

ISSN 2786-8974 (Online)

2023 | № 2

виходить з 2023 року

*Науковий електронний
журнал*

Здоров'я людини і нації

Scientific e-Journal

Human and nation's health

Національний університет біоресурсів і природокористування України
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine



ISSN 2786-8974 (Online)

УДК 613:17.023.31/.32

ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ І НАЦІЇ

Електронний науковий журнал. № 2(2023)*виходить 4 рази на рік*

*Рекомендовано до видання та поширення Вченою радою НУБіП України,
протокол №6 від 22.12.2023*

Засновник і видавець:

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Рік заснування: 2023,

рішенням Вченої ради НУБіП України від 25.10.2023, протокол № 4

Державна реєстрація:

Ідентифікатор медіа R40-02286. Рішення Національної Ради України з питань телебачення і радіомовлення від 21.12.2023 р. № 1796, протокол № 31

Галузь наук:

охорона здоров'я; виробництво та технології; освіта/педагогіка

Спеціальності:

017 – Фізична культура і спорт

181 – Харчові технології

229 – Громадське здоров'я

**Журнал представлено у міжнародних наукометричних базах даних,
репозиторіях та пошукових системах:** Index Copernicus International, Google
Scholar, Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського

Адреса редакції:

Національний університет біоресурсів і природокористування України

03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15. Тел.: +38 044 527 87 20.

E-mail: humanhealth@nubip.edu.ua<https://www.humanhealth.nubip.edu.ua>

© Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2023

ISSN 2786-8974 (Online)

UDC 613:17.023.31/.32

HUMAN and NATION'S HEALTH

Electronic scientific journal. № 2(2023)*Published 4 times a year*

*Recommended for publication and distribution the Academic Council NULES of Ukraine,
Minutes No. 6 of December 22, 2023*

Founder and Publisher:

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Year of foundation: 2023,

by the decision of the Academic Council NULES of Ukraine, Minutes No.4,
dated 25.10.2023

State Registration:

Media identifier R40-02286. Decision of the National Council of Television and Radio
Broadcasting of Ukraine No.1796, Minutes No.31, dated 21.12.2023 p.

Field of study:

health; manufacturing and technology; education

Specialties:

017 – Physical education and sport
181 – Food Technology
229 – Public health

**The journal is presented international scientometric databases, repositories and
scientific systems:** Index Copernicus International,
Google Scholar, Vernadsky National Library of Ukraine

Editors office address:

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
03041, 15 Heroiv Oborony, Kyiv, Ukraine. Phone +38 044 527 87 20.

E-mail: humanhealth@nubip.edu.ua
<https://www.humanhealth.nubip.edu.ua>

© National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 2023

Редакційна колегія:

Баль-Прилипко Лариса Вацлавівна	Доктор технічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна (<i>головний редактор</i>)
Муштрук Михайло Михайлович	Кандидат технічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна (<i>заступник головного редактора</i>)
Антонів Артем Дмитрович	Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна (<i>відповідальний секретар</i>)
Слободянюк Наталія Михайлівна	Кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна
Василів Володимир Павлович	Кандидат технічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна
Устименко Ігор Миколайович	кандидат технічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна
Голембовська Наталія Володимирівна	кандидат технічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна
Адамчук Леонора Олександрівна	кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна
Ніколаєнко Микола Станіславович	Phd, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна
Miroslava Kačániová	Full professor Slovak University of Agriculture in Nitra Rzeszow university
Margaoan Rodica	PhD, University of Agricultural Science and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Calea Manastur
Justyna Batkowska	Full professor, University of Life Sciences in Lublin – Institute of Biological Basis of Animal Production
Tomasz Gębarowski	PhD, adiunkt, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Poland

Editorial Board:

Bal-Prylypko Larysa Vatslavivna	Doctor of Technical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine (<i>Editor-in-Chief</i>)
Mushtruk Mykhailo Mykhailovych	PhD in Technical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine (<i>Deputy Editor-in-Chief</i>)
Antoniv Artem Dmytrovych	National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine (<i>Executive Secretary</i>)
Slobodianiuk Nataliia Mykhailivna	PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
Vasyliv Volodymyr Pavlovych	PhD in Technical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
Ustymenko Ihor Mykolaiovych	PhD in Technical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
Holembovska Nataliia Volodymyrivna	PhD in Technical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
Adamchuk Leonora Oleksandrivna	PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
Nikolaienko Mykola Stanislavovych	PhD, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
Miroslava Kačániová	Full professor Slovak University of Agriculture in Nitra Rzeszow university
Margaoan Rodica	PhD, University of Agricultural Science and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Calea Manastur
Justyna Batkowska	Full professor, University of Life Sciences in Lublin – Institute of Biological Basis of Animal Production
Tomasz Gębarowski	PhD, adiunkt, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Poland

ЗМІСТ

1. Бринзак С. С., Костенко М. П.

Залучення студентів аграрних вузів до занять фізичним вихованням на основі їхніх потреб у руховій активності 7

2. Костенко М. П., Бринзак С. С., Костенко С. В.

Проблеми та перспективи впровадження нових підходів до організації фізичної культури і спорту в територіальних громадах України 19

3. Бурова З. А., Гудзенко М. М., Воробйов Л. Й., Макеєв А. В.

Методи та засоби дослідження енергетичної цінності харчових продуктів..... 34

4. Сарана В. В., Серода В.

Багатокритеріальний вибір вовчків-мішалок..... 56

5. Альтанова А. Б., Корольова Т. А.

Ефективність адаптогенів у запобіганні та корекції стрес-індукованих станів.... 72

6. Корнієнко В. І., Ладогубець О. В., Дученко К. А., Гаркуша І. В., Альтанова А. Б.

Дослідження впливу вперше синтезованих хімічних сполук із антигіпоксичною активністю на тривалість життя за умов гіпоксії (на прикладі похідних ксантину)..... 95

CONTENTS

1. Sava Brynzak, Mykola Kostenko

Involvement of students of agricultural universities in physical education based on their needs in motion activity **7**

2. Mykola Kostenko, Sava Brynzak, Svitlana Kostenko

Problems and prospects of the implementation of new approaches to the organization of physical culture and sports in the territorial communities of Ukraine **19**

3. Zinaida Burova, Maksym Gudzenko, Leonid Vorobiov, Andrii Makeev

Methods and devices for researching the energy value of food products..... **34**

4. Viktor Sarana, Vasyl Sereda

Multi-criterion selection of wolf mixers **56**

5. Alona Altanova, Tetyana Korolyova

Efficacy of adaptogens in preventing and correcting stress-induced conditions..... **72**

6. Valentyna Korniyenko, Olena Ladogubets, Kateryna Duchenko, Ivan Harkusha, Alona Altanova

Study of the impact of newly synthesized chemical compounds with antihypoxic activity on life expectancy under hypoxia conditions (on the example of xanthine derivatives)..... **95**

УДК 796.011.3

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2023.7>**ЗАЛУЧЕННЯ СТУДЕНТІВ АГРАРНИХ ВУЗІВ ДО ЗАНЯТЬ ФІЗИЧНИМ ВИХОВАННЯМ НА ОСНОВІ ЇХНІХ ПОТРЕБ У РУХОВІЙ АКТИВНОСТІ****Бринзак Сава Савович,***Кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент,*<https://orcid.org/0000-0003-4454-2154>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України, 03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна.***Костенко Микола Петрович,***Кандидат педагогічних наук, доцент,*<https://orcid.org/0000-0003-4999-1602>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України, 03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна.*

Анотація. В статті розглядаються питання залучення студентів аграрних вузів до занять фізичним вихованням з урахуванням їхніх потреб у руховій активності. Аналізуються важливі аспекти цього процесу, включаючи індивідуальні потреби та інтереси студентів, створення сприятливих умов для занять фізичною активністю, моніторинг та підтримку студентів у їхній фізичній активності, а також співпрацю між адміністрацією вузу та студентськими організаціями. Стаття має на меті вивчення у студентів формування мотивації до занять фізичним вихованням на основі врахування їхніх потреб у руховій активності. В дослідженні використані аналіз та узагальнення літературних даних, методи педагогічного спостереження, опитування та проведено педагогічний експеримент. В експерименті взяли участь 180 студентів 1-го та 2-го курсів, які були поділені на контрольну групу, де займалися фізичним вихованням за системою загальної програми та експериментальну групу, в якій зі студентами проводилися заняття фізичним вихованням на основі врахування їхніх потреб у руховій активності. Визначено мотиваційно-ціннісне ставлення студентів до занять фізичним вихованням та виділено такі компоненти: руховий, емоційно-вольовий та когнітивний. Критеріями оцінки сформованості рухового компоненту був рівень розвитку фізичних якостей; емоційно-вольового – задоволеність студентів заняттями фізичним вихованням; когнітивного – прояв активності та інтересу до регулярних занять фізичним вихованням. Робота зі студентами у експериментальній групі змінила їхнє ставлення до занять фізичним вихованням. Кількість студентів в експериментальній групі з пасивно-негативним рівнем знизилася (на 11,9 %). Зменшилося, хоч і незначно, кількість студентів з індіферентно-нестійким рівнем (на 6 %). У той же час, збільшилася кількість студентів з позитивно-стійким рівнем (на 17,9 %).

