

ІННОВАТИКА ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ ХАРЧОВОЇ ІНДУСТРІЇ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ ПРОБЛЕМ ЛЮДСТВА

Бурдо О.Г., д.т.н., професор

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна

Аналізуються результати моделі «Римського клубу». Підкреслено революційну новизну авторів у проблемах прогнозного, глобального моделювання, її значний соціальний внесок. Обговорюються причини низького практичного ефекту моделі, протиріччя між обговоренням ідей моделі та реальними діями на її впровадження. Пропонується положення, що подальші етапи роботи мають визначити, що конкретно треба робити в конкретних галузях економіки, в регіонах. Аналізуються етапи індустріального розвитку людства, показано перспективи інноваційних технологій, нанотехнологій. Представлено концепцію узгодження моделі «Римського клубу» із моделлю індустріального розвитку. Визначено, що пріоритетним напрямком практичної реалізації концепції є харчові технології, де сконцентровано глобальні проблеми людства, пов'язані із енергією, екологією та їжею. Наведені інноваційні принципи, які дозволяють здійснювати глибоку переробку харчової сировини. Показано, що сучасні принципи наноенерготехнологій, вакуумних, електродинамічних технологій спроможні на революцію у харчовій індустрії. Розглянуто обладнання, що використовує засоби направленої енергетичної дії в процесах вилучення цільових компонентів, дегідратації сировини. Запропоновано універсальну схему комплексної глибокої переробки сировини, де із відходів виробництва головного продукту отримують додатково вилучені функціональні компоненти, олію та паливні пелети. Така безвідходна переробка сировини в комплексі вирішує 3 проблеми: резервів їжі, витрат енергії (отримання додаткових джерел) та зменшення навантаження на довкілля. Показано, що використання сучасних інноваційних технологій спроможне вирішувати глобальні проблеми людства, управляти розвитком криз та пом'якшити гостроту їх впливу.

Ключові слова: прогнозні моделі, харчові технології, наноенерготехнології, технології направленої енергетичної дії, обладнання для екстрагування та дегідратації, електродинамічні апарати.

Вступ. На протязі всієї історії розвитку цивілізації людина прагнула підвищити рівень комфортності свого життя. Це логічна тенденція розвитку людства. Зрозуміло бажання слабких країн підвищити рівень комфорту до європейських стандартів, зрозуміло прагнення європейця поліпшувати свої життєві показники. Середня тривалість життя сучасної людини сягає 70 років, що в 3,5 разів вище, ніж у первісної. При цьому, споживання енергії зросло у 100 разів. Є чітка кореляція між тривалістю та комфортністю життя та рівнем споживання енергії [1, 2].

Але, добування енергоносіїв та їх переробка мають дуже негативний вплив на довкілля. Парадоксально, але прагнення комфорту веде до погіршення умов середі проживання (рис.1).

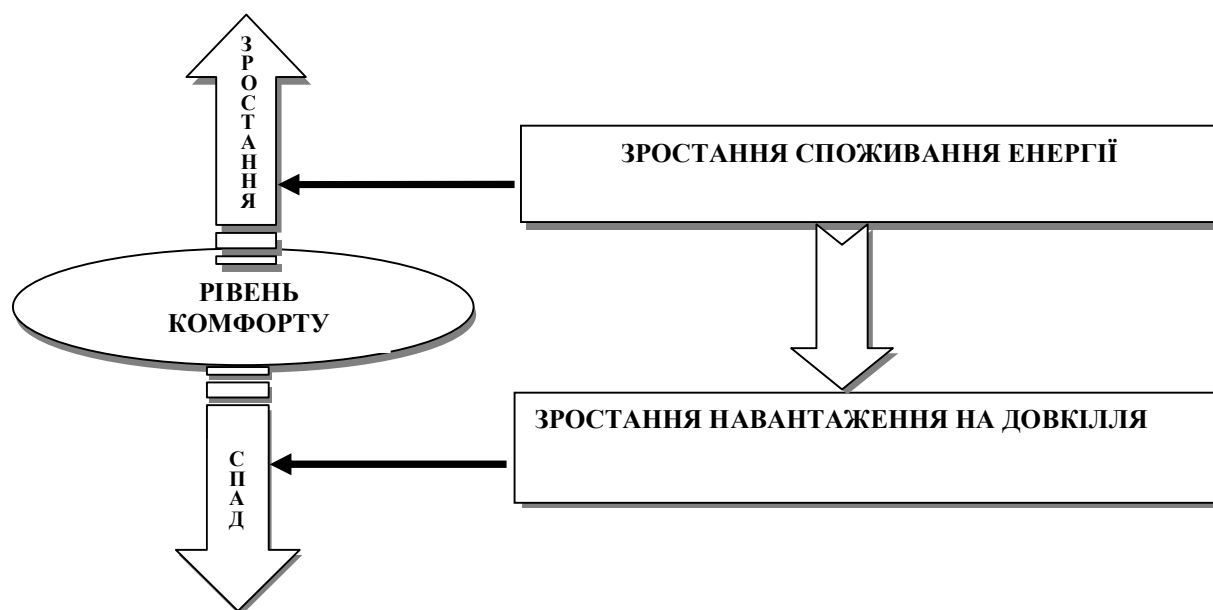


Рис. 1 – Протиріччя в системі «енергія – екологія - комфорт»

Для забезпечення зростаючих вимог комфортності в побуті, у сфері послуг й на виробництві (опалення, кондиціонери, автоматизація, використання інформаційних технологій та інш.), людство витрачає все більше та більше енергії, відповідно зростає навантаження на довкілля. Сучасна епоха характеризується стрімким зростанням рівня споживання енергії, особливо в індустріально розвинутих країнах. Кожні 12 років енергетичні витрати подвоюються. А зростання виробництва подвоюється тільки кожні 15 років [1]. Пояснюється ця невідповідальність зростаючим рівнем комфортності на виробництві, в побуті. Сучасне людство бездумно витрачає запаси самої цінної сировини, яка необхідна наступним поколінням для переробки у препарати, матеріали та різноманітні засоби. Наразі, визначилось нове протиріччя – сучасний рівень виробництва та переробки енергоносіїв загрожує безпеці довкілля. Забруднення середовища проживання - протиріччя умовам комфорту (рис.1). Слід негайно шукати шляхи суттєвого зменшення витрат енергоносіїв, забруднення довкілля при підвищенні рівня комфорту людства. На часі актуальне питання – який він розумний баланс використання ресурсів, як витратити тільки строго необхідну кількість енергії для збереження досягнутого рівня комфорту і, навіть, підвищувати його.

Аналіз літературних джерел та формулювання проблеми. Важливою причиною стрімко зростаючого рівня споживання енергії при сталому зменшенні їх запасів у надрах Землі є індустріалізація [3]. Історія індустріального розвитку характеризується 4 яскравими епохами (табл.1). В кожній епосі визначено 3 етапи: формування, бурного росту та стабілізації. Тривалість кожної епохи піврічна. Епохи носять назви тих технологій, які були пріоритетними та стимулювали розвиток цілого ряду галузей техніки. Кожна епоха потребувала принципово нових, революційних наукових та технологічних рішень.

