P-105, P-107, P-191, P-203, P-208, P-209, P-210, P-6v, P-cl, P-14, P-4c, P-91, P-998, P-447, P-2175 and of the order *Polyporales*: *D. quercina* Dq-08, *I. lacteus* Il-4k with the level of PF in CF up to 80 mg/g.

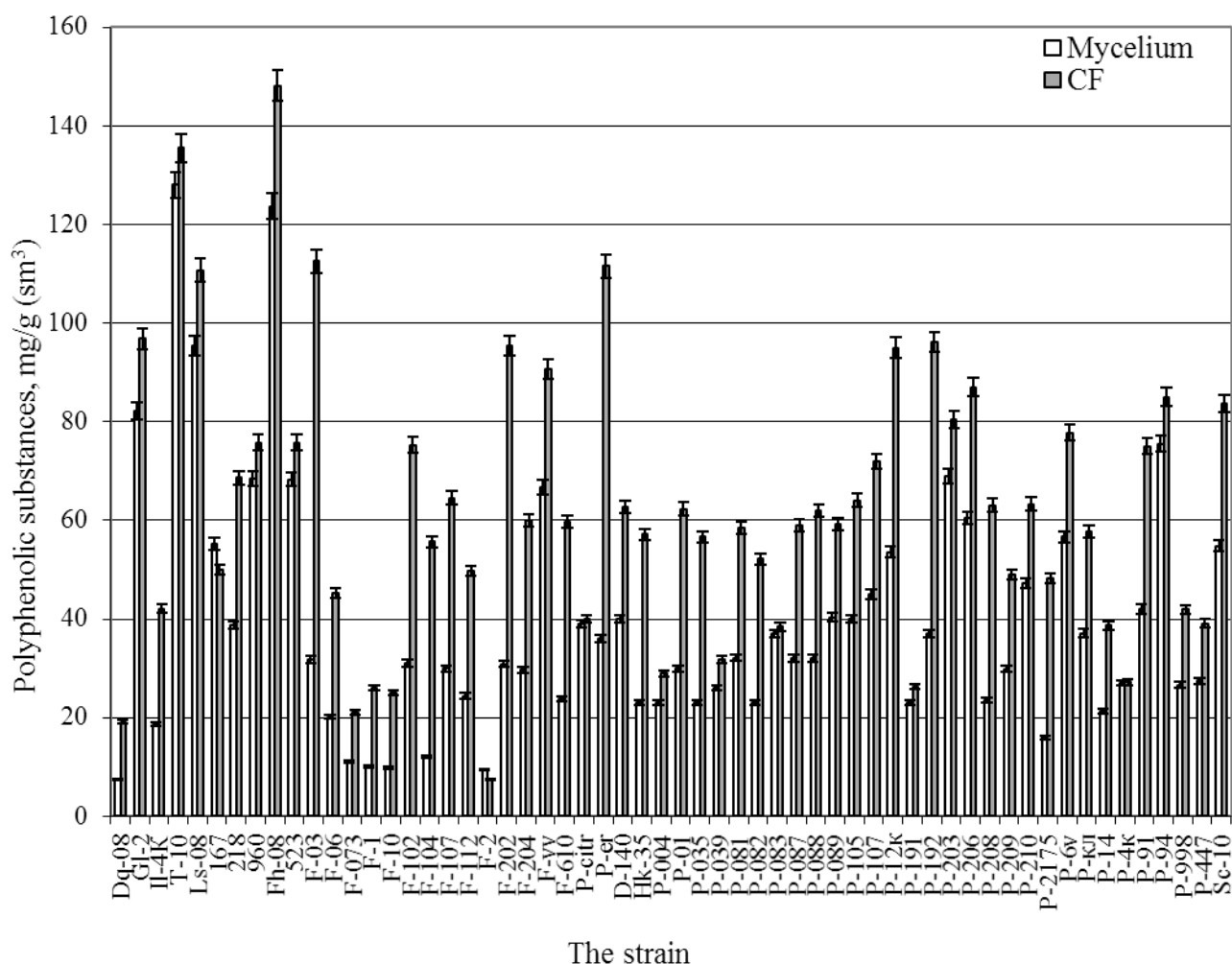


Figure 1. The total content of polyphenolic substances in the mycelium and CF strains of basidiomycetes on the 12th day of cultivation

According to the content of polyphenolic substances in the mycelium, the studied strains are also divided into three groups.

Four strains belong to the first group with high PF of mycelium substances - more than 80 mg/g: *F. fomentarius* T-10, *F. hepatica* Fh-08, *L. sulphureus* Ls-08 and *G. lucidum* Gl-2. The second group consists of twelve strains with a high content of polyphenols from 40 to 80 mg/g: *A. cylindracea* 167, 960, *L. edodes* 523, *F. velutipes* F-vv, *P. ostreatus* P-107, P-203, P-206, P-210, P-6v, P-12k, P-94 and *S. commune* Sc-10. The third group - the most numerous - of the forty-two strains: order *Agaricales*: *A. cylindracea* 218, *F. velutipes* F-03, F-06, F-073, F-1, F-10, F-102, F-104, F-107, F-112, F-2, F-202, F-204 i F-610, *P. citrinopileatus* P-citr., *P. eryngii* P-er, *P. ostreatus* D-140, Hk-35, P-004, P-01, P-035, P-039, P-081, P-082, P-083, P-087, P-088, P-089, P-105, P-191, P-192, P-208, P-209, P-кл, P-14, P-4к, P-91, P-447, P-998, P-2175 and order *Polyporales*: *D. quercina* Dq-08, *I. lacteus* Il-4k with a PF



content in the culture filtrate of up to 40 mg/g.

Table 1
The total content of polyphenolic substances and some pigments in carpophores of species of Basidiomycetes order Polyporales

Species	Quantity of samples	Polyphenolic substances	Carotenoids	Melanins
		Total content, mg/g ADB		
<i>Amyloporia lenis</i> *	3	15.05 ± 0.21	1.50 ± 0.02	0
<i>Auricularia auricula-judae</i> *	12	32.53 ± 3.52	0.85 ± 0.05	0.55 ± 0.03
<i>Chaetoporus ambiguus</i> *	6	20.66 ± 0.95	0.10 ± 0.01	0.62 ± 0.02
<i>Daedalea quercina</i> *	6	9.02 ± 0.13	0.90 ± 0.01	0
<i>Fibuloporia mollusca</i> *	6	10.54 ± 0.35	1.05 ± 0.03	0.20 ± 0.00
<i>Fomes fomentarius</i> *	12	248.29 ± 5.84	5.83 ± 0.49	44.21 ± 1.17
<i>Fomitopsis pinicola</i> *	6	39.19 ± 0.58	0.90 ± 0.41	63.24 ± 2.04
<i>Ganoderma applanatum</i> *	9	161.08 ± 0.19	55.04 ± 7.35	53.47 ± 1.03
<i>Ganoderma lucidum</i> *	15	89.06 ± 1.5	8.90 ± 0.15	4.74 ± 0.12
<i>Heterobasidion annosum</i> *	12	13.33 ± 0.64	1.33 ± 0.06	0
<i>Hydnum ochraceum</i> *	3	10.02 ± 0.24	1.00 ± 0.02	1.15 ± 0.05
<i>Inonotus obliquus</i> *	12	20.55 ± 0.31	2.05 ± 0.03	83.77 ± 0.22
<i>Irpex lacteus</i> *	9	26.75 ± 0.43	2.67 ± 0.03	0.20 ± 0.01
<i>Laeticorticium roseum</i> *	3	20.02 ± 0.58	0.70 ± 0.01	1.38 ± 0.10
<i>Laetiporus sulphureus</i> *	9	117.04 ± 0.56	50.14 ± 10.74	6.28 ± 0.12
<i>Phellinus igniarius</i> *	9	34.53 ± 0.55	3.72 ± 0.76	14.24 ± 1.51
<i>Phellinus pomaceus</i> *	9	19.04 ± 0.59	1.90 ± 0.05	2.16 ± 0.04
<i>Piptoporus betulinus</i> *	12	15.10 ± 0.10	1.50 ± 0.10	1.47 ± 0.01
<i>Polyporus squamosus</i> *	9	23.20 ± 0.37	2.30 ± 0.07	2.92 ± 0.01
<i>Sparassis crispa</i> *	9	10.54 ± 0.19	0.25 ± 0.02	0.45 ± 0.05
<i>Trametes campestris</i> *	6	20.14 ± 0.41	2.01 ± 0.02	1.84 ± 0.02
<i>Trametes squalens</i> *	6	15.07 ± 0.28	1.50 ± 0.02	1.61 ± 0.01
<i>Trametes versicolor</i> *	15	14.13 ± 0.71	0.61 ± 0.11	9.45 ± 0.15
<i>Trametes zonatus</i> *	9	15.06 ± 0.52	0.64 ± 0.04	8.43 ± 0.04
<i>Tyromyces lacteus</i> *	9	16.07 ± 0.76	1.60 ± 0.02	0.26 ± 0.01
<i>Tyromyces revolutus</i> *	3	12.09 ± 0.16	1.20 ± 0.01	0.93 ± 0.01
<i>Tyromyces undosus</i> *	6	10.33 ± 0.13	1.03 ± 0.01	1.46 ± 0.01

To compare the obtained results, we note that they are lower in the corresponding mycelial cultures (excluding *S. commune*) in comparison with the previously determined content of polyphenolic substances in the carpophores of the same species of basidium fungi (Table 1, 2). This difference is probably due to the specialization of the cells of the fetus figure and the demanded protective properties (induced by biosynthesis and accumulation) of polyphenols and pigments in the wild.

Therefore, the determination of the total content of polyphenolic substances in mycological material during cultivation of 58 strains of basidiomycetes allows us to draw the following conclusions. It was found that all the studied strains are capable of synthesizing and accumulating polyphenols under the proposed cultivation conditions.



The total polyphenol content in CF is higher than that of mycelium. Six strains with high levels of polyphenol accumulation detected: in CF and mycelium – strains *F. hepatica* Fh-08, *F. fomentarius* T-10 and *L. sulphureus* Ls-08; in CF – strains *F. velutipes* F-03 and *P. eryngii* P-er; in mycelium – strain *G. lucidum* Gl-2.

Table 2

The total content of polyphenolic substances and some pigments in carpophores of species of Basidiomycetes order Agaricales

Species	Quantity of samples	Polyphenolic substances	Carotenoids	Melanins
		Total content, mg/g ADB		
<i>Agaricus arvensis</i> *	5	24.57 ± 4.07	2.45 ± 0.40	1.73 ± 0.05
<i>Agaricus bisporus</i> **	1 9	2 35.44 ± 0.63	3 4.15 ± 0.16	4 1.86 ± 0.08
<i>Agaricus campestris</i> *	5	23.46 ± 0.10	2.34 ± 0.01	1.00 ± 0.01
<i>Agrocybe cylindracea</i> **	9	75.85 ± 1.22	16.10 ± 0.30	1.42 ± 0.01
<i>Coprinus comatus</i> *	15	25.04 ± 0.58	2.50 ± 0.05	3.20 ± 0.01
<i>Coprinus micaceus</i> *	15	25.03 ± 0.15	2.50 ± 0.05	3.00 ± 0.01
<i>Fistulina hepatica</i> *	9	172.25 ± 0.20	40.74 ± 1.20	9.34 ± 0.17
<i>Flammulina velutipes</i> *	27	81.25 ± 7.75	25.28 ± 5.31	6.51 ± 0.13
<i>Flammulina velutipes</i> **	3	65.06 ± 0.92	6.50 ± 0.09	0.95 ± 0.01
<i>Kuehneromyces mutabilis</i> *	9	32.28 ± 0.83	4.88 ± 0.13	2.16 ± 0.09
<i>Lentinus edodes</i> **	9	35.47 ± 0.42	0.81 ± 0.08	24.67 ± 0.21
<i>Lyophyllum connatum</i> *	5	20.42 ± 0.12	2.04 ± 0.12	0.90 ± 0.02
<i>Lyophyllum loricatum</i> *	5	21.37 ± 0.63	2.13 ± 0.03	1.88 ± 0.16
<i>Marasmius oreades</i> *	3	37.08 ± 0.65	3.70 ± 0.05	0.91 ± 0.03
<i>Pholiota aurivella</i> *	3	18.02 ± 0.35	1.80 ± 0.05	0
<i>Pholiota squarrosa</i> *	3	12.04 ± 0.65	1.20 ± 0.05	0
<i>Pleurotus citrinopileatus</i> **	3	37.55 ± 0.11	3.75 ± 0.01	0
<i>Pleurotus eryngii</i> **	6	15.03 ± 0.42	1.50 ± 0.02	0.45 ± 0.01
<i>Pleurotus ostreatus</i> *	34	100.56 ± 3.15	0.94 ± 0.45	2.78 ± 0.09
<i>Pleurotus ostreatus</i> var. Fl. **	3	53.07 ± 2.01	5.30 ± 0.01	0.30 ± 0.00
<i>Stropharia aeruginosa</i> *	3	32.53 ± 0.54	3.25 ± 0.05	1.67 ± 0.03
<i>Stropharia rugosoannulata</i> **	6	59.56 ± 1.85	5.95 ± 0.05	1.15 ± 0.02
<i>Schizophyllum commune</i> *	21	19.29 ± 0.27	0.10 ± 0.04	1.71 ± 0.12
<i>Tricholoma flavovirens</i> *	5	79.08 ± 0.20	9.35 ± 3.08	3.60 ± 1.19
<i>Tricholoma sejunctum</i> *	5	31.48 ± 0.52	3.14 ± 0.02	0.90 ± 0.01

5 Remark. «*» – wildy growing fetus figure, «**» – commercial fetus figure.

7.3. Total carotenoid content

According to the results of previous studies, it was found that the biosynthesis and maximum accumulation of carotenoids (as well as polyphenols) in cultures of basidiomycetes occurs at the end of exponential and in phases of slow and stationary growth [4, 14]. Based on this, at the end of the cultivation period of the strains, on the

Carotenoids, mg/g (sm²)

Legend: □ Mycelium, ■ CF

The strain

Strain	Mycelium (mg/g (sm ²))	CF (mg/g (sm ²))
D-g1-08	0.10	0.10
G1-2	1.10 ± 0.1	0.10
H-4K	1.05 ± 0.1	0.10
T-10	0.10	0.15
Ls-08	0.15	0.15
167	0.12	0.12
218	0.15	0.15
960	0.15	0.15
Fh-08	1.20 ± 0.1	0.25
523	0.15	0.15
F-03	0.18	0.18
F-06	0.19	0.19
F-073	0.11	0.11
F-1	0.10	0.10
F-10	0.19	0.19
F-102	0.10	0.10
F-104	0.11	0.11
F-107	0.11	0.11
F-112	0.11	0.11
F-2	0.10	0.10
F-202	0.14	0.14
F-204	0.14	0.14
F-vv	0.10	0.10
F-610	0.12	0.12
P-ctr	0.64 ± 0.05	0.23
P-cr	0.10	0.10
D-140	0.10	0.10
Hk-35	0.26	0.15
P-004	0.55 ± 0.05	0.08
P-01	0.43 ± 0.05	0.16
P-035	0.25	0.14
P-039	0.19	0.08
P-081	0.10	0.08
P-082	0.05	0.05
P-083	0.11	0.03
P-087	0.19	0.08
P-088	0.18	0.05
P-089	0.10	0.05
P-105	0.47 ± 0.05	0.18
P-107	0.18	0.18
P-12k	0.12	0.02
P-191	0.18	0.18
P-192	0.18	0.18
P-203	0.30	0.12
P-206	0.30	0.10
P-208	0.31	0.12
P-209	0.25	0.10
P-210	0.17	0.10
P-2175	0.10	0.10
P-6V	0.30	0.11
P-6I	0.31	0.12
P-14	0.10	0.10
P-4k	0.10	0.10
P-91	0.10	0.10
P-94	0.10	0.10
P-98	0.10	0.10
P-447	0.10	0.10
Sc-10	0.13	0.13

As already noted, less than half of the studied strains secrete carotenoids into the culture fluid. They can be divided into two groups. The first includes fifteen strains



with a minimum content of carotenoids in CF - up to 0.1 mg/g: *F. fomentarius* T-10, *G. lucidum* Gl-2, *F. velutipes* F-vv, *P. ostreatus* D-140, P-004, P-039, P-082, P-083, P-087, P-088, P-089, P-12c, P-206, P-209 i P-210. In the second - eleven strains with a moderate content of carotenoids in the CF: *F. hepatica* Fh-08, *P. citrinopileatus* P-citr, *L. sulphureus* Ls-08, *P. ostreatus* Hk-35, P-01, P-035, P-107, P-203, P-208, P-6v i P-cl.

Thus, the determination of the total content of carotenoids in the mycelium and CF of strains of basidiomycetes on the 12th day of cultivation on GPM allows us to state the following. The total content of carotenoids in the mycelium is higher than this indicator of CF. The presence of carotenoids in CF was recorded in 46% of experiments. Identified promising strains-producers of intracellular carotenoids: *L. sulphureus* Ls-08, *F. hepatica* Fh-08, *G. lucidum* Gl-2 i *D. quercina* Dq-08 and extracellular carotenoids: *F. hepatica* Fh-08, *P. citrinopileatus* P-citr, *L. sulphureus* Ls-08, *P. ostreatus* Hk-35, P-01, P-035, P-107, P-203, P-208, P-6v i P-cl.

7.4. Total melanins content

According to the results of previous studies, it was found that the biosynthesis and maximum accumulation of secondary metabolites – melanins (like carotenoids and polyphenols) in cultures of Basidiomycetes occurs at the end of exponential and in phases of slow and stationary growth [15].

Based on this, at the end of the cultivation period of the strains, on the 12th day, the total melanin content in the mycological material was determined in terms of ADB (Fig. 3).

It was found that most strains are capable of gradual accumulation of melanin in mycelium and more than half of the strains in culture fluid. The melanin content in CF is significantly lower than in mycelium. This can be explained by the role of melanins in the cell and the peculiarities of the osmotrophic nutrition of fungal organisms, since they participate in adaptogenic reactions to changes in environmental conditions and neutralization of free radicals. So, performing specific functions in the mushroom body, these compounds are synthesized and accumulate in the localization of these processes. According to the content of melanins in mycelium, the studied strains can be divided into three groups.

The first includes three cultures with the highest total melanin content of more than 1 mg/g: T-10 *F. fomentarius*, Gl-2 *G. lucidum* from order *Polyporales* and F-vv *F. velutipes* from order *Agaricales*.

The second group includes five strains with moderate from 0.4 to 1 mg/g of melanin content: F-202, F-204, F-102, F-06 *F. velutipes* and Ls-08 *L. sulphureus*.

The most numerous third group of forty-eighth strains with a low total melanin content in mycelium: *A. cylindracea* 167, 218, 960, *L. edodes* 523, *F. hepatica* Fh-08, *F. velutipes* F-03, F-073, F-1, F-10, F-104, F-107, F-112, F-2, F-610, *P. citrinopileatus* P-citr, *P. eryngii* P-er, *P. ostreatus* D-140, Hk-35, P-004, P-01, P-035, P-039, P-081, P-082, P-083, P-087, P-088, P-089, P-105, P-107, P-12c, P-191, P-192, P-203, P-206, P-208, P-209, P-210, P-6v, P-кЛ, P-14, P-4c, P-91, P-94, P-998,



P-447, P-2175 and *S. commune* Sc-10.

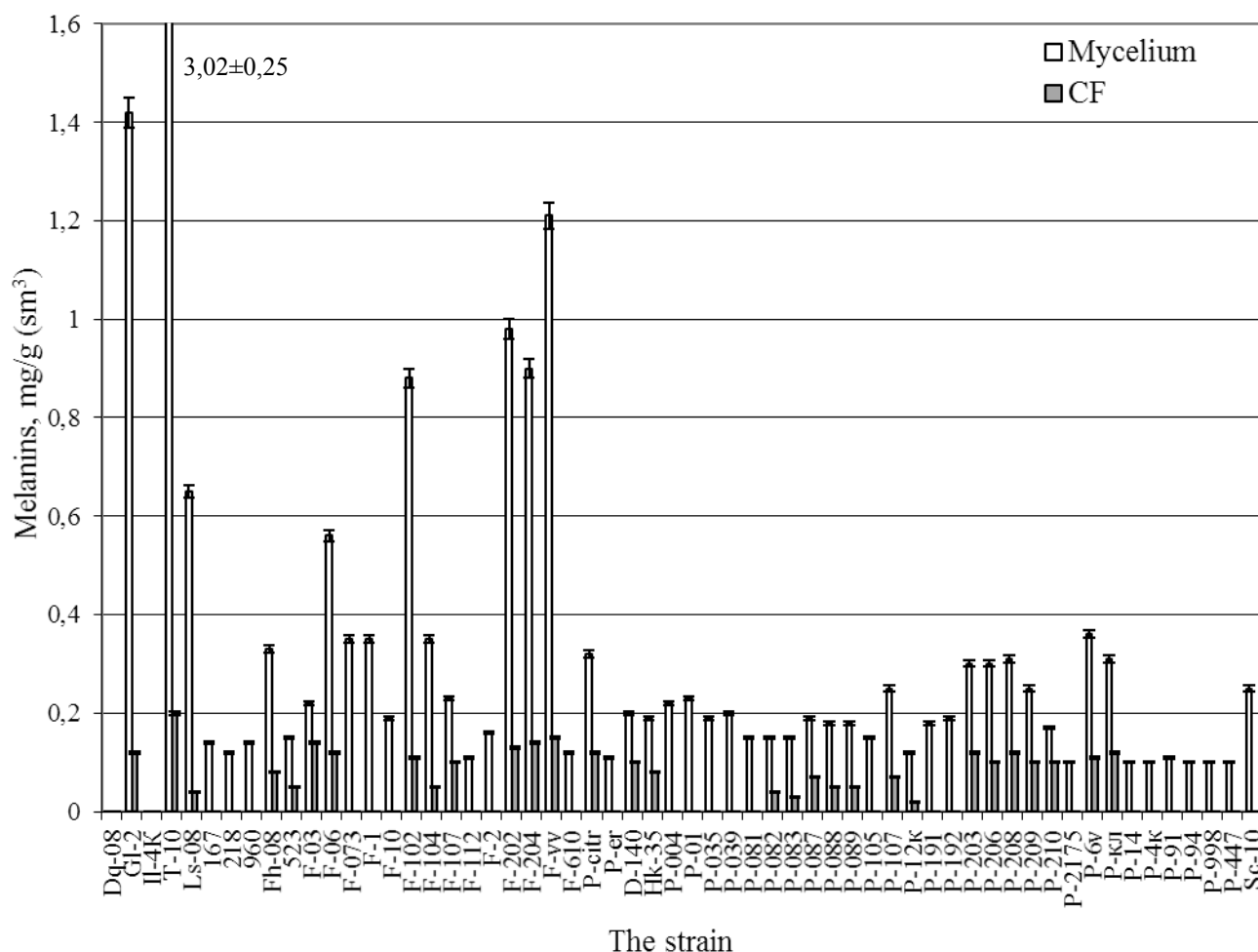


Figure 3. The total content of melanin in the mycelium and CF of strains of basidiomycetes on the 12th day of cultivation

Significantly lower total melanin content was recorded in the culture fluid of cultured strains, which can be divided into two groups. The first, with a moderate total melanin content in CF - more than 0.1 mg/g, eleven strains: *F. fomentarius* T-10, *G. lucidum* Gl-2, *F. velutipes* F-03, F-vv, F-202, F-204 and F-06, *P. citrinopileatus* P-citr, *P. ostreatus* P-203, P-208 and P-cl.

The second group includes eighteen strains with a low level of melanin in CF - up to 0.1 mg/g: *L. sulphureus* Ls-08, *F. hepatica* Fh-08, *F. velutipes* F-102, F-104 and F-107, *P. ostreatus* D-140, Hk-35, P-082, P-083, P-087, P-088, P-089, P-107, P-12c, P-206, P-209, P-210 and P-6v.

Thus, a study of the melanin content in fruiting bodies and cultures of basidiomycetes suggests the following. It has been established that the vast majority of the studied strains are capable of accumulating melanin in mycelium and more than half in CF, where the content of these substances is much lower than that in mycelium. The highest melanin content in mycelium was found in strains *F. fomentarius* T-10, *G. lucidum* Gl-2 from order *Polyporales* and *F. velutipes* F-vv



from order *Agaricales*. According to the analysis of fruiting bodies, it is promising to attract polypore species strains to the search for producers of melanins – *Inonotus obliquus*, *Fomitopsis pinicola*, *Ganoderma applanatum* and *Fomes fomentarius* and agaric species – *Fistulina hepatica* and *Lentinula edodes*.

7.5. Discussion of research results and prospects of their practical use

Basidian mushrooms are a source of various natural biologically active substances with a wide range of practical applications [9, 16, 17, 18]. They are used as dietary food, nutritional supplements, mushroom drugs, biological products for the protection of plants and cosmoceuticals, and the like [19]. The relevance of the study of basidiomycetes is due to the establishment of their useful properties, the search for new chemical compounds, the study of patterns and directional regulation of the metabolic pathways of biologically active substances, the determination of the biological role of active metabolites, in particular in adaptation to various substrates and in adaptogenic reactions and, finally, wide application in biotechnology, ecology and farming. As a result, the development of new intensive biotechnologies for the cultivation of various types of basidium mushrooms in order to obtain both mycelium and biologically active compounds is becoming more and more urgent every year.

The creation of new biotechnologies requires a deep study of the factors that regulate the biosynthetic functions of fungal cells and maximize their potential. Adaptive rearrangements consist in changing the balance of the prooxidant-antioxidant system: activation of lipid peroxidation processes and enzyme systems, the formation of prooxidant-antioxidant substances that can actively respond to certain factors. Functionally labile antioxidant substances, in particular, include oxidoreductases, polyphenols, pigments and others [6, 20, 21].

Xylotrophic basidiomycetes can form highly active oxygen radicals that are involved in the destruction of high molecular weight substances, primarily phenolic compounds, lignin, cellulose, etc. It is assumed that studying the mechanisms of such destruction can open the way to the development of environmentally friendly energy-saving biotechnologies for biodegradation and bio-utilization of chemically resistant waste industry and processing of lignocellulosic raw materials. Of great importance in the process of lignin degradation by xylotrophs is the reaction of free-radical oxidation, as well as the synthesis of various redox substances and bioantioxidants by these fungi. At the same time, the relationship between pigmentation and the formation of secondary metabolites, the antioxidant and gene-protective properties of fungal pigments – carotenoids and melanin are being studied.

Detailed studies of medicinal mushrooms show that their physiological effect can be largely due to the presence of antioxidant compounds in their composition and a balance in the prooxidant-antioxidant system [6, 9, 19]. However, the data on the prooxidant-antioxidant activity of basidiomycetes are fragmentary and solitary; systematic studies of the antioxidant properties of biologically active compounds of these fungi are lacking. Studies have begun on the use of basidium mushrooms in mycotesting and bioremediation of the environment [18].



All this determines the relevance of further study of various metabolites of basidium mushrooms in order to elucidate the prospects for their practical use in various industries and human activities, including medical.

Conclusions

It was found that all the studied strains are capable of synthesis and accumulation of polyphenols under the proposed cultivation conditions. The total PF content in the culture fluid is higher than this indicator of mycelium. Discovered strains with high levels of polyphenol accumulation: in culture fluid and mycelium – *Fistulina hepatica* Fh-08, *Fomes fomentarius* T-10 та *Laetiporus sulphureus* Ls-08; in cultural fluid – *Flammulina velutipes* F-03 and *Pleurotus eryngii* P-er; in mycelium – *Ganoderma lucidum* Gl-2.

It is proved that the total content of carotenoids in the mycelium is higher than this indicator of the culture fluid. The presence of carotenoids in CF was recorded in 46% of strains. Identified promising strains producing mycelial carotenoids: *Laetiporus sulphureus* Ls-08, *Fistulina hepatica* Fh-08, *Ganoderma lucidum* Gl-2 and *Daedalea quercina* Dq-08 and extracellular carotenoids: *Fistulina hepatica* Fh-08, *Pleurotus citrinopileatus* P-citr, *Laetiporus sulphureus* Ls-08, *Pleurotus ostreatus* Hk-35, P-01, P-035, P-107, P-203, P-208, P-6v i P-cl.

It was revealed that 97% of the studied strains are capable of accumulating melanin in mycelium and 52% in culture fluid, where the content of these substances is much lower than that in mycelium. The highest melanin content in mycelium was found in strains *Fomes fomentarius* T-10, *Ganoderma lucidum* Gl-2 from order *Polyporales* and *Flammulina velutipes* F-vv from order *Agaricales*. According to the analysis of fruiting bodies, it is promising to attract polypore species strains to the search for producers of melanins – *Inonotus obliquus*, *Fomitopsis pinicola*, *Ganoderma applanatum* and *Fomes fomentarius* and agaric species – *Fistulina hepatica* and *Lentinula edodes*.