Разом із мотиваційно-ціннісними компонентами ставлення визначалися й рівні потреб студентів у руховій активності: пасивно-негативний; індиферентно-нестійкий; позитивно-стійкий.

У ході дослідження встановлено, що проведення занять з урахуванням потреб студентів у руховій активності, позитивно змінило їхнє ставлення до фізичного виховання та спорту, покращилося відвідування занять.

Ключові слова: *фізичне виховання, студенти, мотивація, рухова активність.*

INVOLVEMENT OF STUDENTS OF AGRICULTURAL UNIVERSITIES IN PHYSICAL EDUCATION BASED ON THEIR NEEDS IN MOTION ACTIVITY

Sava Brynzak,

Candidate of Sciences in physical education and sports, associate professor,

<https://orcid.org/0000-0003-4454-2154>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

03041, Heroiv Oborony str. 15, Kyiv, Ukraine.

Mykola Kostenko,

Candidate of pedagogical sciences, associate professor,

<https://orcid.org/0000-0003-4999-1602>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

03041, Heroiv Oborony str. 15, Kyiv, Ukraine.

Abstract. *The article examines the issue of involving students of agricultural universities in physical education, taking into account their needs in physical activity. Important aspects of this process are analyzed, including individual needs and interests of students, creating favorable conditions for physical activity, monitoring and supporting students in their physical activity, as well as cooperation between the university administration and student organizations. The article aims to study the formation of students' motivation to engage in physical education based on taking into account their needs in motor activity. The analysis and generalization of literary data, methods of pedagogical observation, surveys, and a pedagogical experiment were used in the research. 180 students of the 1st and 2nd years took part in the experiment, who were divided into a control group, where they were engaged in physical education according to the system of the general program, and an experimental group, in which physical education classes were conducted with students based on taking into account their needs in motor activity. The motivational and value attitude of students towards physical education classes was determined and the following components were identified: motor, emotional-volitional and cognitive. The criteria*

for evaluating the development of the motor component was the level of development of physical qualities; emotional-volitional - students' satisfaction with physical education classes; cognitive - manifestation of activity and interest in regular physical education classes. Work with students in the experimental group changed their attitude to physical education.

Together with the motivational and value components of the attitude, the levels of students' needs in motor activity were determined: passive-negative; indifferently unstable; positively stable.

In the course of the study, it was established that the conduct of classes taking into account the needs of students in motor activity positively changed their attitude to physical education and sports, and attendance at classes improved.

Keywords: physical education, students, motivation, physical activity.

Вступ

У сучасному світі здоров'я та активний спосіб життя стають дедалі більш актуальними питаннями, особливо серед молоді, що має велике значення для майбутнього країни. Особливо важливо враховувати ці аспекти у сфері аграрної освіти, де студенти проводять багато часу у навчальних аудиторіях, лабораторіях та на виробничих полігонах. Проте, сучасні студенти, зокрема студенти аграрних вузів, часто стикаються з викликами, які ставлять під загрозу їхнє фізичне та психічне здоров'я. Тому важливо розглядати питання зацікавлення молоді у заняттях фізичною культурою та спортом на основі їхніх власних потреб у руховій активності.

Важливість даного питання підкреслюється ще й тим, що в останні десятиліття проблема здорового способу життя та фізичної активності відноситься світовою спільнотою до кола глобальних. Серед причин такого стану речей є соціально-економічна та екологічна криза, неефективна стратегія охорони здоров'я

й недоліки в системі освіти, що зумовлюють значне психоемоційне перевантаження й недостатню рухову активність молоді. Власне, незаперечним є той факт, що майбутнє кожної країни, її політичний, аграрний, економічний та культурний рівні залежать від того, наскільки вона піклується про здоров'я та рухову активність підрастаючого покоління, створює сприятливі умови для його повноцінного розвитку, щасливого життя. Існування й діяльність людини в гармонії з навколишнім світом можливе лише за умови забезпечення неперервності освітньо-виховного впливу на особистість. Від того, наскільки успішно вдасться сформува-ти і закріпити у свідомості навички здорового способу життя в молодому віці, залежить в подальшому реальний спосіб життя, що перешкоджає або сприяє розкриттю потенціалу особистості.

Тому є актуальним вивчення важливості залучення студентів аграрних вузів до занять фізичним вихо-

ванням з урахуванням їхніх потреб у руховій активності.

Таким чином визначаючи актуальність залучення студентів аграрних вузів до занять фізичним вихованням на основі їхніх потреб у руховій активності обумовлена ще й такими факторами:

1. По-перше, сучасний ритм життя студентів, особливо тих, хто навчається у вузах аграрного профілю, часто асоціюється зі сидячим способом життя і недостатньою фізичною активністю. Це може призводити до розвитку різних захворювань та порушень здоров'я.

2. По-друге, фізична активність має безпосередній вплив на здоров'я та розвиток особистості студентів. Вона сприяє покращенню фізичної підготовки, зміцненню імунітету, підвищенню працездатності та ефективності навчання.

3. По-третє, здоровий спосіб життя стає все більш важливим аспектом сучасної освіти. Залучення студентів до занять фізичною активністю сприяє формуванню здорового життєвого стилю, що є не менш важливим, ніж навчання фахових дисциплін.

Отже, залучення студентів аграрних вузів до занять фізичним вихованням на основі їхніх потреб у руховій активності має велику актуальність і вимагає системних заходів для забезпечення їхнього здоров'я, ефективного навчання та розвитку як особистостей.

Огляд літератури

Розглядаючи дану проблематику до уваги були взяті роботи вітчизня-

них науковців, серед яких: Мирошніченко В.О., Грибан Г.П., Самохвалова І.Ю., Рибалко П.Ф., Топчієва Г.О., Філатова З.І., Мунтян В.С. та інші.

Заняття студентів фізичним вихованням у вузі можуть стати провідним засобом формування здорового способу життя молоді людини. На думку вітчизняних вчених (Грибан Г.П. 2020, Мусік В.І., Василюк, О.Р. 2022), на сьогоднішній день, в освітньому процесі вузу, якість системи педагогічного впливу на психологію студентів в прищепленні потреби в заняттях фізичними вправами не достатньо.

Самохвалова І.Ю. (2023) розглядала проблему спрямування фізичного виховання студентів через розвиток якостей, важливих для їх майбутньої професійної діяльності. Таким чином, було отримано результати опитування, щодо визначення причин зниження рухової активності студентської молоді. Встановлено, що при виконанні вправ в динамічному і статичному режимах та їх комбінаціях працюють великі групи м'язів або кілька груп м'язів до втоми, що стимулює в них зміни. Як результат виявлено, що застосування методики розвитку силових якостей сприяло суттєвим і позитивним зрушенням за багатьма досліджуваними показниками.

У роботі Рибалко П.Ф., Самохвалова І.І. (2020) показано, що для стимулювання зацікавленості студенток до занять різними видами фізичної активності необхідно використовувати сучасні методики та технології, які спрямовані на формування

інтересу до занять фізичними вправами.

Топчієва, Г.О. (2021) досліджуючи проблему формування мотиваційного ставлення студентської молоді до фізичного виховання, фізкультурно-оздоровчої компетентності та здорового способу життя, встановила, що мотиваційна основа методичної системи фізичної культури студентської молоді це формування позитивного ставлення, сформована потреба в цінності фізичного виховання та спорту, набуття компетентності, потреба в позитивному емоційному статусі, здоровому способі життя для подальшої життєдіяльності.