Таблиця 1

Епохи індустріального розвитку людства

№	Епохи	Періоди формування, роки		
		зародження	бурного росту	стабілізації
1	текстильна	1771 - 1800	1800 - 1853	1853
2	залізнична	1825 - 1853	1853 - 1913	1913
3	автомобільна	1886 - 1913	1913 - 1969	1969
4	комп'ютерна	1939 - 1969	1969 – 2025	2025
5	нанотехнологій	1997 - 2025	2025 - 2081	2081

У 1939 р. на зміну індустріальним революціям прийшла інформаційна, (табл.1), свідками бурного розвитку якої ми є. Однак, до 2025г. її революційний характер буде вичерпано, ці технології не будуть визначати завдання науки і техніці. Їй на зміну прийдуть нанотехнології. Вони започатковані були у 1997г. Ричардом Фейманом [2]. Вже зараз доказана висока практична ефективність нанотехнологій в різних складних задачах [2 - 3].

Високий рівень споживання енергії в країні із низьким рівнем комфорту свідчить про марнотратне використання енергоносіїв. В світі у виробництві використовується тільки 1/3 сировини. Тому, проблема глибокого використання сировинних ресурсів є глобальною. За останні десятиріччя промислове навантаження на довкілля зросло в 2,5...3 рази. Зростає дефіцит енергії в світі. Базельський маніфест, прийнятий в рамках Всесвітнього конгресу «Мир та справедливість» (1989г.), визначив обмеження всієї первинної енергії на одного мешканця 3 тонами кам'яного вугілля, тобто 88 ГДж [1].

Формується проблема «слідів людини в планетарній екосистемі». Визиває тривогу прагнення людини до нескінченного росту населення на реальних масштабах планети. Проблеми забезпечення людства ресурсами вимагали серйозних досліджень [3].

Першим аналізувати ці глобальні проблеми почав крупний бізнесмен, видатний громадський діяч Ауреліо Печчеї. Саме він, за особовою ініціативою в 1968г. організував, та став першим президентом незвичайної міжнародної, неурядової, громадянської організації «Римський клуб» (РК). Організація отримала свою назву за містом першої зустрічі її засновників. Основною ціллю РК стали дослідження глобальних екологічних, економічних, соціальних та політичних проблем й розробка практичних рекомендацій по їх вирішенню. Головними задачами РК стала широка просвітня діяльність серед населення, щоб справити відповідний вплив на осіб, що приймають рішення на міжнародному рівні. При цьому, Римський клуб ніяк не зв'язаний із будь-якою державою, організацією чи політичною партією. У нього відсутній постійний бюджет, що, на думку створювачів організації, не обмежувало свободу їх дій.

Широкий резонанс мала розроблена науковцями клубу глобальна прогностна модель розвитку людства, яка отримала назву «модель Римського клубу». Модель відрізнялась суттєвою новизною, як в методологічному ключі, так й в формуванні нового наукового напрямку - теоретичні основи глобалістики.

При розробці моделі враховувались такі визначальні показники суспільства як запаси органічного палива, смертність, число народжених, населення планети, виробництво товарів, об'єм послуг, навантаження на довкілля. Визначались тенденції їх змін за 70 років розвитку людства. В подальшому будувались сценарні моделі по принципу «що чекати, якщо розвиток буде таким». Всього складено 12 сценаріїв. Перший (самий

песимістичний) сценарій, визначав, якщо всі тенденції збережуться й не будуть знайдені додаткові джерела енергії, то в 2030р. людство чекає гостра енергетична криза.

Наступні сценарії проводились із наростаючим оптимізмом. Автори припускали, що з часом будуть знайдені нові джерела енергії, знизиться навантаження на навколишнє середовище. Автори не вказували шляхи, як це зробити, просто розглядалися ситуації, якщо це станеться. У цих ситуаціях кризи зм'якшувалися і відсувалися в часі. Однак, завжди проблеми енергії, екології та їжі залишалися ключовими. Останній сценарій був стабілізаційним, були встановлені рівні аналізованих параметрів, які забезпечать стійке і стабільне існування суспільства.

Таким чином, глобальна прогнозна модель «Римського клубу» [2] визначила пріоритети розвитку людства в XXI столітті. В найближчому майбутньому до 2030 року прогнозується рішення задач забезпечення світової економіки енергією і загострення наступної проблеми - зростання навантаження на навколишнє середовище [2]. До кінця століття нас чекає масштабна продовольча криза [2]. Концептуальна ідея моделі «Римського клубу» може бути виражена схемою (табл.2).

Кожна криза формується з трьох етапів: розвиток, бурхливе зростання і стабілізація на досягнутому рівні (табл.2).

Таблиця 2

Періоди формування глобальних криз

	кризи	періоди, роки		
		розвиток	бурхливе зростання	стабілізації
1	енергії	1970 - 2000	2000 -2020	2020-2030
2	екології	2010-2030	2030-2050	2050 - 2070
3	їжі	2040-2060	2060-2080	2080- 3000

Наразі людство активно шукає рішення проблеми енергетичної ефективності. Найбільш гостро ці завдання характерні для країн, які із енергомарнотратних, але енергозабезпечених, стали енергодефіцитними країнами, але до сих пір залишилися енергомарнотратними. Високий рівень споживання енергії в таких країнах і низький рівень комфорту свідчать про марнотратство при використанні енергоносіїв. Тому, енергетична криза в таких країнах розвивається надзвичайно гостро. Особливо, якщо в країні відсутні науково обгрунтовані енергетичні програми, немає дієвої системи енергоменеджменту.

Розвиток положень Римського клубу. Піввіковий досвід роботи Римського клубу дозволяє зробити ряд прогнозованих і несподіваних висновків, встановити досягнення і питання, які не вдалося вирішити. Безумовними є теоретичні та методологічні досягнення Клубу. Саме в РК прийшло усвідомлення глобального характеру змін, що відбуваються в світі, і загострення проблем планетарного масштабу. Саме в РК пройшло становлення і розвиток глобалістики як міждисциплінарної галузі наукового знання, створені її теоретичні основи. Саме в РК вперше і досить ефективно використовувалося глобальне моделювання, яке набуло широкого розвитку в комп'ютерних моделях соціально-економічних завдань в математичному моделюванні системи «суспільство - природа».

