

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІННОВАЦІЙНІ
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**



**ОДЕСА
2017**

Публікуються доповіді, представлені на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні енерготехнології» (4 – 8 вересня 2017 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

доктор техн. наук, професор

О.Г. Бурдо

Ю.О. Левтринська

Е.Ю. Ананійчук

О.В. Катасонов

Одеська національна академія харчових технологій, 2017 р.

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

Єгоров
Богдан Вікторович
Бурдо
Олег Григорович
Атаманюк
Володимир Михайлович
Васильєв
Леонард Леонідович
Гавва
Олександр Миколайович
Гумницький
Ярослав Михайлович
Долинський
Анатолій Андрійович
Зав'ялов
Владимир Леонідович
Керш
Владимир Яковлевич
Колтун
Павло Семенович
Корнієнко
Ярослав Микитович
Малежик
Іван Федорович
Михайлов
Валерій Михайлович
Паламарчук
Ігор Павлович
Снежкін
Юрій Федорович
Сорока
Петро Гнатович
Тасімов
Юрій Миколайович
Товажнянський
Леонід Леонідович
Ткаченко
Станіслав Йосифович
Ульєв
Леонід Михайлович
Черевко
Олександр Іванович
Шит
Михайл Львович

- голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
- вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
- Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
- Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н., професор
- Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
- Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАНУ
- Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Одеська державна академія будівництва та архітектури, д.т.н., професор
- Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
- Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н., професор
- Вінницький національний аграрний університет, д.т.н., професор
- Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., член-кор. НАНУ
- Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
- Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
- Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
- Національний технічний університет Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н., професор
- Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.

Предложенные конструкции аппаратов с ВТС способны обеспечить эффективный теплоперенос при обработке вязких и дисперсных пищевых продуктов при уменьшении энергетических потерь до 30 %.

Литература

1. Bezbah I. V. Rotating heat pipes in devices for heat treatment of the food-stuffs / Bezbah I. V., Burdo O. G. // Applied Thermal Engineering 28/2008, p. 341-343.
2. Бурдо О. Г., Смирнов Г. Ф., Терзиев С. Г., Зыков А. В. Инновационные теплотехнологии АПК на основе тепловых труб - Одесса: ТОВ «ІНВАП», 2014 – 376 с.
3. Siddiqui M W, Chakraborty I, Ayala-Zavala JF, Dhua RS. Advances in minimal processing of fruits and vegetables: a review. J Sci Ind Res India. 2011;70:823–34.
4. Watson RR, Preedy VR, Zibadi S. Polyphenols in human health and disease. San Diego, CA, USA: Academic Press, Elsevier; 2014.
5. Jakobek L, Šeru ga M, Novak I, Medvidović-Kosanović M. Flavonols, phenolic acids and antioxidant activity of some red fruits. Deut Lebensm-Rundsch. 2007;103:369–78.
6. Бурдо О. Г. Эволюция сушильных установок – Одесса: Полиграф, 2010 – 368 с.
7. Бурдо О. Г. Энергетический мониторинг пищевых производств – Одесса: Полиграф, 2008 – 244 с.

References

1. Burdo, O. G., Bezbah, I. V. (2008) Rotating heat pipes in devices for heat treatment of the food-stuffs. Applied Thermal Engineering 28, 341-343.
2. Burdo, O.G., Smirnov, G.F., Terziev, S.G., Zyikov, A.V. (2014) Innovatsionnyie teplotehnologii APK na osnove teplovyyih trub. Odessa: «INVATs», 376.
3. Siddiqui, M. W., Chakraborty, I, Ayala-Zavala, JF., Dhua, RS (2011) Advances in minimal processing of fruits and vegetables: a review. India.; 70:823–34.
4. Watson, RR, Preedy, VR, Zibadi, S. (2013) Polyphenols in human health and disease. Elsevier, 1488
5. Jakobek, L, Šeru ga, M, Novak, I, Medvidović-Kosanović, M. (2007) Flavonols, phenolic acids and antioxidant activity of some red fruits. Deut Lebensm-Rundsch, 103:369–78.
6. Burdo O.G. (2010) Evolyutsiya sushilnyih ustanovok. Odessa: Poligraf, 368.
7. Burdo O.G. (2008) Energeticheskiy monitoring pischevyih proizvodstv. Odessa: Poligraf, 244.