ГЛАВА 8. О МОДЕЛЯХ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ И ПРИМЕНЕНИИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДИРОВАНИЯ

ABOUT MODELS OF INFORMATION TRANSMISSION CHANNELS AND APPLICATION OF NOISE-RESISTANT CODING
ПРО МОДЕЛЯХ КАНАЛІВ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ ТА ЗАСТОСУВАННІ ЗАВАДОСТІЙКОГО КОДУВАННЯ

DOI: 10.30888/2663-9882.2020-01-016

Introduction

The paper discusses some features of the models used in the field of error-correcting coding. Models of channels are given.

8.1. Channel Models

We carry out the classification of communication channels. A communication channel is a set of devices that provide the transmission of signals with certain properties from one point to another. When constructing a communication system, a channel, as a rule, is a given link with which the sources and receivers of messages must be coordinated through transmitters and receivers. A transmitter is a device that converts an $A(t)$ message from a source into a $S(t)$ signal, which can be transmitted on this channel. A receiver is a device that converts the signal at the output of the channel $S(t)$ into a received message $A(t)$.

Communication channels are classified according to various criteria - according to the used communication lines (copper, fiber, radio, etc.), by the frequency band (tonal, high-frequency, short-wave, ultra-short-wave, light, etc.), by the technical nature of the signals and the purpose communication systems (telephone, sound broadcasting, television, digital information transmission, etc.).

In the mathematical description, the channels are distinguished primarily by the type of sets to which the input and output signals (continuous and discrete channels) belong, and by the nature of the change in these signals in time (continuous and discrete time channels) [1, 2].

Among the continuous channels of continuous time, two of the most typical can be distinguished.

The first of these is a direct communication line, often with amplifying or re-receiving (relaying) equipment. It occupies a special position, as it is part of all other communication channels. The second differs from the first in the presence of modulation and demodulation equipment (often multistage) and, accordingly, bandwidth. Examples of channels of the second type are individual and group paths of high-frequency telephony systems, television channels, etc.

A continuous channel of discrete time consists of a continuous channel of continuous time and connected to it at both ends of synchronized gating devices,



counting the transmitted and received signals. A discrete channel is most often discrete in time. It consists of a continuous channel and a signal former (discrete modulator) and a resolver connected to it.

The latter also determine the discreteness of the set of input and output elementary signals. In the ideal case, these two devices operate synchronously [13].

Sometimes they talk about semicontinuous channels - continuously-discrete, in which the set of input signals is continuous, and the output is discrete, and discrete-continuous, in which the set of input signals is discrete, and the set of output is continuous.

8.2. Types of communication channels

To compare the possible methods of constructing a communication system and predicting its characteristics without direct experimental tests, it is necessary to have various characteristics of the channels included in it. A comprehensive description of the channel, allowing to calculate or evaluate any of its characteristics, is called the channel model [3, 4].

The model should be distinguished from a partial description of the channel, consisting only of individual characteristics needed in specific cases. The general requirements for the model are its simplicity (ease of use) and accuracy (agreement with experimental data). Due to the complexity of real channels, these requirements are usually contradictory; When building a model, a reasonable compromise is needed.

The model of a real channel (if you are not interested in internal processes in the system) comes down to defining a mathematical model of the signals at the input and output of the channel (or its electrical circuits) and the connections between them [5, 6].

The connection of signals (in the general case, multidimensional, vector) at the input $x(t)$ and output $y(t)$ (the latter are also called the response or reaction of the system) can be specified by the system operator [2]:

$$y(t) = L\{x(t)\} \quad (1)$$

To describe the communication channel, it is necessary to set the region V_x of a certain functional space, which is called the region of admissible input actions. An indication of this area describes the nature of the input signals, which can be continuous, discrete, digitally determined or random. Similarly, the region V_y of permissible output signals must be determined.

The mathematical model of a system (channel) is the combination of the system operator L and the areas of permissible signals V_x and V_y . The classification of systems (channels) can be carried out on the basis of the characteristic properties of their mathematical models. They say that a system is stationary if its response at the output does not depend on at what point in time the input signal arrives. Stationary systems are called systems with time-constant parameters. If the properties of the



system depend on at what point in time the input signal arrives, the system is called non-stationary (a system with time-variable parameters or a parametric system) [7, 8].

The most important principle for the classification of communication channels is based on the fact that different systems respond differently to the sum of several signals. If the system operator in expression (1) satisfies the principle of superposition:

$$\left. \begin{aligned} L[x_1 + x_2] &= L[x_1] + L[x_2], \\ L[\alpha x] &= \alpha L[x] \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

where α is an arbitrary number, then the system is called linear. If conditions (2) are not satisfied, the system is called nonlinear.

Strictly speaking, all physical communication channels and their constituent links (chains) are non-linear to one degree or another. However, a lot of channels are very accurately described by linear models. Consider a brief description of linear channel models [2]. The simplest model for a communication channel is an additive noise channel.

In this model, the transmitted signal $s(t)$ is only affected by the additive noise process $n(t)$. Physically additive noise arises from extraneous electrical interference, electronic components and amplifiers in the receiver of communication systems, as well as due to signal interference [9, 10].

If the noise is mainly due to electronic components and amplifiers in the receiver, it can be described as thermal noise. This type of noise is statistically characterized as a Gaussian noise process.

As a result, the resulting mathematical model is usually called a channel with additive Gaussian noise. Since this model is applicable to a wide class of physical communication channels and has a simple mathematical interpretation, it is the predominant channel model in the analysis and synthesis of communication systems. Channel attenuation is easily incorporated into the model. If the signal is attenuated when passing through the channel, then the received signal

$$r(t) = \alpha s(t) + n(t), \quad (3)$$

where α is the attenuation coefficient of the linear channel filter.

In some physical channels, such as wired telephone channels, filters are used to ensure that the transmitted signals do not exceed the well-established bandwidth limits and thus do not interfere with each other. Such channels are usually mathematically characterized as linear filter channels with additive noise.

Therefore, if the signal $s(t)$ arrives at the channel input, we have the signal at the channel output:

$$r(t) = s(t) * c(t) + n(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} c(\tau) \cdot s(t - \tau) d\tau + n(t), \quad (4)$$

where $c(t)$ is the impulse response of the linear filter, and $*$ denotes convolution.

Physical channels, such as underwater acoustic channels and ionospheric radio channels, which arise under the conditions of the time-varying multipath propagation of a transmitted signal, can be mathematically described as linear filters with variable



parameters. Such linear filters are characterized by the time-varying impulse response of the channel $c(\tau, t)$, $c(\tau, t)$ is the channel response at time t to δ - the pulse applied to the input at time $t - \tau$. A linear filter channel with variable parameters and additive noise is characterized by such parameters [11, 12].

For the input signal $s(t)$, the channel output signal

$$r(t) = s(t) * c(\tau; t) + n(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} c(\tau; t) \cdot s(t - \tau) d\tau + n(t) \quad (5)$$

The model for multipath wave propagation through physical ionospheric channels (at frequencies below 30 MHz) and mobile cellular radio channels is described as a special case of expression (5), when the time-varying impulse response of the channel has the form:

$$c(\tau; t) = \sum_{k=1}^L a_k(t) \delta(\tau - \tau_k), \quad (6)$$

where $a_k(t)$ determines the possible time-varying attenuation coefficients for L propagation paths, τ_k are the corresponding delay times. If (6) is substituted into (5), then the received signal

$$r(t) = \sum_{k=1}^L a_k(t) s(t - \tau_k) + n(t) \quad (7)$$

Therefore, the received signal consists of L propagation components, where each component is multiplied by $a_k(t)$ and is delayed by τ_k . The three mathematical models described above adequately characterize most of the physical channels that are encountered in practice [13, 14].

One of the most important requirements for communication systems is the fidelity of the transmitted information from the message source to the recipient. In practical conditions, the implementation of this requirement is inevitably hindered by errors that are caused by external noise coming to the input of the receiving device from the communication channel, internal noise arising in the receiving device itself, signal distortions associated directly with its passage through the channel.

External interference occurs due to various natural electromagnetic processes occurring in the atmosphere, ionosphere and outer space (atmospheric interference, space noise, etc.). In addition, they are created by various kinds of electrical installations (the so-called industrial interference) and numerous extraneous radio stations. The internal noise of the receiver is due to the chaotic thermal motion of electrons and ions in the elements of the receiver itself. The main sources of this noise are electron tubes, semiconductor devices, resistors, and other elements.

As external noise and internal noise of the receiving device are superimposed on the signal and distort it. A characteristic feature of these types of interference is that they are independent of the signal even in the case where the signal at the receiver input is missing. Therefore, the external noise and internal noise has received the name additive noise [15, 16].

When building mathematical models of interference in communication channels all the clutter it is advisable to divide into classes, as different classes most appropriate when solving the tasks or the most simple, but still ensures a sufficient accuracy, can be different models. However, it is impossible to prove strictly



logically and choose a single basis of classification.

So, the interference, depending on the causes or source type can be divided into the following classes: space, atmospheric, industrial, caused by peculiarities of the distribution channel (echo, fading, jitter attenuation during the propagation etc.); deliberate (organized); internal thermal noise of the devices receiving the signals, etc. depending on the method of influence on a useful signal to distinguish additive and multiplicative noises. For example, additive noise often are: radiation outside sources; interference with linear jumps due to the finite value of the security between pairs of cables; interference of the type associated flow and non-linear transitions [17, 18]; thermal noise; manifested at a macroscopic level the discreteness of the electromagnetic PLI of light emission at low signal levels, etc. as typical examples of the multiplicative interference can be called unpredictable changes in the coefficients of the transmission channel, breaks, fading signals, etc.

In general, the effect of interference $n(t)$ on the useful signal $u(t)$ can be expressed by the operator:

$$z(t) = L[s(\mu(t)), n(t)]. \quad (8)$$

In the particular case when the operator degenerates into the sum:

$$z(t) = s(t) + n(t), \quad (9)$$

the interference is called additive. If the operator can be represented as a product:

$$z(t) = k(t)\mu(t), \quad (10)$$

then the interference is called multiplicative. Here $k(t)$ is a random process.

In real channels, both additive and multiplicative interference usually occur, and therefore

$$Z(t) = k(t)\mu(t) + n(t). \quad (11)$$

The unpredictability of the instantaneous values of interference is their characteristic feature, which often allows us to consider them as random processes with different probabilistic properties, usually different from the properties of the useful signal. The probabilistic description of interference can be greatly simplified by introducing specially selected interference classes. According to their properties, the most common additive noise can be divided into three classes: concentrated in the spectrum (narrow-band), concentrated in time (pulsed) and fluctuation, unlimited in time and spectrum [19, 20].

The fluctuation noise (fluctuation noise) is a random process with a normal distribution (Gaussian process). Such a hindrance is the most studied and is of the greatest interest both theoretically and in practical terms. This type of interference occurs in almost all real channels. In the optical frequency range, quantum noise caused by the discrete nature of the signal is essential. Multiplicative interference due to random changes in the parameters of the communication channel. In particular, this interference is manifested in a change in signal level.

The trouble of dealing with fluctuation and concentrated noise was considered by many authors in different aspects, and it is possible to identify a number of



approaches to this task: filter ("cut" interference with the part of the spectrum of the useful signal), compensation (estimation and subtraction of the mixture of useful signal and noise), algorithmic (the construction of a decision rule taking into account the action-centered interference).

Impulse noise, coping with the challenges in communication systems is also in the spotlight [5.], suppressed mainly by the nonlinear device, either by eliminating from the analysis of samples of the signal affected by pulse noise that in turn requires reliable identification of such samples [21, 22].

Fluctuation interference is the most common and in General is a chaotic, chaotic time variation of the voltage or current in any electrical circuit. This class will typically include thermal noise, linear and nonlinear transient effects and echo signals in multi-channel radio relay and cable lines, extraneous electromagnetic or acoustic radiation in the radio or sonar channels. The most common causes of the fluctuation of interference are different kinds of random deviation in time of certain physical quantities from their average values.

When you telephone the fluctuation of the disturbance is manifested as a characteristic noise heard in the phones. A typical example of the fluctuation of the interference are internal noise receptor.

Thermal noise at the receiver input is a Gaussian random process with zero mean. One-dimensional probability density of such a process:

$$\bar{\omega}(n) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \delta} e^{-\frac{n^2}{2 \delta^2}} \quad (12)$$

is determined by the dispersion δ^2 , which is the average interference power at a unit resistance ($\delta^2 = P_n$), if $n(t)$ has a current or voltage dimension. The spectral density of the interference power $G_n(f)$ for a Gaussian channel is most often assumed to be uniform in the channel passband (with an infinite passband, the interference power would be infinite). This interference is called white noise. The Gaussian channel with white noise is completely determined by the receiver bandwidth and the interference power spectral density:

$$G_n(f) = \frac{hf}{2 \left[\exp(hf/kT) - 1 \right]} \quad (13)$$

where $h = 6,624 \cdot 10^{-34}$ J;

c is Planck's constant;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J / deg - Boltzmann constant;

T – абсолютная температура источника шума;

T is the absolute temperature of the noise source;

f is the current frequency.

In the range of sound and radio frequencies, $hf \ll kT$; therefore, expanding the exponent in expression (13) in a series, we obtain

$$G_n(f) = \frac{kT}{2} = \frac{N_0}{2} \quad (14)$$

The value N_0 is a one-sided (at positive frequencies) spectral noise density.

It is customary to include signals of extraneous radio stations, intentional



interference, radiation of high-frequency generators for various purposes (industrial, medical), concentrated on the spectrum of additive interference, etc. In the general case, these are modulated oscillations with varying parameters. Unlike fluctuation ones, the width of the spectrum of lumped interference in most cases does not exceed the passband of the receiver, and in some cases it is much narrower than this band.

Pulsed interference is a random sequence of pulses having random amplitudes and following each other at random time intervals, and the transients caused by them do not overlap in time. Such interference includes many types of atmospheric and industrial interference. The normalization of impulse noise in the channel of the tonal frequency is done by limiting the time they exceed the specified analysis thresholds.

The probabilistic properties of such noises are fully described for practical purposes by the probability distribution of the pulse amplitudes and the distribution of time intervals between these pulses. For the latter, the Poisson model is often used. The distribution of the amplitude of the pulsed interference is often described by a log-normal law:

$$\bar{\omega}(\rho) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \beta^2}} e^{-\frac{(\rho-a)^2}{2\beta^2}}, \quad \bar{\omega}(A) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \beta^2 A}} e^{-\frac{(\ln A - a)^2}{2\beta^2}}, \quad (15)$$

where a , β^2 is the mathematical expectation and variance of the transformed random process $\rho = \ln A$. This law is characterized by the presence of significant values in the region of large amplitudes, which corresponds to a real model of impulse noise.

Multiplicative interference due to random changes in the parameters of the communication channel. In particular, this interference is manifested in a change in the signal level at the output of the demodulator. Distinguish between smooth and spasmodic changes in signal level. The cause of smooth changes can be fluctuations in the attenuation of the communication line, caused for example by a change in the state of the weather, and in radio channels - fading. The cause of abrupt changes in the level may be poor contacts in the equipment, imperfect operation of communication equipment, etc.

The most common model of a channel with multiplicative noise is a channel with Rayleigh fading, in which the one-dimensional probability density of a random process is Rayleigh:

$$\left. \begin{aligned} \bar{\omega}(\mu) &= \frac{2\mu}{\mu^2} e^{-\frac{\mu}{\mu^2}} \text{ для } \mu \geq 0 \\ \bar{\omega}(\mu) &= 0 \text{ для } \mu < 0 \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Moreover, the multiplicative noise is often assumed to change so slowly that its values over a long time without a large error can be considered constant (slow fading) and the factor $\mu(t)$ in expression (11). Sometimes a multiplicative interference model may be acceptable, according to which $\mu(t)$ takes only two values - 0 and 1. This model reflects the sharp changes in the transmission coefficient that occur in a number of real channels, for example, analogue telephone channels [2].



8.3. Coding

All correcting codes can be divided into two classes - block codes and continuous codes [3].

Block codes - codes in which each message (or message element) is associated with a block of characters (code combination, code vector). Non-uniform block codes are possible having blocks of various lengths; such codes arise during statistical coding, but in recent years they have little to do with them - the main attention is paid to uniform codes. The ability to detect and correct errors is based on the fact that the number of code vectors is less than $N_0 = m^n$, where m is the base, n is the significance of the code, i.e. block length. An error is detected if the received vector does not belong to the code.

Continuous codes (also called recurrent, convolutional, or chain) are a continuous sequence of characters that cannot be subdivided into blocks. Encoding and decoding processes are also continuous. The transmitted sequence is formed by placing in a certain order the test characters between the information characters of the original sequence.

Both block and continuous codes are divided into separable and inseparable.

Separable are those codes in which the role of the characters that make up the block (or a continuous sequence) can be clearly distinguished. Some characters, the main ones, are informational, while others, added according to one or another rule, are test ones and are used to detect and correct errors.

Information and verification symbols occupy the same positions in all code vectors. The usual designation of separable codes is (n, k) codes, where n is the significance of the code, k is the number of information symbols.

The number of code vectors is equal 2^k .

Indivisible codes currently form a small group. It includes constant weight codes and Plotkin codes.

Constant weight codes are simple block codes that are widely used in practice. All code vectors of these codes have the same weight, i.e. the same number of units. A change in this number indicates errors. These codes can only serve to detect errors.

Plotkin codes have a high corrective ability. However, there are no practical methods of encoding and decoding, so the applied value of these codes is not large [3].

Separable codes are divided into systematic and unsystematic. Non-systematic separable codes include Berger codes or codes with summation. The method for constructing these codes is that the check characters represent a record of the sums of the sub-blocks long into which the sequence of information characters is divided. With this construction, the code is able to detect serial errors with a series length not exceeding l . In another embodiment, the check digits are a binary weight record of a sequence of information symbols. This code is designed to detect independent errors.

The most extensive class among separable codes is formed by systematic or



linear codes, which are group codes. (In the binary case, every group code is systematic.) The name "group code" is due to the fact that the code is a group with respect to the addition operation modulo 2 (that is, mod 2 the sum of any two code vectors is also a code vector).

The main difference between systematic codes is that the verification characters are different linear combinations of information symbols. This also determines the decoding method, based on checks of linear relationships between characters, determined by the structure of the code. In the binary case, these checks are reduced to parity checks.

The method for constructing systematic codes is based on the use of a generating matrix whose rows are linearly independent basis vectors [3]. All code vectors are obtained as linear combinations of rows of the generating matrix (modulo 2).

A large and important group of systematic codes are cyclic codes. Their main property is that each vector obtained from the code vector by cyclic permutation of the components is also a code vector. It is customary to describe cyclic codes using generating $g(x)$ degree polynomials $r = n - k$. Multiplying by x corresponds to a cyclic permutation of one step. This is x^r replaced by one.

Encoding and decoding operations are reduced to multiplication and division of polynomials according to the rules of binary arithmetic.

Cyclic codes are successfully used both for the detection and correction of independent errors, and, in particular, for the detection and correction of serial errors.

Conclusion

In this paper, we used a systematic approach to organizing the transmission of information based on noise-resistant coding. The results of the work can be applied in the construction of communication devices.



ГЛАВА 9. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ КОММУНИКАЦИИ В ОРГАНАХ ПУБЛИЧНОЙ ВЛАСТИ И ГОСУДАРСТВЕННЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF MODERN COMMUNICATION METHODS IN PUBLIC AUTHORITIES AND GOVERNMENT INSTITUTIONS
ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ КОМУНІКАЦІЇ В ОРГАНАХ ПУБЛІЧНОЇ ВЛАДИ ТА ДЕРЖАВНИХ УСТАНОВАХ

DOI: 10.30888/2663-9882.2020-01-018

Вступ

Комунікаційні технології виступають дієвим механізмом взаємодії між секторами суспільства, які прискорюють трансформацію взаємовідносин від вертикальної адміністративно-управлінської моделі до горизонтальної, що являє собою основу побудови громадянського суспільства в цілому.

9.1. Сучасний стан використання комунікаційних технологій в органах публічної влади України

В результаті розвитку і входження комунікаційних технологій в усі сфери суспільного життя органи публічної влади, державні установи все частіше використовують їх для організації успішного та ефективного управління своєю діяльністю і підвищення якості адміністративних послуг, що надаються населенню. Використання таких технологій в сучасному інформаційному суспільстві є вкрай важливою умовою забезпечення відповідності державного управління очікуванням і потребам населення.

Отже, сьогодні необхідні нові підходи до таких проблем як вільний доступ до суспільно значущої інформації; прозорість та відкритість владних інституцій; якісні соціальні, адміністративні та інші послуги; соціальні програми для громадян; фінансове та кадрове забезпечення як органів публічної влади, державних установ, так і діяльності громадських організацій; підтримка ініціатив населення на рівні органів державної влади та органів місцевого самоврядування; низький рівень самоорганізації територіальних громад.

В даний час питання методів комунікації в органах публічної влади та державних установах досить широко досліджується такими науковцями як Л. Байрачна, Н. Балук, О. Вовчанська, С. Скибінський, А. Башук, Н. Ботвина, П. Вербицький, О. Гавінська, К. Глубоченко, Т. Донченко, К. Голубчак, У. Костюк, С. Горова, В. Горовий, Н. Дніпренко, Л. Дротянко, М. Закіров; інформаційне забезпечення системи та механізмів державного та місцевого управління висвітлювали В. Авер'янов, Ю. Багал, Н. Балдич, В. Воротін, Т. Мотренко, Р. Овчаренко, О. Пухкал, Є. Романенко, А. Семенченко, С. Телешун;



проблеми взаємодії органів публічної влади з громадськістю досліджували О. Бабінова, В. Бакуменко, Н. Драгомирецька, А. Колодій, О. Литвиненко, Н. Нижник, Г. Почепцов, В. Ребало, Ю. Сурмін, В. Токовенко та ін.. В той же час питання діджиталізації в рамках стратегії комунікації в органах публічної влади та державних установах досліджена фрагментарно.

Сучасне управління комунікаційними процесами базується на використанні новітніх методів та інструментів комунікативної діяльності органів публічної влади та державних установ України. Ефективність комунікативної діяльності органів публічної влади та державних установ України визначається кількістю звернень громадян, їх структурою та часом відповіді за окремими тематичними напрямками.

Оцінка сучасного стану комунікативної діяльності органів публічної влади та державних установ України вказує на існування окремих перспективних напрямків використання ІТ-технологій в реалізації принципів прозорості та відкритості органів публічної влади та державних установ України. Дослідимо перспективні напрями використання ІТ-технологій в реалізації принципів прозорості та відкритості органів публічної влади та державних установ України [5].

Процес інформативно-комунікаційної комунікації гальмує відсутність достатньої інфраструктури та алгоритмів реалізації електронного документообігу для діяльності органів публічної влади та державних установ. Тому актуальним є дослідження перспектив впровадження в комунікацію органів публічної влади та державних установ електронного документообігу та діджиталізації в умовах сучасного акценту на електронне врядування в Україні. Для підвищення комунікативної взаємодії органів державної влади та інституту громадянського суспільства, необхідні більш складні технології, які будуть включати визначення цілей, шляхи досягнення, зміст поширюваної на аудиторії інформації, планування зворотного зв'язку тощо.

Цифровізація органів державного управління повинна бути спрямована на досягнення стратегічних цілей. У розвинених країнах в даний час відбувається перехід від електронного уряду до цифрового, який стає невід'ємним елементом для країн розвинутої економіки. Увагу дослідників і розробників привертають питання використання цифрових технологій в державному управлінні. Але потенціал попереднього етапу розвитку ІКТ, заснованого на технологіях веб 2.0, повністю ще не задіяний. Саме технології веб 2.0 перетворили ІКТ з відокремлених засобів індивідуальної інформаційної діяльності в колективні інструменти командної роботи [6].

У результаті зростаючої популярності нових соціальних медіа (соціальних мереж) у громадян з'являється можливість не тільки спостерігати за формуванням і реалізацією державної політики, а й вступати в інтерактивну взаємодію з органами державної влади через сервіси веб 2.0. Досвід зарубіжних країн показує, що використання сервісів веб 2.0 дозволяє розширити взаємодію державного управління і громадян. Воно сприяє підвищенню результативності зворотного зв'язку, залучення громадян до обговорення важливих завдань державного управління, створення інновацій, що забезпечують безпеку і



комфорт громадян. Зараз повноцінні комунікації без соціальних медіа і месенджерів в діловій і особистій діяльності неможливі.

Необхідність участі органів публічної влади та державних установ у соціальних мережах обумовлена наступними факторами [3]:

1). Миттєвий зворотний зв'язок в соціальних мережах. З одного боку, соціальні мережі дозволяють проводити своєчасний моніторинг реакції громадян на дії чи бездіяльність суб'єктів владних повноважень - органів публічної влади та державного управління. З іншого боку, якщо ігнорувати запит суспільства, цей зворотний зв'язок можуть надати організації та фахівці з недостатнім рівнем компетенцій в рамках органів публічної влади та державних установ з обговорюваного питання. В результаті користувачі соціальних мереж можуть бути введені в оману.

2). Організація відкритої дискусії з питань державного управління в рамках органів публічної влади та державного управління. Найчастіше органи публічної влади та державного управління надають інтернет користувачам можливість висловити свою думку на власних веб-сервісах і в власних додатках. Низька популярність подібних сервісів в органах публічної влади та державного управління пояснюється.

3). Поганою поінформованістю користувачів про існування спеціальних сервісів для збору думок громадян.

4). Прагненням користувачів соціальних мереж висловлювати свою думку в звичному середовищі, а не переходити на інші платформи. В цілому, соціальні мережі здатні полегшити збір пропозицій і виявлення ініціатив, які найбільшою мірою підтримуються суспільством.

5). Відкритий доступ. Розвиток публічності та збільшення інформаційної відкритості діяльності органів публічної влади та державних установ веде до підвищення рівня довіри до владних структур з боку громадян.

6). Миттєве поширення відомостей. Завдяки можливостям тиражування і розповсюдження повідомлень в більшості соціальних мереж, найбільш затребувана інформація швидко поширюється. Соціальні мережі стають для громадян одним з джерел новин.

Перехід до нових форм взаємодії органів публічної влади, державних установ та громадян продиктований розвитком технологій і потребами суспільства, в якому процес комунікацій набуває безперервний характер. В останні десятиліття складаються норми взаємодії, відповідно до яких громадянин має право на отримання вільного доступу до офіційної інформації та можливість звертатися до органів публічної влади та державного управління [14].

Незважаючи на те, що форма звернення зі створенням сервісів електронного уряду для громадянина було досягнуто значного спрощення, термін розгляду звернення громадян в рамках органів публічної влади та державних установ в даний час може досягати 30 днів.

Основна перевага технологій веб 2.0, які лежать в основі соціальних медіа, полягає в тому, що користувач з споживача контенту стає активним суб'єктом, тобто може створювати свій власний контент, реагувати на отриману



інформацію, поширювати її, створювати і вступати в різні співтовариства. З появою веб 2.0 вектор ділової взаємодії в рамках органів публічної влади та державних установах перестав бути одностороннім. Громадяни отримують можливість своєчасно реагувати на адміністративні ініціативи і події, що відбуваються в житті району, міста, країни.

Спочатку громадяни були пасивними споживачами інформації, не маючи можливості її коментувати або давати зворотний зв'язок в рамках офіційних джерел публікації органів публічної влади та державних установ. Такими офіційними джерелами публікації виступають засоби масової інформації, які затверджуються відповідними органами публічної влади та державними установами. В даний час офіційне джерело публікації, наприклад, «Журнал державних закупівель», доступний і в онлайн-форматі. Однак в онлайн-форматі користувач має можливість взаємодіяти зі ЗМІ, а не з органом публічної влади та державною установою [16].

У 2010 р. статус офіційних джерел публікації отримали веб-сайти самих органів публічної влади та державних установ, завдяки чому були створені нові форми взаємодії з громадянами через онлайн-приймальні. В рамках розвитку електронного уряду був створений такий інтернет-сервіс, як «особистий кабінет», через який громадяни мають можливість направляти звернення органам публічної влади та державним установам і отримувати відповідь в електронній формі.

Сервіси електронного уряду і офіційні веб-сайти вже зараз створюють можливості для інтерактивної взаємодії з громадянами в рамках органів публічної влади та державних установ. Створюються майданчики для формування спільнот і організації обговорень різних проектів та ініціатив.

Однак аудиторія подібних сервісів нечисленна, і причина їх низької популярності може полягати в тому, що вони не консолідовані в одному середовищі. Тільки на національному рівні працює понад 80 органів влади, і у кожного є свій офіційний сайт; на регіональному рівні є свої органи регіональної влади і свій набір сайтів. Соціальні мережі являють собою середовище, яким громадяни користуються регулярно і де вони мають доступ до численних сервісів і джерел інформації.