В кожній країні, галузі, регіоні, місті, на підприємствах доцільно обгрунтувати прогнозу модель розвитку, яка обов'язково в враховувала проблеми забезпечення ресурсами, їх розвиток і специфіку. Тільки на основі серйозного прогнозування можна будувати поточну політику модернізації виробництва, зростання ефективності економіки і підвищення тривалості і якості життя населення. Формування таких прогнозних моделей вимагає коректного обліку всіх визначальних показників, оцінки тенденцій їх розвитку, ув'язки з геополітичними та економічними проблемами. Зрозуміло, це фундаментальна робота, але вона вкрай необхідна для забезпечення майбутнього галузі, підприємства. Причому, доцільно, з досвіду РК, розробляти моделі сценарного плану, що враховують всі шляхи розвитку від песимістичних до оптимістичних.

Методи побудови прогнозних моделей засновано на системному підході та структурному аналізі. Енергетична і екологічна складові таких моделей розробляються із залученням принципів енергетичного та екологічного менеджменту. Особливо важливо це враховувати на стадії проектування інноваційних технологій, особливо, для виробництва продуктів харчування.

Наразі, дослідження РК представлено у вигляді 44 доповідей, останні з яких [4 – 5]. Широкий суспільний резонанс мали доповіді [6 – 12]. Самі назви доповідей свідчать про всебічне вивчення глобальної проблематики. Але, за 50 років діяльності, РК так і не вдалося досягти не лише кардинальних змін, але і хоч якось поліпшити вкрай небезпечний стан світової арени. І це, незважаючи на активну діяльність по реалізації відповідних висновків і пропозицій, на безумовне визнання РК в якості провідного світового центру в області глобальних досліджень, його впливом на сферу міжнародних відносин, економіки і політики. Сам А. Печчеї констатував, що, при всьлякому вітанню створенню Римського клубу, люди не вірили у перспективи проектів, не висловлювали готовності приділити на благо майбутнього всього людства хоч якусь частку свого часу, грошей або громадського престижу і впливу. Таким чином, півстоліття діяв РК, який об'єднав однодумців вчених, які глибоко перейнялися глобальним протиріччям сучасності - продовження зростання

населення в неослабному темпі при скороченні ресурсів і серйозному підвищенню навантаження на навколишнє середовище, неминуче призведе до колапсу існуючого світового порядку. Можна навіть припустити, що ентузіазм вчених кілька посилив гостроту цих протиріч. Інструментом дії РК були заклики і звернення. Якщо врахувати сумний досвід Кіотського протоколу, який був підписаний всіма провідними державами планети, то практичні результати РК і не могли стати відчутними. І хто їх повинен був почути? Населення слаборозвинених країн, країн, які страждають від нескінченних воєн за ресурси планети? Мігранти з цих країн, які прагнуть до безпечного і більш комфортного життя, яких вже більше 60 млн.? Обивателі розвинених країн, для яких парадигми РК за хмарні? Політики, яким ця тема не підвищить рейтинги? Олігархи, для яких проблема глобалізації не принесе прибутку? Світова еліта, яка, на догоду меншості, для вирішення глобальних завдань перевіряє інструменти паніки, страху, пандемії?

В окремо взятій багатій і процвітаючій соціалістичній або монархічній країні з прогресивним правителем такі зміни можуть відбутися. Для розвинених капіталістичних країн потрібні покоління для виховання нової філософії природокористування. Ймовірно, доцільно шукати нову парадигму розвитку цивілізації, яка ґрунтувалася б на досягненнях науково-технічного потенціалу, на новій платформі, яка має прийти. Такою платформою може стати нанотехнологічна революція. При створенні РК про можливості нанотехнологій не говорили, в моделях РК інноваційний фактор взагалі не брався до уваги. Узгодження глобальних завдань планети при створенні наноіндустрії і екоіндустрії із сучасними усталеними поглядами і рушійною силою економіки капіталістичних країн здатне вирішити проблеми глобалізації. Концепція такої моделі повинна бути однозначною: глобальними завданнями повинно бути займатися вигідно. Конкретні специфічні питання концепції визначаються галуззю виробництва, сферою життя.

Надалі зосередимося на агропромисловому комплексі.

Нова парадигма узгодження моделей глобалізації з моделями індустріального розвитку суспільства. Концептуально розвиток глобальних криз, за прогнозами Римського клубу, з періодами зародження, бурхливого зростання і стабілізації пропонується визначити моделлю (рис.1).

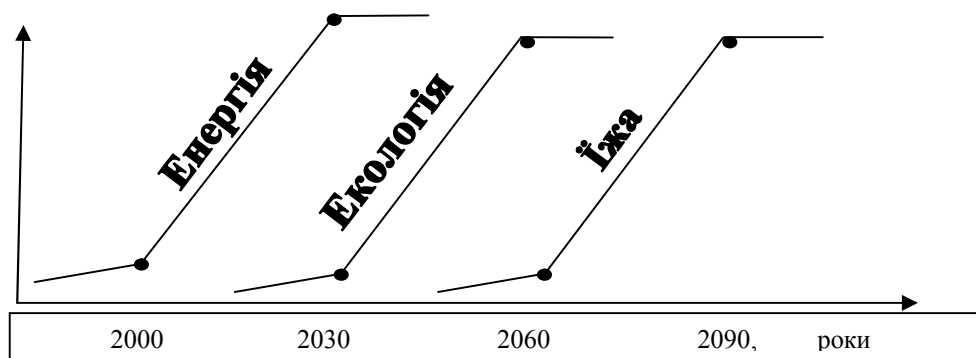


Рис. 2 – Формування глобальних криз в моделі Римського клубу

Цікаво, що закономірності формування криз і епох індустріалізації схожі (рис. 1 – 2). Епоха нанотехнологій може серйозно скорегувати розвиток глобальних криз.

Основні глобальні проблеми людства найбільш гостро стосуються технологій виробництва їжі: це і енергетика, і екологія, і безпосередньо продукти харчування [2 – 3]. Агропромисловий комплекс (АПК) розвинений абсолютно у всіх країнах, і займає лідируючі позиції, як за рівнем споживання енергетичних ресурсів, так і по навантаженню на навколишнє середовище. Для країн, що розвиваються, питомі витрати енергії в харчових технологіях в 2 – 4 рази вище, ніж в індустріально розвинених країнах [1].

