

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



*XVIII МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ*

**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТА  
ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТА  
ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

*ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ*

**12-16 жовтня 2020 р.**

**м. Одеса, Україна**

**Організатори конференції**  
Міністерство освіти і науки України  
Одеська державна обласна адміністрація  
Одеська національна академія харчових технологій  
Консалтингова лабораторія ТЕРМА

**МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ**

- Єгоров** – голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор  
*Богдан Вікторович*
- Бурдо** – вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор  
*Олег Григорович*
- Атаманюк** – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор  
*Володимир Михайлович*
- Васильєв** – Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н, професор  
*Леонард Леонідович*
- Гавва** – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор  
*Олександр Миколайович*
- Гумницький** – Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор  
*Ярослав Михайлович*
- Долинський** – Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАН України  
*Анатолій Андрійович*
- Зав’ялов** – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор  
*Владимир Леонідович*
- Сукманов** – Полтавський університет економіки і торгівлі, д.т.н., професор  
*Валерій Олександрович*
- Колтун** – Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.  
*Павло Семенович*
- Корнієнко** – Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор  
*Ярослав Микитович*

- Малежик**  
*Іван Федорович* – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Михайлов**  
*Валерій Михайлович* – Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н, професор
- Паламарчук**  
*Ігор Павлович* – Національний університет біоресурсів та природокористування України, д.т.н., професор
- Снежкін**  
*Юрій Федорович* – Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., академік. НАН України
- Сухий**  
*Костянтин Михайлович* – ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», д. хім. н., професор
- Тасімов**  
*Юрій Миколайович* – Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
- Товажнянський**  
*Леонід Леонідович* – Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор, член-кореспондент НАН України
- Ткаченко**  
*Станіслав Йосифович* – Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, д.т.н., професор
- Черевко**  
*Олександр Іванович* – Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н, професор
- Шит**  
*Михаїл Львович* – Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.

## ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова, ректор  
Зам. голови

Б.В. Єгоров  
Н.М. Поварова  
Б.В. Косой

Зам. голови з  
організаційних питань  
Відповідальний секретар  
Секретар

О.Г. Бурдо  
Ю.О. Левтринська  
Н.В. Ружицька

### Члени оргкомітету:

О.В. Зиков  
І.В. Безбах  
І.І. Яровий  
Ю.В. Гарібяр

І.В. Сиротюк  
Є.О. Пилипенко  
В.П. Алі  
Я.О. Масельська

О.Ф. Терземан  
С.А. Малашевич  
В.Ю. Юрлов  
О.В. Акімов

Одеська національна академія харчових технологій  
вул. Канатна, 112, г. Одеса, Україна, 65039  
Тел. 8(048) 712-41-29, 712-41-75  
Факс +724-86-88, +722-80-42, +725-47-83  
e-mail: [terma\\_onaft@ukr.net](mailto:terma_onaft@ukr.net)  
сайт: [www.terma.onaft.edu.ua](http://www.terma.onaft.edu.ua).

**Перспективы исследований.** Управление процессами тестоприготовления определяет достижение технологически обоснованного уровня степени однородности теста. Реализация их потенциальных возможностей устанавливает направления максимального расширения используемого рецептурного сырья и теста. Комплексная оценка технологий замеса, определяет экономическую целесообразность предлагаемых нововведений.

### Литература

1. Янаков В.П. Технологические и процессные аспекты тестоприготовления. / В.П. Янаков. "Техника и технология пищевых производств": XI междунар. научн.–практ. конф., (г. Могилёв, 20–21 апреля 2017 г.) Мин-во образ. республики Беларусь, Могилёвский гос. ун-т продовольствия, – Могилёв.: Могилёвский гос. ун-т продовольствия, – 2017. Тезисы докл. – С.273.
2. Янаков В.П. Тестоприготовление: проблемы и решения. / В.П. Янаков. "Химическая технология и инженерия" междунар. научн.–практ. конф., (г. Львов, 26–30 июня 2017 г.) Мин-во образ. и науки Украины, Нац. ун-т "Львовская политехника", – Львов.: Нац. ун-т "Львовская политехника". – 2017. Тезисы докл. – С.89–90.