Нові форми комунікацій висувають додаткові вимоги до громадян. Ці вимоги умовно можна розділити на три категорії: 1) достатній рівень інформаційних (цифрових) компетенцій; 2) доступність апаратних засобів для підключення до інтернету (комп'ютери та мобільні пристрої); 3) залучення в інфраструктуру інформаційного суспільства, в тому числі можливість підключення до телекомунікаційних мереж, постійний доступ до мобільного зв'язку [15].

9.2. Використання ІТ-технологій в реалізації принципів прозорості та відкритості органів публічної влади та державних установ України

Щорічно зростає мобільна інтернет-аудиторія. Найбільш перспективним



каналом взаємодії органів публічної влади, державних установ та громадян можуть стати месенджери. В даний час українська влада може організувати розсилання повідомлень громадянам через мережі мобільного зв'язку. Такий спосіб інформування через SMS є досить дорогим, а формат відомостей обмежений текстовим повідомленням. Використання месенджерів (WhatsApp, Messenger, Viber і ін.) дозволить зняти обмеження на формат наданої інформації і знизити витрати.

Месенджери, швидко набирають популярність, стають частиною ділового середовища для компаній і фінансових організацій, де, крім доступу до новин, забезпечений швидкий доступ до довідкової інформації і інформаційних послуг за запитом користувача через чат-боти.

Створення новинних каналів соціальної комунікації збіглося з періодом зростання аудиторії месенджера Telegram. Нормативно-правове забезпечення месенджерів зараз тільки формується, відбувається налагодження вимог як до провайдерів і розробникам месенджерів, так і до користувачів. З досвіду веб-сторінок органів публічної влади та державних установ ми бачимо, що перші веб-сайти з'явилися в кінці 1990-х рр., а визнання їх статусу як офіційних веб-сайтів сталося в 2010 р. Немає сумнівів в тому, що месенджери будуть включені в набір інструментів комунікації органів публічної влади та державних установ.

Громадяни, вступаючи у взаємодію з органами публічної влади та державними установами, в першу чергу орієнтовані на те, щоб вирішити важливі для них завдання. Частка активних учасників будь-яких інтернет-спільнот зазвичай невелика, проте саме ці учасники дозволяють поглянути на проблему під новим кутом, знайти нетривіальні рішення. Створення інтернет-спільнот дозволить органам публічної влади та державним установам вийти на відповідний світовим стандартам рівень управління знаннями, залучаючи до процесу обговорення і проектування рішень державного управління велику кількість громадян, тобто, задіяти інтелектуальний потенціал громадян [12].

Встановлено, що в умовах сучасної інфраструктури комунікації органів публічної влади та державних установ України існує проблема слабкої прозорості та недостатньої транспарентності інформації в рамках комунікаційної політики, тому перспективними напрямками використання ІТ-технологій в реалізації принципів прозорості та відкритості органів публічної влади та державних установ України є запровадження використання месенджерів та хмарних сервісів для оптимізації державної комунікаційної політики в Україні.

В умовах, коли значна частина комунікацій переноситься в соціальні мережі, для органу державної влади переважно також скористатися ними для взаємодії в органах публічної влади та державних установах України з громадянами. Цей спосіб спілкування буде значно ефективніше, ніж використання різних форм комунікації на розрізних веб-сайтах. Створення власного середовища для забезпечення взаємодії з громадянами, крім витрат на її розробку і підтримку, зажадає значних витрат на залучення аудиторії в органах публічної влади та державних установах України [7].



Використання соціальних мереж перетворює взаємодію в органах публічної влади та державних установах України з громадянами з дискретного в безперервне. Дана перевага має велике значення як для органів публічної влади та державних установ, так і для громадян, у яких з'являються інструменти моніторингу та оцінки дій державної влади.

У соціальних мережах можливе формування спільнот, що дозволяє використовувати інтелектуальний потенціал громадян у вирішенні завдань державного управління. Можна припустити, що незабаром сама можливість надання оперативного зворотного зв'язку трансформується в обов'язкову вимогу для органів державного управління, як це сталося з інформатизацією державних послуг.

На теперішній час визначено чотири основні принципи щодо відкритості уряду та влади: 1) інформація про діяльність уряду та влади повинна бути відкритою, всеосяжною, своєчасною, вільно доступною для громадськості, і така, що відповідає основним стандартам відкритих даних; 2) уряд та влада залучають громадян до участі в обговореннях, що сприяє прийняттю рішень, які враховують громадську думку, є більш інноваційними та ефективними; 3) наявність правил, норм і механізмів, які змушують урядові та владні структури до обґрунтування своїх дій, здійснення діяльності відповідно до визначених для них вимог, реагування на критику, прийняття відповідальності за невідповідність дій законам або зобов'язанням; 4) уряд та влада враховують важливість надання громадянам відкритого доступу до технологій, а також усвідомлюють роль нових технологій в просуванні інновацій та важливість розширення можливостей використання технологій громадянами [1].

Враховуючи зазначене, та визначивши основні принципи відкритості уряду та влади постає необхідність розвитку комунікативних механізмів та засобів залучення громадськості до державного управління, удосконалення методів здійснення контролю за виконанням завдань, отримання інформаційних та інших послуг громадськістю та громадськими організаціями [11].

Аналіз комунікативної взаємодії органів державної влади та громадськості в Україні дозволив визначити основні форми безпосередньої участі громадськості у формуванні та реалізації державної політики, а саме, проведення консультацій з громадськістю через громадське обговорення; електронні консультації; вивчення громадської думки. Також формами залучення громадськості до процесу взаємодії з органами влади є індивідуальні й колективні звернення громадян, петиції, електронні петиції, отримання послуг в створених Центрах надання адміністративних послуг та забезпечення оперативного реагування органів публічної влади на звернення громадян в Національній системі опрацювання звернень до органів виконавчої влади «Урядовий контактний центр».

Також, для вдосконалення комунікативної взаємодії органів державної влади та громадськості в Україні пропонується: ухвалити законопроект «Про публічні консультації», який на законодавчому рівні зобов'яже органи влади здійснювати планування та завчасно оприлюднювати інформацію щодо підготовки проектів актів; проводити консультації на всіх етапах формування



державної, регіональної політики; дотримуватись порядку проведення публічних консультацій, визначеного запропонованим законопроектом; звітувати про результати консультацій; створити єдине інформаційне суспільство на базі інформаційно-комунікативних технологій; забезпечити доступність громадськості до публічної інформації; забезпечити надання якісних соціальних, адміністративних та інших послуг; інформувати через комунікаційні засоби про можливість залучення громадян до активного процесу суспільного життя; заохочувати в наданні пропозицій, рекомендацій та нових ідей з боку громадськості; налагодити дієвість зворотного зв'язку [4].

Варто звернути увагу ще на кілька важливих моментів. По-перше, незаперечним залишається факт існування глобальних сил, які впливають на всі види життєдіяльності кожної людини. По-друге, технологічні новації поступово знаходять своє відображення в житті населення. Така ситуація призводить до виникнення необмежених шляхів розвитку і перспектив впровадження інструментів маркетингу в публічному управлінні, в цілому [2].

Усвідомлення сучасних умов держави вимагає серйозних змін застарілого стереотипного відношення до планування, як до процесу, в повній мірі, керованого державними установами. На перший план виходить необхідність нового розуміння планування, формування його стійкого становища завдяки максимізації рівня задоволеності громадян.

Таким чином, для успішного планування служб маркетингу в публічному управлінні слід детально вивчити і оцінити реальні можливості нашої країни і, виходячи з цього, сформулювати програму подальшого розвитку і здійснення маркетингу, в якій би раціонально поєднувалися наявні ресурси, потреби суспільства, цілі і завдання, в основі яких людино-орієнтовані, ціннісні принципи. Створення служб маркетингу в публічному управлінні є досить невивченим процесом, що, в свою чергу, вимагає більш певного обґрунтування. На основі вищенаведеної інформації та логічних міркувань, побудуємо організаційну структуру служби маркетингу, яка, в свою чергу, повинна бути невід'ємною складовою публічного управління, в цілому [15].

Забезпечення успішної діяльності маркетингу в громадському управлінні реалізується шляхом здійснення стратегічного контролю і оперативної оцінки поведінки його маркетингових інструментів в процесі досягнення поставлених цілей. Треба звернути увагу, що без організації контролю і встановлення зворотного зв'язку неможлива належна робота самих механізмів публічного управління, інших підконтрольних державних структур. Контроль також є одним з основних дисциплінуючих чинників поведінки державних службовців [13].

Як і в інших країнах, на нинішньому етапі реалізації програми розвитку електронного уряду послуги надаються громадянам з використанням різних каналів. Крім порталів і офіційних веб-сайтів послуги можна отримати в офісах державних установ, багатофункціональних центрах, по телефону або по пошті. В якійсь мірі стратегія надання послуг за допомогою декількох каналів позитивно сприймається населенням. Однак така стратегія не дозволяє в повній мірі використовувати всі переваги цифрового уряду - навіть в разі зміни каналів



надання послуг або трансформації адміністративних процесів.

Мобільні голосові послуги і сервіси служб коротких повідомлень доступні 99% населення; смартфони вже використовують близько 20% громадян, особливо молодь і жителі міст; як і в інших країнах, мобільні пристрої, ймовірно, стануть домінуючими в міру подальшого розгортання широкосмугового доступу і LTE-мереж [10].

Послуги цифрового уряду повинні бути доступні завжди і скрізь, де громадяни хочуть їх використовувати. Для успішної реалізації принципу «цифрові за замовчуванням» необхідно, щоб державні послуги в цифровому форматі були привабливими і легкими у використанні для абсолютної більшості громадян, які можуть їх отримувати (реалізація заходів, рекомендованих нижче, може забезпечити збільшення частки громадян, які отримують послуги з цифрових каналів в майбутньому). Це означає, що послуги в цілому – адміністративні регламенти з їх надання та інтерфейси доступу до електронного уряду – повинні розроблятися з орієнтацією на користувача, а не на відомства або існуючі процеси.

Очікування громадян щодо цифрового уряду формуються під впливом досвіду взаємодії з бізнесом. В ході такої взаємодії отримати послугу можна за допомогою простих операцій, які, де це можливо, здійснюються цілком в електронному вигляді, а в тих випадках, коли необхідні фізичні дії, вони автоматизовані і передбачувані. Такі послуги також дозволяють користувачеві відслідковувати статус угоди – вона цілком проглядається в цифровому форматі.

Громадяни не будуть використовувати цифрові державні послуги більш активно, якщо вони не будуть надаватися аналогічним чином і з тим же якістю; наприклад, виконання операції має відбуватися швидше, ніж при особистому відвідуванні багатофункціонального центру з такою ж ступенем надійності [8].

Кібербезпека цифрового уряду – винятково важливе питання не тільки через посилення загрози з боку різних суб'єктів, але також через підвищення значимості системи цифрового уряду і даних, які в ній зберігаються, для забезпечення належного функціонування державних органів і організацій.

В рамках бюджету 2020 року заплановано зростання видатків на інформаційну політику та комунікацію на 60% до рівня 2580 млн. грн., в тому числі на суспільне телебачення буде витрачено 2011,5 млн. грн. видатків та 569 млн. грн. на захист інформаційного простору та укрінформ, що дозволить покращити, як очікується ефективність комунікації органів публічної влади та державних установ України з громадянами [3].

Існуючі системи моніторингу розвитку електронного уряду не відображають всіх аспектів цифрового уряду. Зокрема, як правило, в них надмірну увагу приділяється технічним можливостям і недооцінюється практичний досвід громадян у використанні послуг. Існуючі моделі самі по собі не підходять для оцінки майбутнього розвитку цифрового уряду. Таким чином, найважливішим елементом переходу до цифрового уряду має стати створення ефективної системи моніторингу розвитку цифрового уряду. Виконання цього завдання слід доручити, наприклад, проектному офісу цифрового уряду.



Отже, за результатом оцінки перспективних напрямків використання ІТ-технологій в реалізації принципів прозорості та відкритості органів публічної влади та державних установ України визначено потребу вдосконалення механізмів та сучасних методів комунікацій в напрямках запровадження діджиталізованої стратегії комунікації з використанням хмарних технологій та систем передачі інформації [9].

Для покращення та підвищення ефективності нормативно-правового забезпечення щодо врегулювання форм взаємодії між органами державної влади та громадськістю в Україні необхідно впровадити механізм моніторингу виконання прийнятих рішень; забезпечити прозорість процесу прийняття управлінських рішень, шляхом залучення громадськості до підготування проектів та аналізу виконання таких рішень, своєчасного інформування громадськості про свою діяльність; уніфікувати програмне забезпечення з метою автоматизації обміну даними; встановити відповідальність щодо неналежного виконання вимог оприлюднювати інформацію через незаконне застосування грифів обмеження доступу до інформації; встановити відповідальність щодо ігнорування інформаційних запитів.

Висновки

В умовах сучасної інфраструктури комунікації органів публічної влади та державних установ України існує проблема слабкої прозорості та недостатньої транспарентності інформації в рамках комунікаційної політики, тому перспективними напрямками використання ІТ-технологій в реалізації принципів прозорості та відкритості органів публічної влади та державних установ України є запровадження використання меседжерів та хмарних сервісів для оптимізації державної комунікаційної політики в Україні. Використання соціальних мереж перетворює взаємодію в органах публічної влади та державних установах України з громадянами з дискретного в безперервне. Дана перевага має велике значення як для органів публічної влади та державних установ, так і для громадян, у яких з'являються інструменти моніторингу та оцінки дій державної влади.

За результатом оцінки перспективних напрямків використання ІТ-технологій в реалізації принципів прозорості та відкритості органів публічної влади та державних установ України визначено потребу вдосконалення механізмів та сучасних методів комунікацій в напрямках запровадження діджиталізованої стратегії комунікації з використанням хмарних технологій та систем передачі інформації. До шляхів вдосконалення механізмів та сучасних методів комунікацій в органах публічної влади та державних установах України включено використання меседжерів та систем автоматичної обробки запитів громадян для прискорення рівня комунікаційної політики органів публічної влади та державних установ України.



ГЛАВА 10. ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ К СТВОРЕННЮ ТЕХНОЛОГІЇ СОУСНОЇ ПРОДУКЦІЇ

INNOVATIVE APPROACHES TO THE CREATION OF SAUCE TECHNOLOGY ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СОУСНОЇ ПРОДУКЦІЇ

DOI: 10.30888/2663-9882.2020-01-024

Вступ

Створення функціональних харчових продуктів як засобу профілактики та ліквідації дефіциту мікронутрієнтів є актуальною проблемою, якій присвячено праці вітчизняних та зарубіжних вчених: О.О. Гринченко, А.Б. Горальчука, А.М. Дорохович, І.Ю. Жигаленко, А.В. Зіolkовської, П.О. Карпенка, М.Б. Колесникової, В.Н. Корзуна, М.Ф. Кравченка, Г.М. Лисюк, Л.П. Малюк, Л.М. Мостової, Н.Я. Орлової, М.І. Пересічного, П.П. Пивоварова, Н.В. Притульської, Г.Б. Рудавської, Т.І. Юдіної, К.І. Draget, М.Р. Ennis, J.C.F. Murrey, G.O. Phillips, W.C. Welington, P.A. Williams та ін.

Серед продукції ресторанного господарства окремий сегмент складають соуси, які сприяють кращому засвоєнню харчових нутрієнтів організмом людини, урізноманітнюють асортимент і підвищують харчову цінність страв. Проте більшість з них має незбалансований хімічний склад, зокрема, підвищений вміст насичених жирних кислот, а вуглеводний склад представлено переважно крохмалем пшеничного борошна. Перспективним напрямом вирішення завдання щодо підвищення харчової цінності, зниження дефіциту есенційних речовин є розроблення технології соусів функціонального призначення, що передбачає поєднання традиційної сировини з дієтичними добавками. Це дозволить отримати якісну і безпечну продукцію, збагачену фізіологічно важливими для організму людини нутрієнтами.

З метою покращення харчової цінності соусів та з урахуванням економічних чинників виробництва вважали за доцільне розробити сухі суміші з дієтичних добавок для виробництва соусів за рахунок підвищення вмісту у соусній продукції білків, макро- та мікроелементів, вітамінів. Науковий і практичний інтерес викликають дієтичні добавки (ДД), використання яких дозволить розширити асортимент та підвищити якість соусної продукції функціонального призначення.

Враховуючи вищезазначене, розроблення нових технологій соусів з використанням дієтичних добавок є актуальним напрямом розвитку харчових технологій.

Метою роботи є наукове обґрунтування і розроблення технології соусів з підвищеною харчовою цінністю.

Об'єкт дослідження – технологія соусів функціонального призначення з використанням композиційної суміші дієтичних добавок.

Предмет дослідження – білково-жирова добавка з сої (БЖД) «Супер» ЕСО, гуміарабік (Fibregum), пектин низькоетерифікований GRINDSTED YF



738, лактат кальцію, композиційні суміші, модельні харчові системи, соуси білі, молочні та солодкі.

Методи дослідження – фізичні, фізико-хімічні, мікробіологічні, органолептичні, методи математичної обробки експериментальних даних з використанням інформаційних комп'ютерних технологій та програмного забезпечення.

За результатами проведених досліджень розроблено та затверджено нормативну документацію: ТУ У та ТІ 15.8-01566117-016:2009 «Соуси на основі рослинних гідроколоїдів та дієтичних добавок». Розроблені технології соусів впроваджено: у лікувально-оздоровчому комплексі «Яблуневий сад» (м. Хмельницький), кафе-барі «Меркурій» і ресторані «Магія ночі» (м. Львів), закладах ресторанного господарства м. Києва: ТОВ «Гетьман и Ко», мережі ресторанів «Яппі», ресторані «Франциско», їдальні №1 «Енергосервіс Київенерго». Наукову новизну одержаних результатів підтверджено 7 патентами України на корисну модель.

Соціальна ефективність полягає у розширенні асортименту соусної продукції підвищеної харчової цінності, що дозволить покращити структуру харчування населення.

Авторами проаналізовано сучасні напрями розвитку технологій соусної продукції, асортимент і характеристика дієтичних добавок, перспективних для використання у складі емульсійних харчових систем з метою підвищення харчової цінності соусів; фізико-хімічні процеси утворення емульсійних структур та шляхи їх регулювання. Обґрунтовано доцільність розроблення композиційних сумішей з дієтичних добавок та використання їх у технології соусів функціонального призначення.

Процес комплексоутворення проведено згідно з молекулярно-масовим розподілом пектинових речовин шляхом ультрацентрифугування з використанням фенол-сірчаного методу. Молекулярні маси комплексів полісахаридів визначали методом гель-хроматографії; ефективну в'язкість модельних систем, соусів – на віскозиметрі ВПН–0.2; вміст кальцію, магнію – атомно-адсорбційним методом на спектрофотометрі; фосфору – згідно з ГОСТ 17289; вміст натрію, калію, заліза, марганцю та інших мікроелементів – методом рентгенофлуоресцентного аналізу.

Досліджено фізико-хімічні та технологічні показники дієтичних добавок та обґрунтовано доцільність їхнього сумісного використання у технологіях соусів функціонального призначення. Для визначення раціональних концентрацій гуміарабіку, пектину, БЖД, лактату кальцію у композиційних сумішах досліджували гідратаційну здатність, поверхневий натяг, ефективну в'язкість їх розчинів, адже рідкою основою соусів є вода, бульйони, відвари.

При взаємодії гуміарабіку у концентрації 1–6% і пектину 0,5–2% з рідиною відбувається їхнє набрякання і розчинення, що в свою чергу супроводжується зниженням поверхневого натягу розчинів, що полегшує диспергування поверхневих систем. Показники поверхневого натягу зростають зі збільшенням концентрації полісахаридів і набувають постійних значень при концентрації гуміарабіку 5,9-6,0% та пектину у межах 1,9-2,1%, а знаходяться на рівні



$6,0 \cdot 10^{-2}$ і $6,4 \cdot 10^{-2}$ Н/м відповідно (рис. 2).

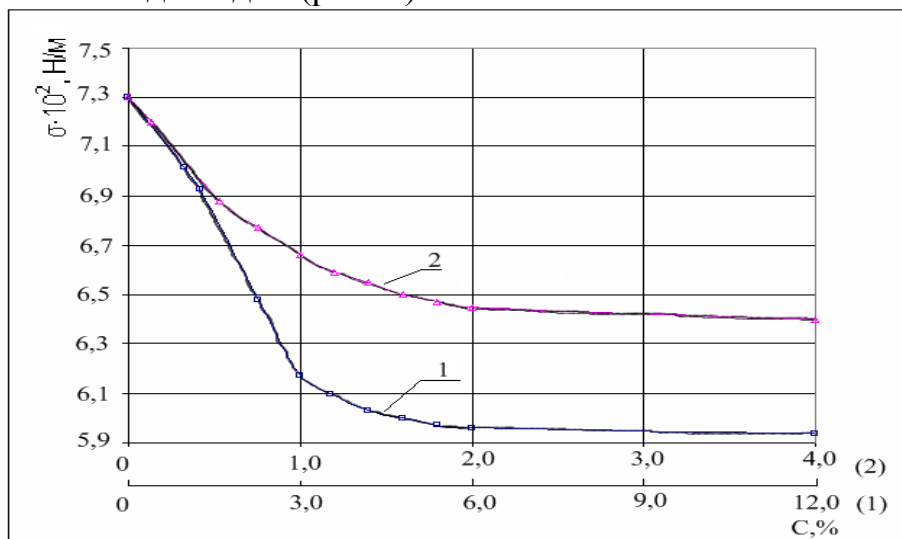


Рис. 2. Поверхневий натяг (σ) водних систем гуміарабіку(1) та пектину(2) в залежності від їх концентрації (C)

Встановлено, що розчини гуміарабіку з концентрацією до 6% не утворюють необхідної «соусної» структури, ефективна в'язкість його розчинів на 25–35% нижче від контролю (3% клейстер крохмалю). Використання гуміарабіку разом з пектином (у співвідношенні 6:2) дозволило отримати ефективну в'язкість розчинів модельних систем, наближену до показників традиційних соусів (0,2–0,4 Па·с).

У технології більшості соусів використовують кухонну сіль у концентрації до 2% та цукор – до 12% (у солодких соусах), тому важливо визначити вплив цих речовин на реологічні характеристики модельних систем.

При додаванні цукру (1–12%) у 2%-ві водні розчини пектину ефективна в'язкість збільшується з 0,5 до $5,5 \cdot 10^{-2}$ Па·с, тобто зростає майже у 10 разів. Додавання цукру (12%) у водні розчини гуміарабіку (6%) приводить до підвищення ефективної в'язкості на 54%, відносно розчинів без цукру, і становить $3,4 \cdot 10^{-3}$ Па·с. При зазначеній концентрації NaCl у 2%-му розчині пектину ефективна в'язкість підвищується на 19%. Додавання 2% NaCl у водні розчини гуміарабіку підвищує ефективну в'язкість на 16% (рис. 3, 4).

Вплив солі у зазначеній концентрації на ефективну в'язкість водних розчинів полісахаридів є незначним, тоді як внесення цукру дозволяє підвищити ефективну в'язкість у 1.5 для водних розчинів гуміарабіку та 10 разів для розчинів пектину, що враховано при розробці технології соусів.

Для досягнення в'язкісних характеристик модельних систем властивих традиційним соусам до їх складу вводили лактат кальцію. Адже відомо, що іони кальцію сприяють утворенню пектинових комплексів – пектатів.

Виявлено, що утворення гуміарабік-пектин-кальцієвих комплексів залежить від рН середовища. При зниженні рН середовища з 7 до 5 спостерігається підвищення ефективної в'язкості модельних систем: на основі молока – на 27%, бульйону – 40%, сливового пюре – 59%, яблучного соку – 50%, через підвищення реакційної здатності йонів кальцію у кислому



середовищі (рис. 5).

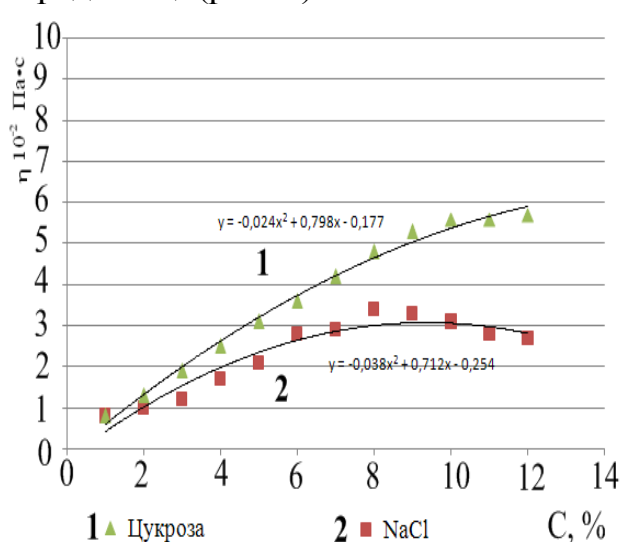


Рис. 3. В'язкість водних розчинів пектину (2%) за різних концентрацій NaCl та цукру

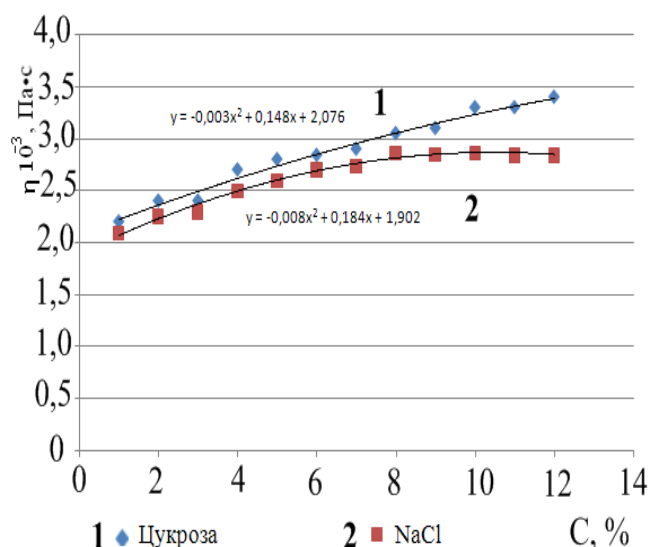


Рис. 4. В'язкість водних розчинів гуміарабіку (6%) за різних концентрацій NaCl та цукру

За умов рН 5.0–5.1 у модельних системах відбувається процес комплексоутворення між пектином, гуміарабіком і лактатом кальцію, внаслідок утворення кальцієвих містків між їх молекулами утворюються стійкі до розшарування системи. Механізм комплексоутворення підтверджено методом гель-хроматографії: в системі пектин-гуміарабік-кальцій зафіксовано зростання середньомолекулярної маси з 89 до 671 кДа.

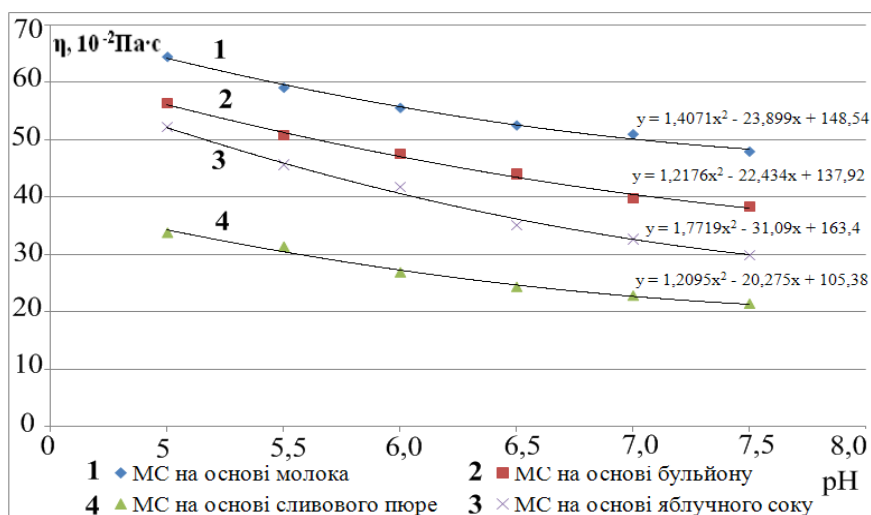


Рис. 5. Ефективна в'язкість модельних систем за різних значень рН середовища

З метою підвищення вмісту білку і покращення амінокислотного скору у розроблених соусах до їх складу ввели соєву білково-жирову добавку (БЖД). Визначено раціональні умови гідратації і водопоглинаючу здатність білково-жирової добавки «Супер» ЄСО ($K=3.8$, $t=50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau=1.8 \cdot 10^3\text{ c}$).