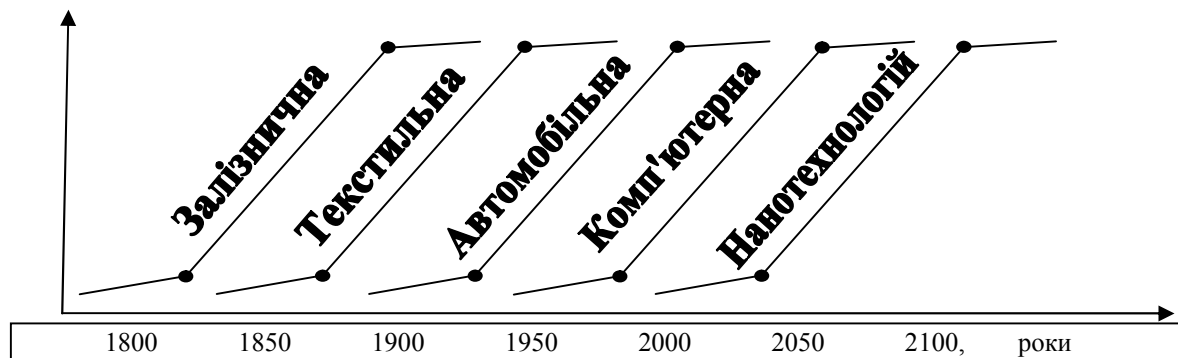


Рис. 3 – Формування епох індустріального розвитку

Поставимо задачу управління процесами розвитку криз із залученням інновацій наноіндустрії. Було висунуто ідею - проблеми енергетики, екології та їжі доцільно вирішувати в комплексі, паралельно, а не послідовно. Слід ініціювати вже сьогодні комплексне вирішення питань: «глибока переробка харчової сировини - отримання резервної їжі - зниження навантаження на середовище проживання - переробка залишків біомаси на паливні пелети». Тоді періоди зростання екологічного і, особливо, кризи їжі будуть не настільки стрімкі, кризи будуть протікати м'якше зі зміщенням в часі на 10 – 30 років (рис.3). А можуть, навіть, наблизитися до моделі стабілізації.

Ефективним інструментом управління розвитком криз може стати наноіндустрія.

Нова парадигма розвитку суспільства формулюється так: «концентрацію ресурсів суспільства і науково-го потенціалу слід, по-перше, направити на створення харчової наноіндустрії, що зможе ефективно в комплексі вирішувати проблеми безвідходних харчових технологій, - забезпечити додаткові повноцінні резерви їжі при різкому зниженні навантаження на навколишнє середовище і отримання додаткових джерел енергії на основі паливних елементів з біомаси».

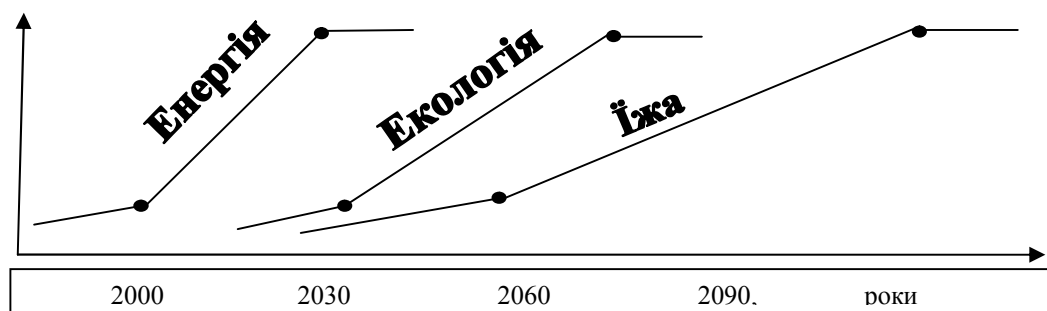


Рис. 4 – Управління розвитком глобальних криз

У країнах з соціалістичною економікою ці положення можуть посилитися ентузіазмом суспільства, стати частиною національної ідеї. В капіталістичних країнах парадигма розраховує на високу рентабельність проєктів.

Роль харчових технологій у вирішенні проблем глобалізації. Таким чином, безвідходні харчові технології зможуть не тільки вирішувати проблеми екологічної безпеки виробництва, а й резервних джерел їжі. Однак рішення цих проблем вимагає революційних перетворень в харчовій і переробній галузях. Необхідний перехід до принципово нових технологічних прийомів. Виробництво неенергоємних харчових продуктів підвищеної харчової цінності, створення асортименту нових зразків, глибока переробка харчової сировини однозначно вимагають використання сучасних прийомів в технологіях. І їх основою стануть нанотехнології.

Проблемами харчових нанотехнологій в світі комплексно не займаються. Разом з тим, харчова сировина - це створені природою нанорозмірні структури, які при переробці необхідно зруйнувати з мінімальними витратами енергії і при максимальному збереженні харчової цінності. Використання нанотехнологій у харчовій промисловості дозволить створити принципово нові продукти, що не мають аналогів в сучасній кулінарії. Оскільки харчові системи це найскладніші біологічні системи, то нанотехнологічний підхід повинен ґрунтуватися на комплексному аналізі хімічних, фізичних і біотехнологічних явищ.

Розглянемо енергетичний та екологічний аспекти інноваційних харчових технологій.

Виробництво їжі є енергоємною галуззю в усіх індустріально розвинених країнах [1–2]. Харчові технології розвиваються по шляху стабільного зростання рівня споживання енергетичних ресурсів. Якщо ввести поняття енергетичний ККД продовольчого ланцюжка, то він не перевищить 10 % (рис.5).

Підприємства АПК лідирують за кількістю споживаних енергетичних ресурсів серед різних відомств. До 20% паливно-енергетичних ресурсів в країні витрачається підприємствами АПК. При цьому до 40% енергії в харчових технологіях може заощаджуватися за рахунок простих, безвитратних і малозатратних методів.

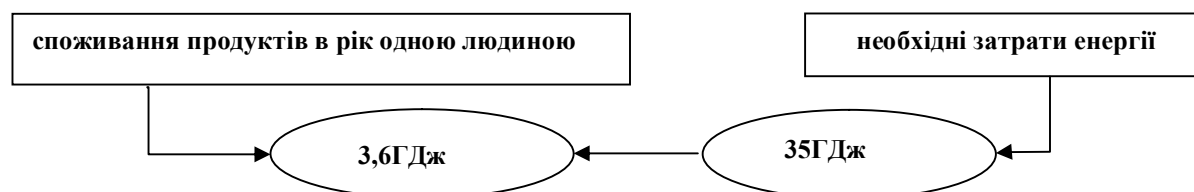


Рис. 5 – Енергія в продовольчому ланцюжку.

Перехід харчових технологій на прогресивні принципи, особливо на нанотехнології, відкриває нові можливості вигідно удосконалювати виробництво при істотному зниженні витрат ресурсів [1 – 2, 14 – 32]. Серйозні енергетичні проблеми характерні для галузей, продукція яких вимагає зневоднення сировини, а це завжди є енергоємною технологією [17, 20, 22, 28 – 32]. Одночасно посилюються вимоги по безпеці харчових продуктів [20, 26] і регламентуються екологічні умови роботи підприємства. Очевидно, що харчові технології, і, в першу чергу, виробництво харчових концентратів слід переводити на інноваційні принципи рішення енергоекологічних проблем. Запропонована оцінка енергетичного ККД (рис.5), який в харчовому ланцюжку не перевищує 10 %, дає підставу вважати, що резерви тут істотні, і, що в такому аспекті питання їжі не досліджувалися.