УДК 66.061.3

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ЭКСТРАКЦИИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ- АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ

Недбайло А.Є., к.т.н.,

Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев

A REVIEW OF EXTRACTION METHODS FOR RETRIEVAL BIOLOGICAL-ACTIVE COMPOUNDS FROM NATURAL RAW MATERIALS

Institute of Thermalphysics of NAS of Ukraine, Kyiv

Аннотация. В современной пищевой, фармацевтической, косметической и химической промышленности растет спрос на использование биологически активных компонентов природного сырья. Для современных производств актуальными являются проблемы выбора или оптимизации технологической базы производства экстрактов. В частности, насущными становятся вопросы улучшения качества экстрактов, интенсификации процессов, уменьшения времени и трудозатрат при производстве, его автоматизации. Данный обзор касается описания и сравнения наиболее используемых методов получения экстрактов, их принципов, достоинств и недостатков, и необходим для оценки целесообразности применения методов с практической и экономической точек зрения. В обзоре много внимания уделено новым зарубежным и отечественным разработкам. На ряду с классическими методами экстракции представлены такие современные методы, как экстракция в условиях

микроволнового поля, сверхкритическая жидкостная экстракция, ускоренная экстракция растворителями (жидкостная экстракция под давлением), сверхкритическая жидкостная экстракция, ультразвуковая экстракция, экстракция под воздействием гидродинамической кавитации.

Abstract. In the modern food, pharmaceutical, cosmetic and chemical industries, there is a growing demand for the use of biologically active compounds of natural raw materials. For modern industry, the choice or optimization of the technological base for the production of extracts is topical. In particular, the issues of improving the quality of extracts, the intensification of the process, the reduction of time and labor inputs in production, and its automation become urgent. In particular, the issues of improving the quality of extracts, the intensification of the process, the reduction of time and labor inputs in production, and its automation become urgent. This review deals with the description and comparison of the most used methods for extracting, their principles, advantages and disadvantages, and is necessary for assessing the feasibility of applying methods from a practical and economic point of view. The review pays much attention to new foreign and domestic developments. In addition to classical extraction methods, more modern ones are presented, such as microwave extraction, supercritical fluid extraction, accelerated solvent extraction (liquid extraction under pressure), supercritical fluid extraction, ultrasonic extraction, hydrodynamic cavitation extraction.

Ключевые слова: экстракция, биологически- активные вещества, массообмен.

Экстракция – это процесс извлечения целевого компонента из раствора или сухой субстанции с помощью растворителя. На полноту и скорость экстракции влияют такие факторы, как: размер частиц сырья, температура и продолжительность процесса, соотношение между количеством сырья и экстрагента и ряд других факторов. Выбор метода экстракции определяется типом экстрагента, гидромодулем, физико-химическими свойствами биологически-активного вещества (БАВ), однако, решающий фактор – природа БАВ и состав извлекаемых веществ.

Наиболее распространенными классическими методами экстракции являются мацерация, перколяция, экстракция Сокслета. Мацерация основана на замачивании экстрагентом сырья (цельного или измельченного) и выдерживании не менее 3-х суток при периодическом перемешивании, что приводит к размягчению, деструкции клеточной стенки и последующему высвобождению растворимых веществ. Процесс может проходить при дополнительном нагреве, а выбор экстрагента осуществляется согласно типу целевого вещества. Несмотря на простоту и дешевизну метода, он обладает рядом недостатков. При мацерации действующие вещества извлекаются не полностью (менее 90%); процесс продолжителен по времени, т.к. скорость диффузионного процесса невелика; в экстракте завышено содержание балластных веществ; трудоемкость процесса (двойное прессование, промывка шрота); значительные потери при диффузии и испарении экстрагента. Развитием мацерации стали бисмацерация и ремасцерация, предполагающие периодическое обновление экстрагента, в результате чего наблюдается более полное извлечение целевого компонента [1].

Широко используется для экстракции растительного сырья метод перколяции – непрерывной фильтрации или процеживания экстрагента сквозь слой сырья. При перколяции используется специальное оборудование, называемое перколятором [2]. Сухие порошкообразные образцы упаковывают в кассету перколятора, заливают водой и мацерируют в течение нескольких часов. Процесс перколяции обычно проводят с умеренной скоростью до тех пор, пока экстракция не завершится, вплоть до испарения, для получения концентрированных экстрактов. Разработчики современного оборудования для перколяции стараются интенсифицировать массообмен в перколяторе созданием определенных термогидродинамических режимов. В работе [3] описано оборудование для экстракции методом перколяции с возможностью реализации пульсаций в перколяторе, что способствует равномерному прохождению экстрагента через слой сырья, а в работе [4] организовано знакопеременное движение экстрагента через кассету с сырьем. При этом течение жидкости остается ламинарным, так что разрушение растительного сырья не допускается, а получаемый экстракт не требует дополнительной сепарации. К достоинствам данного метода экстракции можно отнести уменьшение временных затрат на экстракцию по сравнению с мацерацией, практически полное извлечение целевого компонента. Однако, при этом экстракт получается разбавленным и требует дополнительных затрат на концентрирование.