Досліджуючи вплив рівня фізичної підготовленості студентів 1-2 курсів навчання на мотиваційно-ціннісне ставлення здобувачів освіти ЗВО України до занять з фізичного виховання, зокрема аквафітнесом Філатовою, З. І. та ін. (2023) зафіксовано динаміку змін в стані фізичної підготовленості студентів, що дало можливість спостереження зростання позитивної вмотивованості студентів до особистісного фізичного вдосконалення загалом. Систематизовано дані щодо диференціювання методів викладання предмету, розглянуто шляхи індивідуалізації засобів та можливості підвищення ефективності занять фітнесом у воді. Визначено зміст, форми й методи впливу на вмотивованість до занять з фізичного виховання, зокрема аквафітнесу, шляхом простеження динаміки змін в стані фізичної підготовленості студентів. Таким чином, було з'ясовано, що низька змістовність та якість про-

ведення занять, систематичне невдале виконання студентами наданих вправ, прийомів, рухів, призводить до втрати впевненості в собі, ставить під сумнів доцільність витрат своїх зусиль щодо відвідування занять загалом. Це дослідження показує наскільки важливо підходити до організації занять щоб покращити мотиваційно-ціннісне ставлення студентів до занять з фізичного виховання.

Цікавим до огляду є напрацювання Мирошніченко В.О. (2023), який досліджував шляхи формування мотивації студентів до фізичного виховання з урахуванням майбутньої професійної діяльності. Акцентував увагу, що важливим компонентом у підвищенні ефективності процесу фізичного виховання є мотивація студентів до занять фізичним вихованням професійно-прикладної спрямованості. Врахування мотиваційних особливостей студентів є пріоритетним напрямком під час корекції існуючих програм з фізичного виховання для аграрних закладів вищої освіти. Як вважає автор аграрні заклади вищої освіти здійснюють підготовку фахівців за різними професіями, переважна більшість яких має свою специфіку в аспекті рухової активності, виду й інтенсивності фізичного навантаження. Тому стає очевидною необхідність відходу від традиційного викладання фізичного виховання до посилення мотивації для успішного здійснення освітнього процесу. Однак у останні роки особливості мотивації до фізичного виховання студентів аграрних закладів вищої освіти зумовлені низкою суперечностей, зокрема, між: потребою

суспільства у здорових, фізично розвинених і стресостійких фахівцях аграрної галузі та неналежним рівнем їхньої професійно-прикладної фізичної підготовки й мотивації до її покращення, та можливостями нових підходів до фізичного виховання та розроблення комплексу педагогічних умов, які сприятимуть мотивації студентів аграрних закладів вищої освіти до фізичного виховання.

В одній із робіт Мирошніченка В.О. (2021) досліджено особливості прояву мотивації студентської молоді 1-2 курсів до занять фізичною культурою і спортом. Виявлено суттєві відмінності у мотиваційній сфері юнаків і дівчат. Встановлено, що провідним мотивом у дівчат є мотив фізичного самоствердження, а у юнаків мотив емоційного задоволення. Констатовано підвищення свідомого ставлення до занять фізичним вихованням у хлопців-студентів другого курсу у порівнянні з першокурсниками. З'ясовано чинники, які утримують студентів від занять спортом чи заважають їм. У ході дослідження встановлено взаємозв'язок між фізичною підготовленістю, мотивами та інтересами студентів, що дозволило визначити шляхи формування інтересу і мотивів до занять фізичним вихованням студентів закладів вищої аграрної освіти.

Салатенко І., Харченко С. (2023) досліджуючи сучасні проблеми фізичного виховання студентів економічних спеціальностей, з'ясували, що одним із важливих аспектів професійно-прикладної фізичної підготовки студентів економічних спеціальностей є формування мотивації до

зайняття фізичною активністю за допомогою демонстрації корисності і необхідності цього процесу. Наприклад, студенти можуть бути викликані до того, щоб розуміти, що міцне фізичне здоров'я і відмінна фізична форма не тільки можуть покращити загальний стан здоров'я, але й сприяють підвищенню продуктивності і ефективності праці, а також психологічному стану, що в свою чергу позитивно позначиться на кар'єрних можливостях. Для досягнення цих цілей, система фізичного виховання, зокрема, повинна бути спрямована на формування у студентів вмінь і навичок, які будуть корисні у їх професійній діяльності. Таким чином, засоби підготовки повинні бути узгоджені з вимогами професії. Однак, треба пам'ятати про індивідуальні особливості студентів, їхній стан здоров'я і кар'єрні очікування. З метою підготовки ефективної системи фізичного виховання студентів економічних спеціальностей необхідно враховувати індивідуальний підхід до кожного студента, диференційовані заняття з урахуванням їхнього поточного стану здоров'я і майбутніх кар'єрних очікувань.

Узагальнюючи матеріали оглянутих наукових праць можна виокремити, що однією з причин відсутності цілеспрямованості особистості студента на заняття фізичним вихованням є відсутність чіткого управління викладачами цим процесом та не враховуються потреби молодих людей у руховій активності. Успіх у вирішенні цього питання може бути отриманий лише при відповідній організації занять фізичним вихован-

ням та посиленні внутрішньої мотивації студентів до рухової активності.

Одним з можливих рішень проблеми підвищення інтересу студентів до занять фізичним вихованням може бути урахування їхніх потреб.

Мета дослідження. Вивчення у студентів формування мотивації до занять фізичним вихованням на основі врахування їхніх потреб у руховій активності.

Матеріали та методи

У дослідженні було використано аналіз та узагальнення літературних даних, методи педагогічного спостереження, опитування та проведено педагогічний експеримент. В експерименті взяли участь 180 студентів 1 та 2 курсів Національного університету біоресурсів і природокористування України. Студенти були поділені на контрольну групу, де займалися фізичним вихованням за системою загальної програми та експериментальну групу, в якій зі студентами проводилися заняття фізичним вихованням на основі врахування їхніх потреб у руховій активності.

Результати дослідження

За допомогою анкетування було визначено мотиваційно-ціннісне ставлення студентів до занять фізичним вихованням та виділено такі компоненти: руховий, емоційно-вольовий та когнітивний. Критеріями оцінки сформованості рухового компоненту був рівень розвитку фізичних якостей; емоційно-вольового – задоволеність студентів заняттями фізичним вихованням; когнітивного – прояв

активності та інтересу до регулярних занять фізичним вихованням.

Разом із мотиваційно-ціннісними компонентами ставлення визначалися й рівні потреб студентів у руховій активності: пасивно-негативний; індиферентно-нестійкий; позитивно-стійкий.

За результатами проведених досліджень не було виявлено достовірних відмінностей між студентами експериментальної і контрольної груп за встановленими рівнями потреб та мотиваційних компонентів. Це дозволило розпочати експеримент з однакових позицій.

Далі, на підставі отриманих результатів анкетування за допомогою ієрархічного аналізу студенти експериментальної групи були розділені на 4 підгрупи, в залежності від пріоритетності їх потреб, а контрольної залишились націлені на виконання загальної програми. Розподілені підгрупи були умовно названі наступним чином:

1) «здоров'язбереження» (підтримувати гарне здоров'я, справлятися з щоденними навантаженнями, вміти боротися зі стресом і т. п.);

2) «колективна робота» (отримати задоволення від колективної діяльності, продемонструвати іншим свої здібності, перебувати в центрі подій і т. п.);

3) «спортивне вдосконалення» (брати участь у спортивних змаганнях, освоїти вміння в організації занять фізичними вправами, отримати спортивний розряд, визначити напрямки свого рухового вдосконалення і т.п.);

4) «естетичний вигляд» (виглядати привабливіше, уміти контролювати свою вагу, поліпшити свою фігуру і т. п.).

У кожній групі методика занять передбачала організацію занять, максимально націлену на потреби студентів, які вони хотіли задовольнити в процесі фізкультурно-спортивної діяльності.

У групі «здоров'язбереження» велика увага приділялася інформації про оздоровчий ефект різних вправ та вирішувалися завдання підвищення функціональних можливостей організму.

У групі «колективна робота» студенти часто залучалися до різних фізкультурно-масових заходів, показових виступів та суддівства.

У групі «спортивне вдосконалення» зміст занять базувався, здебільшого,

на матеріалах видів спорту, які культивуються в університеті. Студенти цієї групи часто брали участь у змаганнях різного рівня.

У групі «самовдосконалення» підготовка студентів носила різнобічний характер. Багато уваги приділялося знанням в області теорії і методики фізичного виховання і спорту, вивченню різних методик тренування, дослідження та тестування фізичних якостей.

У групі «естетичний вигляд» заняття будувалися на основі різних фітнес-технологій (аеробіка, шейпінг, ритмічна гімнастика, силовий фітнес).