Поняття і принципи екоіндустрії завойовують популярність в розвинених країнах [1, 26]. Але щодо харчових технологій - це напрямок практично не розвивається. Разом з тим, саме екоіндустрія здатна в комплексі вирішувати суперечливі завдання, які стоять перед сучасними харчовими технологіями. Звісно ж, що визначення цього напрямку можна сформулювати наступним чином. Екоіндустрія АПК – це безперервна послідовність технологічних процесів, які забезпечують максимальну енергетичну ефективність, глибоку переробку сировини, мінімальні термічні впливи на харчову сировину, гранично низьке навантаження на атмосферу і літосферу, отримання безпечного продукту.

Синтез екоіндустріальної технології повинен ґрунтуватися на сучасних принципах організації процесів переносу. Напрямок і об'єктом досліджень можуть стати «безвідходні технології», наближенням до яких є технології «глибокої переробки сировини». Те, що зараз викидають на звалища, чим забруднюють атмосферу, гідросферу і літосферу може вирішувати проблемні питання планети. Так з відходів більшості харчових і переробних виробництв можна одержувати паливні пелети і вирішувати проблеми енергозабезпечення. Це не тільки дозволить використовувати регіональні джерела енергії, а й зберегти дерева, які зараз змушені використовувати як паливо.

Відходи харчових виробництв - це джерело великої кількості функціональних компонентів. Вилучення їх і реалізація мають безсумнівні бізнес-перспективи. Відходи більшості харчових і аграрних технологій - це повноцінні резерви їжі. Отже, переробка цих відходів в комплексі вирішує проблеми екології, енергозабезпечення та їжі. Це захищає актуальність напрямку і його стратегічну роль у вирішенні проблем глобалізації.

Досягнення в галузі харчових нанотехнологій. Сучасні проблеми енергоефективності, глибокої переробки харчової сировини з повним використанням його харчового потенціалу, екології виробництва і безпечності харчового продукту вирішуються в площині пошуку нових принципів організації процесів тепломасопереносу, використання унікальних можливостей комбінованих впливів на процеси перенесення, формування складних комбінацій рушійних сил спрямованих на ефективне витяг цільових компонентів із сировини. Особливу увагу приділяють до мікро- і нанорозмірних структур сировини, які в традиційних технологіях взагалі не розглядаються. В даний час сформульовані і доведені: парадигма наноенерготехнологій, наукові концепції термічного парадоксу, відкриті ефекти «механодифузії» і «бародифузії» [2]. Ці концепції стали основою системи технологій, які вирішують загальну проблему і використовують такі підходи:

- принципи адресної доставки енергії до елементів харчової сировини, в тому числі і нанорозмірних;
- наноенерготехнології, вакуумні, хвильові та електродинамічні технології;
- комбіновані і гібридні процеси для ініціювання ефектів «механодифузії» і «бародифузії».



Рис. 6 – Дія гібридного процесу

Прийняту класифікацію процесів на: механічні, гідродинамічні, теплові та масообмінні, їх спільний перебіг як зв'язані і комбіновані, пропонується доповнити гібридними процесами, результат яких визначається послідовною дією декількох рушійних сил. Гібридний процес організовується спеціально для того, щоб ініціювати самостійний потік J_b з потужною гідродинамічною рушійною силою (рис.6). Він турбулізує приграничний шар, і може бути на кілька порядків більше класичного дифузійного потоку J_d . Отже, безпосередньо гібридний процес не вирішує завдання масопереносу, але він ініціює зародження і розвиток потужного гідродинамічного (бародифузійного) потоку, можливості

якого за ступенем інтенсифікації масообміну істотні. Особливо це відноситься до умов природної конвекції і руху потоку в ламінарному режимі. Наведені в (табл. 3) дані відносяться до процесів теплопереносу. Але і для масообмінних процесів ефект інтенсифікації практично однаковий.

Ступінь інтенсифікації процесів переносу

№	Принцип інтенсифікації	Ефект інтенсифікації
1	Спеціальна обробка поверхні	до 2 разів
2	Використання ультразвуку	в 2...3 рази
3	Використання електричного поля	в 3...4 рази
4	Закрутка потоку	в 6...8 разів
5	Обертання реактора	в 25...30 разів
6	Вібрація	в 30...35 разів
7	Бародиффузія	на 2...3 порядки

Розроблено та апробовано конструкції унікального обладнання, яке реалізує ефект «механодифузії». При виробництві коньячних спиртів електромагнітний екстрактор проточного типу забезпечив інтенсифікацію процесу в 1000 разів. При екстрагуванні з зерен кави ступінь вилучення компонентів збільшена на 15%, а витрата енергії знижено на 50 %. Отримано екологічно безпечні зразки рідкого диму та амарантового масла з високим вмістом сквалену. Технології адресної доставки енергії дозволили отримати чисту воду з вмістом солей не вище 4 мг / кг.

Розроблено конструкції вакуумних електродинамічних апаратів: сушарки, випарювання, екстрактора. Це інноваційне обладнання, яке здатне перевести харчові технології на нові принципи, забезпечити високу якість продукту при значному зменшенні енергетичних витрат. Розроблений випарний апарат не має обмежень по кінцевій концентрації продукту, він функціонує і дає стабільні параметри по продуктивності випарювання до (90 – 95) °brix. Для нього відсутні типові проблеми теплопередачі. Апробований апарат для отримання безалкогольного вина, зневоднення морепродуктів. Створено стрічкова ІК-сушарка, деалкоголізатор, піролізна установка, тепломасоутилізатор, кріоконцентратор, та т.п.

Розглянемо типову схему екстракційного цеху і пропозиції по глибокій переробці відходів (рис.6). Рослинна сировина (витрата якого G_c , загальний вміст цільових компонентів C_c і вологовміст W_c) змішується з екстрагентом (витрата якого G_p , зміст сухих речовин X_p) і надходить в екстрактор E_k . Тут із сировини в розчин переходить частина цільових компонентів і виходить екстракт G_e з концентрацією X_e . У випарній апараті $B1$ видаляється частина розчинника і виходить концентрат (G_k, X_k). З екстрактора вивантажуються відходи з параметрами G_o, C_o, W_o . Як правило, ці відходи являються агресивними забруднювачами навколишнього середовища, при цьому вони містять достатню для переробки кількість цільових компонентів. Однак традиційні технології екстрагування не в змозі їх витягати, оскільки зосереджені вони в мікрокапілярах. Пропонується залучити технології адресної доставки енергії [2] для організації інноваційних процесів масопереносу з відходів (рис.7).

Відходи традиційних технологій (G_o) містять комплекс термолабільних функціональних компонентів, і, наприклад, масла, які витягуються і іншим екстрагентів, і на іншому рівні температур. Тому, інноваційна схема передбачає два екстрактора - вакуумний (ВМЕф) для вилучення функціональних компонентів, і мікрохвильовий екстрактор для масла (МЕМ). З вакуумного екстрактора виходять функціональний компонент (G_f, X_f) і шлам ($G_{ш}$). У мікрохвильовій сушарці з шламу видаляється волога ($W_{ш}$) і зневоднений шлам надходить в мікрохвильовий екстрактор масла (МЕМ).