Композиційна суміш з білково-жирової добавки, гуміарабіку, пектину та



лактату кальцію (5:6:2:2) дозволяє отримати структуру модельних систем наближену за реологічними характеристиками до традиційних соусів.

Важливим показником структурно-механічних характеристик соусів є напруга зсуву, яка при швидкості зсуву 69с^{-1} становить для контрольних модельних систем на основі молока – 45 Па, бульйону – 40 Па, сливового пюре – 30 Па, яблучного соку – 25 Па. Серед розроблених модельних систем показники напруги зсуву знаходяться на рівні контрольних зразків і становлять 46, 39, 32, 26 Па відповідно (рис. 6).

Авторами наведено наукове обґрунтування та основні етапи створення технології соусів функціонального призначення.

Методами математичного моделювання з урахуванням показників органолептичної оцінки, тиксотропності, сидементаційної стійкості, вмісту мінеральних речовин та вітамінів, визначені раціональні концентрації композиційної суміші для молочних (15.7%), білих (15.05%), фруктових (15.3%) та солодких (15.57%) соусів.

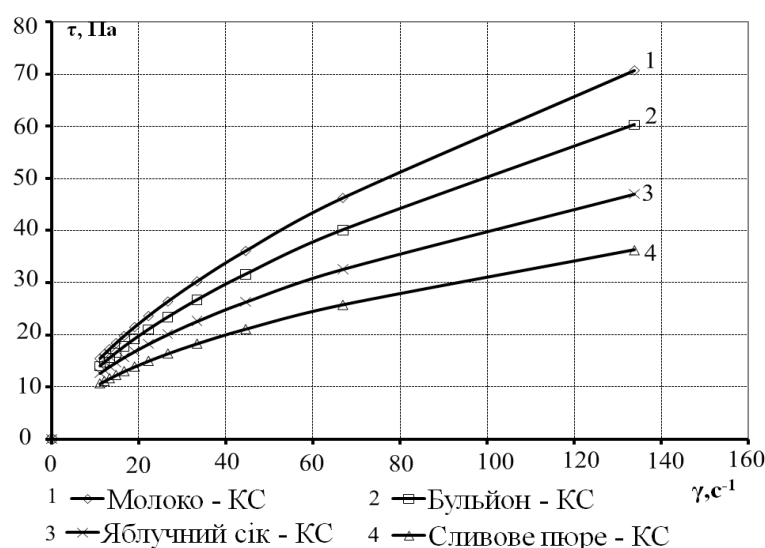


Рис. 6. Напруга зсуву модельних систем композиційної суміші за різних значень швидкості зсуву (γ)

$$Y_{(x)} = -0,184x^2 + 5,808x + 96,28 \text{ – (модельна система на основі молока);}$$

$$Y_{(x)} = -0,169x^2 + 5,088x + 95,63 \text{ – (модельна система на основі бульйону);}$$

$$Y_{(x)} = -0,193x^2 + 5,915x + 95,03 \text{ – (модельна система на основі сливового пюре);}$$

$$Y_{(x)} = -0,190x^2 + 5,857x + 95,97 \text{ – (модельна система на основі яблучного соку).}$$

Для спрощення дозування рецептурних інгредієнтів у виробничих умовах, раціональну концентрацію композиційної суміші прийнято у кількості 15%.

Ефективна в'язкість традиційних соусів при швидкості зсуву 69с^{-1} становить для молочних – 0.6 Па·с, білих – 0.5 Па·с, сливових – 0.4 Па·с, яблучних – 0.3 Па·с. Серед розроблених модельних соусів показники ефективної в'язкості наближені до контрольних зразків при концентрації композиційної суміші 14–16% (рис. 7).

За результатами проведених досліджень, встановлені технологічні параметри ($T=98\pm 2^\circ\text{C}$, $\tau=4.2\cdot 10^2\text{--}6.0\cdot 10^2\text{с}$), розроблено технологічні схеми



виробництва соусів функціонального призначення.

Проаналізовано органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні, мікробіологічні показники безпечності та харчової цінності соусів на основі: молока («Молочний», «Сонячний»), бульйону («Білий», «Баланс»), сливового пюре («Ткемалі», «Горець»), яблучного соку («Яблучний», «Веселка»).

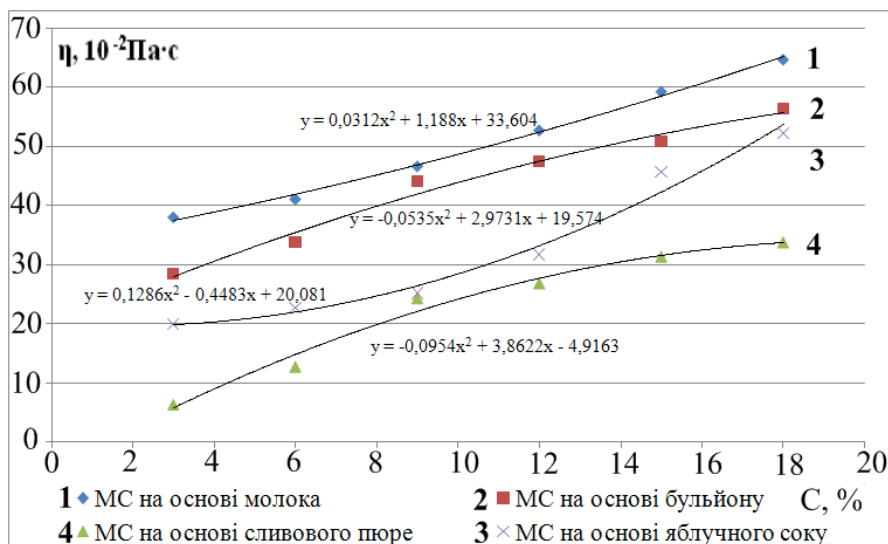


Рис. 7. Ефективна в'язкість модельних соусів концентрації композиційної суміші при швидкості зсуву 69с^{-1}

За розробленою методикою проведено органолептичну оцінку соусів, яка для традиційних знаходиться у межах 8,7–8,9 бала, а дослідних зразків – 8,6–8,7 бала.

Дереватографічними дослідженнями встановлено, що вміст вільної води у розроблених соусах зменшився на 15,7–27% порівняно з контрольними, а частка зв'язаної зросла на 4,7–5,1%, що запобігає розшаруванню гетерогенних систем соусів (рис. 9).

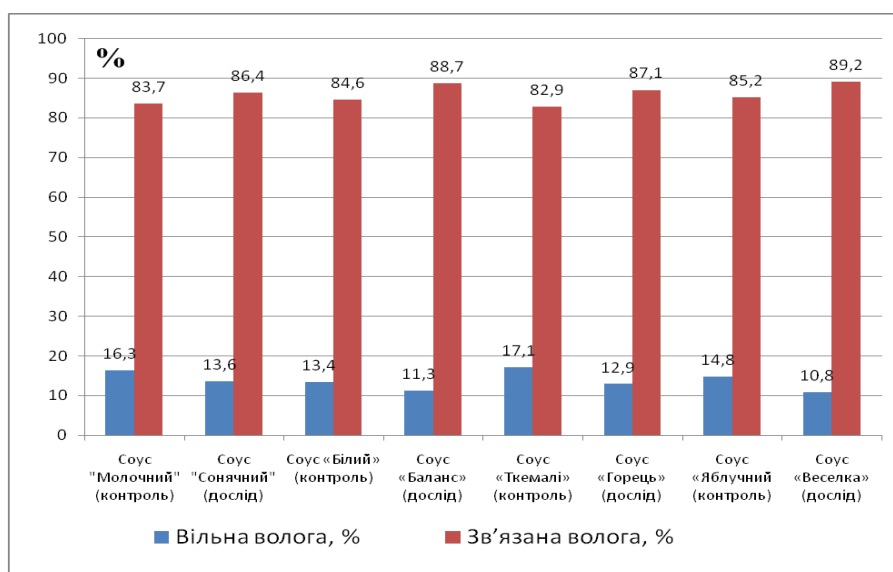


Рис. 9. Вміст вільної і зв'язаної води у соусах

Агрегативна та кінетична стійкість соусів «Сонячний», «Баланс»,



«Горець», «Веселка» зросла на 4,4–5,6%, показники тиксотропності – на 5,5–9,1% порівняно з традиційними, що свідчить про підвищення стійкості до розшарування. Ефективна в'язкість соусів, виготовлених за традиційними технологіями, після термообробки знизилася на 18,4–21,4%, а розроблених – на 12,7–15,7%, що свідчить про вищу термостабільність структури розроблених соусів.

При дослідженні основних якісних показників соусів встановлено, що у розроблених соусах вміст білка збільшився у 2,3–3,8 раза, у тому числі кількість незамінних амінокислот – на 12–47%. Лімітуючими амінокислотами є сума метіоніну та цистину (соус «Сонячний» – 94,3, «Баланс» – 91,4, «Горець» – 79,1, «Веселка» – 87,7), за «триптофановим» та «треоніновим» індексами білок є збалансованим (рис. 10).

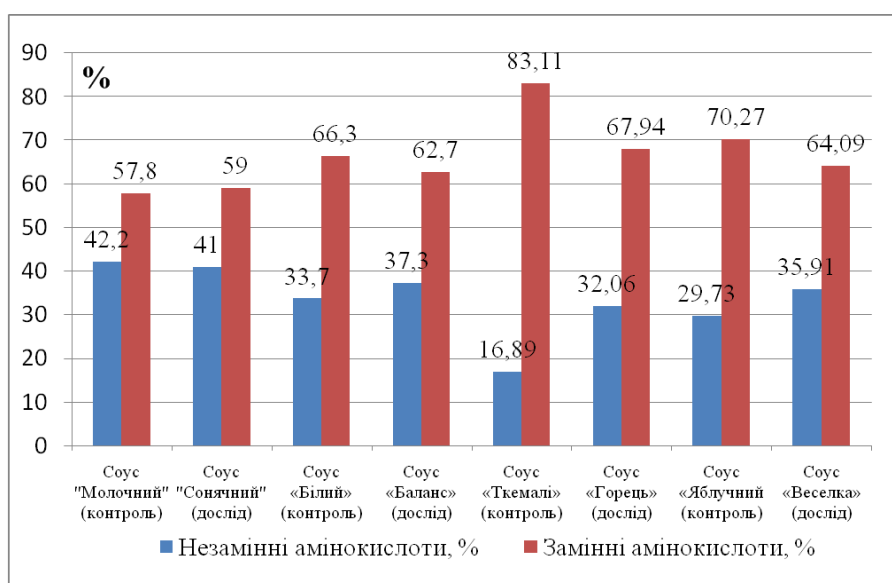


Рис. 10. Вміст амінокислот у соусах

Загальний вміст жиру у розроблених соусах коливається в межах контролю. Аналіз жирнокислотного складу виявив наявність насичених жирних кислот у соусах «Сонячний» і «Баланс» (66,5% і 60% від загальної кількості жиру), превалюючими серед яких є пальмітинова (26,4 і 25,2%), стеаринова (11,6 і 11,3%), міристинова (8,6 і 7,8%). Мононенасичені та поліненасичені жирні кислоти представлені олеїною (26,6 і 25,9%) та ленолевою кислотами (10,7 і 13,4%). У солодких соусах «Горець» та «Веселка» насичені жирні кислоти представлені переважно пальмітиною (10,8 і 12,3%) та стеариною (3,5 і 3,8%), поліненасичені та мононенасичені жирні кислоти представлені лінолевою (48,7 і 53,3%), та олеїною кислотами (30,3 і 22,6%) (рис. 11).

У розроблених соусах змінився якісний і кількісний склад вуглеводів, порівняно з контролем (табл. 1).

У розроблених соусах частка легкозасвоюваних вуглеводів знаходиться на рівні контролю, а харчових волокон збільшується. У соусах, виготовлених за традиційною технологією, вміст харчових волокон знаходиться у межах 0,1–0,8% і предсталений переважно клітковиною, у розроблених соусах за рахунок



використання гідроколоїдів (пектину, гуміарабіку) їх вміст зріс до 7,5–8,0%.

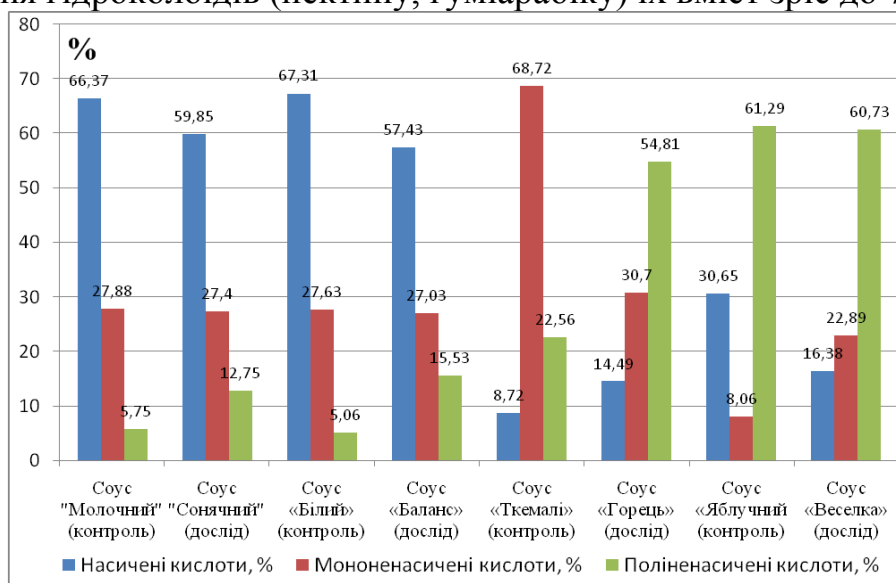


Рис. 11. Жирнокислотний склад соусів

Таблиця 1

Вуглеводний склад соусів функціонального призначення, г

Соус	Загальна кількість	Моно- і дисахариди	Крохмаль та декстрини	Харчові волокна
"Молочний" (контроль)	7,04±0,21	3,37±0,11	3,57±0,11	0,1±0,004
"Сонячний" (дослід)	11,53±0,32	3,42±0,13	0,61±0,02	7,5±0,23
"Білий" (контроль)	5,43±0,11	1,49±0,05	3,84±0,10	0,1±0,004
"Баланс" (дослід)	10,1±0,22	1,48±0,05	1,12±0,03	7,5±0,22
"Ткемалі" (контроль)	14,2±0,23	11,5±0,43	2,1±0,04	0,6±0,01
"Горець" (дослід)	17,6±0,33	9,5±0,33	0,2±0,01	7,9±0,21
"Яблучний" (контроль)	22,1±0,85	19,2±0,62	2,1±0,06	0,8±0,01
"Веселка" (дослід)	25,5±0,97	17,3±0,58	0,2±0,005	8,0±0,31

*Різниця з контролем є статистично достовірною ($P \leq 0,05$)

У розроблених соусах збільшився вміст мінеральних речовин: калію – у 1,25–4,3 раза, кальцію – у 3,3–6,4 раза, магнію – 1,7–2,7 раза, фосфору – 1,2–2,9 раза, заліза – у 1,6–8,5 раза відносно контролю. Аналіз вітамінного складу розроблених соусів виявив зростання вмісту вітамінів, зокрема, ніацину (PP) – у 1,3–2,4 раза; тіаміну (B₁) – 1,46–6,3 раза; рибофлавіну (B₂) – 1,18–2,1 раза; аскорбінової кислоти (C) – 1,1–1,3 раза відповідно.

При дослідженні термінів зберігання розроблених соусів встановлено, що кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів після зберігання ($t = 4^{\circ}\text{C}$, 24 год) становить $1,86\text{--}2,07 \cdot 10^2$, що на 6–9% менше порівняно з контролем. У контрольних і дослідних зразках не виявлено плісневих грибів і дріжджів, БГКП, патогенних мікроорганізмів, у т. ч. родів *Salmonella*, *Proteus*, *Staphylococcus aureus*.

За отриманими одиничними показниками побудовано профілі якості соусів порівняно з еталоном (за який прийнято умовний продукт, що забезпечує 25%



добової потреби у визначених нутрієнтах). Профілі якості розроблених соусів мають більшу площу поверхні: «Сонячний» – у 9,2; «Баланс» – 5,4; «Горець» – 8,2; «Веселка» – у 8,1 рази порівняно з контрольними і наближаються до еталонних (рис. 12–15).

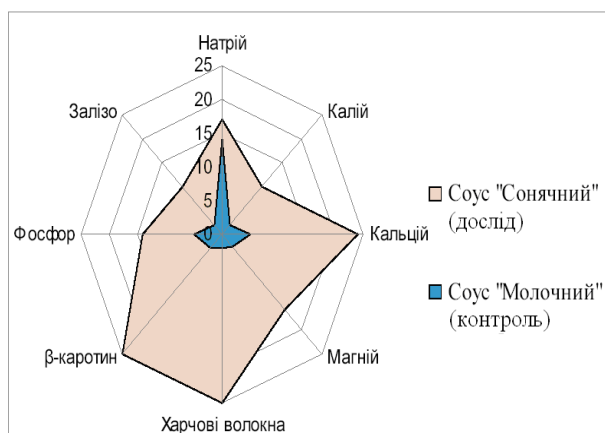


Рис. 12. Профіль якості соусу «Молочний»

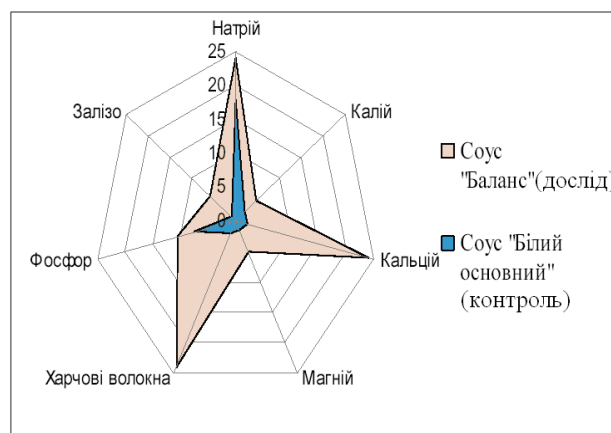


Рис. 13. Профіль якості соусу «Баланс»

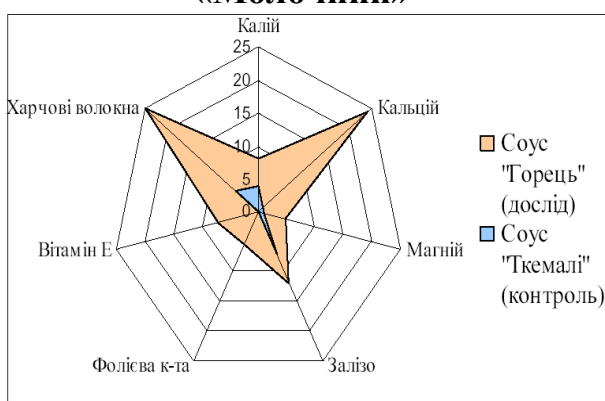


Рис. 14. Профіль якості соусу «Горець»

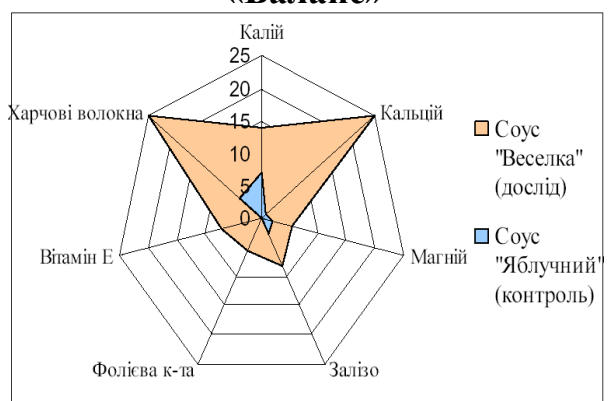
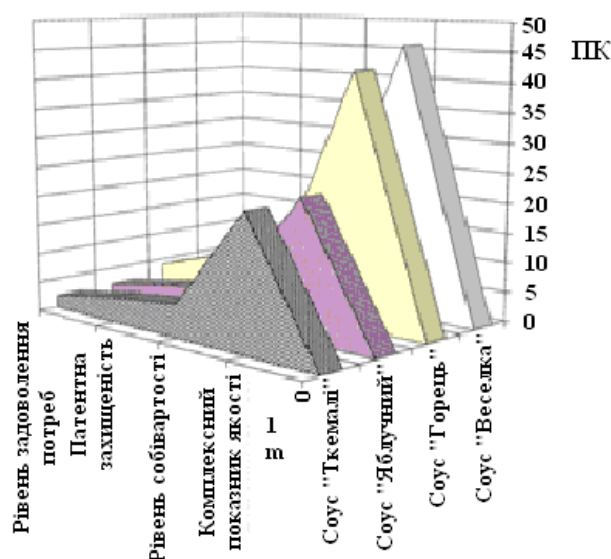
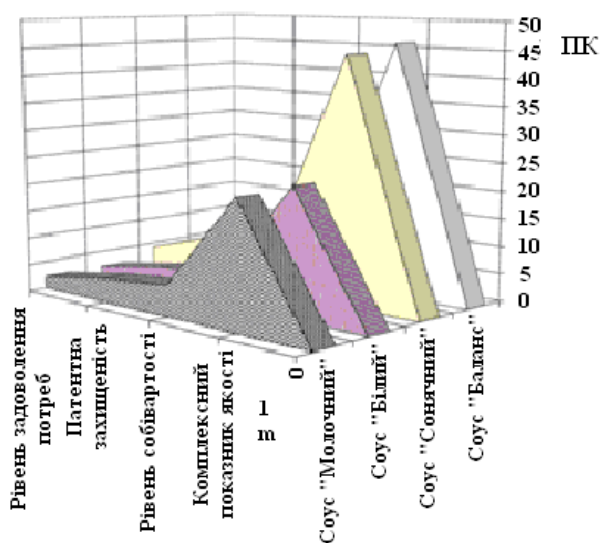


Рис. 15. Профіль якості соусу «Веселка»



*Примітка:ПК – показник конкурентопридатності, од.,
m – вагомість і-го показника конкурентопридатності

Рис. 16. Модель конкурентопридатності соусів функціонального



призначення

Розроблено і затверджено нормативну документацію ТУ У та ТІ 15.8-01566117-016:2009 «Соуси на основі рослинних гідроколоїдів та дієтичних добавок» і технологічні інструкції.

Конкурентопридатність розроблених виробів оцінювали за показниками якості, собівартістю, рівнем задоволення потреб споживачів та патентною захищеністю (рис. 16).

Висновок.

Комплексний показник конкурентопридатності розроблених соусів перевищує значення контрольних зразків (34,5–35,5 од.) і становить відповідно: «Сонячний» – 68 од., «Баланс» – 70 од., «Горець» – 64 од., «Веселка» – 70 од., що за розробленою нами шкалою відповідає високо перспективній соусній продукції. Соціальна ефективність впровадження розробок полягає у розширенні асортименту продукції ресторанного господарства та забезпеченні споживачів продукцією функціонального призначення, що дозволить поліпшити раціон харчування населення України.



ГЛАВА 11. ПРОБЛЕМЫ КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В КАНАЛАХ СВЯЗИ

**PROBLEMS OF CODING INFORMATION IN COMMUNICATION CHANNELS
ПРОБЛЕМИ КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В КАНАЛАХ ЗВ'ЯЗКУ**

DOI: 10.30888/2663-9882.2020-01-015

Introduction

The work is devoted to the analysis of some features of information coding in communication channels. Some coding schemes are presented that can improve the efficiency of information use.

11.1. The study of convolutional codes

The name "convolutional" codes received for the reason that the process of encoding them in the input information sequence, i.e., produce output symbols from the point of view of mathematics is reflected by a procedure called convolution.

Unlike block codes, where the coded symbols becomes a sequence of independent codewords of the same length when using convolutional codes, the situation is different. Additional (test) characters for such codes depend on a number of previous information symbols, and the output sequence becomes one semi-infinite code word. It imposes its own characteristics on the acquisition of convolutional codes and the development of methods for their encoding [1, 2].

Convolutional codes tend to receive in contrast to the block codes by modeling them on a computer and select the best of them. For decoding convolutional codes, there are no methods analogous to algebraic methods of correcting multiple errors.

Initially, the convolutional codes have emerged as an alternative to block codes to facilitate encoding and decoding technical positions when correcting single errors. However, in the future, scientists drew attention to the possibility of obtaining on the basis of the convolutional codes, the higher noise immunity than for block codes with comparable complexity of their implementation in specific devices [3, 4].

This is due to the fact that convolutional codes used in Viterbi decoding algorithm, we can be easy to build a decoder based on the use of a demodulator with soft decision, which increases winnings by about 2 dB compared with the demodulator with a tough decision which is mainly used in the case of block codes.

Thus, the introduction of a convolutional structure gives the code a number of additional properties that facilitate its decoding and improve its performance [5, 6].

11.2. Coding information with convolutional codes

Encoding information with a convolutional code is a simpler procedure than for block codes, and is performed in the shift register, in which individual cells are



connected through adders modulo 2.

We begin the study of convolutional codes by considering the encoder shown in Fig. 1.

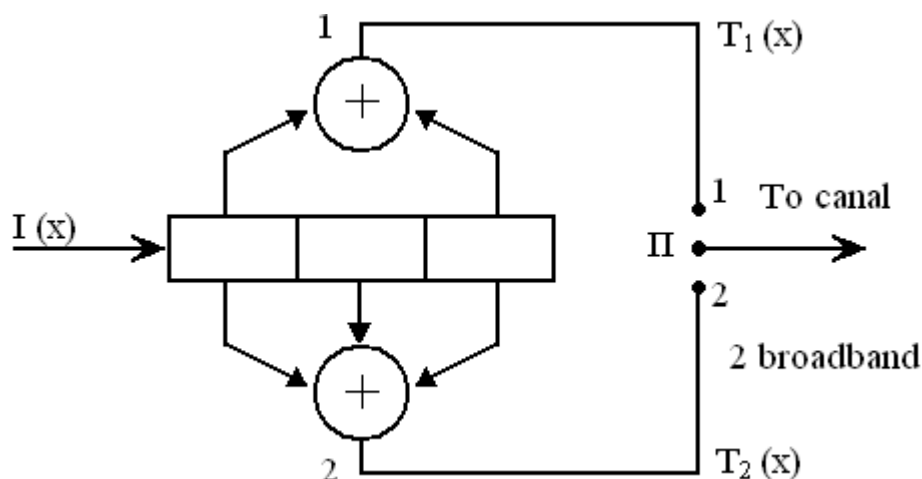


Figure 1 - Structural diagram of a convolutional code encoder

The input sequence $I(x)$ is input to a three-digit shift register. First, the switch P is in position 1, and then is transferred to position 2.

With such switching, the data arrival rate to the channel is doubled, and redundancy is carried in the sequence $I(x)$, i.e. one check item is added to each information symbol.

So, for example, let the sequence 001 be fed to the input of the encoder. In accordance with the relationships between the register cells in Figure 1, the output sequence of the encoder is made up of sequences of characters $T_1(x)$ and $T_2(x)$ coming from the outputs of adders 1 and 2 to key P and is formed as a sequence 110111, which consists of six characters instead of three input, i.e. in this case, the redundancy is 1. The structure of the output sequence is determined by the relationships of the register with the adders. So for links (Fig. 2), the output sequence for the same input 001 will be 100111 and will contain fewer units.

The role of the connections between the register cells and the adders will be clarified below. One has only to say that these connections are essential in the construction of convolutional codes.

The informational symbols are not explicitly contained in the output sequence of the convolutional encoder, because neither $T_1(x)$ nor $T_2(x)$ coincide with $I(x)$ (Fig. 1, Fig. 2), and such coding is called unsystematic. In order to isolate them from the general data stream, a device must be installed on the receiving side, which ensures the determination of information symbols. Such a device is usually a convolutional code decoder, for example a Viterbi decoder, in which, after certain transformations, information symbols are extracted.

To obtain a systematic convolutional code, it is necessary to change the connection of one of the adders (Fig. 1) so that the information sequence is part of the output sequence, which is equivalent to disconnecting one of the adders, as shown in Fig. 3.