Проведена, таким чином, робота зі студентами у експериментальній групі змінила їхнє ставлення до занять фізичним вихованням (табл. 1).

Таблиця 1 Зміна потреб студентів аграрного ЗВО у руховій активності на заняттях фізичним вихованням (%)

Групи		Рівні потреб у руховій активності		
		Пасивно-негативний	Індеферентно-нестійкий	Позитивно-стійкий
Контрольна	До експерименту	31,1	36,3	32,6
Експериментальна		29,8	37,1	33,1
Контрольна	Після експерименту	29,2	35,4	35,4
Експериментальна		17,9	31,1	51,0

Кількість студентів в експериментальній групі з пасивно-негативним рівнем знизилася (на 11,9%). Зменшилося, хоч і незначно, кількість студентів з індеферентно-нестійким рівнем (на 6 %). У той же час, збільшилася кількість студентів з позитивно-стійким рівнем (на 17,9%).

У студентів контрольної групи зміни були незначні. Дещо підвищилися показники позитивно-стійкого рівня (на 2,8 %), знизилася показники індеферентно-нестійкого рівня (на 0,9 %). Число студентів з пасивно-негативним рівнем зменшилося незначно (на 1,9 %).

Обговорення

Залучення студентів аграрних вузів до занять фізичним вихованням на основі їхніх потреб у руховій активності є важливим аспектом не лише для їхнього здоров'я, але й для формування здорового способу життя та підготовки майбутніх фахівців у сільському господарстві. Обговорення цієї теми привертає увагу до ряду ключових питань.

По-перше, важливо визначити потреби та інтереси студентів у руховій активності, оскільки вони можуть варіюватися залежно від їхніх індивідуальних характеристик, здоров'я та попереднього досвіду у спорті. Наприклад, деякі студенти можуть бути зацікавлені у фізичних вправах на свіжому повітрі, таких як футбол або волейбол, тоді як інші можуть надавати перевагу індивідуальним видам активності, такі як біг або йога.

По-друге, необхідно створити сприятливі умови для залучення студентів до фізичної активності. Це може включати розвиток інфраструктури спортивних майданчиків на території вузу, організацію спортивних заходів та турнірів, а також надання можливості для участі у різноманітних секціях фізкультурно-спортивного спрямування.

Крім того, важливо забезпечити належний моніторинг та підтримку студентів у їхній фізичній активності, наприклад, за допомогою консультування фахівців з фізичної підготовки,

розробки індивідуальних програм тренувань та підтримки позитивної атмосфери спортивної команди в університетському середовищі.

Нарешті, ефективне залучення студентів до занять фізичним вихованням потребує співпраці між адміністрацією вузу, викладачами та студентськими організаціями, щоб спільно розробляти та впроваджувати програми, які відповідають потребам та інтересам студентської молоді.

Висновок

Результати дослідження літературних даних показали, що залучення студентів аграрних вузів до занять фізичним вихованням на основі їхніх потреб у руховій активності має велике значення для забезпечення їхнього здоров'я та загального благополуччя. Оптимальне використання різноманітних форм і методів фізичної активності допомагає студентам зберігати фізичну та психічну готовність, покращує їхнє самопочуття та знижує ризик розвитку різних захворювань.

Аналіз отриманих результатів експериментального дослідження дозволяє установити, що проведення занять з урахуванням потреб студентів у руховій активності, позитивно змінило їхнє ставлення до фізичного виховання та спорту, покращилося відвідування занять.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Dzenzelyuk, D. O. (2020). Attitude of students of higher education institutions to health-forming components / D. O. Dzenzelyuk, O. O. Pantus, K. V. Plotitsyn. *Scientific journal of the National Pedagogical University named after M. P. Drahomanov*. Series 15: Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sport): coll. of science works Kyiv: M. P. Drahomanov NPU, published. Vol. 3 (123). P. 42–47.
- Filatova, Z. I. (2023). The relationship between students' motivation for aquafitness classes and their level of physical fitness / Z. I. Filatova, M. V. Yevtushok, B. R. Antonevich. *Scientific journal of the National Pedagogical University named after M. P. Drahomanov*. Series 15: Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sport): coll. of science works - Kyiv: Mykhailo Drahomanov State University, Vol. 3K (162). P. 409–413.
- Hryban, G. P. (2020). Ways of forming the system of physical education of students of higher educational institutions of Ukraine. *Physical education*, 83.
- Khomych, A. V., & Khomych, O. G. (2023). Motivational component in physical culture. In *Medico-biological problems of physical education of different population groups: materials of the IX science. practice conference (November 23-24, 2023)*/ed. VV Chyzhik, VA Golub. Kremenets, 120 p. The collection reveals actual physiological, medical, and psychological and pedagogical problems of physical education and sports in various types (p. 91).
- Kolesnik, I., Tereshchenko, I., & Levchuk, T. (2022). Formation of motivation for classes in physical education of students of higher education institutions by means of gymnastics. *Theory and methods of physical education and sports*, (1), 57–61.
- Kozytska, A. P. (2022). Cheerleading as a modern form of improvement of motor activity of students in a higher education institution / A. P. Kozytska, L. P. Pshenichna, O. V. Buleychenko. *Scientific journal of the National Pedagogical University named after M. P. Drahomanov*. Series 15: Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sport): coll. of science works / Under the editorship of O. V. Tymoshenko. Kyiv: M. P. Drahomanov NPU, Vol. 3K (147). P. 181–185.
- Kvasnytsia, I. M., & Bondar, V. V. (2023). Motivational attitude of students of higher education towards motor activity. Section 1. Actual problems of the development of education in the field of tourism, 147.
- Muntyan V. S. (2020). Motivational and value attitude of students to study, physical education and a healthy lifestyle: a comparative analysis / V. S. Muntyan, O. V. Poproshaev. *Scientific journal of the National Pedagogical University named after M. P. Drahomanov*. Series 15: Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sport): coll. of science works / Under the editorship of O. V. Tymoshenko. Kyiv: Publishing House of M. P. Drahomanov NPU. Vol. 5 (125). P. 109–115

Music, V. I., Vasylyk, O. P. (2022). Motivational aspect in the educational process among students of higher educational institutions. In The 5th International scientific and practical conference "Modern and global methods of the development of scientific thought" (October 25–28, 2022) Florence, Italy. International Science Group. 621 p. (p. 389).

Myroshnichenko, V. O. (2023). Peculiarities of the formation of motivation for physical education among students of agrarian institutions of higher education / V. O. Myroshnichenko, S. M. Amelina, O. Yu. Putrov. *Scientific Journal of the National Pedagogical University named after M. P. Drahomanov*. Series 15: Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sport): coll. of science works Kyiv: Mykhailo Drahomanov State University, Vol. 3K (162). P. 269–276.

Myroshnichenko, V. O. (2023). Pedagogical conditions of motivation of students of agrarian institutions of higher education for physical education in the conditions of war / V. O. Myroshnichenko, I. M. Yevtushenko. *Scientific Journal of Mykhailo Drahomanov Ukrainian State University*. Series 15: Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sport): coll. scientific papers / Ed. O. V. Tymoshenko. Kyiv: Mykhailo Drahomanov State University, Vol. 11 (171). P. 128–133.

Rybalko, P. F., & Samokhvalova, I. I. (2020). Analysis of the development of motor skills of female students of higher education institutions by means of sports games in the course of

sectional classes. *Publishing House "Baltija Publishing"*.

Salatenko, I., Kharchenko, S. (2023). Modern problems of physical education of students of economic specialties. Collection of Scientific Papers "SCIENTIA", (October 6, 2023; Valencia, Spain), 92–96.

Samokhvalova, I. Yu. (2023). Methodology for the development of motor qualities of students taking into account their professional training [Electronic resource] / I. Yu. Samokhvalova, S. M. Kharchenko. Prospective directions for the development of physical culture, sports, fitness and recreation: monograph. Riga: "Baltija Publishing". submitted for printing.

Shchekotylyna N.F. (2022). Organization of classes in physical education taking into account the individual characteristics of students / N, F. Shchekotylyna, O. V. Bondarenko. *Journal "Perspectives and Innovations of Science" ("Pedagogy" Series, "Psychology" Series, "Medicine" Series)*. No. 7(12). P. 492–506.

Stadnyk V. V. (2021). Formation of students' motivation for physical activity during physical education during quarantine / V. V. Stadnyk, T. V. Gurtova, V. V. Osinchuk, O. I. Rozhko. *Scientific journal of the National Pedagogical University named after M. P. Drahomanova*. Series 15: Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sport): coll. of science works / Under the editorship of O. V. Tymoshenko. Kyiv: Publishing House of M. P. Drahomanov NPU. Vol. 10 (141). P. 117–120.