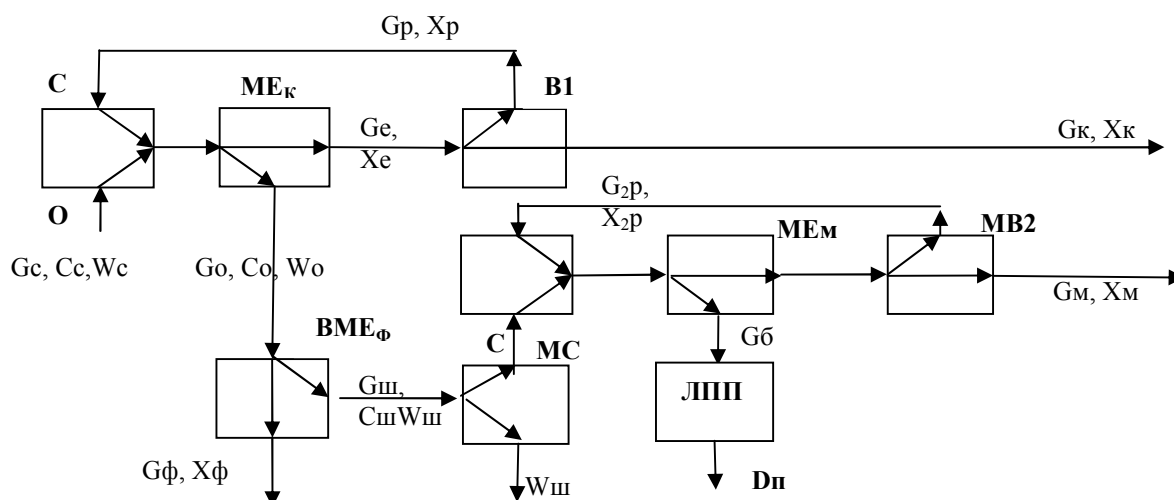


Рис. 7 – Схема матеріальних потоків при глибокій переробці рослинної сировини

З біосировини (Гб) на лінії виробництва пелет отримують паливні елементи (Дп), а в мікрохвильовому випарній апараті (МВ2) - концентрат олії (Гм, Хм). Таким чином, крім традиційного концентрату (Гк) йде глибока переробка сировини і ставиться завдання додатково отримати: рідкий концентрат функціональних компонентів (Гф), пелети (Дп) і масло (Гм). Причому комерційна вартість цих продуктів часто вище, ніж традиційного концентрату.

Висновки. Запропонована понад 50 років тому прогнозна модель «Римського клубу» була важливим кроком як в методології глобального сценарного прогнозування, так і в становленні наукових засад глобалістики. Ця модель має широкий резонанс в суспільстві, але залишається тільки моделлю, бо вона не дає конкретних програм «а що робити?». В роботі автора вперше пропонується така програма, захищається доцільність її реалізації саме в харчових технологіях. Сценарії моделі РК узгоджено із сучасним рівнем розвитку інноваційних технологій, нанотехнологій. А це дозволяє організувати безвідходні харчові технології, отримати резервні джерела їжі, переробити залишкову біомасу на паливні пелети. Розроблено інноваційне обладнання для впровадження безвідходних технологій. Дослідні зразки інноваційних продуктів, отриманих на цьому обладнанні, мають високі смакові характеристики. Отримано: сушені овочі, фрукти, чіпси, слайси, пасти, рідкий концентрат кави, кріоконцентрати соків, молока і екстрактів (50 °brix), порошок м'яса. З відходів харчоконцентратних консервних, виноробних виробництв отримано фруктове та безглютенне борошно, паливні пелети. Отримано порошки цибулі, часнику, екологічно безпечний концентрат рідкого диму, масла, водний 97% концентрат екстракту кофеїну, фруктові есенції, гідролати, бальзами та ін.

Харчові продукти, отримані за запропонованими принципами, практично повністю збережуть функціональні властивості сировини, їх виробництво вимагає менших витрат енергії, а глибока переробка і безвідходні технології зведуть до мінімуму навантаження на навколишнє середовище.

References

- Burdo, O.H., Trishyn, F.A., Yarovy, I.I. (2020). *Enerhetychnyy monitorynh kharchovykh i pererobnykh vyrobnystv [Energy monitoring of food and processing industries]*. Odesa: Madzhenta [in Ukrainian].
- Burdo, O.G. (2013). *Pishchevyie nanoenergotekhnologii [Food nanotechnologies]*. Kherson [in Russian].
- Clapp J., Newell P., Brent Z. W. (2018). The global political economy of climate change, agriculture and food systems. *The Journal of Peasant Studies*, 45(1), 80-88.
- Weizsäcker, E., Wijkman, A. (2018). Come On! Capitalism, Short-termism, Population and Destruction of the Planet: a report to the Club of Rome. NY: Springer.
- Kuenkel P. (2019) Stewarding Sustainability Transformation: a report to the Club of Rome. Cham: Springer.
- Meadows et al. (1972). The limits to growth: a report to the Club of Rome. NY: Univerce Books.
- Mesarovic M., Pested E. (1975). Mankind at the Turning Point: a report to the Club of Rome. New York : New American Library.
- Tinbergen J. Rio (1976). Reshaping the International Order: a report to the Club of Rome. New York: Dutton.
- Gabor D., Colombo U., King A. S. (2016). Beyond the age of waste: a report to the Club of Rome. New York: Pergamon Press.
- Laszlo E. et al. (1977). Goals for Mankind: a report to the Club of Rome. New York: Dutton.
- Bofgese M. (1986). The Future of the Oceans: a report to the Club of Rome. New York: Columbia University Press.
- King A. (1991). The First Global Revolution: a report to the Club of Rome. New York: Pantheon Books.
- Goodman, Emily & Redmond, Jessica & Elia, Dana & Harris, Stephanie & Augustine, Mary Beth & Hand, Rosa. (2018). Practice Roles and Characteristics of Integrative and Functional Nutrition Registered Dietitian Nutritionists. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 118 (12), 2356-2369. doi: 10.1016/j.jand.2018.03.027.
- Burdo, O.G., Bandura, V.N., Levtrinskaya, Yu.O. (2018). Electrotechnologies of Targeted Energy Delivery in the Processing of Food Raw Material. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 54(2), 210-218. doi: 10.3103/S1068375518020047.
- Liu W., Zhang M., Bhandari B. (2019). Nanotechnology – A shelf life extension strategy for fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(10), 1706-1721. doi: 10.1080/10408398.2019.1589415.
- Burdo O.G., Trishyn F.A., Terziev S.G., Gavrillov A.V., Sirotyuk I.V. (2020). Elektrodinamicheskie tehnologii – effektivnoe reshenie problem pishchevoi industrii [Electrodynamic technologies – effective solution to the food industry problems]. *Elektronnaya obrabotka materialov*, 56 (4), 74-88. (In Russian). doi: 10.5281/zenodo.3970438.
- Bozkir, H., Baysal, T. (2017). Concentration of apple juice using a vacuum microwave evaporator as a novel technique: Determination of quality characteristics. *J Food Process Eng*, 40, 1-9. doi: 10.1111/jfpe.12535.
- Qi C.Tianyang G., Jian Y., Renyi L., Peng W., Qiong W., Shaotong J., Yiyang D. (2020). Microwave-Assisted Extraction Combined with Ultra-High-Performance Liquid Chromatography and Quadrupole/Q-Exactive High-Resolution Mass Spectrometry for the Determination of Main Flavor Substances in Green Tea. *Journal of AOAC International*, 103(2), 428-432. doi:10.5740/jaoacint.19-0265.