Экстракция Сокслета является одним из широко используемых методов экстракции и проходит в одноименном аппарате. Для извлечения индивидуального вещества из сухих продуктов в лабораториях широко применяется непрерывная экстракция по Сокслету. Несмотря на эффективность и популярность данного метода, он имеет ряд ограничений и не может применяться для экстракции термолabile компонентов, т.к. экстракция обычно происходит при температуре кипения растворителя в течение

длительного времени. Данная проблема может решаться использованием летучих органических растворителей с низкой температурой кипения (эфир, хлороформ, метилен хлористый или их смеси). Однако нельзя игнорировать способность некоторых БАВ (например, флавоноидов) расщепляться при воздействии органических веществ [1, 5].

В промышленности используются ряд новых и более эффективных методов экстракции по сравнению с выше описанными классическими методами. К ним относятся экстракция в условиях микроволнового поля, сверхкритическая жидкостная экстракция, ускоренная экстракция растворителями (жидкостная экстракция под давлением), сверхкритическая жидкостная экстракция, ультразвуковая экстракция.

При экстракции в микроволновом поле используется энергия электрического поля, приводящая к дипольному вращению молекул, их столкновению и высвобождению тепловой энергии. Дипольное вращение молекул, индуцированное микроволновым электромагнитным полем, связано с разрывом водородных связей, что усиливает миграцию растворенных ионов и способствует прониканию растворителя в сырье. Использование данного метода экстракции позволяет сократить время процесса и увеличить концентрацию экстракта по сравнению с классическими методами экстракции, однако нужно учитывать, что экстракция в микроволновом поле может привести к термической деструкции отдельных БАВ, таких как танины и антоцианы [6].

Ускоренная экстракция растворителем протекает при высоких температурах (50...200°C), а жидкое состояние растворителя обеспечивается высокими давлениями (10...15 МПа). Данные теплофизические параметры обеспечивают высокую кинетику процесса: ускоряют проникание растворителя в клетку и увеличивают диффузию растворителя. Данный метод обеспечивает относительно быстрое извлечение компонентов при небольшом количестве растворителя. Однако, для термолабильных компонентов данный метод экстракции не приемлем [1].

Субкритическая водная экстракция обеспечивает высокую эффективность извлечения целевых компонентов за счет изменения физико-химических свойств воды при высоких температурах и давлениях. Реализация процесса проходит при температурах 100...374°C. Значения давления выбираются достаточными, чтобы обеспечить жидкое состояние воды. По мере повышения температуры процесса наблюдается снижение диэлектрической проницаемости, увеличение скорости диффузии, уменьшение вязкости и поверхностного натяжения. Полярные целевые компоненты извлекаются при низких температурных режимах, тогда как извлечение неполярных компонентов обеспечивается более высокими температурами. По сравнению с конвекционными методами экстракции, экстракция субкритической водой экономически выгодна, экологична, а процесс проходит быстрее [7].

Сверхкритическая экстракция. Одним из перспективных направлений энергосберегающих и минимизирующих отходы технологий является использование газов в сверхкритическом состоянии в качестве экстрагентов БАВ из растительного сырья. При данном методе экстракции температура и давление экстрагента превышает критические значения. Принцип технологии экстрагирования сверхкритическими газами состоит в следующем: газ в сверхкритическом состоянии чрезвычайно легко промывает слой растительного сырья, выделяя из него соответствующие экстрактивные вещества. После прохождения сверхкритического газа вместе с экстрагированными веществами дроссельного вентиля происходит снижение давления, что приводит к потере растворяющей способности газа и интенсивному испарению газа из экстракта. Очищенный газ снова сжимается при помощи компрессоров и используется для дальнейшей экстракции. При данном способе экстракции достигается высокие показатели массообмена, снижаются энергозатраты на экстракцию по сравнению с классическими методами, использование CO₂ обеспечивает высокую селективность процесса и экологичность. Безусловно, данный метод экстракции является одним из самых перспективных, однако обладает рядом недостатков: высокие капитальные затраты на оборудование, сложность организации непрерывной обработки, сложности при извлечении более полярных растворителей [8, 9].