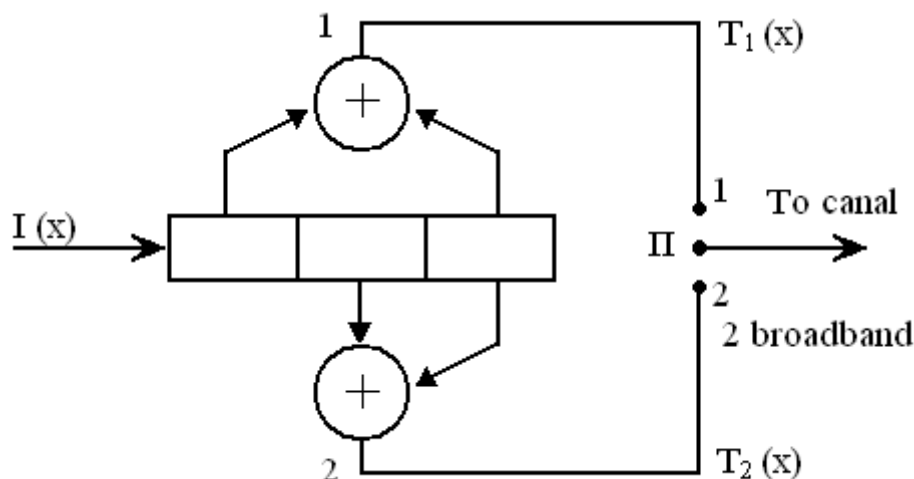


Figure 2 - Convolutional unsystematic encoder

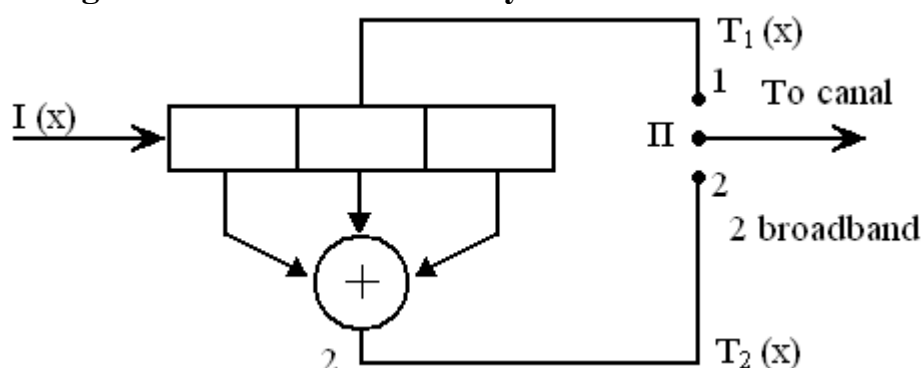


Figure 3 - Coder for systematic coding

In convolutional codes, the concept of a code constraint "k" is introduced, which is understood as the number of cells of the shift register. The transmission rate is determined by the formula (1)

$$R = m / s, (1)$$

where m is the number of shift registers in the encoder circuit, and c is the number of adders at the output from which information is read into the channel. For m = 1 (Fig. 1), R = 0.5, where two adders form two channel symbols for each information symbol entering the encoder. With two shift registers and three adders, the speed R = 2/3, the corresponding circuit of such an encoder for the convolutional code (6.4) is shown in Fig. 4.

In such an encoder (Fig. 4), for each two information symbols, three channel symbols are formed, one for T₁(x), T₂(x) and T₃(x). Also, the speed R can be defined as R = k / n, where n is the number of characters at the output of the encoder, formed when the elements arrive at its input.

As can be seen from the presented schemes of convolutional encoders, their circuit implementation is straightforward and much simpler, for example, than for block codes. However, choosing the number of register cells and the relationships between them is not an easy task. As a rule, it is solved on a computer by viewing a large number of codes and then selecting the best ones from them [7, 8]. This procedure is carried out by setting convolutional codes by polynomials and



generating matrices.

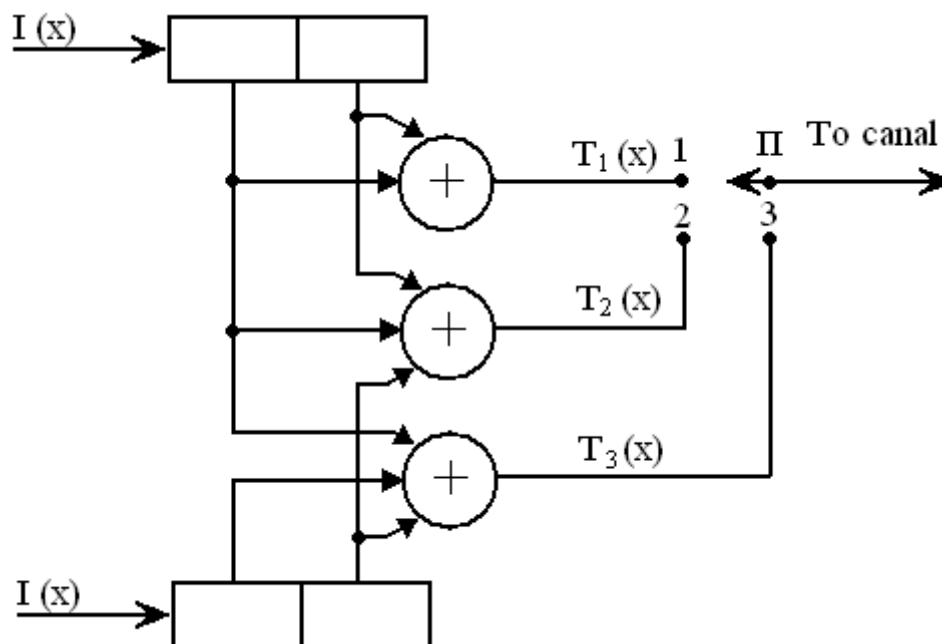


Figure 4 - Convolutional code encoder (6.4) for speed $R = 2/3$

So, it is really convenient to describe the connection between the cells of the shift registers and the adders with the generating polynomials and set the convolution code with them. For example, for fig. 1, the upper and lower adders are represented by the polynomials $q_1(x) = 1+x^2$ and $q_2(x) = 1+x+x^2$, respectively, where the degrees grow from left to right, so the leftmost cell corresponds to a free term equal to 1. The information sequence can be also represent in the form of a power series $I(x) = i_0 + i_1 \cdot x + i_2^2 \cdot x^2 + i_3^3 \cdot x^3 + \dots$, where i_j is the j -th information symbol (equal to 0 or 1). For example, sequences of symbols at the outputs of adders (Fig. 1) $T_1(X)$ and $T_2(x)$ can be represented as $T_1(x) = I(x) \cdot q_1(x) \cdot x$, $T2(x) = I(x) \cdot q_2(x) \cdot x$.

Combining these sequences forms an output encoder sequence. When one character 1 is fed to its input, followed by the characters 0 ($I(x) = 1$), the resulting output sequence 110111000000 is called the impulse response of the encoder.

The generating (generating matrix) convolutional code can be represented as the corresponding shifts of the impulse response (1), i.e.

$$G_{\text{с.а}} = \begin{bmatrix} 110111000000 \dots \\ 00110111000000 \dots \\ 0000110111000000 \dots \end{bmatrix}, \quad (2)$$

The shifts in (2) are carried out by the number of elements equal to the number of adders used in the encoder circuit (fig. 1). Unlike block codes, the information sequence for convolutional codes does not need to be divided into blocks, i.e. codewords can be infinite. In this regard, matrix (2) is sometimes called semi-infinite. The codeword corresponding to an arbitrary input sequence x can be obtained by multiplying the input vector x by the matrix $[G]$, i.e.

$$\vec{Y} = \vec{x} \cdot [G]. \quad (3)$$



For example, the output sequence corresponding to the input $\vec{x} = 101000\dots$, is obtained from the vector equation (3), as multiplying the position x by the corresponding line $[G]$ with further addition of the obtained products modulo 2, which corresponds to the convolution procedure, hence the name - convolutional code. In our case, the first and third positions $\vec{x} = 101000\dots$ are units, therefore it is necessary to take the first and third lines and add them modulo 2, i.e.

$$\begin{array}{r} 1101110000 \\ \oplus 0000110111 \\ \hline 1101000111 \end{array}$$

and the output sequence $\vec{y}$ is 1101000111.

The convolutional code is constructed based on the given generating polynomials. The values of these polynomials are given in the specialized literature. Here, as a rule, polynomials are written in the so-called octal form given in tables, for example, table. 1.

So, for the first row from table 1, we write the number 7 in the form of 111, and the number 5 in the form of 101, and accordingly we obtain that $q_1(x) = 1 + x + x^2$ and $q_2(x) = 1 + x^2$.

Table 1

Generating polynomials of convolutional codes

Code restriction k	Generating polynomial q(x)	Code distance d
3	7; 5 (111; 101)	5
4	17; 13 (1111; 1011)	6
5	31; 27 (11001; 10111)	7

For the second row of the table, we have $17 = 00111$, where the first triad corresponds to the decimal number 7. Similarly, for the second number 13, we have two triads 001 011. The generating polynomials for this case are obtained in the form $q_1(x) = 1 + x + x^2 + x^3$, $q_2(x) = 1 + x^2 + x^3$.

Using generating polynomials, coding schemes for convolutional codes are constructed. So, for the first row from the table. 1 encoder will correspond to fig. 1, and for the second row, the circuit will have the form shown in Fig. 5.

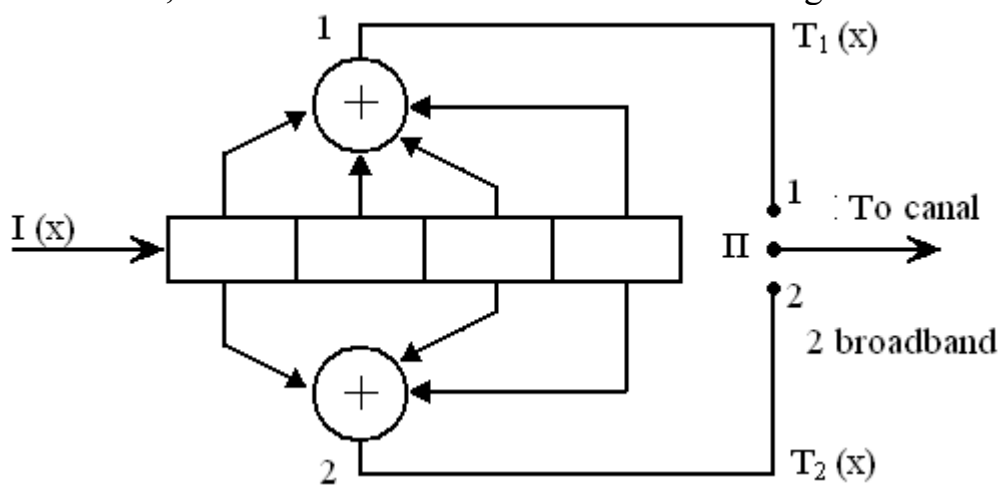




Figure 5 - Coder for generating polynomials $q_1(x) = 1 + x + x^2 + x^3$, $q_2(x) = 1 + x^2 + x^3$

The number corrected by the error code is determined by the code distance d . This distance can be determined from the generating (generating) matrix G in the same way as for linear block codes.

So, for the matrix $G_{6,3}(2)$ of the convolutional code with a code constraint $k = 3$, it turns out that $d = 5$. This can be seen from the fact that each row contains at least 5 units [9, 10]. When adding two lines in mod 2, in various combinations there must be at least 4 units, when adding three lines the number of units must be at least 3 units. In this case (2) we will have: the first line $\oplus$ the second line has the number of units equal to 6, the first line $\oplus$ the third line has the number of units equal to 6, the second line from the third when added by mod 2 gives 6 units, the sum of all three lines mod 2 forms 7 units, from here we can conclude that the code really has $d > 5$.

A convolutional code with $d = 7$ can be constructed from the polynomials $q_1(x) = 11001$ and $q_2(x) = 10111$. The encoder scheme for this case is shown in Fig. 6.

The generating matrix $G_{10,5}$ can be constructed similarly to the matrix $G_{6,3}(2)$ and will have the following form:

$$G_{10,5} = \begin{bmatrix} 111001011100000000 \dots \\ 00111001011100000000 \dots \\ 0000111001011100000000 \dots \\ 000000111001011100000000 \dots \\ 00000000111001011100000000 \dots \end{bmatrix}, \quad (4)$$

The matrix (4) also satisfies all the necessary conditions for obtaining $d = 7$ by correspondingly adding its rows to each other modulo 2, as was done above for the case $d = 5$, and fully complies with the requirements for block code.

Thus, convolutional codes can be considered as a special case of block codes:
Convolutional Decoding, Viterbi Algorithm.

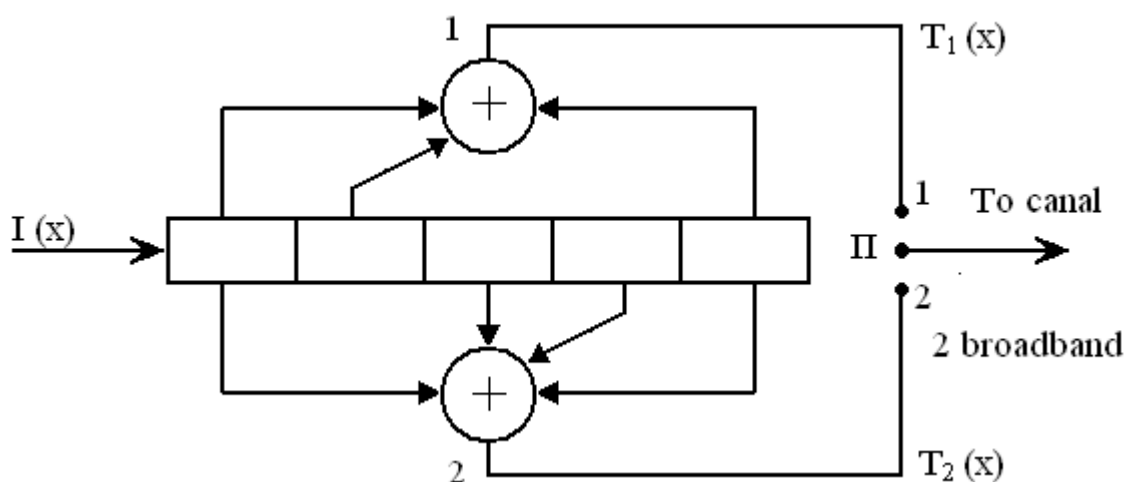


Figure 6 - Coder for generating polynomials $q_1(x) = 11001$ and $q_2(x) = 10111$

Before considering the algorithm for decoding convolutional codes using the Viterbi algorithm, we recall the conclusion that was made when considering the structures of the generating matrices. It was noted there that convolutional codes can



be considered as a special case of block codes, it follows that decoding procedures similar to block codes can be applied to convolutional codes.

In this context, we pay attention to the algorithm for decoding block codes by the maximum likelihood method [11, 12].

Recall that the name “maximum likelihood method” is due to the fact that the allowed code combination accepted with an error is compared in this method with all allowed code combinations, and among them then the “most likely” code of the minimum difference between them in the Hamming distance is found.

11.3. The algorithm of convolutional coding.

The same algorithm can be applied in the case of convolutional coding. Here, instead of the length of the block n (block code), it is necessary to take a sequence of elements of the convolutional code limited by the number of characters selected by the generating matrix of the convolutional code, where the conditions for the existence of a similar block code of length n are satisfied, i.e. this is the last element 1 on the bottom row of the generating matrix. So, for the generating matrix (2) - this number of elements will be equal to 10, and for the generating matrix (4) - 18 elements. The number of such elements L can also be determined by the formula

$$L = (2k - 1) \cdot 2, \quad (5)$$

where k is the value of the code constraint of the convolutional code or the number of cells of the shift register in its encoder.

In unsystematic convolutional code (6.3), information and verification symbols cannot be distinguished without preliminary processing at the decoder output [13, 14].

Although in the first and second cases, the maximum likelihood decoding algorithm can be used, the equivalent probability of error per element $P_e = P_{no}/k$ with the same value of P_{no} will be lower for the convolutional code, since the number of information symbols along the length of the block $L = 10$ here is at least one more element. A general assessment of the effectiveness of convolutional codes in comparison with block codes is given in a number of monographs, in favor of convolutional codes.

Achieving the indicated efficiency, as follows from the theory of codes, is possible only with the optimal decoding method, which is the maximum likelihood algorithm. However, it is not possible to apply it in the classical version to convolutional codes correcting a sufficient number of errors due to the large value of L , which can reach several hundred elements. The fact is that the number of allowed combinations (paths), with which it is necessary to make a comparison, in this case will be $2^{L/2}$, which leads to a large amount of memory and significant processing time during decoding [15, 16].

In connection with this, Viterbi developed an algorithm that was named after the author's surname, using as its basis the maximum likelihood method, but eliminating its drawbacks [17, 18] even at sufficiently large L .

The Viterbi algorithm reduces the time spent on decoding, as if using not all



enumerations of code combinations that are carried out with a direct decoding decision to the maximum likelihood [19, 20].

For these purposes, the concept is introduced: “path along the code lattice”. There are many such paths during decoding, as well as direct enumeration in the usual version. The difference is that bad paths are interrupted before reaching the end, thereby reducing decoding time [21, 22].

The convolutional code lattice is constructed from its tree, which, in turn, is constructed in accordance with the circuit diagram of the convolutional code encoder.

Conclusion

In the presented paper, an approach was used related to the encoding of information in communication channels. The results can be applied in the development of various technical devices.



ГЛАВА 12. ОБЗОР МЕТОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КРЕМНИЯ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

**OVERVIEW OF METHODS FOR PRODUCING SILICON FOR PHOTOELECTRON
CONVERTERS**

**ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИРОБНИЦТВА СИЛІЦІЮ ДЛЯ ФОТОЕЛЕКТРОННИХ
ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ**

DOI: 10.30888/2663-9882.2020-01-023

Введение

В настоящее время большинство электрических приборов выпускается с использованием полупроводникового кремния [1], потребление которого за последние 20 лет возросло в 2,2 раза, при этом стоимость снизилась более чем в 3 раза [2, 3].

Повышение доли вырабатываемой электроэнергии в топливно-энергетическом балансе развитых стран за счет использования возобновляемых энергетических ресурсов, крупнейшим из которых являются солнечная энергия, сдерживается дефицитом полукристаллического кремния (ПКК), спрос на который опережает предложение.

Основной технической проблемой на сегодняшний день является получение кремния высокой чистоты, что связано с ограниченной производительностью, а также низким выходом готового продукта после стадии очистки.

12.1. Влияние чистоты поликристаллического кремния на эффективность работы фотоэлектронных преобразователей

В зависимости от чистоты кремний можно классифицировать на такие типы по применению: металлургический, технический (высокочистый металлургический), «солнечный» (ПКК) и электронный (табл. 1) [1,4-6]. Особое внимание уделяется таким примесям как бор (В) и фосфор (Р), оптимальное содержание которых в «солнечном» кремнии должно составлять не более 0,3 ppmw и 0,6 ppmw соответственно [5].

Согласно данным работы [5], существенное влияние на эффективность работы солнечных фотоэлектронных преобразователей (ФЭП) на основе монокристаллического кремния оказывают металлические примеси (рис. 1).

Наличие примесей титана и железа в полукристаллическом («солнечном») кремнии существенно снижают производительность ФЭП (табл. 2).

Поэтому предельные концентрации примесей химических элементов в «солнечном» кремнии не должны превышать $1,25 \cdot 10^{15}$ - $5 \cdot 10^{16}$ см⁻³, при этом содержание переходных элементов ограничено концентрацией $5 \cdot 10^{13}$ см⁻³ (табл. 3).



Таблица 1

Классификация кремния по степени химической чистоты

Тип	Химическая чистота, % (обозначение*)	Примеси переходных металлов*
Металлургический кремний (metallurgical-grade, MG-Si)	98,5-99,0	более 10000 ppmw
Технический или высокочистый металлургический кремний (upgraded metallurgical-grade, UMG-Si)	99,9 (3N) B < 1 ppmw, P < 5 ppmw	1000 ppmw
Поликристаллический или «солнечный» кремний (solar-grade, SOG-Si)	99,9999% (6N) B < 0,3 ppmw, P < 0,6 ppmw	1 ppmw
Монокристаллический или электронный кремний (electronic-grade, EG- Si)	99,9999999% (9N) 99,99999999% (11N) B < 1 ppbw, P < 5 ppbw	1 ppbw 1 ppbw

*ppbw - одна часть на миллиард, ppmw - одна часть на миллион по массе



Рис. 1. Влияние металлических примесей на эффективность работы ФЭП [5]

За последние 10 лет наблюдается динамика роста чистоты ПКК для ФЭП (рис. 2). Это объясняется возросшими требованиями к эффективности фотоэлементов с одной стороны и удешевлением производства кремниевых подложек для ФЭП с другой [8].

Каждый тип кремния имеет свою технологию изготовления, при этом металлургический кремний в последнее время рассматривается как сырье для



производства «солнечного» и электронного кремния.

Таблица 2

Снижение эффективности работы ФЭП от металлических примесей [5]

Снижение эффективности работы ФЭП, %	Концентрация металлических примесей в «солнечном» кремнии, ppmw	
	Ti	Fe
2	0,07	2,5
5	0,20	8,0
10	0,40	25,0

Таблица 3

Предельные значения концентраций примесей «солнечного» кремния [5, 7]

Концентрация химического элемента, ppmw (см ⁻³)					
O	C	B	P	As	Fe, Al, Cr, Ni, V, Cu, Zn
1 ($5 \cdot 10^{16}$)	1 ($5 \cdot 10^{16}$)	0,5 ($2,5 \cdot 10^{16}$)	0,025 ($1,25 \cdot 10^{15}$)	0,025 ($1,25 \cdot 10^{15}$)	для каждого ($< 5 \cdot 10^{13}$), суммарная ($< 5 \cdot 10^{15}$)

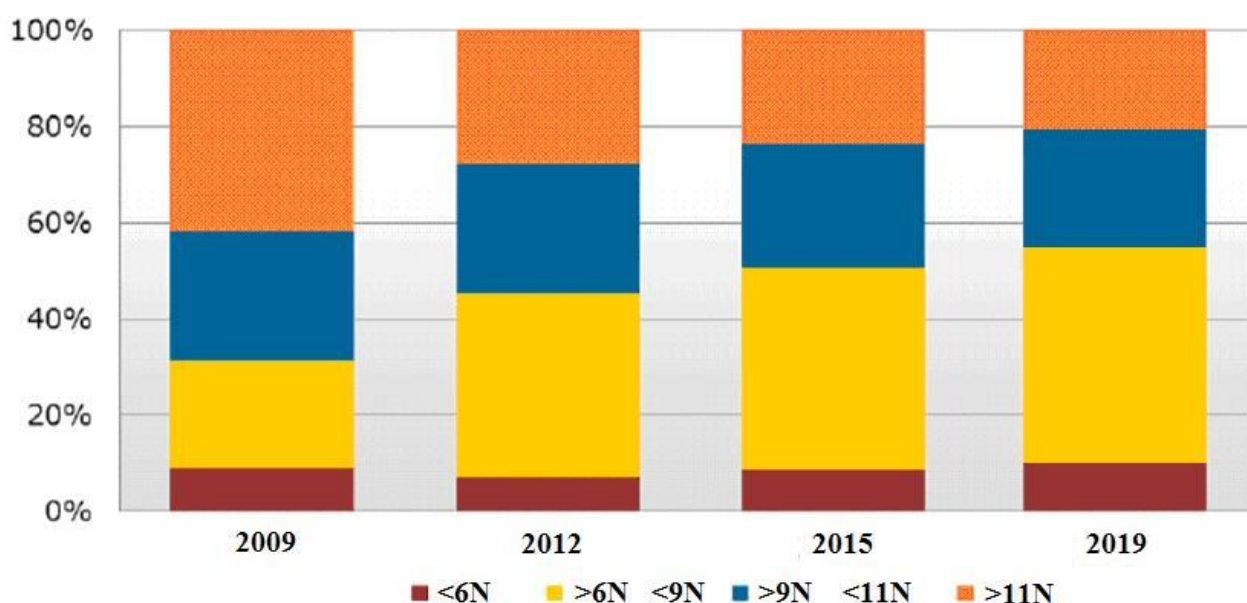


Рис. 2. Динамика чистоты поликристаллического кремния для ФЭП

12.2. Методы получения полукристаллического кремния высокой чистоты

Анализ литературных источников [1,3-5,8-11] показал, что можно выделить 7 основных групп методов, которые соответствуют химическим, электрохимическим и металлургическим технологиям получения ПКК. В таблице 4 представлено сравнение основных методов получения кремния [1,4, 5,7,11,12].

Использование энергосберегающего режима самораспространяющийся высокотемпературного синтеза (СВС) с подогревом до температуры 650-900°C, приводит к автокаталитическому процессу, который идет за счет



экзотермической реакции восстановления кремния, и имеет некоторые преимущества.



Таблица 4

Основные методы получения полупроводникового кремния

Метод	Достоинства	Недостатки
1	2	3
1. Получение кремния с применением углеродного восстановления: карботермический; восстановление кремнезема карбидом кремния; восстановление монооксида кремния техническим углеродом или метаном	Относительно низкая себестоимость, высокая технологичность (выход кремния); относительно экологичный метод; не используется Cl; получение	Ограниченность в частоте получаемого кремния 96-99%; обязательна переработка методом направленной кристаллизации; высокая энергоемкость; малая технологичность процесса
2. Электрохимический способ получения кремния	Основной лабораторный метод получения кремния относительно высокой чистоты 99,9%	Высокая энергоемкость; малая технологичность процесса; токсичность
3. Получение кремния с применением металлических восстановителей: восстановление кремния алюминием; магнием; цинком; щелочными металлами	Использование энергосберегающего режима СВЧ с подогревом до температур 650-900 °C далее процесс идет за счет экзотермической реакции	Трудность отчистки от побочных продуктов; ограниченность в чистоте получаемого кремния 99,9-99,99 %; малая технологичность и производительность; высокая токсичность процесса
4. Восстановление кремния методом газотранспортной реакции галогид-содержащих соединений кремния: иодитный способ; бромидный способ; фторидный способ; хлоридный способ	Возможность получать кремний высокой частоты; сравнительно высокая безопасность	Малая технологичность; низкая производительность; высокая стоимость исходного сырья и токсичность процесса; сложность аппаратного оформления;
5. Восстановление кремния водородом: восстановление трихлорсилана (ТХС) водорода; восстановление бромидов кремния водородом;	Возможность получать кремний различной чистоты 99,9999 (6N-9N); экономичность; простота получения трихлорсилана; высокая	Сложность технологии; токсичность и относительная дороговизна процесса; малая технологичность и низкая



Продолжение таблицы 4

1	2	3
восстановление фторидов кремния водородом; фторидная технология производства поликристаллического кремния; восстановление монооксида кремния водородом	эффективность очистки ТХС; низкая себестоимость продукции; высокое извлечение и скорость осаждения кремния; низкие температуры процесса; низкая цена восстанавливающего реагента; получение ПКК необходимой чистоты в одну стадию очистки	производительность
6. Восстановление кремния термическим разложением моносилана: получение моносилана из силицида магния (Mg_2Si) или с помощью фторидов кремния и гидратов щелочных металлов или с помощью фторидов кремния и гидратов кальция; из алкоксисиланов	Возможность получать кремний высокой чистоты; низкие энергозатраты 30 кВт/кг ПКК; снижается себестоимость ПКК	Взрывоопасность; получение гидратов; дороговизна; высокая токсичность процесса; малая технологичность; низкая производительность
7. Методом плазменного восстановления соединений кремния: кремнезема; кварцитов с малым содержанием примесей в плазменной среде; кремнийсодержащего газового вещества в плазме СВЧ разряда; плазменное получения монооксида кремния и его восстановления	Повышенная скорость протекания химических процессов; компактность оборудования, относительная экологическая безопасность; возможность получать кремний высокой чистоты; низкое энергопотребление, низкий расход водорода, высокая производительность	Низкая производительность; применение сложного специального оборудования; ограниченная возможность получения кремния высокой чистоты; сложность протекания реакции восстановления монооксида кремния

Необходимо отметить, что получение кремния методом плазменного восстановления соединений кремния характеризуется низким энергопотреблением около 10-20 кВт/кг (в 5 раз меньше на производство 1 кг кремния); возможностью получения кремния в один этап; высокой производительностью процесса; повышенной техникой безопасности; пониженным расход водорода; при этом протекание процессов происходит при не высоких температурах, что дает возможность обеспечить непрерывность производства ПКК.

Традиционные технологии очистки сырья полупроводникового кремния (металлургического) с помощью хлорсиланового передела (Сименс-процесс) до «солнечного» или электронного за последние 50 лет хорошо отработаны и развиты: за счет инноваций в отрасль обеспечено повышение выхода кремния на 45%, снижения энергетических затрат, затрат на расходные материалы.



Однако эти методы достигли своего технического предела развития.

Поэтому производство ФЭП и электроники перешло на ПКК на новый уровень, с использованием относительно новых методов очистки сырья полупроводникового кремния, одним из которых является моносилановый метод. Этот метод полностью исключает использования хлорсиланов. Он более экологически безопасный, в 4 раза сокращаются затраты электроэнергии на производства 1 кг кремния (табл. 5) [5,7,13,14].