Svitlyk V. V. (2020). Development of motor activity of students in ex-

tracurricular forms of physical education classes / V. V. Svitlyk, V. I. Oliyarnyk, M. P. Melnychuk, L. M. Smirnova, S. V. Festryga. *Scientific Journal of the National Pedagogical University named after M P. Drahomanova*. Series 15: Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sport): coll. of science works Kyiv: Publishing House of M. P. Drahomanov National University of Applied Sciences, 2020. Issue 6 (126). P. 92–95.

Topchieva, G. O. (2020). Peculiarities of conducting classes on physical education with students in institutions of higher education / G. O. Topchieva. Current scientific research in the modern world: LVIII International scientific conference, February 26-27, 2020. Pereyaslav: Issue. 1 (57). Part 4. P. 142–146.

Topchieva, G. O. (2021). The formation of the motivational attitude of

student youth towards physical education / G.O. Topchieva. Trends and prospects for the development of science and education in the conditions of globalization: a collection of materials of the International Scientific and Practical Internet Conference, January 29, 2021. Pereyaslav: Grigory Skovoroda University. Vol. 67. P. 446–449.

Vovk, I., Lapshina, G., Lastovetska, K., & Nesterenko, L. (2020). Assessment of the level of physical fitness of students of agricultural specialties. *Physical culture, sport and health of the nation*, (10), 12–19.

Zakharova, O. V., Motuzenko, T. Ye., & Makhno, V. V. (2022). Physical education classes in the process of solving the problem of lack of motor activity of student youth. *Proceedings. Series: Pedagogical Sciences*, (206), 133–140.

Отримано в редакцію 01.11.2023 р., прийнято до публікації 18.12.2023 р.

УДК 796.062

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2023.19>

**ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ
ПІДХОДІВ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ І СПОРТУ
В ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАДАХ УКРАЇНИ**

Костенко Микола Петрович,*Кандидат педагогічних наук, доцент,*<https://orcid.org/0000-0003-4999-1602>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна.***Бринзак Сава Савович,***Кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент,*<https://orcid.org/0000-0003-4454-2154>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна.***Костенко Світлана Валентинівна,***Магістр, спеціальність «Фізична культура і спорт»,*<https://orcid.org/0009-0008-4958-0575>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна.*

***Анотація.** В статті розглядаються основні проблеми змістовних та ефективних реформ в галузі фізичної культури і спорту на шляху євроінтеграції та напрямки впровадження нового підходу щодо організації фізичного виховання в територіальних громадах. Досвід провідних країн свідчить, що залучення населення до регулярної фізичної активності та рекреаційного спорту сприяє економічному зростанню країни завдяки підвищенню продуктивності праці й збільшенню тривалості життя. Розвиток країни в цілому залежить від економічної стійкості та розвитку територіальної громади як соціального осередку. Метою нашого дослідження було визначити необхідність і напрямки реформування фізичної культури і спорту в територіальних громадах. В дослідженні використані аналіз та узагальнення літературних та документальних матеріалів, методи системного та структурно-функціонального аналізу. У ході дослідження виявлено основні перепони на шляху реформування галузі фізичної культури і спорту, а саме: велика роль держави в управлінні спортом, низький рівень участі інституцій громадянського суспільства, відсутність фактичної взаємодії між суб'єктами спортивної сфери, відсутність прозорого підходу в питанні розподілення та використання фінансових ресурсів, що надходять у сферу фізичного виховання та спорту. Визначено шляхи вирішення означених проблем збоку*

держави для територіальних громад: розвиток у регіонах країни сучасної, різноманітної, доступної спортивної інфраструктури для користування всіма верствами населення та організації підготовки спортсменів, проведення спортивних змагань національного та міжнародного рівнів; стимулювання державою суб'єктів сфери спорту щодо надання фізкультурно-оздоровчих послуг населенню; делегування частини функцій управління спортом національним спортивним федераціям України з метою розширення їх автономії; стимулювання розвитку індустрії спорту шляхом меценатства та активного використання програми державно-приватного партнерства; створення умов для запровадження механізму "гроші ходять за послугою" в системі масового спорту та оздоровчого фітнесу на місцевому рівні. Запропоновано впровадження моделі розвитку рекреаційного оздоровчого спорту, фізичної активності та організованого спорту у територіальних громадах через ком'юніті-центри та спортивні клуби.

Ключові слова: фізична культура, спорт, територіальна громада, реформа, громадянське суспільство, спортивна федерація, спортивний клуб.

PROBLEMS AND PROSPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF NEW APPROACHES TO THE ORGANIZATION OF PHYSICAL CULTURE AND SPORTS IN THE TERRITORIAL COMMUNITIES OF UKRAINE

Mykola Kostenko,

Candidate of pedagogical sciences, associate professor,

<https://orcid.org/0000-0003-4999-1602>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony Str.15, Kyiv, Ukraine.

Sava Brynzak,

Candidate of Sciences in physical education and sports, associate professor,

<https://orcid.org/0000-0003-4454-2154>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony Str.15, Kyiv, Ukraine.

Svitlana Kostenko,

Master's degree, specialty "Physical culture and sport",

<https://orcid.org/0009-0008-4958-0575>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony Str.15, Kyiv, Ukraine.

Abstract. The article examines the main problems of meaningful and effective reforms in the field of physical culture and sports on the way to European integration and directions for the implementation of a new approach to the organization of physical education in territorial communities. The experience of leading countries shows that the involvement of the population in regular physical activity and recreational

sports contributes to the economic growth of the country due to increased labor productivity and increased life expectancy. The development of the country as a whole depends on the economic stability and development of the territorial community as a social center. The purpose of our research was to determine the necessity and directions of reforming physical culture and sports in territorial communities. Analysis and generalization of literary and documentary materials, methods of systemic and structural-functional analysis were used in the research. In the course of the study, the main obstacles on the way to reforming the field of physical culture and sports were identified, namely: the large role of the state in the management of sports, the low level of participation of civil society institutions, the lack of actual interaction between the subjects of the sports sphere, the lack of a transparent approach to the issue of distribution and use financial resources coming into the field of physical education and sports. Ways of solving the stated problems from the side of the state for territorial communities have been determined: development of modern, diverse, accessible sports infrastructure in the regions of the country for the use of all strata of the population and organization of training of athletes, holding of sports competitions of national and international levels; stimulation by the state of subjects in the field of sports to provide physical culture and health services to the population; delegating part of the sports management functions to the national sports federations of Ukraine in order to expand their autonomy; stimulating the development of the sports industry through patronage and active use of the public-private partnership program; creation of conditions for the introduction of the "money goes for the service" mechanism in the mass sports and health fitness system at the local level. It is proposed to introduce a model for the development of recreational sports, physical activity and organized sports in territorial communities through community centers and sports clubs.

Keywords: physical culture, sport, territorial community, reform, civil society, sports federation, sports club.

Вступ

В умовах розбудови українського суспільства значну роль відіграє фізична культура, яка є невід'ємним складником загальнолюдської культури, одним із визначальних факторів національного прогресу та здоров'я нації. У сучасному суспільстві все бі-

льше усвідомлюється важливість фізичного здоров'я та активного способу життя.

В контексті сучасних змін питання проведення змістовних та ефективних реформ є актуальним. Слід відмітити, що сфера спорту вимагає реформування, принаймні, з двох причин. Перша – це невідповідність законодавчо закріплених принципів

організації та діяльності спортивної сфери в Україні прийнятим у світі стандартам. Друга – сфера спорту досі існує на принципах економіки соціалізму, яка втратила свою актуальність, перестала існувати як система та факт суспільного життя. І це є суттєвою завадою для сприйняття спорту в якості унікального інструменту розвитку людини, інвестиційно привабливої сфери, конкурентної за ступенем уваги з боку держави не тільки кількістю медалей, але й вкладом у здоров'я співгромадян.

У Національній доктрині розвитку фізичної культури і спорту, затвердженій Указом Президента України від 28 вересня 2004 року N 1148/2004 проголошено систему концептуальних ідей і поглядів на роль, організаційну структуру та завдання фізичної культури і спорту в Україні з урахуванням стратегії розвитку держави та світового досвіду.

У світі склалися три типові моделі взаємовідносин держави та спорту.

Перша модель – радянська, яка зберіглася лише в Північній Кореї та деяких інших авторитарних країнах. Держава за допомогою комісарів жорстко керує спортом, як однією з воєнних ланок, а за невдалі виступи на міжнародних спортивних змаганнях спортсменів відправляють на виховні роботи.