Перспективным является использование процесса гидродинамической кавитации для процессов экстракции. [10]. Реализация данного процесса проходит в специальных устройствах – гидродинамических кавитаторах, конструкции которых существенно отличаются друг от друга, и общим для них является резкое изменение давления, обеспечивающие условия для создания кавитации. Наиболее часто используемые аппараты для экстракции – роторно-пульсационные аппараты, труба Вентури. Новой разработкой стал пульсационный аппарат ударного типа, в котором гидродинамическая кавитация реализуется за счет мгновенного перекрытия отверстия рабочей камеры, и ведет к возникновению кавитационных эффектов в потоке жидкости [11]. Данный способ экстракции показал

свою эффективность, как при экстрагировании растительного сырья (шиповника, валерианы), так и при извлечении гуминовой кислоты из торфа. Интенсификация массообменного процесса возможна за счет следующих механизмов. Происходит механическое разрушение сырья, в том числе и на клеточном уровне, что способствует увеличению массообменной поверхности и более полному извлечению целевого компонента. Также нужно учитывать, что при схлопывании кавитационных пузырьков, в нем и прилегающей области достигаются закритические значения температур и давлений в течении нескольких наносекунд. При таких значениях вода существенно увеличивает растворяющую способность. Временной масштаб процесса обеспечивает извлечение целевого компонента, без их термической деструкции, поэтому подходит для экстрагирования термочувствительных фармацевтических компонентов.

Ультразвуковая экстракция является также эффективным методом извлечения ценных соединений из растительных материалов [12]. Он подходит для лабораторий и малых производств. Экстракция проходит под воздействием кавитации, за счет создания звуковых волн в жидкости, что обеспечивает лучшее проникание экстрагента в клетки растительного сырья и улучшает высвобождение химических соединений. Растительное сырье, в котором целевые компоненты локализованы на поверхности могут подвергаться ультразвуковой обработке при низких частотах. Для извлечения целевого компонента из внутренних слоев сырья используется ультразвук большей интенсивности, что ведет к разрушению частиц и увеличению поверхности массообмена, и обеспечивает достижение быстрой и полной экстракции.

Выводы. Описанные в этом обзоре методы экстракции имеют свои преимущества и ограничения. Использование современных технологий открывает новые возможности для производства и требует решения задачи усовершенствования технологической базы ведения процесса экстракции, проведения дальнейших исследований для более глубокого понимания механизмов процесса извлечения целевых компонентов, в том числе и нанопроцессов, а также усовершенствования аппаратного оформления процессов.

Литература

1. Khaled A. Shams, Nahla S. Abdel-Azim, Ibrahim A. Saleh, Mohamed-Elamir F. Hegazy, Mostafa M. El-Missiry and Faiza M. Hammouda. Green technology: Economically and environmentally innovative methods for extraction of medicinal & aromatic plants (MAP) in Egypt. *J. Chem. Pharm. Res.*, 2015, 7(5). p.1050-1074.
2. Букеева, А.Б. Обзор современных методов выделения биоактивных веществ из растений / А.Б. Букеева, С.Ж. Кудайбергенова // *Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева*, 2013, №2, с.192-197.
3. Васильев Д.С. Интенсификация процесса экстракции биологически-активных веществ из растительного сырья и создание термодифузионного оборудования. *Промышленная теплотехника*, 2004, т. 26, №6, с. 15 – 19.
4. Л.Н. Грабов, Д.В. Посулько. Интенсификация тепломассообменных процессов получения галеновых препаратов. *Наукові праці ОНАХТ* випуск 45, Т.3 с. 66-69.
5. Леонова, М.В. Экстракционные методы изготовления лекарственных средств из растительного сырья : учебно-методическое пособие./ М.В. Леонова, Ю.Н. Климочкин - Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2012. - 118 с.
6. Farid Chemat, Giancarlo Cravotto. Microwaveassisted Extraction For Bioactive Compound. Theory and Practice. Springer Science+Business Media New York 2013. – 238 p.
7. Платонов И.А., Никитченко Н.В., Онучак Л.А., Арутюнов Ю.И., Куркин В.А., Смирнов П.В. Экстракция субкритической водой биологически-активных соединений из плодов расторопши пятнистой. *Сверхкритические флюиды: Теория и практика*. Т. 5., №2, – 2010. с. 67 – 75.
8. В. Могилук, А. Добровольный. Сверхкритическая флюидная экстракция растительного сырья: перспективная технологическая платформа для фармацевтической промышленности. *Фармацевтическая отрасль*, февраль № 1 (48) 2015, с. 62 – 68.
9. Azwanida N.N. A Review on the Extraction Methods Use in Medicinal Plants, Principle, Strength and Limitation. *Medicinal & Aromatic Plants*. Vol. 4 • Issue 3. 2015.
10. Витенько Т. Н. Экстрагирование из капиллярно-пористых тел с использованием предварительной кавитационной обработки экстрагента/Т. М. Витенько // *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. - 2008. - №5.- с. 77-79.
11. Інтенсифікація тепломасообмінних та гідродинамічних процесів при екстрагуванні рослинної сировини із застосуванням методу дискретно-імпульсного введення енергії. Автореферат на здобуття ступеня кандидата технічних наук. Київ 2016. –25С.
12. M. G. Cares, Y. Vargas, L. Gaete, J. Sainz, J. Alarcón. Ultrasonically assisted Extraction of bioactive principles from Quillaja Saponaria Molina. *Physics Procedia* 3 (2010). P. 169–178.