19. Burdo, O.G., Syrotyuk, I.V., Alhury, U., Levtrinska, J.O. (2018). Microwave Energy, as an Intensification Factor in the Heat-Mass Transfer and the Polydisperse Extract Formation. *Problemele energeticii regionale*, 36(1), 58-71. doi: 10.5281/zenodo.121725.
20. Milczarek, R.R., Vilches, A.M., Olsen, C. W., Breksa, A.P., Mackey, B.E., Brandl, M.T. (2020). Physical, microbial, and chemical quality of hot-air-dried persimmon (*Diospyros kaki*) chips during storage. *Journal of Food Quality*, 2020, 1-15. doi: 10.1155/2020/7413689.
21. Manzoor, M.F. et al. (2020). Novel processing techniques and spinach juice: Quality and safety improvements. *Journal of Food Science*, 85(4), 1018-1026. doi: 10.1111/1750-3841.15107.
22. Sabancı, S., Icier, F. (2019). Effects of Vacuum Ohmic Evaporation on Some Quality Properties of Sour Cherry Juice Concentrates. *International Journal of Food Engineering*, 15(9), 1-8. doi:10.1515/ijfe-2019-0055.
23. Pattnaik, M., Mishra, H.N. (2020). Effect of microwave treatment on preparation of stable PUFA enriched vegetable oil powder and its influence on quality parameters. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(4), 1-15. doi: 10.1111/jfpp.14374.
24. Almena, A., Goode, K.R., Bakalis, S., Fryer, P.J., Lopez-Quiroga, E. (2019). Optimising food dehydration processes: energy-efficient drum-dryer operation. *Energy Procedia*, 161, 174-181. doi: 10.1016/j.egypro.2019.02.078
25. Simić, S., Orašanin, G., Golubović, D., Milić, D., Batinić, K. (2019). Consideration of Opportunities for the Optimization of Heat Energy Consumption in Industry and Energetics. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 76, 494-503.
26. Weststrate, J.A., van Poppel, G., Verschuren, P.M. (2002). Functional foods, trend and future *British J. Nutrition*, 88, Suppl.2.1 - 233-235.
27. Trishin, F.A., Trach, A.R., Orlovskaya, Yu.V. (2018). Upravlenie potokami enerhii v nizkotemperaturnykh razdelitel'nykh ustanovkakh [Control of energy flows in low-temperature separation plants]. *Probleme energeticii regionale*, 1(36), 72-86 (in Russian).
28. Kumar, C., Karim, M. A. (2019). Microwave-convective drying of food materials: A critical review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(3), 379-394.
29. Monteiro, Ricardo L., et al. (2018). Microwave vacuum drying and multi-flash drying of pumpkin slices. *Journal of food engineering*, 232, 1-10.
30. Potapov, V.O., Efremov, Yu.Y., Mykhaylova, S.V. (2014). Potapov V.O., Efremov Yu.Y., Mykhaylova S.V. Doslidzhennya protsesiv vakuumnoho mikrokhvyly'ovoho kontsentrivannya ta sushynnya pryanoi syrovyny [Investigation of the processes of vacuum microwave concentration and drying of spicy raw materials], *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy*, 10(1), 36.
31. Adarsh, M., Kalla Devaraju, R. (2017). Microwave energy and its application in food industry: A review, *Asian J. Dairy Food Res.*, 36(1), 37. doi: 10.18805/ajdfr.v0i0F.7303
32. Burdo, O.G., Terziyev, S.G., Gavrilov, A.V., Sirotyuk, I.V. (2020). Sistema innovatsionnykh energotekhnologiy obezvozhivaniya pishchevogo syr'ya [System of innovative energy technologies for dehydration of food raw materials], *Probleme energeticii regionale*, 46(1), 92. doi: 10.5281/zenodo.3898317

INNOVATION OF ENERGY TECHNOLOGIES OF FOOD INDUSTRY IN THE CONTEXT OF GLOBAL PROBLEMS OF HUMANITY

Burdo O.G., Dr. Sci. Tech., professor
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

The results of "The Club of Rome" model are analyzed. The revolutionary novelty of the authors in the problems of forecasting global modeling, its significant social contribution is emphasized. The reasons for the low practical effect of the model, the contradictions between the discussion of the model ideas and the actual actions for its implementation are discussed. It is proposed that further stages of work should determine what specifically needs to be done in specific sectors of the economy and in the regions. Stages of industrial development of humanity are analyzed, prospects of innovative technologies and nanotechnologies are shown. The harmonization concept of "The Club of Rome" model with the industrial development model is presented. It is determined that the priority area of practical implementation of the concept is food technology, where the global problems of humanity related to energy, ecology and food are concentrated. Innovative principles implementing deep processing of food raw material are given. It is shown that modern principles of nanoenergy technologies, vacuum, electrodynamic technologies are capable of revolution in the food industry. The equipment using the means of directed energy action in the processes of extraction of target components and dehydration of raw materials is considered. A universal scheme of complex deep processing of raw materials is proposed, where additional extracted functional components, oil and fuel pellets are obtained from the wastes of the main product production. Such waste-free processing of raw material in the complex solves 3 problems: food reserves, energy consumption (obtaining additional sources) and reducing the burden on the

environment. It has been shown that the use of modern innovative technologies can solve the global problems of humanity, manage the development of crises and mitigate the severity of their impact.

Key words: forecasting models, food technologies, nanoenergy technologies, technologies of directed energy action, equipment for the extraction and dehydration, electrodynamic apparatuses.