Друга модель – американська, де практично відсутня координуюча роль держави. Американська модель правового регулювання професійного

спорту, як зазначає Туряниця О. О. (2019), має свої характерні особливості: високий ступінь децентралізації та незначну участь держави в управлінні фізичною культурою і спортом, чіткий поділ спорту на аматорський і професійний, автономію спортивних організацій, комерційний принцип в організації професійного спорту. Вона орієнтована на розвиток університетського спорту та побудову великого бізнесу на спорті.

Третя – європейська модель взаємовідносин держави та спорту. Для європейської моделі професійного спорту, як зазначає Нерода Н. А. (2016), характерною є відсутність чіткого поділу між аматорським і професійним спортом. Типовим для європейського професійного спорту є спортивно-комерційний напрям розвитку. Практично в кожній країні Європейського Союзу існує Міністерство молоді та спорту або відповідний державний орган, який формує і реалізує державну політику в галузі. В той же час, там існують спортивні федерації, які мають широкі автономні повноваження. За словами колишнього міністра молоді і спорту України Жданова І.А. (2015), європейська система розвитку спорту є найбільш прийнятною для нас і має бути орієнтиром на перспективу. Відповідного до цього стандарту саме спортивні федерації мають опікуватися розвитком свого виду спорту у територіальних громадах.

Огляд літератури

У розрізі даного дослідження взяті до уваги роботи вітчизняних науковців, серед яких: Приходько В. В., Дорофеєва Т. І., Базенко В. А., Качан О. А., Пристинський В. М. та інші і світові нормативно-правові документи у галузі спорту.

Розвитку фізичної культури та спорту на рівні територіальної громади в умовах децентралізації влади в Україні присвятив своє дослідження Базенко В. А. (2019). Приходько В.В., Дорофеєва Т.І. (2020) обґрунтували необхідність потреби наукової розробки щодо теми розвитку спорту в умовах об'єднаних територіальних громад в Україні. У дослідженнях Прощука Е.П. (2022) проаналізовано правові основи розвитку спорту у провідних країнах світу. Визначено ефективність національних систем управління фізичною культурою і спортом, проаналізовано кращий світовий досвід. Виявлено кращі світові практики та шляхи їх адаптації до вітчизняної специфіки розвитку державного управління фізичною культурою і спортом.

У роботах Макашова В.М. (2021) досліджено діяльність органів місцевого самоврядування в реалізації програм розвитку оздоровчої рухової активності населення. Здійснено функціональний аналіз діяльності держави та органів місцевого самоврядування з питань управління сферою великого спорту та масового спорту крізь при-

зму управлінського циклу (планування, організація, мотивація, контроль). Розглянуто загальні та спеціальні принципи стратегічного планування у сфері оздоровчої рухової активності населення як окремого самостійного напрямку діяльності органів місцевого самоврядування.

Качан О. А., Пристинський В. М. (2022) зосередили увагу на обґрунтуванні концепції «Спорт заради розвитку» у фізкультурно-оздоровчій і спортивно-масовій роботі закладів загальної середньої освіти. У напрямку євроінтеграції обґрунтовано доцільність впровадження в навчально-виховний процес різноманітних форм та методів, які сприятимуть оновленню й удосконаленню змісту уроків фізичної культури, фізкультурно-оздоровчих і спортивно-масових заходів в режимі шкільного дня, позакласних і позашкільних форм роботи з учнями закладів загальної середньої освіти.

У державах із розвинуеною демократією основними пріоритетами політики щодо спорту є широке залучення молодих людей до суспільного життя. Це здійснюється через участь у спортивних та молодіжних організаціях, включення у процеси прийняття рішень, децентралізацію управління через підтримку й організаційний розвиток інституцій спорту та молоді. Однак, робіт які б торкалися проблеми організації фізичної культури і спорту в територіальних громадах в умовах євроінтеграції недостатньо.

Мета дослідження. Метою нашого дослідження було визначити необхідність і напрямки реформування фізичної культури і спорту в територіальних громадах.

Матеріали та методи

Вивчення, аналіз науково-методичної й спеціальної літератури та аналізу документів було проведено з метою виявлення проблеми і перспективи впровадження нової концепції організації фізичної культури і спорту в територіальних громадах України. Використовуючи методи системного аналізу, структурно-функціонального аналізу були запропоновані напрями реалізації євроінтеграційного підходу щодо управління і організації фізичної культури і спорту в територіальних громадах.

Результати дослідження

Україна задекларувала у своїх стратегічних документах та державних програмах важливість формування здорової нації та активне залучення молоді.

У документі Кабінету Міністрів України № 1089 («Про затвердження Стратегії розвитку фізичної культури і спорту на період до 2028 року», 2020) зазначено, що в 2019 році кількість осіб, які були охоплені фізкультурно-оздоровчою та спортивною діяльністю, становила 14,7% від усього населення країни, водночас як у Європі в середньому цей показник становить 40%.

Можна відзначити, що низький рівень фізичної активності українців

негативно впливає не лише на фізичне та психічне здоров'я й добробут, а й безпосередньо на економіку України.

По-перше, спорт корисний для здоров'я, як наслідок, людина менше відсутня на роботі у зв'язку з хворобами, поганим фізичним і психоемоційним самопочуттям.

По-друге, спорт сприяє скороченню презентизму через вплив фізичної активності на психічне здоров'я.

Залучення до регулярної фізичної активності та рекреаційного спорту може стати драйвером економічного зростання України, і завдяки створенню нових ланцюжків доданої вартості, споживання, виробництва товарів та послуг, будівництва та модернізації об'єктів спортивної інфраструктури, і завдяки підвищенню продуктивності праці й збільшенню тривалості життя.

Водночас в Україні відсутній системний якісний моніторинг рівня фізичної активності населення, тому актуальні дані отримати майже неможливо.

До початку повномасштабного вторгнення Російської Федерації в Україну у сфері спорту діяли такі візійні та стратегічні документи:

- Стратегія розвитку фізичної культури і спорту на період до 2028 року («Про затвердження Стратегії розвитку фізичної культури і спорту на період до 2028 року», 2020);

- Концепція розвитку щоденного спорту в закладах освіти («Про затвердження Концепції розвитку щоденного спорту в закладах освіти», 2021);

- Концепція розвитку громадянської освіти («Про схвалення Концепції розвитку громадянської освіти в Україні» 2018);

- Державна програма з розвитку фізичної культури і спорту, чинна з 2017 року («Про затвердження Державної цільової соціальної програми розвитку фізичної культури і спорту», 2017).

Приєднання України до Розширеної часткової угоди про спорт (EPAS) Ради Європи, зобов'язує впровадження ряду демократичних змін. Основною метою реформування є необхідність законодавчого закріплення системи функціонування та розвитку сфери фізичного виховання та спорту в умовах ринкової економіки.

Завданнями, що потребують вирішення, є:

- 1) Приведення сфери фізичного виховання та спорту до стандартів, визначених в Олімпійській хартії, Міжнародній хартії фізичного виховання та спорту, Спортивній хартії Європи.

- 2) Забезпечення дотримання принципу децентралізації влади з максимальним делегуванням повноважень у сфері фізичного виховання та спорту регіонам та громадянському суспільству.

- 3) Подолання корупції в системі спорту, запровадження механізмів, що унеможливають корупцію в системі спорту.

- 4) Забезпечення розвитку громадянського суспільства в Україні, зокрема через розвиток спортивних організацій.

- 5) Створення такого режиму перехідного періоду, при якому реформування відбуватиметься зі збереженням або подальшим збільшенням обсягів фінансування, обумовленим забезпеченням позитивних результатів у сфері соціальних, економічних наслідків.

- 6) Здійснення імплементації до національного законодавства антидопінгових правил та стандартів, закріплених у Антидопінговій конвенції, Міжнародній конвенції про боротьбу з допінгом у спорті, Всесвітньому антидопінговому кодексі тощо.

- 7) Забезпечення реалізації державної політики у сфері спорту через державну підтримку сфери фізичного виховання та спорту із застосуванням принципів рейтингування в спорті вищих досягнень та адресної фінансової допомоги в сфері масового спорту.

- 8) Забезпечення діяльності сфери фізичного виховання та спорту джерелами фінансування.

Такий підхід значно розширить звичне сприйняття спорту в Україні, коли спорт – це не лише для обраних, це слугує інструментом досягнення суспільного блага.