Безбах И. В., Кепин Н. И.	
ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ЭКСТРАКЦИИ, ИСПОЛЗУЮЩИХСЯ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ	
Недбайло А. Є.	285
КИНЕТИКА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ВОДЫ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ	
Тришин Ф. А., Терзиев С. Г., Орловская Ю. В.	289

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ

ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ ПОДІБНОСТІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ КОНВЕКТИВНО – ТЕРМОРАДІАЦІЙНОГО СУШІННЯ	
Малежик І. Ф., Бурлака Т. В., Дубковецький І. В., Деканський В. Є.	296
ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ КОМІРЧАСТОЇ МОДЕЛІ ІЗ ЗВОРОТНИМИ ПОТОКАМИ В ВІБРОЕКСТРАКТОРАХ	
Мистюра Т. Г., Зав'ялов В. Л., Лобок О. П., Попова Н. В., Запорожець Ю. В.	302
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ІННОВАЦІЙНИХ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ УТИЛІЗАЦІЇ ПОЛІМЕРІВ	
Бухкало С. І.	309
ДОСВІД РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНО - ІНТЕГРОВАНОГО СТЕНДУ ДЛЯ СУПРОВОДУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ ЗНЕВОДНЕННЯ В СЕРЕДОВИЩІ МІКРОХВИЛЬОВОГО-ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ	
Яровий І. І.	313
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЕ ПУЗЫРЬКОВОГО КЛАСТЕРА В ПРОЦЕССАХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ	
Иваницкий Г. К.	319
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОВЫШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭКСТРАКТА СТЕВИИ В МИКРОВОЛНОВОМ ВАУУМ-ВЫПАРНОМ АППАРАТЕ	
Бурдо О. Г., Ружицкая Н. В., Резниченко Т. А., Резниченко Д. Н.	322
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ РОЗПЛАВУ КОМПОЗИЦІЇ ПОЛІЕТИЛЕН – КАУЧУК	
Гоцький Я. Г., Двойнос Я. Г.	327
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НАПРАВЛЕННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ	
Бурдо О. Г., Давар Ростами Пур	335
ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ ТА ПІКОВИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛОТИ	
Остапенко О. П.	331
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ТОРФА И БИОМАССЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВ	
Снежкин Ю. Ф., Коринчук Д. Н.	337
ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССА ВЫМОРАЖИВАНИЯ БЛОКА ЛЬДА	
Тришин Ф. А., Трач А. Р.	343
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НАПРАВЛЕННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ	
Бурдо О. Г., Давар Ростами Пур, Масельская Я. А.	347
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МИКРОВОЛНОВОЙ ЛЕНТОЧНОЙ СУШИЛКИ	
Бурдо О. Г., Маренченко Е. И., Пилипенко Е. А., Балагура В. В.	355
АНАЛІЗ ОПОРІВ ПЕРЕНЕСЕННЯ РЕЧОВИНИ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ ПРИ НАНОФІЛЬРАЦІЇ ТА ЗВОРОТНОМУ ОСМОСІ	
Гулієнко С. В.	364
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ В МІКРОХВИЛЬОВОМУ ПОЛІ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОТИТЕЧІЙНОГО ЕКСТРАКТОРА З ПІДВОДОМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЕНЕРГІЇ	
Левтринська Ю. О., Зиков А. В., Терзів С. Г.	367
К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ КИПЕНИЯ КАПЕЛЬ ХЛАДАГЕНТА В ФИЛЬТРЕ ЭЖЕКТОРЕ	
Когут В. Е., Бушманов В., Хмельнюк М. Г.	374