## ВЫБОР ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГРАНУЛЯЦИИ БИОПОЛИМЕРОВ

Бунецкий В. А.<sup>1,2</sup>, эксперт в области биоэнергетики и пеллетного производства, руководитель инжиниринговой компании в области переработки биомассы, аспирант,

Коринчук Д. Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> - Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко

<sup>2</sup> - ООО VM-Engineering,

<sup>3</sup> - Институт технической теплофизики НАН Украины

**Аннотация.** В статье по результатам анализа четырех технологий производства биотоплива сформулированы основные подходы к разработке отраслевых решений для создания эффективного современного производства. Предложены и обоснованы подходы к использованию технологий для производства биотоплива второго и третьего поколения, а также обоснованы их преимущества.

**Ключевые слова:** биотопливо, биомасса, пеллеты, пеллетное производство, поверхностно остеклованные пеллеты, торрефикация биоугля, плавленный биоуголь.

**Анотація.** У статті за результатами аналізування чотирьох технологій виробництва біопалива сформульовано основні підходи до розроблення галузевих рішень щодо створення ефективного сучасного виробництва. Запропоновано та обґрунтовано підходи до використання технологій виробництва біопалива другого та третього поколінь, а також обґрунтовано їх переваги.

**Ключові слова:** біопаливо, біомаса, пелети, пелетне виробництво, поверхнево заскловані пелети, торефікація біовугілля, плавлене біовугілля.

**Abstract.** Based on four biofuel production technologies analysis results, the article formulates the main approaches to the industry solutions development for effective solid biofuels modern production of creating. Second and third generation biofuels producing technologies proposed and substantiated, and their advantages where substantiated.

**Key words:** biofuel, biomass, pellets, pellet's factory, surface vitrified pellets, biochar torrefaction, fused biochar.

Сейчас в мире большое внимание уделяют развитию отрасли биоэнергетики, использующей твердое биотопливо. Поэтому разработка инновационных технологий грануляции биополимеров для производства биотоплива второго и третьего поколений является одной из основных задач современной теплоэнергетики. Эта технология должна объединить разработки в области химии биополимеров, промышленной теплофизики и других наук для получения синергетического эффекта повышения энергоэффективности процесса переработки растительного сырья в биотопливо. Для Украины, которая обладает большими постоянно воспроизводимыми запасами биомассы различного происхождения, эффективное производство высококачественного биотоплива может стать основой для формирования одной из самых прибыльных и наукоемких отраслей энергетики.

Статья посвящена научно-техническому обоснованию выбора эффективной технологии для создания пеллетных производств различной мощности, использующих в качестве сырья биомассу растительного происхождения.

На данный момент, задача создания инновационного энергоэффективного и быстрокупаемого с обоснованием используемых наукоемких технологий и оптимальным выбором оборудования является актуальной во всем мире. Отдельные подходы к решению этой задачи отражены в [1, 3, 4]. Целью статьи является более полное научно-техническое обоснование использования технологии увлажненного прессования для производства биотоплив второго и третьего поколения, стоимость и качество которых возрастают в таком порядке:

- биотопливо первого поколения - не сертифицированные стандартам EN Plus пеллеты и брикеты;
- биотопливо второго поколения – поверхностно остклованные пеллеты (ПОП);

- биотопливо второго поколения – плавленый биоуголь (ПБУ);
- биотопливо третьего поколения – торрефицированное биотопливо;
- активированный древесный уголь.

Выбор оптимальной технологии переработки органических биополимеров необходимо осуществлять на основе технико-экономического анализа затрат на:

- оценку сырьевой базы для производства;
- разработку технологии переработки биополимеров;
- проектирование и строительство пеллетного производства;
- разработку и внедрение автоматизированной системы управления производством;
- ввод в эксплуатацию производства.