В Україні функцію формування та реалізації державної політики, зокрема у сфері фізичної культури і спорту, утвердження української національної та громадянської ідентичності здійснює Міністерство молоді та спорту України – центральний орган виконавчої влади, діяльність якого спрямовується на визначення перспек-

ктив, пріоритетних напрямів та прогнозів розвитку фізичної культури і спорту, забезпечення контролю за дотриманням законодавства у цій сфері, а також здійснення моніторингу програм, проєктів і заходів щодо розвитку фізичної культури та спорту в Україні. На регіональному та місцевому рівнях такі функції виконують відповідні підрозділи органів державної влади та органів місцевого самоврядування у межах своїх повноважень.

Основними проблемами, що потребують вирішення при проведенні реформування, є:

1) Надмірна участь держави в сфері спорту в якості єдиного суб'єкта управління сферою фізичного виховання та спорту. Такий режим функціонування зумовлений необхідністю слідування законодавчо закріпленим правилам організації та управління на принципах соціалістичної економіки планування та непрозорого розподілення ресурсів.

2) Завадою розвитку сфери фізичного виховання та спорту є низький рівень участі інституцій громадянського суспільства. Інституції громадянського суспільства є фактично не задіяні або мають слабкий рівень співпраці з органами державної влади та місцевого самоврядування за рахунок витіснення їх державою як суб'єктом управління спортом.

3) Відсутність фактичної взаємодії між суб'єктами спортивної сфери, або наднизький ступінь такої

взаємодії є наслідком відсутності обов'язкових та прозорих умов та вимог щодо організації спортивного руху на умовах обов'язкового членства у спортивних федераціях з метою провадження змагальної діяльності з виду спорту.

4) Відсутність прозорого підходу в питанні розподілення та використання фінансових ресурсів, що надходять у сферу фізичного виховання та спорту призводить до того, що фінансові ресурси витрачаються за відсутності сформульованих соціальних замовлень, без планування цілей та очікуваних обґрунтованих соціальних та економічних результатів такого фінансування.

Існує прямий конфлікт, коли Міністерство молоді та спорту України одночасно забезпечує формування державної політики у сфері молоді та спорту та адмініструє кошти на їхню реалізацію через власні державні установи. Крім того, для всієї державної системи управління є проблемою відсутність системної незалежної оцінки, прогнозування та аналізу управлінських рішень. Нереформоване відповідно до Стратегії реформування державного управління України, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24 червня 2016 р. № 474 (в редакції розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 грудня 2018 р. № 1102-р), Міністерство не є повноцінним центром формування державної політики, бо змушене відволікатися на велику кіль-

кість адміністративних запитів та контроль за розподілом фінансування. Це своєю чергою негативно впливає на якість розробки та формування кроссекторальної державної політики у сфері молоді та спорту, а також зумовлює фрагментарність її формування. Таким чином, Міністерство молоді та спорту України фрагментарно виконує функції формування державної політики у сфері молоді та спорту, а також займається накопиченням даних, прогнозуванням та аналітикою, не маючи комплексного розуміння розвитку всіх напрямків.

Закон України «Про фізичну культуру і спорт» від 24.12.1993 № 3808-XII («Про фізичну культуру і спорт», 1993-2023) визначає основні засади системи управління спортом, проте наслідує радянську модель управління. На відміну від європейської організації спорту, де діє принцип автономії або ж саморегулювання спортивної діяльності, чинний Закон України «Про фізичну культуру і спорт» встановлює зовсім іншу логіку. Так, у його ст.5 вказано, що в нашій країні спортом повинна керувати держава. Натомість у міжнародній практиці, спорт – це діяльність неурядових організацій. Це зазначено в Олімпійській хартії, де в ст. 5 Преамбули акцентується принцип автономності спортивної сфери. Також у ст. 3 Спортивної хартії Європи передбачається інший спосіб участі держави – такий як підтримка. В ст. 9 Міжнародної хартії фізичного виховання і спорту також говориться про принцип сприяння спорту з боку держави.

За роки незалежності України закон змінювали 25 разів. Він був переписаний і збільшився на 50% у розмірі, але головні тези й норми залишилися без змін. Тому основоположними документами на які мають спиратися пропозиції з відновлення країни у сфері спорту, є документи, у яких закладені фундаментальні зміни для євроінтеграції та побудови політики України у післявоєнний період:

- White Paper on sport 2007 and Action Plan («Біла книга про спорт», 2007);
- Treaty of Lisbon, Article 165 (1,2) («Лісабонський договір та спортивна політика ЄС», 2010);
- Європейська Спортивна Хартія (оновлена у 2021 році за участі України);
- Developing the European Dimension in Sport, 2011 (The European Commission) («Розвиток європейського виміру в спорті», 2011);
- EU Work Plan for Sport (2021-2024) («Робочий план ЄС для спорту», 2021).

В умовах територіальних громад роль управління фізичною культурою і спортом набуває особливого значення, адже це не лише питання забезпечення доступу до спортивних заходів, але й формування інфраструктури, що стимулює активність населення. Фізична культура і спорт мають стати дієвим інструментом, що покращує здоров'я та якість життя населення в цілому та є природним прагненням громадян задовольнити свої потреби у фізичній активності.

З 1 січня 2021 року набрали чинності зміни до наказу Міністерства молоді і спорту України «Про затвердження Положення про Єдину спортивну класифікацію України» від 11.10.2013 року № 582, прийняті наказом № 1932, які розширюють повноваження органів місцевого самоврядування територіальних громад у сфері фізичної культури та спорту. Відповідно до ст. 89 Бюджетного кодексу України, організація функціонування дитячо-юнацьких спортивних шкіл, інших закладів спорту і туризму, які розташовані на території громад, здійснюється органами місцевого самоврядування цих громад. Виконавчі органи відповідних рад також організовують участь вихованців цих закладів у спортивних змаганнях.

Згідно місії державної Стратегії розвитку фізичної культури і спорту на період до 2028 року для територіальних громад заплановано виконання таких заходів:

1) розвиток у регіонах країни сучасної, різноманітної, доступної спортивної інфраструктури для користування всіма верствами населення та організації підготовки спортсменів, проведення спортивних змагань національного та міжнародного рівнів;

2) стимулювання державою суб'єктів сфери спорту щодо надання фізкультурно-оздоровчих послуг населенню;

3) делегування частини функцій управління спортом національним спортивним федераціям України з метою розширення їх автономії;

4) стимулювання розвитку індустрії спорту шляхом меценатства та активного використання програми державно-приватного партнерства;

5) створення умов для запровадження механізму "гроші ходять за послугою" в системі масового спорту та оздоровчого фітнесу на місцевому рівні.

На органи місцевого самоврядування покладаються такі функції:

1) зобов'язані здійснювати підтримку та сприяння розвитку сфери фізичного виховання та спорту;

2) повинні сприяти та підтримувати розвиток фізичного виховання та спорту шляхом здійснення фінансової, організаційної, матеріально-технічної, інвестиційної підтримки тощо;

3) повинні забезпечувати рівний доступ всіх суб'єктів сфери фізичного виховання та спорту до підтримки органами місцевого самоврядування;

4) головним напрямом підтримки у масовому спорті органами місцевого самоврядування повинна стати адресна фінансова допомога дітям, підліткам молоді з правом визначення категорій осіб, які потребують такої допомоги.

Обговорення

У межах Національного плану відновлення та розбудови України запропоновано упровадження проєкту «Спорт крізь життя». Головне завдання якого досягти високого рівня фізичної активності українців, як у шкільному, так і в зрілому чи похилому віці. Проєкт направлений на реалізацію таких ініціатив:

1) Спорт є невіддільною частиною суспільного життя.

2) Українські атлети – взірці здорової та успішної людини з активною публічною позицією.

3) Колишні спортсмени мають безліч можливостей знайти себе в різноманітних напрямках фізичної культури: у спорті, фітнесі, на тренерських та керівних посадах у міжнародних організаціях та клубах, після закінчення активної кар'єри.

4) В Україні можна здобути якісну менеджерську, тренерську освіту, освіту з фізичної реабілітації тощо, яка високо цінується у світі.

5) Національна рамка кваліфікацій України повністю відповідає The European Qualifications Framework for lifelong learning (EQF) у спорті й визнається в більшості країн світу. Long Term Athlete Development (LTAD) система підготовки стала базовою в Україні й приносить результати.

6) Дворівнева система (з державного та місцевих бюджетів 50/50) стимулювання дитячо-юнацького спорту – “Гроші ходять за спортивною послугою”, яка має бути затверджена Державною програмою базових державних гарантій.