Таблица 5

Сравнение технологий получения «солнечного» кремния [14]

Характеристика	Технология	
	традиционная	новая
Процесс очистки	химический	физический
Энергопотребление, кВт·ч/кг	250	15-30
Выход кремния, %	6-10	80-95
Стоимость кремния, долл./кг	40-100	5-15
Экологическая характеристика	опасная	чистая

В настоящее время производство чистого кремния для ФЭП по наиболее эффективным и промышленно освоенным технологиям можно представить в виде блок-схемы (рис. 3) [3,6,10-12,15,16].



Рис. 3. Блок-схема основных промышленных технологий производства кремния для ФЭП



Анализируя динамику технологий производства «солнечного» кремния за последние 10 лет, можно увидеть, что лидирующее место, по-прежнему, занимают технологии кремниевых ФЭП на основе монокристаллического кремния (метод Чохральского, CZ-Si). Использование кристаллов, выращенных по этой технологии, позволяют получать более высокие значения КПД, промышленно выпускаемых ФЭП, порядка 18-26%, обеспечения требуемого уровня концентрации и характера примесей на макро- и микроуровнях [3, 14-15,17,20].

Следует обратить внимание на относительно недавнюю модификацию мультикристаллического кремния – технологию «квази-моно». Это технология позволяет получать ФЭП с КПД порядка 18%, что выше, чем при технологиях «ленточного» и мультикристаллического кремния, при которых КПД ФЭП не превышает 17%. Кроме это, таким технологиям характерен малый выход годной части слитков кремния.

Выводы.

Таким образом, имеется множество способов и технологий получения поликристаллического кремния различной чистоты, однако до сих пор не решена проблема баланса между его ценой, уровнем качества, экологической и технологической безопасностью, технологией производства.

Следует отметить, что чистота получаемого «солнечного» кремния напрямую зависит от качества исходного сырья. Поэтому необходимо решать оптимизационную задачу по выбору сырья, оптимальных условий его переработки, которым соответствует многообразие параметров процесса, которые, в свою очередь, влияют на значение концентрации тех или иных примесей в ПКК.



ГЛАВА 12. МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ФОРМЫ И ВНЕШНЕГО ВИДА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ НОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**A METHOD FOR CONSTRUCTING A FORM AND AN EXTERNAL VIEW OF
FUNCTIONAL MODELS FOR INTERPRETING NEW IMAGES
МЕТОД ПОБУДОВИ ФОРМИ ТА ЗОВНІШНЬОГО ВИДУ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ
МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ НОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

DOI: 10.30888/2663-9882.2020-01-019

Введение

Большинство задач, к которым можно было бы с пользой применить машинное зрение, являются сложными. Например, непросто интерпретировать медицинские изображения и решать задачу распознавания лиц, а также для многих других областей. Большинство нетривиальных приложений связаны с необходимостью автоматизированной системы "понимать" изображения, то есть, восстановить структуру изображения. Это предполагает использование моделей, которые описывают и маркируют ожидаемые структуры. Реальные применения характеризуются необходимостью обработки сложных переменных структур. Задача распознавания лиц является хорошим примером, так как на изображениях часто присутствуют шумы, а также приходится обрабатывать неполные изображения. Медицинские изображения тоже являются хорошим примером, так как невозможно интерпретировать данные изображения без предварительного знания анатомии. Методы, основанные на моделях, предлагают потенциальные решения всех этих проблем. Предварительное знание проблем может быть использовано для разрешения потенциальной неоднозначности, вызванной структурными сложностями, и делает возможным обрабатывать зашумленные изображения и с отсутствующими данными. Это входит в задачу восстановления структуры. Для этого необходимо построение статистических моделей формы и внешности.

В задачах машинного зрения применяют знания об ожидаемых формах структур, пространственных отношений и их внешнего вида для распознавания. Особый интерес представляют генеративные модели, то есть такие модели, чтобы они могли генерировать реалистичные изображения целевых объектов. Например, образец модели лица способен генерировать убедительные образы любого человека, изменяя их выражение и так далее. Реальные приложения часто имеют дело с классами объектов, которые не идентичны, например, лица. Поэтому приходится иметь дело с изменчивостью. Это естественно приводит к идее деформируемой модели. То есть, модели, которые сохраняют существенные характеристики класса объектов, которые они представляют, но который может деформироваться, чтобы соответствовать ряду примеров. Есть две основные характеристики, которыми такие модели обладают. Во-первых, они должны быть общими, то есть должны быть способны создать любой правдоподобный пример класса, который они представляют. Во-вторых, и это очень важно, они должны быть конкретны. То есть они должны быть



способны генерировать нужные примеры. Чтобы получить конкретные модели переменных объектов, нужно приобрести знания о том, как они различаются.

Методы, основанные на модели, используют предшествующую модель того, что ожидается в изображении, и обычно пытаются найти наилучшее соответствие модели данным в новом изображении. В имеющейся подобранной модели, можно затем сделать измерения и проверить, является ли она подходящей. Этот подход является стратегией "сверху - вниз" и значительно отличается от стратегии «снизу – вверх», то есть от методов «управляемых данных». В последнем случае данные изображения рассматриваются на низком уровне, вычисляя локальные структуры, такие как ребра или области, которые собираются в группы, в попытке идентифицировать объект интереса. Было изучено большое разнообразие подходов, основанных на моделях. Необходимо, чтобы пользователь мог отмечать "знаковые" точки на каждом обучающем изображении таким образом, чтобы каждый ориентир представлял собой различимую точку, присутствующую на каждом примере изображения. Например, при построении модели внешнего вида объекта глаз в изображении лица, хорошими ориентирами будут уголки глаз, так как они будут легко определяться и отмечаться в каждом изображении. Это ограничивает виды приложений, к которым применяется метод. Требуется, чтобы топология объекта не могла измениться, и объект был не настолько аморфным, чтобы не было четких ориентиров. К сожалению, это исключает применение для клеток и простых организмов, которые проявляют большие изменения в форме. Описаны два подхода. Первый - управляет формой модели для описания расположения структур в целевом изображении. Во втором - манипулируют моделью, способной синтезировать новые изображения интересующего объекта. Алгоритм стремится найти параметры модели, которые создают синтетическое изображение как можно близкое к целевому изображению. В каждом случае параметры наиболее подходящего экземпляра модели можно использовать для дальнейшей обработки, например, для измерения или классификации.

13.1. Методы по использованию деформируемых моделей для интерпретации изображений [1-7]

Самая простая модель объекта – это использование типичного примера в качестве образца. Метод соотношения может использоваться для сопоставления образца изображения с новым изображением. Например, можно определить приблизительные местоположения многих структур в изображении мозга путем регистрации стандартного изображения, где стандартное изображение было соответствующим образом описано экспертами. Однако изменчивость как формы, так и текстуры большинства объектов ограничивает точность этого метода. Один из подходов к представлению вариаций, наблюдаемых на изображении, - это "ручная работа" модели для решения конкретной проблемы в настоящее время рассматривается. Например, в [8]



создают модель человеческого глаза с использованием комбинаций параметризованных окружностей и дуг. Хотя это может быть эффективным, но это сложно, и для каждого приложения требуется совершенно новое решение. В работе [9] представлены формы объектов медицинских изображений, с использованием преобразования Фурье, дескрипторы замкнутых кривых. Выбор коэффициентов влияет на сложность кривой. Размещение ограничений на каждый коэффициент несколько ограничивает форму, но не систематически. Можно показать, что такие модели Фурье могут быть прямо эквивалентны статистическим моделям, но не являются общими.

В [10] представлены активные контурные модели, которые минимизируют энергию кривых. В оригинальной формулировке энергия имеет внутреннее значение, которое стремится обеспечить гладкость кривой, и внешнее значение, которое направлено на изображение особенностей. Они особенно полезны для обнаружения контуров общих аморфных объектов. Однако, поскольку никакая модель (кроме гладкости) не накладывается, они не являются оптимальными для размещения объектов, которые имеют известную форму. Дается более полный обзор деформируемых моделей, используемых при анализе медицинских изображений в [11].

В данной работе предлагается построение функциональных моделей формы и внешнего вида. Предлагаемый метод базируется на подходе, в котором модель строится на основе анализа появления набора помеченных примеров. Структуры меняются в форме и текстуре, чтобы узнать, какие варианты правдоподобны, а какие нет. Новое изображение может быть интерпретировано с помощью поиска наилучшего правдоподобного соответствия модели данным изображения. Один и тот же алгоритм может быть применен ко многим различным задачам, просто представляя различные примеры обучения. Экспертные знания могут быть отмечены в аннотации учебных примеров. Модели дают компактное представление допустимого изменения, но достаточно специфичны, чтобы не допускать произвольных вариаций, отличных от тех, что наблюдаются в обучающем наборе. Система должна сделать несколько предварительных предположений о природе моделируемых объектов. Кроме того, что она узнает из учебного набора.

13.2. Разработка метода построения формы и внешнего вида функциональных моделей

Функциональные модели формы $z=f(x,y,z)$ будут использоваться для представления объектов в сцене [1, 2]. Форма объекта представлена набором функциональных поверхностей и объемов, которые могут находиться в любом измерении. Обычно поверхности находятся в трех измерениях. Форма определяется коэффициентами, уравнения поверхностей – в явном виде. Рассматриваем преобразование подобия (перевод, поворот и масштабирование). Форма объекта не изменяется при его перемещении, повороте или масштабировании.



Цель работы состоит в том, чтобы получить модели, которые позволяют как анализировать новые формы, так и синтезировать формы, подобные тем, которые в учебном наборе. Обучающий набор, как правило, получают из набора обучающих изображений. Путем анализа изменения формы обучающего набора, строится модель, которая может имитировать эту вариацию.

Хорошим выбором для ориентиров являются точки, которые могут быть последовательно расположены от одного изображения к другому. Если объект описывается n точками в d измерениях, форма представлена nd элементами векторов, которые формируются объединением элементов отдельных векторов положения точек. Например, в трехмерном изображении можно представить n точек ориентира $\{(x_i, y_i, z_i)\}$ для одного примера векторного элемента $3n \vec{x}$, где $\vec{x} = (x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_n, z_1, \dots, z_n)^T$.

Учитывая обучающие примеры s , производим таких векторов X_j . Прежде чем сможем выполнить анализ по этим векторам важно, чтобы представленные фигуры находились в одной и той же координатной системе. Необходимо устранить вариации, которые могут быть отнесены к разрешенной глобальной трансформации T .

Применяется метод выравнивания фигур в общую координатную систему, так, чтобы сумма расстояний каждого объекта до среднего $D = \sum |x_i - \bar{x}|^2$ минимизируется. Он плохо определен, если не установлены ограничения на выравнивание среднего (например, обеспечение его центрирования на начало координат, имеет единичный масштаб и некоторую фиксированную, но произвольную ориентацию). Хотя аналитические решения существует для набора выравнивания, простой итерационный подход заключается в следующем: 1. Перевод каждого объекта так, чтобы его центр тяжести находился в начале координат. 2. Выбор одного объекта в качестве начальной оценки средней формы и масштаба так, чтобы $|\bar{x}| = 1$. 3. Запись первой оценки как $\bar{x}_0$, для определения опорного кадра по умолчанию. 4. Выравнивание всех объектов с текущей оценкой средней формы. 5. Повторная оценка среднего значения из выровненных объектов. 6. Применение ограничения на текущую оценку среднего значения путем выравнивания его с $\bar{x}_0$ и масштабирование, так что $|\bar{x}| = 1$. 7. Если нет сходимости, возврат к 4. Сходимость объявляется, если оценка среднего значения существенно не изменяется после итерации.

Операции, разрешенные во время выравнивания, влияют на форму конечного распределения. Для трехмерных объектов общим подходом является центрирование каждого объекта в начале координат. Необходимо масштабировать, чтобы $|\bar{x}| = 1$, а затем выбирать ориентацию, которая минимизирует D . Ограничение масштабирования означает, что выровненные объекты лежат на гиперсфере, которая может вводить значительные нелинейности, если происходят большие изменения формы.

Ограничение масштаба гарантирует, что все углы лежат на окружности



вокруг начала координат. Линейное изменение в соотношении сторон вносит нелинейное изменение в положения точек. Необходимо, чтобы точки лежали ближе к прямой линии, это упрощает описание распределения, используемого позже в анализе.

Альтернативный подход заключается в том, чтобы разрешить как масштабирование, так и ориентацию изменяться при минимизации D.

Предположим, что $T_{s,\theta}(\vec{x})$ масштабирует объект $(\vec{x})$ на s и поворачивает ее на θ . Чтобы выровнять два трехмерных объекта $(\vec{x}_1)$ и $(\vec{x}_2)$, каждый из которых центрирован по началу координат $x_1 = x_2 = 0$, выбираем масштаб, s и вращение θ , чтобы минимизировать $|T_{s,\theta}(\vec{x}_1) - \vec{x}_2|^2$, сумму квадратов расстояний между точкой на объекте x_2 и точки на масштабированной и повернутой версии объекта x_1 .

Третий подход заключается в преобразовании каждой формы в касательное пространство к среднему, чтобы минимизировать D. Касательное пространство к $(\vec{x}_t)$ является гиперплоскостью векторов, нормальных к $(\vec{x}_t)$, проходящих через $(\vec{x}_t)$. т. е. все векторы $(\vec{x})$ такие, что $(\vec{x}_t - \vec{x}) \cdot \vec{x}_t = 0$, или $\vec{x} \cdot \vec{x}_t = 1$, если $|\vec{x}_t| = 1$.

Различные подходы к выравниванию могут привести к различным распределениям выровненных форм. Необходимо сохранить компактность распределения и свести к минимуму любые нелинейности, поэтому используем касательное пространство следующим образом.

Предположим, что есть s наборов точек $(\vec{x}_i)$, которые выровнены в общую координатную систему. Эти векторы образуют распределение в nd -мерном пространстве. Необходимо моделировать это распределение, чтобы генерировать новые примеры, похожие на те, что были в исходной установке обучения, тогда можно исследовать новые формы, чтобы решить, являются ли они правдоподобными примерами. В частности, ищем параметризованную модель вида $\vec{x} = M(\vec{b})$, где $(\vec{b})$ - вектор параметров модели. Такая модель может быть использована для генерации новых векторов $(\vec{x})$. Чтобы моделировать распределение параметров, можно ограничить их так, чтобы сгенерированные $(\vec{x})$ были похожи на тренировочный набор форм. Аналогично должна быть возможна оценка $p(x)$ с использованием модели. Чтобы упростить задачу, необходимо сначала уменьшить размерность данных. Эффективным подходом является применение анализа главных компонент для сведения. Данные образуют облако точек в пространстве nd -D. С помощью анализа главных компонент вычисляются основные оси этого облака, позволяющие аппроксимировать любые из исходных точек с помощью модели с меньшим количеством параметров nd . Подход заключается в следующем. Вычисление среднего значения данных - $\bar{x} = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \vec{x}_i$. Вычисление ковариантности данных

$$S = \frac{1}{s-1} \sum_{i=1}^s (\vec{x}_i - \bar{x})(\vec{x}_i - \bar{x})^T.$$



Вычисление собственных векторов, φ_i и соответствующих собственных значений λ_i из $\vec{S}$, отсортированных так, что $\lambda_i \geq \lambda_{i+1}$.

Если $\vec{\Phi}$ содержит t собственных векторов, соответствующих наибольшим собственным значениям, то можно тогда аппроксимировать любой из обучающих наборов, используя $(\vec{x}) : \vec{x} \approx \bar{\vec{x}} + \vec{\Phi} \vec{b}$, где $\vec{\Phi} = (\varphi_1 | \varphi_2 | \dots | \varphi_t)$ и $\vec{b}$ - t -мерный вектор, заданный формулой $\vec{b} = \vec{\Phi}^T (\vec{x} - \bar{\vec{x}})$.

Вектор $\vec{b}$ определяет набор параметров деформируемой модели. Путем варьирования элемента $\vec{b}$ можно варьировать форму, используя уравнение $\vec{x} \approx \bar{\vec{x}} + \vec{\Phi} \vec{b}$. Дисперсия i -го параметра, b_i , по всему обучающему набору задается φ_i . Применение ограничения $\pm 3\sqrt{\lambda_i}$ к параметру b_i , гарантирует, что сформированная форма похожа на те, что были в исходном наборе тренировок.

Число собственных векторов для сохранения t , может быть выбрано таким образом, чтобы модель представляла некоторые доли от общей дисперсии данных, или так, чтобы остаточные условия могли считаться шумом.

Пусть φ_i - собственные значения ковариационной матрицы обучающих данных. Каждое собственное значение дает дисперсию данных о среднем в направлении соответствующего собственного вектора. Тогда общая дисперсия в обучающих данных представляет собой сумму всех собственных значений $V_T = \sum \lambda_i$. Затем можно выбрать t самых больших собственных значений, таких что $\sum_{i=1}^t \lambda_i \geq f_v V_T$, где f_v определяет долю общей вариации, которую требуется объяснить. Если шум на измерениях (выровненных) положений точек имеет дисперсию σ_n^2 , то выбираем самый большой t такой, что $\lambda_t > \sigma_n^2$, предполагая, что собственные значения сортируются в порядке убывания.

На рис. 1. показаны примеры объектов из обучающего набора

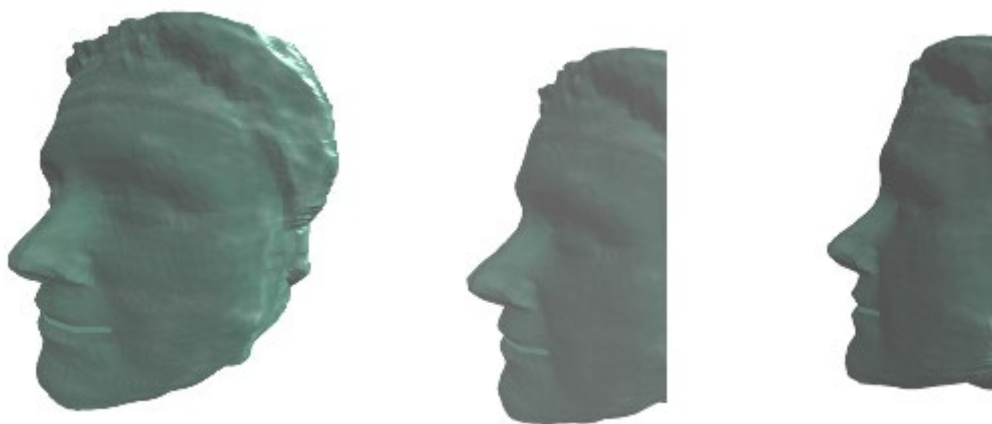


Рис. 1. Примеры объектов из обучающего набора



Выводы

Предложен метод построения формы и внешнего вида функциональных моделей для интерпретации новых изображений. Предложены несколько модификаций, которые могут быть внесены в модель внешнего вида. Управление параметрами формы во время поиска приводит к более быстрой сходимости. Метод, основанный на форме, обнаруживает сходство достаточно точно. Хотя метод демонстрируется только для моделей лиц, он имеет широкую применимость, например, в сопоставлении моделей структур на МР-изображениях.



Литература

Literature / References

Глава 1.

1. Erin Voegelé Ethanol producer magazine January issue January 24, 2020
2. Ananda A. Amarasekara Handbook of Cellulosic Ethanol Scrivener Publishing 100 Cummings Center, Suite 541J
3. L.M.A. Escobar, U.S. Álvarez, and M. Peñuela, Yeast immobilization in lignocellulosic wastes for ethanol production in packed bed bioreactor. Revista Facultad de Ingeniería, 2012(62): p. 66–76.
4. M. Moo-Young, J. Lamptey, and C.W. Robinson, Immobilization of yeast cells on various supports for ethanol production. Biotechnology Letters, 1980. 2(12): p. 541–548.
5. C. Karbaum and R. Kleine, The use of plant cell vesicles for immobilization of yeast cells producing ethanol. Acta Biotechnologica, 1991. 11(3): p. 287–300.
6. J.N. De Vasconcelos, C.E. Lopes, and F.P. De França, Continuous ethanol production using yeast immobilized on sugar-cane stalks. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 2004. 21(3): p. 357–365.
7. A. Singh, P. Sharma, A.K. Saran, N. Singh, and N.R. Bishnoi, Comparative study on ethanol production from pretreated sugar-cane bagasse using immobilized *Saccharomyces cerevisiae* on various matrices. Renewable Energy, 2013. 50: p. 488–493.
8. C.M. Zheng, X.H. Sun, F.X. Zhang, Y.L. Yang, G.J. Wu, and N.J. Guan, Immobilization yeast of Al alginate-based pseudo-boehmite for ethanol production. Huaxue Gongcheng/Chemical Engineering (China), 2009. 37(12): p. 47–50.
9. P. Karagöz, E. Erhan, B. Keskinler, and M. Özkan, The use of micro-porous divinyl benzene copolymer for yeast cell immobilization and ethanol production in packed-bed reactor. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2009. 152(1): p. 66–73.
10. S. Yan, X. Chen, J. Wu, and P. Wang, Ethanol production from concentrated food waste hydrolysates with yeast cells immobilized on corn stalk. Applied Microbiology and Biotechnology, 2012. 94(3): p. 829–838.
11. C. Zheng, X. Sun, L. Li, and N. Guan, Scaling up of ethanol production from sugar molasses using yeast immobilized with alginate-based MCM-41 mesoporous zeolite composite carrier. Bioresource Technology, 2012. 115: p. 208–214.
12. A. Rattanapan, S. Limtong, and M. Phisalaphong, Ethanol production by repeated batch and continuous fermentations of blackstrap molasses using immobilized yeast cells on thin-shell silk cocoons. Applied Energy, 2011. 88(12): p. 4400–4404.
13. A. Sakurai, Y. Nishida, H. Saito, and M. Sakakibara, Ethanol production by repeated batch culture using yeast cells immobilized within porous cellulose carriers. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2000. 90(5): p. 526–529.
14. N. Barron, D. Brady, G. Love, R. Marchant, P. Nigam, L. McHale, and A.P.



McHale, Alginate-Immobilized thermotolerant yeast for conversion of cellulose to ethanol, 1996. p. 379–383.

15. Y. Sakai, Y. Tamiya, and F. Takahashi, Enhancement of ethanol formation by immobilized yeast containing iron powder or Ba-ferrite due to eddy current or hysteresis. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 1994. 77(2): p. 169–172.

16. Z. Lu and T. Fujimura, A study on ethanol production of yeast cells immobilized with polymer carrier produced by radiation polymerization. *Radiation Physics and Chemistry*, 1993. 42(4–6 -6 pt 2): p. 923–926.

17. C.T.H. Tran, A. Kondyurin, W. Chrzanowski, M.M.M. Bilek, and D.R. McKenzie, Influence of pH on yeast immobilization on polystyrene surfaces modified by energetic ion bombardment. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2013. 104: p. 145–152.

18. T.A. Mamvura, S.E. Iyuke, V. Sibanda, and C.S. Yah, Immobilisation of yeast cells on carbon nanotubes. *South African Journal of Science*, 2012. 108(7–8).

19. A. Rapoport, D. Borovikova, A. Kokina, A. Patmalnieks, N. Polyak, I. Pavlovskaya, G. Mezinskis, and Y. Dekhtyar, Immobilisation of yeast cells on the surface of hydroxyapatite ceramics. *Process Biochemistry*, 2011. 46(3): p. 665–670.

20. I. Stolarzewicz, E. Bialecka-Florjańczyk, E. Majewska, and J. Krzyczkowska, Immobilization of yeast on polymeric supports. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 2011. 25(1): p. 135–144.

21. James Gohn, Brian Gainey, Saeed Zainul, Benjamin Lawler Fuel The Science and Technology of Fuel and Energy Article 117094 Volume 267 1 May 2020

Глава 2.

1. Abrams D.S. Statistical thermodynamics of liquid mixtures: A new expression for the excess Gibbs energy of partly or completely miscible systems [Text] / D.S. Abrams, J.M. Prausnitz//*AIChE J.*- 1975.-V.21.- Issue 1.- P.116-128.- ISSN1547-5905.

2. Chandler D.Statistical mechanics of chemical equilibria and intramolecular structures of nonrigid molecules in condensed phases [Text] / D. Chandler, L. Pratt// *J. Chem. Phys.* -1976.- V.65.-Issue 8.-P. 2925-2940.- ISSN 0021-9606.

3. Pratt L. Statistical mechanics of small chain molecules in liquids. I. Effects of liquid packing on conformational structures [Text] / L. Pratt, D. Chandler// *J. Chem. Phys.* -1978.- V.68.-Issue 9.-P. 4202-4212 .- ISSN 0021-9606.

4. Nomen R. Detection and characterisation of water alcohol hydrates by on-line FTIR using multivariate data analysis [Text] / R. Nomen, J. Sempere, K. Aviles// *Chem. Eng. Sci.*- 2001.-V. 56.-Issue 23.- P. 6577-6588.- ISSN 0009-2509.

5. Obukhovskiy V.V. Interdiffusion in Water Solutions of Ethyl Alcohol [Text] / V.V. Obukhovskiy, V.V. Nikonova // *Ukr. J. Phys.*- 2010.- V.55.-N8.-P. 891-896.- ISSN 2071-0186.

6. Obukhovskiy V. Nonlinear diffusion in binary solution with formation complex of 1-1 type [Text] / V. Obukhovskiy, V. Nikonova, O. Ilchenko // *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Radiophysics and Electronics.*- 2011.- N.16.- P- 41-42. -ISSN 1728-3817.

7. P.C. Carman Self-diffusion and interdiffusion in complex-forming binary



systems [Text] / P.C. Carman // J. Phys. Chem.- 1967.-V.71.-Issue 8.-P. 2565.- ISSN 1089-5639.

8. Sarolea-Mathot L. Thermodynamic and spectroscopic properties of associated solutions. Part 3 [Text] / L. Sarolea-Mathot // Trans. Faraday Soc.- 1953.- V. 49.- P. 8-20.- ISSN 0014-7672.

9. Campbell A.N. The energy of hydrogen bonding in the system: acetone-chloroform [Text] / A.N. Campbell, E.M. Kartzmark // Canad. J. Chem.- 1960.- V.38.- N. 5.- P. 652-655.- ISSN 0008-4042.

10. Durov V.A. Molecular structure and physicochemical properties of acetone-chloroform mixtures [Text] / V.A. Durov, I.Yu. Shilov // J. Chem. Soc. Faraday Trans. // 1996.- V. 92.- Issue 19.- P. 3559-3563.- ISSN 1364-5455.

11. Альпер Г.А. Исследование процессов комплексообразования в системе ацетон-хлороформ методом ПМР-спектроскопии [Текст] / Г.А.Альпер, А.Н.Петров, М.Ю.Никифоров, Г.А.Крестов // Журнал органической химии.- 1991.- Т. 61.- Вып. 4.- С 837-839.- ISSN 0514-7492.

12. Chapman W.G. Mixtures of polar and associating molecules [Text] / W.G.Chapman, K.E.Gubbins, C.G.Joslin, C.G.Gray // Pure Appl. Chem.- 1987.-V. 59.- P. 53-60.- ISSN 1365-3075.

13. Белоусов В.П. Теплоты смешения жидкостей [Текст] / В.П. Белоусов А.Г.Морачевский.- Ленинград: Химия, 1970.- 256 с.

14. Ilchenko O. Raman spectroscopy research on complexation processes in water-methanol solutions [Text] / O. Ilchenko, V. Obukhovsky, V. Nikonova et al. // Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Radiophysics and Electronics.- 2012.-N.17, 34-38.-ISSN 1728-3817.

15. Pelletier M.J. Potassium Vapor Near-IR Laser Line Rejection Filter for Raman Spectroscopy [Text] / M.J. Pelletier // Appl. Spectrosc.- 1993.-V. 47.- Issue 1.- P. 69-74.- ISSN 0003-7028.

16. Tauler R. Multivariate curve resolution applied to spectral data from multiple runs of an industrial process [Text] / R. Tauler, B. Kowalski, S. Fleming // Anal.Chem.- 1993.-V.65.- P. 2040-2047.- ISSN 0003-2700.

17. Lawton W.H. Self Modeling Curve Resolution [Text] / W.H. Lawton, E.A. Sylvestre // Technometrics.- 1971.- V. 13.- Issue 3.-P. 617-633.- ISSN 0040-1706.

18. Laenen R. IR Spectroscopy of Hydrogen-Bonded Methanol: Vibrational and Structural Relaxation on the Femtosecond Time Scale [Text] / R. Laenen, G.M. Gale, N. Lascoux // J. Phys. Chem. A.- 1999.-V. 103.- Issue 50.- P. 10708-10712.- ISSN 1089-5639.