Расчет затрат на производство пеллет (брикетов) рекомендуется выполнять в соответствии с "Методическими рекомендациями VDI (Ассоциации немецких инженеров) 2067" [2], а также [6, 7]. В соответствии с этими методическими указаниями все виды стоимости затрат на производство необходимо делить на четыре основные группы:

1. капитальные затраты (затраты на приобретение задания, оборудования, амортизационные отчисления, затраты на выплату процентов);
2. затраты, связанные с потреблением (топливо, материалы);
3. эксплуатационные затраты (на содержание персонала, на техническое обслуживание);
4. другие затраты (административные расходы, страхование, отчисления за использование интеллектуальной собственности).

Затем подсчитывают полную стоимость производства тонны пеллет, затраты за год и стоимость каждого этапа производства [5, 6, 7]. В настоящее время при переработке биомассы в твердое биотопливо используют различные технологические подходы к организации производства. Основными являются технологии: комбикормовая, поверхностного остеклования, плавленого биоугля, торрефицирования продукции. Каждая технология имеет свои преимущества и недостатки. Они подробно отображены в Табл. 1 для древесной белой щепы влажностью – 50% и производительности пеллетизирующего оборудования 1 т/ч. При планировании производства и составлении бизнес-плана необходимо заранее определить какой именно технологический подход будет использован.

Таблиця 1. Сравнение технологий для проектирования и создания пеллетного производства

Параметр	Комбикормовая технология		Технология БМ-Инжиниринг (МБ-3)			Технология торрефикации		Технология производства древесного угля
	Белые пеллеты (сушка 120 °С)	ПОП	ПОП (90°С)	ПБУ 1 (120°С)	Плавильный биоуголь 2 (140 °С)	Торрефицированные пеллеты 1 (сушка 220 °С)	Торрефицированные пеллеты 2 (сушка 300 °С)	
Теплотворная способность, МДж/кг	17	18	9	21	22	21	22	26
Потери массы, %	0	0	0	5	10	15	30	67
Потребление электроэнергии, кВт·ч/т	301	331	178	200	230	309	309	
Потребление топлива, МДж/т	3600	2880	0	0	0	5760	5760	
Себестоимость производства (1 т/ч)	70	75	50	70	90	140	180	300
Цена оптовая, €/т	100	120	120	140	160	140	160	500
Себестоимость логистики	100	80	75	65	65	70	70	200
Цена розничная, €/т	250	260	270	290	310	290	310	800
Прибыль, €/т	30	45	70	70	70	0	-20	200
Прибыль розничная, €/т	80	105	145	155	155	80	60	300
Особенности технологии	На базе Радвилишского комплекса травяной муки, ОГМ-1,5	На базе Радвилишского комплекса травяной муки, ОГМ-1,5 и сушильного комплекса СК-3. Учет реологических свойств биосырья.	На базе технологического комплекса МБ-3. Сдвиговая деформация.			На базе Радвилишского комплекса травяной муки, ОГМ-1,5 и вертикального торрефикатора. Высокотемпературная обжарка		Углевывжигательная печь. СИНЕРГИЯ
Фактическая производительность, кг/ч	600	900	1000	1000	1000	600	600	87 (50 т угля в месяц)