Список використаної літератури

1. Бурдо О.Г., Трішин Ф.А., Яровий І.І. *Енергетичний моніторинг харчових і переробних виробництв*. Одеса: Маджента, 2020. 246 с.
2. Бурдо О.Г. *Пищевые нанотехнологии [Food nanotechnologies]*. Херсон, 2013. 294с.
3. Clapp J., Newell P., Brent Z. W. The global political economy of climate change, agriculture and food systems. *The Journal of Peasant Studies*. 2018. Vol.45. № 1. С. 80-88.
4. Weizsäcker E., Wijkman A. *Come On! Capitalism, Short-termism, Population and Destruction of the Planet: a report to the Club of Rome*. NY: Springer, 2018. 232p.
5. Kuenkel P. *Stewarding Sustainability Transformation: a report to the Club of Rome*. Cham: Springer, 2019. 317p.
6. Meadows et al. *The limits to growth: a report to the Club of Rome*. NY: Univerce Books, 1972. 211p.
7. Mesarovic M., Pested E. *Mankind at the Turning Point: a report to the Club of Rome*. New York : New American Library, 1975. 228 p.
8. Tinbergen J. Rio . *Reshaping the International Order: a report to the Club of Rome*. New York: Dutton, 1976. 342 p.
9. Gabor D., Colombo U., King A. S. *Beyond the age of waste: a report to the Club of Rome*. New York : Pergamon Press, 2016. 264 p.
10. Laszlo E. et al. *Goals for Mankind: a report to the Club of Rome*. New York: Dutton, 1977. 472 p.
11. Bofgesse M. *The Future of the Oceans: a report to the Club of Rome*. New York: Columbia University Press, 1986. 277 p.
12. King A. *The First Global Revolution: a report to the Club of Rome*. New York: Pantheon Books, 1991. 292 p.
13. Goodman E.M., Redmond J., Elia D., Harris S.R., Augustine M.B., Hand R.K. Practice Roles and Characteristics of Integrative and Functional Nutrition Registered Dietitian Nutritionists. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2018. Vol. 118. No. 12, P. 2356-2369. doi: 10.1016/j.jand.2018.03.027.
14. Burdo O.G., Bandura V.N., Levtrinskaya Yu.O. Electrotechnologies of Targeted Energy Delivery in the Processing of Food Raw Material. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2018. Vol. 54. No. 2, P. 210-218. doi: 10.3103/S1068375518020047.
15. Liu W., Zhang M., Bhandari B. Nanotechnology – A shelf life extension strategy for fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2019. Vol. 60. No. 10, P. 1706-1721. doi: 10.1080/10408398.2019.1589415.
16. Burdo O.G., Trishyn F.A., Terziev S.G., Gavrilov A.V., Sirotyuk I.V. Elektrodinamicheskie tehnologii – effektivnoe reshenie problem pishchevoi industrii [Electrodynamic technologies – effective solution to the food industry problems]. *Elektronnaya obrabotka materialov*. 2020. Vol. 56. No. 4. P. 74-88. (In Russian). doi: 10.5281/zenodo.3970438.
17. Bozkir H., Baysal T. Concentration of apple juice using a vacuum microwave evaporator as a novel technique: Determination of quality characteristics. *J Food Process Eng*. 2017. P. 1-9. doi: 10.1111/jfpe.12535.
18. Qi C.Tianyang G., Jian Y., Renyi L., Peng W., Qiong W., Shaotong J., Yiyang D. Microwave-Assisted Extraction Combined with Ultra-High-Performance Liquid Chromatography and Quadrupole/Q-Exactive High-Resolution Mass Spectrometry for the Determination of Main Flavor Substances in Green Tea. *Journal of AOAC International*. 2020. Vol. 103, No. 2, P. 428-432. doi:10.5740/jaoacint.19-0265.
19. Burdo O.G., Syrotyuk I.V., Alhury U., Levtrinska J.O. Microwave Energy, as an Intensification Factor in the Heat-Mass Transfer and the Polydisperse Extract Formation. *Problemele energeticii regionale*, 2018, Vol. 36, No. 1, P. 58-71. doi: 10.5281/zenodo.121725.
20. Milczarek R.R., Vilches A.M., Olsen C. W., Breksa A.P., Mackey B.E., Brandl M.T. Physical, microbial, and chemical quality of hot-air-dried persimmon (*Diospyros kaki*) chips during storage. *Journal of Food Quality*, 2020, Vol. 2020, P. 1-15. doi: 10.1155/2020/7413689.
21. Manzoor M.F. et al. Novel processing techniques and spinach juice: Quality and safety improvements. *Journal of Food Science*. 2020, Vol. 85, No. 4, P. 1018-1026. doi: 10.1111/1750-3841.15107.
22. Sabancı S., Icier, F. Effects of Vacuum Ohmic Evaporation on Some Quality Properties of Sour Cherry Juice Concentrates. *International Journal of Food Engineering*. 2019. Vol.15. No.9. P. 1-8. doi:10.1515/ijfe-2019-0055.
23. Pattnaik M., Mishra H.N. Effect of microwave treatment on preparation of stable PUFA enriched vegetable oil powder and its influence on quality parameters. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020. Vol. 44. No. 4. P. 1-15. doi: 10.1111/jfpp.14374.

24. Almena A., Goode K.R., Bakalis S., Fryer P.J., Lopez-Quiroga E. Optimising food dehydration processes: energy-efficient drum-dryer operation. *Energy Procedia*. 2019. Vol. 161. P. 174-181. doi: 10.1016/j.egypro.2019.02.078
25. Simić S., Orašanin G., Golubović D., Milić D., Batinić K. Consideration of Opportunities for the Optimization of Heat Energy Consumption in Industry and Energetics. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2019. Vol. 76. P. 494-503.
26. Weststrate J.A., G. van Poppel, P.M. Verschuren /Functional foods, trend and future *British J. Nutrition*. 2002.- V.88. Suppl.2.1 - 233-235.
27. Trishin F.A., Trach A.R., Orlovskaya Yu.V. Upravlenie potokami enerhii v nizkotemperaturnykh razdelitel'nykh ustanovkakh. *Probleme energeticii regionale*. 2018. 1(36). P. 72-86.
28. Kumar C., Karim M. A. Microwave-convective drying of food materials: A critical review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2019. 59(3). P. 379-394.
29. Monteiro, Ricardo L., et al. Microwave vacuum drying and multi-flash drying of pumpkin slices. *Journal of food engineering*. 2018. 232, P. 1-10.
30. Потапов В.О., Ефремов Ю.И., Михайлова С.В. Дослідження процесів вакуумного мікрохвильового концентрування та сушіння пряної сировини, *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 2014, Т. 10, № 1, С. 36.
31. Adarsh M., Kalla Devaraju R. Microwave energy and its application in food industry: A review, *Asian J. Dairy Food Res*. 2017. Vol. 36. No. 1. P. 37. doi: 10.18805/ajdfr.v0i0F.7303
32. Бурдо, О.Г., Терзиев, С.Г., Гаврилов, А.В., Сиротюк, И.В. Система инновационных энерготехнологий обезвоживания пищевого сырья. *Проблемы региональной энергетики*. 2020. N. 46. № 1. С. 92. doi: 10.5281/zenodo.3898317

Отримано в редакцію 17.03.2021

Прийнято до друку 26.06.2021

Received 17.03.2021

Approved 26.06.2021