19. Tauler R. Selectivity, local rank, three-way data analysis and ambiguity in multivariate curve resolution [Text] / R.Tauler, A.K. Smilde, B.R.Kowalski // J. Chemometrics.-1995.- V. 9.- Issue 1.- P. 31-58.- ISSN 0886-9383.

20. Jaumot J. Chemometrics and intelligent laboratory systems [Text] / J.Jaumot, R.Gargallo, A.de Juan, R.Tauler // Chemom. Intell. Lab. Sys.- 2005.- V. 76.- Issue 1.- P. 101-110.- ISSN 0169-7439.

21. Tauler R. Calculation of maximum and minimum band boundaries of feasible solutions for species profiles obtained by multivariate curve resolution [Text] / R. Tauler // J. Chemometrics.- 2001.-V. 15.- Issue 8.- P 627-646.- ISSN 0886-9383.



22. Jaumot J. MCR-BANDS: A user friendly MATLAB program for the evaluation of rotation ambiguities in Multivariate Curve Resolution [Text] / J. Jaumot, R. Tauler // *Chemom. Intell. Lab. Sys.*-2010.-V. 103.- Issue 2.- P. 96-107.- ISSN 0169-7439.
23. de Juan A. [Text] Assessment of new constraints applied to the alternating least squares method/ A.de Juan, H.Vander Heyden, R.Tauler, D.L.Massart // *Anal. Chim. Acta.*- 1997.- V. 346.- P. 307-318.- ISSN · 0003-2670.
24. Alam M.K. Elucidation of species in alcohol-water mixtures using near-IR spectroscopy and multivariate statistics [Text] / M.K.Alam, J.B.Callis // *Anal. Chem.*- 1994.-V. 66- P. 2293-2301.- ISSN · 0003-2700.
25. Yoshida K. Low-frequency Raman spectroscopy of aqueous solutions of aliphatic alcohols [Text] / K. Yoshida, T. Yamaguchi Z. // *Naturforsch.*- 2001.- V. 56a.- P. 529-536.-ISSN 0932-0784.
26. McGregor J. Structure and dynamics of aqueous 2-propanol: a THz-TDS, NMR and neutron diffraction study [Text] / J. McGregor, R. Li, J. Axel Zeitler, C. D'Agostino et al // *Phys.Chem. Chem. Phys.*- 2015.- V. 17.-P. 30481-30491. -ISSN 1463-9076.
27. Li R. Mesoscopic structuring and dynamics of alcohol/water solutions probed by terahertz time-domain spectroscopy and pulsed field gradient nuclear magnetic resonance [Text] / R. Li, C. D'Agostino, J. McGregor et al // *J. Phys. Chem. B.*-2014.- V. 118.- P. 10156-10166. -ISSN 1520-6106.
28. Tong H.-J. Observation of conformation changes in 1-propanol-water complexes by FTIR spectroscopy [Text] / H.-J. Tong, J.-Y. Yu, Y.-H. Zhang, J.P. Reid //, *J. Phys. Chem. A.*-2010.- V. 114.- P. 6795-6802. -ISSN 1089-5639.
29. Bye J.W. Analysis of mesoscopic structured 2-propanol/water mixtures using pressure perturbation calorimetry and molecular dynamic simulation [Text] / J.W. Bye, C.L. Freeman, J.D. Howard et al // *J. Sol. Chem.*- 2017.- V. 46.- P. 175-189. -ISSN 0095-9782.
30. Bulavin L.A. Anomalous propagation and scattering of sound in 2-propanol water solution near its singular point [Text] / L.A. Bulavin, A.V. Chalyi, O.I. Bilous // *J. Mol. Liq.*- 2017.-V. 235.- P. 24-30. -ISSN 0167-7322.
31. Sato T. Dielectric relaxation spectroscopy of 2-propanol-water mixtures [Text] / T. Sato, R. Buchner //, *J. Chem. Phys.*- 2003.- V. 118.- P. 4606-4613. -ISSN 0021-9606.
32. Sato T. The cooperative dynamics of the H-bond system in 2-propanol/water mixtures: Sterichindrance effects of nonpolar head group [Text] / T. Sato, R. Buchner // *J. Chem. Phys.*- 2003.-V. 119.- P. 10789-10799. -ISSN 0021-9606.
33. Peeters D. Endothermicity of water/alcohol mixtures [Text] / D. Peeters, P. Huyskens // *J. Mol. Struct.*- 1993.- V. 300.- P. 539-550. -ISSN 0022-2860.
34. Bulavin L.A. Relaxation and equilibrium properties of dilute aqueous solutions of alcohols [Text] / L.A. Bulavin, V.Ya. Gotsulskii, N.P. Malomuzh, V.E. Chechko // *Russian Chemical Bulletin, International Edition.*-2016.- V. 65.- P. 851-876. -ISSN 1066-5285.
35. Guo J.-H. Molecular structure of alcohol-water mixtures [Text] / J.-H. Guo,



Y. Luo, A. Augustsson et al // *Phys. Rev. Lett.*- 2003.- V. 91.- P 157401 (4). -ISSN 0031-9007.

36. Dolenko T.A. Raman Spectroscopy of Water–Ethanol Solutions: The Estimation of Hydrogen Bonding Energy and the Appearance of Clathrate-like Structures in Solutions [Text] / T.A. Dolenko, S.A. Burikov, S.A. Dolenko et al // *J. Phys. Chem. A*.- 2015.- V. 119.- P. 10806-10815. -ISSN 1089-5639.

37. Gotsul'skii V.Ya. Features of the temperature and concentration dependences of the contraction of aqueous solutions of ethanol [Text] / V.Ya. Gotsul'skii, N.P. Malomuzh, V.E. Chechko // *Russian Journal of Physical Chemistry A*.-2013.- V. 87.- P. 1638-1644. -ISSN 0036-0244.

38. Yilmaz H. Excess properties of alcohol-water systems at 298.15 K [Text] / H. Yilmaz // *Turk. J. Phys.*- 2002.- V. 26.- P. 243-246. -ISSN 1300-0101.

39. Pang F.-M. Densities and viscosities of aqueous solutions of 1-propanol and 2-propanol at temperatures from 293.15 K to 333.15 K", [Text] / F.-M. Pang, C.-E. Seng, T.-T. Teng, M.H. Ibrahim // *J. Mol. Liq.*- 2007.- V. 136.- P. 71-78. -ISSN 1873-3166.

40. Manakov A.Yu. Hydrate formation in the system of n-propanol-water [Text] / A.Yu. Manakov, L.S. Aladko, A.G. Ogienko, A.I. Ancharov // *J. Therm. Anal. Calorim.* 2013.- V. 111.- P. 885-890. -ISSN 1388-6150.

41. Tomza P. Microheterogeneity in binary mixtures of propyl alcohols with water: NIR spectroscopic, two-dimensional correlation and multivariate curve resolution study [Text] / P. Tomza, M.A. Czarnecki // *J. Mol. Liq.* 2015.- V. 209.- P. 115-120. -ISSN 1873-3166.

42. Bulavin L.A. Refractometry of water-ethanol solutions near their contraction point [Text] / L.A. Bulavin, V.Ya. Gotsul'skii, N.P. Malomuzh, M.V. Stiranets // *Ukr. J. Phys.*- 2015.- V. 60.- P. 1108-1114. -ISSN 2071-0186.

43. Pratt K.C. The mutual diffusion coefficient for binary mixtures of water and the isomers of propanol [Text] / K.C. Pratt, W.A. Wakeham // *Proc. R. Soc. Lond. A*.- 1975.- V. 342.- P. 401-419. -ISSN 0370-1662.

44. Harris K.R. Mutual diffusion coefficients for the systems water-ethanol and water-propan-1-ol at 25 °C [Text] / K.R. Harris, T. Goscinska, H.N. Lam // *J. Chem. Soc. Faraday Trans.*- 1993.- V. 89.- P. 1969-1974. -ISSN 1364-5455.

45. Mialdun A. A comprehensive study of diffusion, thermodiffusion, and Soret coefficients of water-isopropanol mixtures [Text] / A. Mialdun, V. Yasnou, V. Shevtsova et al // *J. Chem. Phys.*- 2012.- V. 136.- P. 244512(13). -ISSN 0021-9606.

46. Hao L. Binary Mutual Diffusion Coefficients of Aqueous Alcohols. Methanol to 1-Heptanol [Text] / L. Hao, D.G. Leaist // *J. Chem. Eng. Data*.-1996.- V. 41.- P. 210-213. -ISSN 0021-9568.

47. Dixit S. Molecular segregation observed in a concentrated alcohol–water solution [Text] / S. Dixit, J. Crain, W.C.K. Poon et al // *Nature*.-2002.- V. 416.- P. 829-832. -ISSN 0028-0836.

48. Davis J.G. Water structural transformation at molecular hydrophobic interfaces [Text] / J.G. Davis, K.P. Gierszal, P. Wang, D. Ben-Amotz // *Nature Letters*.-2012.- V. 491.- P. 582-585. -ISSN 1476-4687.

49. Davis J.G. On the cooperativity of non-hydrogen-bonded water at molecular



hydrophobic interfaces [Text] / J.G. Davis, B.M. Rankin, K.P. Gierszal, D. Ben-Amotz // Nature Chemistry.-2013.- V. 5.- P. 796-802. -ISSN 1755-4330.

50. Obukhovsky V.V. Interdiffusion in water solutions of ethyl alcohol [Text] / V.V. Obukhovsky, V.V. Nikonova // Ukr. J. Phys.- 2010.- V. 55.- P. 891-896. -ISSN 2071-0186.

51. Zarei H.A. Volumetric Properties of Binary and Ternary Liquid Mixtures of 1-Propanol (1) + 2-Propanol (2) + Water (3) at Different Temperatures and Ambient Pressure(81.5 kPa) [Text] / H.A. Zarei, S. Shahvarpour // J. Chem. Eng. Data.-2008.- V. 53.- P. 1660-1668. -ISSN 0021-9568.

52. Shin J.-W. Experimental and theoretical studies of isolated neutral and ionic 2-propanol and their clusters [Text] / J.-W. Shin, E.R. Bernstein // J. Chem. Phys.- 2009.- V. 130.- P. 214306(11). -ISSN 0021-9606.

53. Doroshenko I.Yu. Matrix isolation study of the formation of methanol cluster structures in the spectral region of C–O and O–H stretch vibrations [Text] / I.Yu. Doroshenko // Low Temperature Physics.-2011.- V. 37.- P.604-608. -ISSN 1063-777X.

54. Matisz G. Application of the quantum cluster equilibrium (QCE) model for the liquid phase of primary alcohols using B3LYP and B3LYP-D DFT methods [Text] / G. Matisz, A.-M. Kelterer, W.M.F. Fabian, S. Kunsági-Máté // J. Phys. Chem. B.- 2011.- V. 115.- P. 3936-3941. -ISSN 1520-6106.

55. Starzak M. Cluster composition of liquid water derived from laser-Raman spectra and molecular simulation data”, [Text] / M. Starzak, M. Mathlouthi // Food Chemistry.-2003.- V. 82.- P. 3-22. -ISSN 0308-8146.

56. Cybulski H. On the calculation of the vibrational Raman spectra of small water clusters [Text] / H. Cybulski, J. Sadlej // Chem. Phys.- 2007.- V. 342.- P. 163-172. -ISSN 0301-0104.

57. Gadre S.R. Quantum cluster investigations on molecular clusters [Text] / S.R. Gadre, S.D. Yeole, N. Sahu // Chem. Rev.- 2014.- V. 114.- P. 12132-12173. -ISSN 0009-2665.

58. Weinhold F. Quantum cluster equilibrium theory of liquids: Illustrative applications to water [Text] / F. Weinhold // J. Chem. Phys.- 1998.- V. 109.- P. 373-383. -ISSN 0021-9606.

59. Matisz G. Structural properties of methanol-water binary mixtures within the quantum cluster equilibrium model [Text] / G. Matisz, A.-M. Kelterer, W.M.F. Fabian, S. Kunsági-Máté // Phys. Chem. Chem. Phys.- 2015.- V. 17.- P. 8467-8479. -ISSN 1463-9076.

60. Shurvel H.F. Spectra-structure Correlations in the Mid- and Far-infrared. Handbook of Vibrational Spectroscopy, edited by J.M. Chalmers and P.R. Griffiths/ H.F.Shurvel. - Chichester: John Wiley & Sons, 2002.-V. 3.- P. 1783.

61. Weyer L.G. Spectra-structure Correlations in the Near-infrared Handbook of Vibrational Spectroscopy, edited by J.M. Chalmers and P.R. Griffiths/ L. G.Weyer, S.-C Lo.-Chichester: John Wiley & Sons, 2002.- V. 3.- P. 1817.

62. Edwards H.G.M. Spectra-Structure Correlations in Raman Spectroscopy. Handbook of Vibrational Spectroscopy, edited by J.M. Chalmers and P.R.Griffiths/ H.G.M.Edwards.- Chichester: John Wiley & Sons, 2002.- V. 3.- P. 1838.



63. de Juan A. Multivariate curve resolution-alternating least squares for spectroscopic data: in *Resolving Spectral Mixtures With Applications from Ultrafast Time-Resolved Spectroscopy to Super-Resolution Imaging*/ A. de Juan, R. Tauler.- Elsevier, 2016.-P. 5-51. -ISBN 0444636382.

64. Ilchenko O.O. NNLS and MCR-ALS decomposition of Raman and FTIR spectra of multicomponent liquid solutions [Text] / O.O. Ilchenko, Y.V. Pilgun, A.S. Reynt, A.M. Kutsyk // *Ukr. J. Phys.*- 2016.- V. 61.- P. 519-522. -ISSN 2071-0186.

65. Li Q. Excess infrared absorption spectroscopy and its applications in the studies of hydrogen bonds in alcohol-containing binary mixture [Text] / Q. Li, N. Wang, Q. Zhou, S. Sun, Z. Yu // *Applied Spectroscopy*.-2008.- V. 62.- P. 166–170. - ISSN 0003-7028.

66. Ilchehko O. Quantitative analysis of complex formation in acetone-chloroform and ethyl acetate-cyclohexane solutions [Text] / O. Ilchehko, V. Nikonova, A. Kutsyk, V. Obukhovskiy // *Ukr. J. Phys.* 2014.- V. 59.- P. 268–275. - ISSN 2071-0186.

67. Ilchenko O.O. Formation of molecular complexes in liquid benzene-chloroform mixtures examined by mid-IR 2D correlation spectroscopy and multivariate curve resolution [Text] / O.O. Ilchenko, A.M. Kutsyk, Y.V. Pilgun et al // *Ukr. J. Phys.*- 2016.- V. 61.- P. 508-515. -ISSN 2071-0186.

68. Kutsyk A. Complex formation in liquid diethyl ether-chloroform mixtures examined by 2D correlation mid-IR spectroscopy [Text] / A. Kutsyk, O. Ilchenko, Y. Pilgun et al // *J. Mol. Struct.*- 2016.- V. 1124.- P. 117-124. -ISSN 0022-2860.

69. Jaumot J. MCR-ALS GUI 2.0: New features and applications, [Text] / J. Jaumot, A. de Juan, R. Tauler // *Chem.Intell. Lab. Sys.*- 2015.- V. 140.- P. 1-12. - ISSN 0169-7439.

70. Kucheryavskiy S. Spectral unmixing using the concept of pure variables: in *Resolving Spectral Mixtures With Applications from Ultrafast Time-Resolved Spectroscopy to Super-Resolution Imaging*/ S. Kucheryavskiy, W. Windig, A. Bogomolov.-Elsevier, 2016.- P. 53-99.- ISBN 0444636382.

71. Esbensen K.H. Principal Component Analysis: Concept, Geometrical Interpretation, Mathematical Background, Algorithms, History, Practice: in *Comprehensive Chemometrics*/ K.H. Esbensen, P. Geladi.- Elsevier, 2009.- P. 211-226.- ISBN 9780444527028.

72. Cherevko K.V. Stationary diffusion in the membrane systems with the ongoing reversible chemical reactions [Text] / K.V. Cherevko, D.A. Gavryushenko, V.M. Sysoev // *Journal of Molecular Liquids*.-2005.- V.120(1).- P. 71-74. -ISSN 0167-7322.

73. Doroshenko I.Yu. Spectroscopic study of the n-hexanol cluster structure, isolated in an argon matrix, [Text] / I.Yu. Doroshenko // *Low Temp. Phys.*- 2017.-V. 43.- P. 732-737. -ISSN

74. Doroshenko I. FTIR/PCA study of propanol in argon matrix: The initial stage of clustering and conformational transitions [Text] / I. Doroshenko, V. Balevicius, G. Pitsevich et al // *Low Temp. Phys.*- 2014.- V. 40.- P.1077-1082. -ISSN 1063-777X.

75. Pogorelov V.Ye. Vibrational spectra of water clusters, trapped in low temperature matrices [Text] / V.Ye. Pogorelov, I.Yu. Doroshenko // *Low*



Temp.Phys.- 2016.- V. 42.- P 1163-1166. -ISSN 1063-777X.

76. Ilchenko O. Raman spectroscopy investigations of complexation processes in water-methanol solutions [Text] / O. Ilchenko; V. Obukhovskiy, V. Lemeshko et al // Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Radiophysics and Electronics.- 2012.- N. 17.- P. 34-38. -ISSN 1728-3817.

Глава 3.

1. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В. А. Сойфера. – 2-е изд., исп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 784 с.

2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. - Москва: Техносфера, 2005. – 1072 с.

3. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ./ У. Прэтт. - М.: Мир, 1982.- Кн.2. - 480 с.

4. Фисенко В.Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие/ В.Т. Фисенко, Т.Ю. Фисенко. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.

5. Небольшие заметки по поводу состояния рынка цифровых видеокамер: [сайт]. Режим доступа: <http://videoeditor2005.narod.ru/kamera/tendez.html> (дата звернення 20.04.2020). – Назва з екрана.

6. Майданюк В.П. Навчальний посібник. Кодування зображень/ В.П. Майданюк. – Вінниця: ВДТУ, 2000. – 62 с.

7. Троелсен. Э. С# и платформа .NET. Библиотека программиста/ Э. Троелсен. — СПб.: Питер, 2004. — 796 с.

Глава 4.

1. Le Mire, G., Nguyen, M L, Fassotte, B, du Jardin, P, Verheggen, F., Delaplace, P., Jijakli M. H. Implementing plant biostimulants and biocontrol strategies in the agroecological management of cultivated ecosystems. A review. Biotechnologie agronomie societe et environnement. Том: 20. Спецвипуск 1. 2016. С. 299-313.

2. Stasik, O.O. Effect of treatment of corn and soybean seeds with solutions of chelated micronutrients on energy of germination and seedlings growth. Матеріали міжнародної наукової конференції «Біологічно активні речовини рослин – вивчення і використання». Мінськ, 29-31 березня 2013. С. 228-229.

3. Коваленко О.А. Застосування ґрунтових та ендоефітних мікроорганізмів при використанні сидеральних культур за вирощування гречки в зоні Степу України / О.А. Коваленко, А.С. Каушан, А.К. Хоменко // Матеріали ІІ Всеукраїнської наукової інтернет-конференції «Інноваційні технології в рослинництві» (15 травня 2019 р.). Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2019. С.72-74.

4. Рэди́х, Э. Какие нишевые культуры выгодно выращивать в 2018 году. https://biz.censor.net.ua/resonance/3057448/kakie_nishevye_kultury_vygodno_vyraschivat_v_2018_godu.

5. Формування надземної маси ярих пшениці та тритикале під впливом оптимізації їх живлення на півдні України / Гамаюнова В. В., Дворецький В. Ф.,



Сидякіна О. В., Глушко Т. В. Вісник ЖНАЕУ. 2017. № 2(61), т.1. С. 20 – 28.

6. Piskaeva, A. I.; Babich, O. O.; Dolganyuk, V. F. Analysis of influence of biohumus on the basis of consortium of effective microorganisms on the productivity of winter wheat. Foods and raw materials. Том 5. Випуск 1. 2017. С. 90-99.

7. Коваленко О. А. Ключник М. А., Чебаненко К. В. Застосування біопрепаратів для обробки насіннєвого матеріалу пшениці озимої. Наукові праці. Екологія. Випуск 244. Том 256. 2015. С. 74-77.

Глава 5.

1. Баевский Р. М., Берсенева А. П. Донозологическая диагностика в оценке состояния здоровья / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева // Валеология: диагностика, средства и практика обеспечения здоровья. – 1993. – № 6. – С. 33 – 48.

2. Белов В. М., Гонтарь Т. М. Учет состояния характерологической компоненты человека при синтезе программ самоуправления здоровьем //Кибернетика и вычислительная техника.-К.: МНУЦ ИТиС.-2009. – 2009.

3. Буров О. Ю. Ергономічні основи розробки систем прогнозування працездатності людини-оператора на основі психофізіологічних моделей діяльності : дис. – Науково-дослідний інститут проблем військової медицини Збройних Сил України, 2006.

4. Буров О. Ю. Технології та інновації в діяльності людини ери інформації: людина та ІКТ //Інформаційні технології та засоби навчання. – 2015. – Т. 6. – №. 50. – С. 1-13.

5. Горго Ю. П. Информационная оценка физиологических сигналов человека при изменении его психоэмоциональных состояний //Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. – 2007. – №. 6.

6. Горго Ю. П. Інформаційна обробка кардіоінтервалів людини для оцінки функціональних робочих станів //Фізіол. журн. – 1998. – Т. 44. – №. 3. – С. 246-247.

7. Горго Ю. П., Белов Ю. Н. Роль человеческого фактора в системах «среда-оператор-машина» //К.: Знання. – 1989.

8. Горго Ю. П., Маліков М. В., Богдановська Н. В. Оцінка та керування функціональними станами людини: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів //Запоріжжя: національний університет. – 2005.

9. Горго Ю. П., Чайченко Г. М. Основы психофизиологии //Херсон: – 2002.

10. Гриценко В. І. Інформаційні технології в біології та медицині. – 2006.

11. Гриценко В. И. и др. Биоэкомедицина. Единое информационное пространство //К.: Наук. думка. – 2001.

12. Гриценко В. И. Сущность информационных технологий //М: Просвещение. – 2006.

13. Ергономіка. Навчально-методичний посібник / Гервас Ольга Геннідівна. – Умань: видавничо-поліграфічний центр «Візаві». - 2011. – 130с.

14. Козловская В. А., Котова А. Б. Информационный профиль психического статуса здоровья //Управляющие системы и машины. – 2014. – №. 2. – С. 77-83.



15. Коробейников Г. В. Психофизиологическая организация деятельности человека: монография //Белая церковь. – 2008.

16. Коробейников Г. В. Психофизиологические механизмы умственной деятельности человека //К.: Український фітосоціологічний центр. – 2002.

17. Лях Ю. Є. Оцінка та прогноз психофізіологічних станів людини в процесі діяльності: Автореф. дис. док. біол. наук. – 03.00.13 / Ю. Є. Лях. – Київ, 1996. – 19 с. – укр.

18. Магльований А. Організм і особистість. Діагностика та керування /А. Магльований, В.Белов, А.Котова.–Львів: Медична газета України, 1998. – 250 с.

19. Макаренко Н. В. Основи професійного відбору військових спеціалістів та методики вивчення індивідуальних психофізіологічних відмінностей між людьми / Н.В. Макаренко. – К: Черкаський ЦНТЕІ, 2006. – 395 с.

20. Методи і моделі формування ергономічних знань та умінь у майбутніх інженерів-педагогів / А.Т. Ашеро́в , О.Е. Коваленко, Г.І. Сажко: Харків: УПА, 2006. – 192 с.

21. Моніторинг умов праці [Текст]: навч. посібник / В. І. Голінько, С. І. Чеберячко, М. В. Шибка, О. О. Яворська. – 2-ге вид. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 236 с.

22. Навакати́кян А. О. Изменение взаимосвязей физиологических функций центральной нервной системы у операторов ЭВМ под влиянием профессионального стресса / А. О. Навакати́кян, В. В. Кальниш // Журнал АМН України. – 1998. – Т. 4, № 2. – С. 355 – 362.

23. Поляков А. А., Буров А. Ю., Коробейников Г. В. Функциональная организация умственной деятельности у людей разного возраста //Физиология человека. – 1995. – Т. 21. – №. 2. – С. 37-43.

24. Решетюк А. Л., Поляков О. А., Коробейніков Г. В. Визначення функціонального віку та темпів старіння людини //К.: МОЗ України. – 1996.

25. Рогозинская Н. С., Козак Л. М. Информационное обеспечение технологии автоматизированного мониторинга состояния здоровья населения //Кибернетика и системный анализ. – 2013. – №. 49, № 6. – С. 162-173.

26. Рыжов А. Я. Понятия "Здоровье" и "Профессиональное здоровье" применительно к категории преподавателя ВУЗа / А. Я. Рыжов // Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология». – 2009. – № 14. – С. 38 – 48.

27. Самокиш І. І. Моніторинг функціональних можливостей студентів вишів під час навчально-виховного процесу фізичного виховання : монографія / І. І. Самокиш. – Одеса : ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2018. – 292 с.

28. Фролькіс В. В. Старение и витаукт, адаптация и дезадаптация / В. В. Фролькіс // Геронтология и гериатрия. – 1981. – С. 5 – 15.

29. Харковлюк-Балакіна Н. В. Зміни психофізіологічного потенціалу людини при старінні / Н. В. Харковлюк-Балакіна // Проблеми старіння та довголіття. – К: ДУ "Ін-т геронтології НАМНУ", 2016. – Т 25, № 4. – С. 318 – 329.

30. Харковлюк-Балакіна Н. В. Інформаційна оцінка та корекція забезпечення розумової працездатності людини в умовах впливу вікової інволюції / Н. В. Харковлюк-Балакіна, Ю. П. Горго // Медична інформатика та



інженерія. – 2014. – № 4. – С. 69 – 75.

31. Харковлюк-Балакіна Н. В. Інформаційна технологія оцінки забезпечення розумової працездатності у осіб різного віку / Н. В. Харковлюк-Балакіна // Проблеми старіння та довголіття. – 2013. – Т 22, № 3. – С. 317 – 331.

32. Чайковский, И. А., Кальниш, В. В., Кривова, О. А., Козак, Л. М., Выровой, Ю. С., Фролов, Ю. А. (2015). Оценка психического напряжения оператора на эмоционально значимые ситуации. Украинский журнал з проблем медицины праці, (2), 41-52.

33. Aleksandar Kotevski1, Natasa Koceska and Saso Koceski E-health monitoring system International Conference on Applied Internet and Information Technologies, 2016, 259-263 DOI:10.20544/AIIT2016.32

34. Kharkovliuk-Balakina N. Assessment of functional working condition and working capacity of people of all ages in mental stress terms / N. Kharkovliuk-Balakina, Y. Gorgo // Scientific Journal "ScienceRise". – 2014. – Vol. 4, Issues 1 (4). – P. 33 – 36.

35. Kharkovlyuk-Balakina N. V. Psychophysiological estimation of providing the mental capacity for people at different age / N. V. Kharkovlyuk-Balakina // International Journal of Psychophysiology. – Volume 77. – Issue 3, September 2010. – Page 262.

Глава 6.

1. Lee B. Effects of installation location on performance and economics of induct ultraviolet germicidal irradiation systems for air disinfection / B. Lee, P. William P. Bahnfleth // Building and Environment. – 2013 – Vol. 67. – С. 193-201.

2. Семенов А. О., Кожушко Г. М., Семенова Н. В. Використання ультрафіолетового випромінювання для бактерицидного знезараження води, повітря та поверхонь. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України : Збірник науково-технічних праць. Львів : РВЦ НЛТУ України. 2013. № 23.02. С. 179–186.

3. Gray N. F. Ultraviolet Disinfection / N. F. Gray // Microbiology of Waterborne Diseases (Second Edition). 2014. P. 617–630.

4. Semenov A., Kozhushko G. Bactericidal irradiators for ultraviolet disinfection of indoor air European Applied Sciences. Stuttgart, Germany. 2013. 1(13). P. 226–228.

5. Вассерман, А. Л. Ультрафиолетовые бактерицидные установки для обеззараживания воздушной среды помещений / А. Л. Вассерман. – М.: Изд-во дом света, 1999. Вып. 8(20).

6. Kowalski W.J. Ultraviolet germicidal Irradiation Handbook. UVGI for air and Surface Disinfection. Springer-Verlag Heidelberg, 2009.

7. Василяк Л. М. Применение импульсных электроразрядных ламп для бактерицидной обработки / Л. М. Василяк // Электронная обработка материалов. 2009. № 1. С. 30–40.

8. Bolton J.R, Cotton C.A. The ultraviolet disinfection handbook. American water works association, 2008.

9. Мейер А. Ультрафиолетовое излучение. Получение, измерение и



применение в медицине, биологии и технике. Пер. с нем. / А. Мейер, Э. Зейтц. М. : И-во "Иностр. лит.", 1952. 574 с.