Технологічні етапи	Измельчение, сушка, ударное воздействие	Измельчение, вторичное измельчение, сушка, нагрев, ударное воздействие	Мойка, отжим, экструзия, плавление			Измельчение, высокотемпературная сушка, ударное воздействие		Термическая обработка без доступа кислорода.
Возможность регулировки технологических режимов	Низкая	Низкая	Высокая			Низкая		
Регулировка качества продукции	Нет	Низкая	Высокая			Нет		
КПД технологического процесса	30 %	45 %	60 %			30 %		
Механизм удержания частиц	Диффузионное сжатие, агломерация	Диффузионное сжатие, агломерация, плавление	Плавление			Диффузионное сжатие, агломерация		
Удаление летучих веществ, потеря массы	Нет	Нет	Регулируемый параметр			до 30 %		
Удаление влаги	Воздушная сушка	Воздушная сушка	Отжим			Высокотемпературная воздушная сушка		
Прирост энергии	Нет	Есть	Есть			Есть		
Срок хранения пеллет	3 мес.	24 мес.	48 мес.			48 мес.		
Способность к измельчению	Низкая	Низкая	Регулируемая			Высокая		
Рекуперация энергии	Нет	Возможна	Есть			Нет		
Привязка к фундаменту	Есть	Есть	Нет			Есть		Есть
Требуемые площади производственных помещений, м.кв.	500	500	250			600		250
Требуемые капитальные затраты в оборудование (1 т/ч), тыс. евро	800	560	800	800	800	1200	1200	2100

Количество персонала предприятия (3 сменная работа)	60	60	40	40	40	60	60	50
Производительность т/год (1 смена)	2000	2000	-	-	-	2000	2000	-
Производительность т/год (2 смены)	3500	3800	-	-	-	3500	3500	-
Производительность т/год (3 смены)	5000	5900	8000	8000	8000	6000	6000	600
Прибыль оптовая, тыс. евро/год (1 смена)	60	90	-	-	-	Нет прибыли	Убыток	-
Прибыль оптовая, тыс. €/год (2 смены)	105	171	-	-	-	Нет прибыли	Убыток	-
Прибыль оптовая, тыс. €/год (3 смены)	150	265,5	560	560	560	Нет прибыли	Убыток	120
Прибыль розничная, тыс. €/год (3 смены)	400	619,5	1160	1240	1240	480	360	180

Проведем краткий анализ используемых технологий на основании данных, собранных в Табл. 1. **Применение комбикормовых технологий охватывает такие этапы производственного цикла:**

- **дробление до крупных фракций** не более 25x25x2 мм;
- **подача сырья в систему сушки;**
- **сушка;**
- **мелкое дробление до фракции с размером частиц менее 4 мм;**
- **водоподготовка и увлажнение;**
- **прессование (пеллетирование);**
- **охлаждение до 70-90 °С;**
- **просеивание и упаковка** готовой продукции.

**Применение технологии получения «остеклованого» биотоплива.** В основе этого подхода лежит повышение температуры подготовленного сырья, которое подают в прессующий механизм. Это повышает качество готовой продукции и увеличивает на 30-50% производительность участка прессования. Технология модернизирует устаревшие комбикормовые технологии, а при прохождении биотопливом фазы частичного плавления, теплотворная способность возрастает на 10-15% за счет термохимической реакции плавления.

Применение технологии торрефицированного биотоплива включает этапы измельчения, сушки, торрефикации, грануляции и охлаждения. Торрефицированный биоуголь водостоек, его можно хранить в открытом складе так же, как обычный уголь, что значительно уменьшает затраты на всех стадиях логистики. Однако обычная технология торрефикации приводит к потерям сырья. На рис. 2 представлены для сравнения энергобалансы процессов при переработке биомассы с использованием различных технологий.

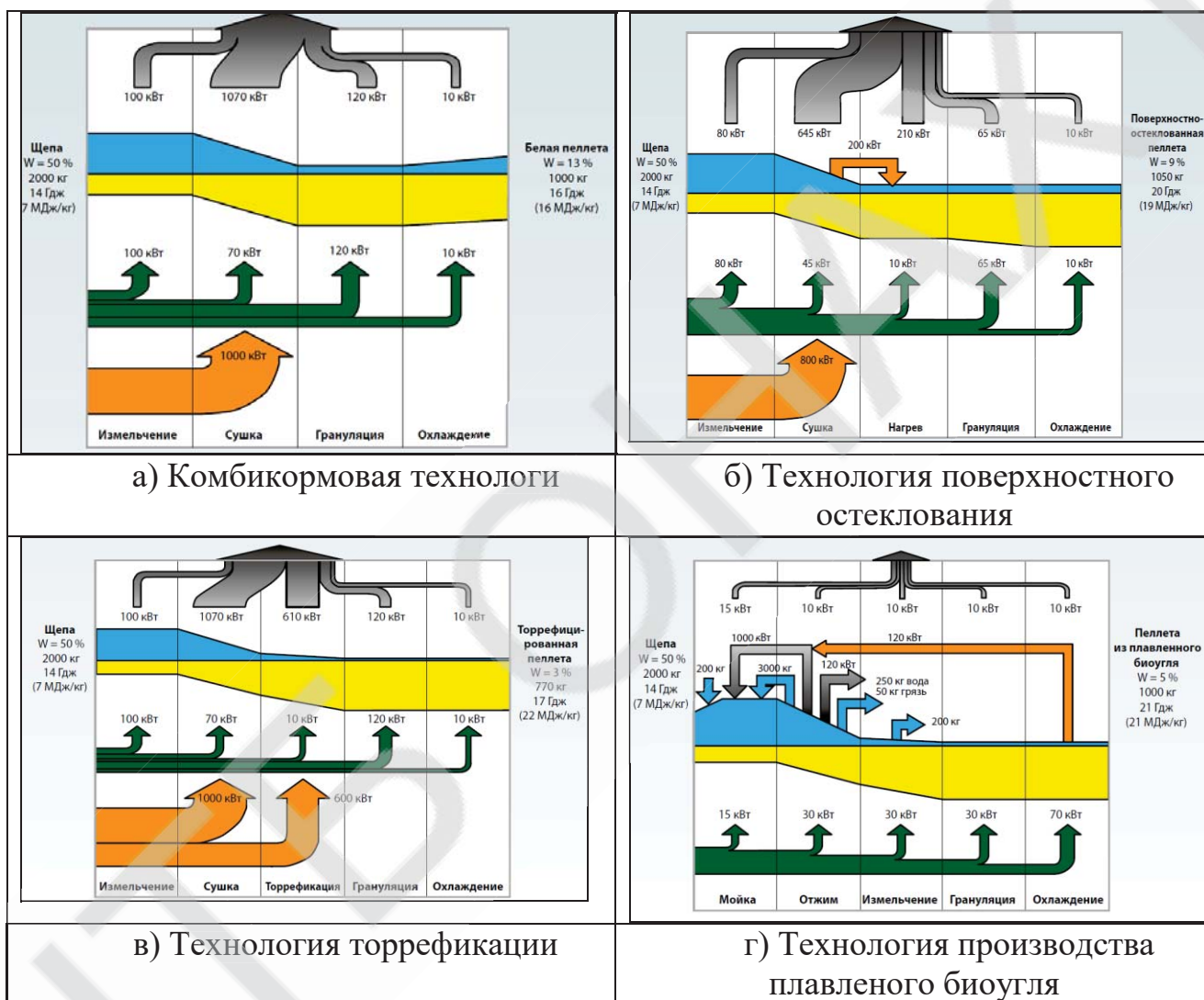


Рис. 2. Энергобалансы процессов при переработке биомассы с использованием различных технологий

### Выводы

При выборе технологии для построения прибыльного энергоэффективного пеллетного производства необходимо принимать во внимание:

1. наличие сырьевой базы, ее характеристики и логистику поставок сырья;

2. необходимость выбора технологии производства биотоплива с учетом прав интеллектуальной собственности на использование впервые разработанных инновационных технологий производства пеллет второго и третьего поколения;

3. использование наукоемких технологий позволяет спроектировать и создать быстро окупаемые производства, а применение устаревших технологий, не предназначенных целевым образом именно для производства биотоплива, не даст возможности построить эффективное производство.

### Литература

1. Корінчук Д.М. Бунецький В.О. Тверде біопаливо. Необхідність галузевих рішень // Всеукраїнський науково-виробничий журнал "БІОЕНЕРГЕТИКА/ВІОENERGY". -2018. - Киев, №2 (12). - С.44-48.