10. Применение ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздушной среды помещений организаций пищевой промышленности, общественного питания и торговли продовольственными товарами: МУ 2.3.975-00: Методические указания. – Минздрав России, утвержденные 19 мая 2000 г.

11. Семенов А. А., Кобищан А. Д., Семенова Н. В. Ультрафіолетове випромінювання та оптичні властивості матеріалів в УФ-області. Сборник научных трудов SWorld. Вып. 1. Том 2. Иваново: Маркова А. Д. 2014. ЦИТ: 114–668. С. 76–80.

12. Семенов А. А. Ультрафиолетовое излучение для обеззараживания сыпучих пищевых продуктов. Вісник національного технічного університету «ХПІ» : Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Х. : НТУ «ХПІ». 2014. № 17 (1060). С. 25–30.

13. Семенов А. А. Электротехнические комплексы обеззараживания питьевой воды / Научное окружение современного человека: техника и технологии, информатика, безопасность, транспорт, химия, сельское хозяйство. Книга 3, Часть 1: серия монографий / [авт.кол. : И.Я. Львович, Я.Е. Львович, А.В. Осадчук, А.П. Преображенский, О.Н. Чопоров и др.] – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2020. – (Серия «Научное окружение современного человека»; № 3). С. 46–54.

14. Семенов А., Семенова Н. Бактерицидне знезараження сипких харчових продуктів. Міжвідомчий науково-технічний збірник «Вимірювальна техніка та метрологія». Львів: Видавництво Львівська політехніка, 2013: тези доповіді. № 74. С. 150–154.

15. ДСТУ ISO 4831:2006. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Загальні настанови щодо підрахування кількості коліформних мікроорганізмів. Методика найвірогіднішої кількості. Пов'язані міжнародні нормативні документи: ISO 4831:1991. С. 16. Дата введення в дію: 01.10.2007.

16. Семенов А. О., Кожушко Г. М., Дугніст Л. В., Семенова Н. В. Патент України на корисну модель 93489 UA, МПК (2006.01) A23L 3/26. Спосіб бактерицидного знезараження сипучих харчових продуктів. Заявник і патентовласник Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі». № u201401140; заявлено 06.02.2014; опубліковано 10.10.2014. Бюл. № 19.

17. Державна фармакопея України. URL: <http://laco.eryb.floweracademy.ru/engine/b.php?> (дата звернення: 16.01.2018).

18. Семенов А. О., Кожушко Г. М., Сахно Т. В., Дугніст Л. В. Розробка технології бактерицидного знезараження активованого вугілля. Науковий вісник полтавського університету економіки і торгівлі: Серія: Технічні науки. 2017. № 1 (83). С. 75–84.

19. Ультрафиолетовые технологии в современном мире: Коллективная монография / Ф. В. Кармазинов, С. В. Костюченко, Н. Н. Кудрявцев, С. В. Храменков (ред.) – Долгопрудный: Из-во Дом «Интеллект». 2012. 392 с.



Глава 7.

1. Fedotov O.V., Usikova Z.L. The study of vegetative incompatibility strains of Basidiomycetes. Monograph. // Innovative scientific researches: European development trends and regional aspect. – 4th ed. – Riga, Latvia: “Baltija Publishing”. 2020. – P. 136-155.
2. Fedotov O.V., Bisko N.A. Effect of phenolic substances and hydrogen peroxide on antioxidant activity of some strains of Basidiomycetes. // Innovative Biosystems and Bioengineering. 2018. 2(1), – P. 4-10.
3. Велигодська А.К., Федотов О.В. Скринінг вмісту та динаміка накопичення поліфенольних речовин у деяких видів базидіоміцетів // Біологічний вісник Мелітопольського державного педагогічного університету ім. Богдана Хмельницького. 2015. 5(3). – С. 43-54.
4. Велигодська А.К., Федотов О.В. Порівняльна характеристика загального вмісту каротиноїдів у деяких видів базидіальних грибів // Мікробіологія і біотехнологія. 2012. 4(20). – С. 84-101.
5. Федотов О.В., Велигодська А.К. Загальний вміст поліфенольних речовин у деяких видів базидіоміцетів // Мікробіологія і біотехнологія. 2012. 3(19). – С. 44-55.
6. Федотов О.В. Стан прооксидантно-антиоксидантної системи деяких штамів базидіомікотових грибів // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, медицина. 2017. 8(1). – С. 77-84.
7. Fedotov O.V., Velygodska A.K. Search producers of polyphenols and some pigments among Basidiomycetes // Biotechnologia Acta. 2014. 7(1). – P. 110-116.
8. Fedotov O.V., Velygodska A.K. Milk-clotting and antioxidant activity of enzyme preparations of fungi strains of the order Polyporales s.l. // The scientific heritage. Biological Sciences. 2016. V.1. 2(2). – P. 71-76.
9. Wasser S.P. Medicinal Mushrooms in Human Clinical Studies. Part I. Anticancer, Oncoimmunological, and Immunomodulatory Activities: A Review International. // Journal of Medicinal Mushrooms. 2017. 19(4). – P. 279-317.
10. Федотов О.В. Інтенсивність процесів перекисного окиснення ліпідів штамів грибів порядків Agaricales і Polyporales // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. 2016. 24(2). – С. 314-323.
11. Kirk P.M., Cannon P.F., Minter D.W., Stalpers J.A. Dictionary of the fungi. CABI, Wallingford. 2008.
12. Федотов О.В. Колекція культур шапинкових грибів – основа мікологічних досліджень та стратегії збереження біорізноманіття базидіоміцетів / [О.В. Федотов, О.В. Чайка, Т.Є. Волошко, А.К. Велигодська] // Вісник Донецького університету, Сер. А: Природничі науки. 2012. 1. – С. 209-213.
13. Bisko N.A., Lomberg M.L., Mytropolska N.Y., Mykchaylova O.B. The IBK Mushroom Culture Collection. Kyiv, M. G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of the Ukraine. 2016. Alterpres, Kyiv. – 120 p.
14. Велигодська А.К., Федотов О.В. Отримання та аналіз препаратів каротиноїдів деяких штамів ксилотрофних базидіоміцетів // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. 2016. 24(2). – С. 290-294.



15. Велигодська А.К., Федотов О.В. Вміст меланінів у базидіальних грибів порядків *Polyporales* та *Agaricales* // Мікробіологія і біотехнологія. 2013. 3(23). – С. 72-83.
16. Voloshko T.E., Fedotov O.V. Comparative characteristics of Basidiomycetes – producers of catalase // *Biotechnologia Acta*. 2013. 6(3). – P. 89-94.
17. Voloshko T.E., Fedotov O.V. Active producers of peroxidase Basidiomycetes strains screening // *Biotechnologia Acta*. 2013. 6(5). – P. 137-142.
18. Федотов О.В. Фізико-хімічні показники мікологічних об'єктів у біоіндикації довкілля // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. 2011. 1(11). – С. 261-265.
19. Asatiani M.D., Sharvit L., Barseghyan G.S., Chan J.S.L., Elisashvili V., Wasser S.P. Cytotoxic Activity of Medicinal Mushroom Extracts on Human Cancer Cells. // *SF Journal of Biotechnology and Biomedical Engineering*, 2018. 1(1), – P. 1-7.
20. Lushchak V.I. Time-course and intensity-based classifications of oxidative stresses and their potential application in biomedical, comparative and environmental research. *Redox Report*. 2016. 21(6), – P. 262-270.
21. Obrador E., Liu-Smith F., Dellinger R.W., Salvador R., Meyskens F.L., Estrela J.M. Oxidative stress and antioxidants in the pathophysiology of malignant melanoma. // *Biological Chemistry*. 2019. 24, 400(5), – P. 589-612.

Глава 8.

1. Львович Я.Е., Львович И.Я., Волкова Н.В. Проблемы построения корпоративных информационных систем на основе web-сервисов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 6. С. 8-10.
2. Преображенский Ю.П. Рассеяние радиоволн на сложных объектах // В сборнике: Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2018. С. 191-194.
3. Преображенский Ю.П. Моделирование распространения радиоволн для условий дифракции // В сборнике: Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2018. С. 183-186.
4. Ерасов С.В. Оптимизационные процессы в электродинамических задачах // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 20-26.
5. Ермолова В.В., Преображенский Ю.П. Архитектура системы обмена сообщений в немаршрутизируемой сети // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 7. С. 79-81.
6. Казаков Е.Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки уровня сигнала в сети wi-fi // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1 (12). С. 13.
7. Мишин Я.А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях // Вестник Воронежского института высоких технологий.



2013. № 10. С. 153-156.

8. Комаристый Д.П., Агафонов А.М., Степанчук А.П., Коркин П.С. Использование информационных систем на предприятиях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 104-106.

9. Гостева Н.Н., Гусев А.В. Информационные системы в управлении производством // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 58-60.

10. Преображенский Ю.П. Проблемы кодирования информации в каналах связи // В сборнике: Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2018. С. 180-182.

11. Лукьянов А.С., Буравцова А.Н., Попов А.В. Повышение помехоустойчивости сигналов, передаваемых по каналам специальной связи, с использованием адаптивных систем // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 1 (32). С. 4-6.

12. Преображенский Ю.П., Мясников О.А. Анализ перспектив информационных технологий в сфере интернет вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 1 (32). С. 43-45.

13. Суворов А.П., Лесников А.С. Особенности развития современных телекоммуникационных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 1 (32). С. 46-48.

14. Русанов П.И., Юрочкин А.Г. Моделирование беспроводных сенсорных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 19-21.

15. Русанов П.И., Юрочкин А.Г. Особенности работы беспроводных сенсорных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 79-81.

16. Питолин М.В., Токарева Н.М., Казаков Е.Н. Использование сетевых технологий на предприятиях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 3 (30). С. 46-48.

17. Пустыльник И.Е., Преображенский Ю.П. Защита сообщений между сервером и приборами интернета вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 2 (29). С. 40-45.

18. Лукьянов А.С., Печников С.С., Попов А.В. Оптимизация отношения сигнал/шум при цветных шумах // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 4-7.

19. Кострова В.Н., Цепковская Т.А. Проблемы моделирования беспроводных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 61-63.

20. Русанов П.И., Юрочкин А.Г. Проблемы сетевого моделирования // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 64-66.

21. Воронин В.В. Об испытаниях беспроводных сетей wi-fi // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 76-78.

22. Болучевская О.А., Горбенко О.Н. Свойства методов оценки



характеристик розсіяння електромагнітних хвиль // Моделювання, оптимізація та інформаційні технології. 2013. № 3 (3). С. 4.

Глава 9.

1. Барабанова Н.Р. «Теорія комунікації» в комплексі дисциплін для підготовки [Електронний ресурс] / Н.Р. Барабанова // Бібліотекознавство. Документознавство. Інформологія. – 2010. – № 1. – С. 62-68.

2. Гавінська О.І. Легітимізаційний потенціал взаємодії органів публічної влади та засобів масової комунікації на місцевому рівні [Електронний ресурс] / О.І. Гавінська // Наукові праці [Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу «Києво-Могилянська академія»]. Сер. : Державне управління. – 2012. – Т. 208, Вип. 196. – С. 91-95.

3. Годний С. Лобізм і теоретичні моделі політичної комунікації [Електронний ресурс] / С. Годний // *Studia politologica Ucraino-Polona*. – 2018. – Вип. 8. – С. 193-198.

4. Голікова Т. Інституціоналізація української територіальної громади як носія корпоративних інтересів // Економіка України. 2002. № 12. С. 43-50.

5. Голубчак К.Т. Інфографіка як основний інструмент візуальної комунікації в освітньому середовищі закладів вищої освіти [Електронний ресурс] / К.Т. Голубчак, У.З. Костюк // Молодий вчений. – 2019. – № 6(2). – С. 296-299.

6. Дзяна Г. Роль комунікації в реалізації компетенцій органів публічної влади [Електронний ресурс] / Г. Дзяна, М. Андрійов // Ефективність державного управління. – 2018. – Вип. 2. – С. 72-79.

7. Дротянко Л.Г. Комунікації в соціальних мережах і феномен мультикультуралізму [Електронний ресурс] / Л.Г. Дротянко // Вісник Національного авіаційного університету. Серія : Філософія. Культурологія. – 2019. – № 1. – С. 16-21.

8. Закон України «Про державну службу» // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2016, № 4, ст.43.

9. Запровадження комунікацій у суспільстві [Електронний ресурс] / за заг. ред. Н. К. Дніпрошенко, В. В. Різуна . – Київ : Вістка, 2009. – 56 с .

10. Ільганаєва В. Інтегральна концептуалізація як шлях до розкриття сутності соціальної комунікації [Електронний ресурс] / В. Ільганаєва // Вісник Книжкової палати. – 2019. – № 5. – С. 14-17.

11. Концепція розвитку електронного урядування в Україні від 20 вересня 2017 р. № 649-р // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/649-2017-%D1%80?lang=en>

12. Кравець Н.О. Впровадження google-сервісів в навчальний процес як ефективна умова комунікації та співпраці учасників навчального процесу [Електронний ресурс] / Н. О. Кравець, А. С. Сверстюк // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – № 2. – С. 132-134.

13. Лапутіна Ю.А. Стратегічні комунікації у секторі безпеки: сучасний стан правового регулювання та перспективи удосконалення [Електронний ресурс] / Ю.А. Лапутіна // Інформаційна безпека людини, суспільства, держави.



– 2017. – № 1. – С. 29-33.

14. Макаренко Л.П. Особливості комунікації вищих органів державної влади в Україні за парламентсько-президентської форми державного правління [Електронний ресурс] / Л.П. Макаренко // Політикус. – 2017. – Вип. 6. – С. 69-76.

15. Макаренко Л.П. Правові засади взаємодії та комунікації вищих органів державної влади [Електронний ресурс] / Л.П. Макаренко // Гілея: науковий вісник. – 2016. – Вип. 107. – С. 371-375.

16. Мулеса О.Ю. Навчання основам комунікації з сервером в РНР [Електронний ресурс] / О. Ю. Мулеса, Ф.Е. Гече, Ю.Ю. Імре // Фізико-математична освіта. – 2019. – Вип. 1. – С. 142-147.

17. Національна система опрацювання звернень до органів виконавчої влади «Урядовий контактний центр». [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ukc.gov.ua/dlya-rozdilu-pro-tsentr/about/>

Глава 10.

1. Антоненко А.В. Наукове обґрунтування і розроблення фруктових систем як основи для солодких соусів / А. Антоненко, М. Кравченко // Товари і ринки. – 2009. – №2. – С. 76–82.

2. Антоненко А.В. Оцінка якості нових соусів підвищеної харчової цінності / А. Антоненко // Товари і ринки. – 2009. – №1. – С. 58–62.

3. Антоненко А.В. Технологічні аспекти виготовлення фруктових соусів на основі гідроколоїдів та дієтичних добавок / А.В. Антоненко, М.Ф. Кравченко : наук. праці НУХТ. – 2010. – №32. – С. 89–92.

4. Антоненко А.В. Оцінка безпечності соусної продукції / А.В. Антоненко, М.Ф. Кравченко // Товари і ринки. – 2010. – №1. – С. 184–188.

5. Антоненко А.В. Композиційні суміші із зернопродуктів "ЄСО" у технологіях емульсійних харчових продуктів / А.В. Антоненко, М.Ф. Кравченко : наук. праці Одес. нац. акад. харчових технологій / М-во освіти і науки України. – Одеса : 2010. – №38. Т.2. – С. 65–68.

6. Антоненко А.В. Соус з секретом / А.В. Антоненко, М.Ф. Кравченко // Пищевые технологии и оборудование : зб. наук. пр. – 2009. – №4. – С. 36–38.

7. Антоненко А.В. Нові види молочних соусів на основі рослинних гідроколоїдів та борошна із зерно продуктів ЄСО / А.В. Антоненко, М.Ф. Кравченко // Наука та практика – 2008 : зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. – Полтава, 2008. – №4. – С. 150–153.

8. Antonenko A. New technology of souses based on the plant hydrocolloids / A. Antonenko, M. Kravchenko // Current trends in commodity science. – Poznan, 2009. – P. 39–40.

9. Антоненко А.В. Технологія нових фруктових соусів / А.В. Антоненко, М.Ф. Кравченко // Товарознавство і торговельне підприємництво : фахова професіоналізація, дослідження інновації : зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. – К., 2009. – С. 430–433.

10. Антоненко А.В. Новые виды молочных соусов на основе растительных гидроколлоидов / А.В. Антоненко, М.Ф. Кравченко // Морские прибрежные



экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки : тез. докладов Третьей Междунар. науч.-практ. конф. – Владивосток : ТИПРО-Центр, 2008. – С. 281–282.

11. Антоненко А.В. Нові види солодких соусів на основі рослинних гідроколоїдів та лактата кальція / А.В. Антоненко, М.Ф. Кравченко // Современные направления теоретических и прикладных исследований 2008 : сб. науч. трудов по материалам междунар. науч.-практ. конф. – Одесса, 2008. – С. 29–30.

12. Антоненко А.В. Новітня соусна продукція для Spa-харчування / А.В. Антоненко, М.Ф. Кравченко : матеріали міжнар. наук. фестивалю [Spa I Wellness – стратегія розвитку] (Форос, 14-15 жовт. 2009 р.). – К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2009. – С. 154–155.

13. Антоненко А.В. Соуси на основі дієтичних добавок у геронтологічному харчуванні осіб похилого віку / А.В. Антоненко, М.Ф. Кравченко, В.С. Михайлик // Проблемы старения и долголетия : V нац. конгрес геронтологів і геріатрів України : тези доп. – 2010. – С. 313–314.

14. Антоненко А.В. Технологія шоколадних соусів на основі дієтичних добавок / А.В. Антоненко, М.Ф. Кравченко : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. [Туризм і ресторанний бізнес : сучасні тенденції та перспективи розвитку] (Київ, 7-9 лют. 2007 р.) : тези доп. / відп. ред. А.А. Мазаракі. – К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2007. – С. 221–222.

15. Антоненко А. Разработка фруктовых систем как основы для сладких соусов / А. Антоненко, М. Кравченко // Пищевые технологии и оборудование. – 2010. – №3. – С. 6–8.

Глава 11.

1. Львович Я.Е., Львович И.Я., Волкова Н.В. Проблемы построения корпоративных информационных систем на основе web-сервисов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 6. С. 8-10.

2. Преображенский Ю.П. Рассеяние радиоволн на сложных объектах // В сборнике: Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2018. С. 191-194.

3. Преображенский Ю.П. Моделирование распространения радиоволн для условий дифракции // В сборнике: Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2018. С. 183-186.

4. Ерасов С.В. Оптимизационные процессы в электродинамических задачах // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 20-26.

5. Ермолова В.В., Преображенский Ю.П. Архитектура системы обмена сообщений в немаршрутизируемой сети // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 7. С. 79-81.

6. Казаков Е.Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки



уровня сигнала в сети wi-fi // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1 (12). С. 13.

7.Мишин Я.А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 153-156.

8.Комаристый Д.П., Агафонов А.М., Степанчук А.П., Коркин П.С. Использование информационных систем на предприятиях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 104-106.

9.Гостева Н.Н., Гусев А.В. Информационные системы в управлении производством // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 58-60.

10.Преображенский Ю.П. Проблемы кодирования информации в каналах связи // В сборнике: Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2018. С. 180-182.

11.Лукьянов А.С., Буравцова А.Н., Попов А.В. Повышение помехоустойчивости сигналов, передаваемых по каналам специальной связи, с использованием адаптивных систем // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 1 (32). С. 4-6.

12.Преображенский Ю.П., Мясников О.А. Анализ перспектив информационных технологий в сфере интернет вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 1 (32). С. 43-45.

13.Суворов А.П., Лесников А.С. Особенности развития современных телекоммуникационных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 1 (32). С. 46-48.

14.Русанов П.И., Юрочкин А.Г. Моделирование беспроводных сенсорных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 19-21.

15.Русанов П.И., Юрочкин А.Г. Особенности работы беспроводных сенсорных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 79-81.

16.Питолин М.В., Токарева Н.М., Казаков Е.Н. Использование сетевых технологий на предприятиях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 3 (30). С. 46-48.

17.Пустыльник И.Е., Преображенский Ю.П. Защита сообщений между сервером и приборами интернета вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 2 (29). С. 40-45.

18.Лукьянов А.С., Печников С.С., Попов А.В. Оптимизация отношения сигнал/шум при цветных шумах // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 4-7.

19.Кострова В.Н., Цепковская Т.А. Проблемы моделирования беспроводных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 61-63.

20.Русанов П.И., Юрочкин А.Г. Проблемы сетевого моделирования //



Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 64-66.

21. Воронин В.В. Об испытаниях беспроводных сетей wi-fi // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 76-78.

22. Болучевская О.А., Горбенко О.Н. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 3 (3). С. 4.

Глава 12.

1. Хачатрян, В.А. Анализ современного состояния развития способов получения полупроводникового соляного кремния. - Ереван, 2013. - 68 с.

2. Мировой рынок кремния. Режим доступа: URL: <http://xn--80aplem.xn--p1ai/analytics/Mirovoj-rynok-kremnia/>

3. Митин, В.В. Материаловедение и технология. Полупроводники // Известия высших учебных заведений Материалы электронной техники. - 2017. - Т.20. - № 2. - С. 99-106.

4. Пенджиев, А.М. Техносферная безопасность развития фотоэнергетики в Турменистане // Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. – Санкт-Петербург. – Т.24. - № 1. – 2019. – С. 13-25.

5. Мукашев, Б.Н. Исследование процессов получения кремния и разработка технологий изготовления солнечных элементов/ Б.Н. Мукашев, А.А. Бетебаев, Д.А. Калыгулов, А.А. Павлов, Д.М. Скаков // Физика и техника полупроводников. - 2015. - Т.49. - Вып. 10. - С. 1421-1428.

6. Мукашев, Б.Н. Полупроводниковая гелиоэнергетика: состояние и перспективы развития элементарной базы // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан. – 2011. - № 1. – С. 9-30.

7. Mukashev, B. Betekbaev, A. 2012. Metallurgical silicium for the photovoltaics. Chemical Bulletin of Kazakh National University. №2. – P. 27-33. DOI: https://doi.org/https://doi.org/10.15328/chemb_2012_227-33.

8. Критская, Т.В. Промышленные методы получения и особенности свойств кремния для фотовольтаики // Известие ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология. - 2014. - № 4. – С. 41-49.

9. Кремний-2018 /Под ред. Б.Б. Страумала // Тезисы докладов XII Конференции по актуальным проблемам физики, материаловедения, технологии и диагностики кремния, нанометровых структур и приборов на его основе. (Черноголовка 22-26 октября 2018 г.). – Черноголовка. - 130 с.

10. Щукин, В.Г. Электронно-пучковое рафинирование металлургического кремния /В.Г. Щукин, В.О. Константинов, Р.Г. Шарафутдинов // Прикладная физика. – 2019. - № 5. - С. 65-70.

11. Клеймёнова, Т.Н. Использование соединений кремния // Вопросы электротехнологии. - 2019. - № 1. – С. 74-83.

12. Мурашкевич, А.Н. Теория и методы выращивания монокристаллов: учеб. пособие для студентов специальности «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» / А.Н. Мурашкевич, И.М. Жарский. – Минск: БГТУ, 2010. – 214 с.



13. Weber, E. In: Proc. 24th Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells & Modules: Materials and Processes (Breckenridge, Colorado, 2014).

14. Пенджиев, А.М. Экологическая безопасность развития фотоэнергетики в Туркменистане// Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. – 2018. – Т.23. - № 1. - С. 32-40.

15. Кичигин, В.В. Получение кремния солнечного качества с использованием непрерывной индукционной плавки в холодном тигле // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2011. - № 4. – С. 53-57.

16. Мочалов, И.В. Выращивание оптических кристаллов. Часть 2. Конспект лекций. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 122 с.

Глава 13.

1. Vyatkin S. I., Romanyuk A. N., Savytska L. A., Troianovska T. I. and Dobrovolska N. V. Real-Time Deformations of Function-Based Surfaces using Perturbation Functions // Journal of Physics: Conference Series. 2018.- Vol. 1015. - № 3. - P. 032115.

2. Vyatkin S. I., Romanyuk A.N., Kostiukova N.S. Function-based representation freeform surfaces// Міжнародна науково-технічна конференція «Комп'ютерна графіка та розпізнавання зображень», Вінниця. 2018. Т. 2, Р. 73-77.

3. Vyatkin S. I., Romanyuk A. N., Pavlov S.V., Kotyra A., Mussabekova A. Offsetting and Blending with Perturbation Functions // Proceedings SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018. Vol. 10808. P. 108082Y.

4. Vyatkin S. I., Romanyuk A.N., Voit B.L. Perturbation functions and operations in geometric modeling // International scientific-technical magazine Measuring and Computing Devices in Technological Processes.- Khmelnytsky, Ukraine.- 2017. - № 3 (59). - P. 117-120

5. Vyatkin S. I., Romanyuk A.N., Voit B.L. Perturbation functions and operations in geometric modeling // International scientific-technical magazine Measuring and Computing Devices in Technological Processes.- Khmelnytsky, Ukraine.- 2017.- № 3 (59). - P. 117-120

6. Vyatkin Sergey I., Romanyuk Alexander N., Gotra Zenon Y., Romanyuk Oksana V., Wojcik Waldemar, Romaniuk Ryszard, Amirgaliyev Yedilkhan, Assembay Azat. Offsetting, relations, and blending with perturbation functions // Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 104452B .

7. Romanyuk A. N., Vyatkin S. I. Deformable interactive volume-oriented rendering by perturbation functions // Материалы VII Международной научно-технической конференции «Моделирование и компьютерная техника» . - 2017. – С. 208-214.

8. L. Yuille, D. S. Cohen, P. Hallinan. Feature extraction from faces using deformable templates. International Journal of Computer Vision, August 1992, Volume 8, Issue 2, P. 99–111.

9. L. H. Staib, J. S. Duncan. Boundary finding with parametrically deformable



models. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.14, No11, 1992, P.1061-1075.

10. Xu Chen, B. M. Williams, S. R. Vallabhaneni, G. Czanner, R. Williams, Y. Zheng. Learning Active Contour Models for Medical Image Segmentation. P. 11632-11640. 2019.

11. T. McInerney, D. Terzopoulos. Deformable models in medical image analysis: a survey. Medical Image Analysis, Vol. 1, No 2, 1996, P. 91-108.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

НАУКОВЕ ВИДАННЯ / SCIENTIFIC EDITION

МОНОГРАФИЯ

МОНОГРАФІЯ / MONOGRAPH

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИЗНИ СОВРЕМЕННОГО
ЧЕЛОВЕКА**

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ЖИТТІ СУЧАСНОЇ ЛЮДИНИ
INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE LIFE OF MODERN PERSON**

Часть 3.

Частина 3 / Part 3

Авторы:

Автори / Authors:

Антоненко А.В. (10), Арсенюк И.Р. (3), Бараненко Н.А. (9), Бровенко Т.В. (10),
Вяткин С.И. (13), Гамаюнова В.В. (4), Гошко К.А. (7), Денисюк А.В. (13), Думич В.В. (4),
Землина Ю.В. (10), Зыбайло С.Н. (12), Коваленко О.А. (4), Козлов Я.Н. (12),
Короткова И.В. (6), Корхова М.М. (4), Криворучко М.Ю. (10), Криничная И.П. (9),
Лемешко В.В. (2), Львович И.Я. (11), Львович Я.Е. (8), Майданюк В.П. (3), Павлов С.В. (13),
Преображенский А.П. (8, 11), Преображенский Ю.П. (8), Приходько К.А. (10),
Романюк А.Н. (3, 13), Романюк О.В. (13), Сахно Т.В. (6), Семенов А.А. (6), Толлок Г.А. (10),
Федорчук М.И. (4), Федотов О.В. (7), Харьковлюк-Балакина Н.В. (5)

Монография включена в:

Монографія включена в / The monograph is included in:

РИНЦ SCIENCE INDEX
INDEXCOPERNICUS

Формат 60x84/16. Усл.печ.лист. 12,03
Тираж 500 экз. Зак. №MUA20-1.
Подписано в печать: 18.06.2020

Издано:

Видано / Published:

КУПРИЕНКО СЕРГЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

А/Я 38, Одесса, 65001

e-mail: orgcom@sworld.education

www.sworld.education

Свидетельство субъекта издательского дела ДК-4298

*Видавець не несе відповідальності за достовірність інформації,
інформації та наукові результати, представлені в монографії*

*Publisher is not responsible for accuracy
information and scientific results presented in the monograph*

Цифровой типографии "Сору-Art"

г. Запорожье, пр. Соборный 109

Віддруковано з готового оригінал-макету Цифровий друкарні "Сору-Art"
Запоріжжя, пр. Соборний 109



ISBN 978-6-177414-98-7



9

786177

414987