2. VDI Guideline - VDI 2067/1-Economic efficiency of building installations; Fundamentals and economic calculation

3. Войтов В.А., Дригуля С.В., Бунецький В.А. Основные уравнения моделирования измельчения биомассы в дезинтеграторе // Вестник ХНТУСХ, Харьков - 2012. – Вып. 123. – С. 240-246.

4. Войтов В.А., Бунецький В.А., Кравцова Н.В. Перспективные технологии получения твердого топлива из биомассы методом микроизмельчения и влажного прессования // Доклады на Международной научно-практической конференции «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК» при 22-й Международной специализированной выставке «Белагро – 2012», Минск, 8 июня 2012. – Минск - БГАТУ, 2013. – С. 192 – 201.

5. Бунецький В.А. Истирание и плавление биополимеров вместо сушки и давления // Журнал «Оборудование и инструмент для профессионалов. Серия Деревообработка» № 2013-2, С. 33-37

6. Войтов В.А. Бондаренко М.В. Бунецький В.А. Физико-химическая модель биомассы как объекта гранулирования // Вестник ХНТУСХ – Харьков - Выпуск 147, 2014. С. 158-167

Войтов В.А. Бондаренко М.В. Бунецький В.А. Переработка биомассы в твердое биотопливо второго поколения // Вестник ХНТУСХ - Харьков, Выпуск 155 - 2014. С. 20-31

ТОРФУ .....	
Демченко В.Г., Коник А.В. ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ЗБЕРІГАННЯ ТЕПЛОТИ .....	29

### Секція 3

#### ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ. РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТА ЕКОЛОГІЧНО- БЕЗПЕЧНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ

Бундюк А.М., Лихащенко К.О. УПРАВЛІННЯ МІЖНАРОДНОЮ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЮ ПІДПРИЄМСТВА .....	31
Яровий І.І., Алі В.П. ВИКОРИСТАННЯ ДЖЕРЕЛ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ДЛЯ КОМБІНОВАНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ .....	35
Перетяка С.М.ЗАГРОЗИ ПРИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ .....	37
Ватренко О.В., Левтринська Ю.О. ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СУПУТНІХ ТОВАРІВ ТА ПАКУВАННЯ .....	39
Воинова С.А., Воинов А.П. О КОМПЛЕКСНОМ УПРАВЛЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	43

### Секція 4

#### ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ, ФАРМАЦЕВТИЧНИХ, ХІМІЧНИХ ТА ПАРФУМЕРНИХ ВИРОБНИЦТВ

Цельнь Б.Я., Гоженко Л.П., Радченко Н.Л., Іваницький Г.К. ЗАСТОСУВАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ПУЛЬСАТОРІВ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВНУТРІШНЬОГО МАСОПЕРЕНОСУ В ПРОЦЕСАХ ЕКСТРАГУВАННЯ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ .....	50
Беляновська О.А., Литовченко Р.Д., Сухий К.М., Сухий М.П., Губин- ський М. В., Суха І.В. ЕКСПЛУАТАЦІЯ РЕГЕНЕРАТОРА ТЕПЛОТИ ТА ВОЛОГИ НА ОСНОВІ КОМПОЗИТНИХ АДСОРБЕНТІВ «СИЛКАГЕЛЬ – НАТРІЙ СУЛЬФАТ» .....	57
Авдєєва Л.Ю., Жукотський Е.К., Декуша Г.В. ТЕХНОЛОГІЯ БІОЛОГІЧНОЇ ДОБАВКИ З ГРИБА ШИЇТАКЕ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ АКТИВОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ПОЛІСАХАРИДІВ .....	58
Янаков В. П. АНАЛІЗ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕОРИИ ТЕСТОПРИГОТОВЛЕНИЯ .....	60
Бунецкий В. А., Коринчук Д. Н. ВЫБОР ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГРАНУЛЯЦИИ БИОПОЛИМЕРОВ	62