На шляху євроінтеграції Україні необхідно провести повну синхронізацію з європейськими стандартами та нормами закріпленими в Treaty of Lisbon, White Paper on Sport. В основу українського спорту необхідно покласти самодостатні демократичні інституції федерації (асоціації) із видів спорту, що складаються зі спор-

тивних клубів (громадських організацій). Вони мають перейняти від держави управлінські та адміністративні функції з розвитку свого виду спорту й відповідають критеріям доброчесності.

Спільно з федерацією клуби будуть займатися проблемними питаннями – навчанням спортивного маркетингу, створенням інфраструктури, навчанням і ліцензуванням тренерів, адвокацією інтересів клубів тощо. Вони є основою спортивних федерацій та започатковують спортивні ліги, програми для ветеранів війни, осіб зі зниженими інтелектуальними здібностями, інвалідністю, із психічними та ментальними проблемами, програми спортивної реабілітації для нарко- та алкозалежних. Такі оновлені спортивні громадські інституції можуть отримувати дофінансування своєї діяльності з державного та місцевих бюджетів на конкурсній основі і відповідно до пріоритетів держави.

Основне завдання держави та місцевих органів влади в Україні – зробити рекреаційний оздоровчий спорт доступним для всіх, тому в їх компетенції залишається розбудова спортивної інфраструктури, зокрема велосипедних маршрутів, підтримка дитячого та інклюзивного спорту. Створення умов для заняття рекреаційним спортом у районних центрах, селах, біля будинків – для молоді, людей похилого віку та активних людей: будівництво багато функціональних спортмайданчиків, міністадіонів, спортивних залів, комплексів

для фізичних вправ. У кожному населеному пункті, в якому проживає понад 20 тисяч осіб має функціонувати заклад фізичної культури та спорту, або спортивний клуб. В усіх великих парках мають бути зони для активного дозвілля. 100% спортивних споруд громадського використання мають бути адаптовані для пересування людей з особливими потребами та маломобільних груп. Такі спортивні центри мають бути відкриті для всіх охочих, графіки занять доступні онлайн, а години можна орендувати через онлайн систему бронювання.

Для розвитку спортивної інфраструктури необхідно створити Концепцію розвитку спортивної інфраструктури з довгостроковим геоплануванням, фінансуванням і розставленими пріоритетами. Вона має бути інтегрована в місцеві програми та Національний план відновлення України. В межах затверджених програм за бюджетні кошти має будуватися лише публічно доступна спортивна інфраструктура, за принципом: спершу для громади з увагою до потреб як чоловіків, так і жінок, людей різних вікових груп, стану здоров'я та з урахуванням попиту потенційних споживачів.

У межах Національного плану відновлення та розбудови України в кожній територіальній громаді має бути заплановано створення багатопрофільного ком'юніті-центру. Такі ком'юніті-центри мають стати фундаментом для змін і надати можливість об'єднати одразу кілька функцій: уроки для школярів, дозвілля молоді, дозвілля місцевої громади. Під час

освітнього процесу спортивними залами таких центрів зможуть користуватися школярі та студенти, проводитися змагання, а після занять тут може займатися місцева громада й спортивні клуби, а також відбуватимуться концерти, нетворкінги й свята. Крім спортивного профілю, такі ком'юніті-центри зможуть забезпечувати культурні та інші освітні потреби місцевих громад.

Запровадження такого підходу підвищить ефективність використання об'єктів зі спортивною функцією, удосконалисть їх фінансову модель та якість надання послуг.

Необхідно запровадити систему погодинної оренди всіх комунальних спортивних об'єктів, що зробить зали, зокрема шкільні, доступними кожному спортивному клубу чи групі ентузіастів. Також ця система ліквідує монополію й виведе з тіні обіг готівкових коштів, які стануть значним внеском у проведення капітальних ремонтів таких залів.

Велику увагу в територіальних громадах необхідно приділити позашкільному розвитку дітей через громадські спортивні клуби в складі шкіл та ком'юніті-центрів. У кожній школі має працювати спортивний клуб, бути наявна відповідна інфраструктура та спорядження, запроваджена система місцевих шкільних ліг.

Такі клуби допоможуть малим містечкам та громадам ефективно залучати дітей (як хлопців, так і дівчат) до спорту. Урок фізичної культури в школах має стати інструментом розрядки для дітей, активної гри, отримання життєво необхідних навичок.

Школи мають стати фундаментом популяризації спорту і формування цінності фізичної активності в житті дитини.

Уся існуюча система спортивних шкіл повинна трансформуватися у спортивні клуби. Спортивні клуби мають стати тими спортивними осередками, які об'єднують спортсменів, тренерів та обслуговуючий персонал спорту та забезпечують їхній зв'язок з відповідною спортивною федерацією. Джерелами формування національних спортивних федерацій та базовим елементом саморегульованої спортивної діяльності. Держава повинна створити оптимальний режим реформування та переходу від існуючих організаційних форм до стандартів діяльності спортивного клубу протягом необхідного для цього періоду.

Висновки

Результати проведеного дослідження дозволяють зробити такі висновки:

1. Реформування галузі фізичної культури і спорту в Україні є нагальною потребою на шляху євроінтеграції.

2. Для розвитку фізичної культури і спорту в Україні необхідно зробити ряд реформ, що неухильно стосується територіальних громад як мі-

сцевих осередків фізичного виховання і впровадження концепції здорового способу життя та рухової активності задля зміцнення суспільного добробуту.

3. Одним із головних кроків нової реформи є відокремлення спорту від держави і запровадження принципу автономії і саморегулювання спортивної діяльності через демократичні інституції федерації (асоціації) із видів спорту, що складаються зі спортивних клубів (громадських організацій).

4. Оновлена модель розвитку рекреаційного оздоровчого спорту, фізичної активності та організованого спорту у територіальних громадах через ком'юніті-центри та спортивні клуби, дозволить залишатись у спорті та регулярно займатись більшої кількості дорослого населення.

5. Реформування фізичної культури і спорту в територіальних громадах потребує комплексного підходу, співпраці між органами місцевого самоврядування, спортивними організаціями, освітніми установами та громадськістю. Тільки таким чином можна досягти значного покращення у цій сфері.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

Bazenko V. A. (2019) *Development of physical culture and sports at the level of the territorial community in the conditions of decentralization of power in Ukraine* (Doctoral dissertation,

National University "Odesa Law Academy", Odesa, Ukraine).

Bondarets Ye. (2023) Theoretical, historical, and normative-legal foundations of public administration of the development of physical culture and

sports in Ukraine. *Public administration and local self-government*, 3, 8-14.

Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0012:FIN:en:PDF>.

Dombrovska S.M. (2020). State regulation of physical culture and sports in Ukraine. Monograph. NUCZU.

European sports charter and human rights in sports: resolutions of the Ministerial Conference. Retrieved from: <https://www.coe.int/uk/web/kyiv/-/european-sports-charter-and-human-rights-in-sport-resolutions-adopted-at-conference-of-ministers>.

Kachan O. A., Prystynskyi V. M. (2022). The concept of "Sports for the sake of development" in physical culture and health and mass sports work of general secondary education institutions. Monograph. Sloviansk: B. I. Matorin Publishing House.

Law of Ukraine No. 2465-IX «On amendments to the Budget Code of Ukraine» (July, 2022). Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2621-19#n228>.

Law of Ukraine No. 3808-XII «On physical culture and sports» (1993, December). Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3808-12#Text>.

Makashov V.M. (2021) Activities of local self-government bodies in the implementation of programs for the development of healthy physical activity of the population. *Public administration aspects*, 9 (1), 63-71.

Neroda N.A. (2016) Characteristics of the European model of professional sports and its differences from American. *Sports science Ukraine*, 2 (72), 68-72.

Order of the Ministry of Youth and Sports of Ukraine No. 582 «On the approval of the Regulation on the Unified Sports Classification of Ukraine» (2013, October). Retrieved from:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1861-13#Text>.

Prihodko V.V., Dorofeeva T.I. (2020) Justification of the scientific development of the topic of sports development in the conditions of united territorial communities. *Physical culture, sport and health of the nation*, 2, 197-203.

Proshchuk E.P. (2022) European experience of theoretical and methodological approaches to state management of physical culture and sports. *Law and public administration*, 1, 189-196.

Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated No1089. «On approval of the Strategy for the development of physical culture and sports for the period up to 2028» (2020, November). Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1089-2020-%D0%BF#Text>.

Rybchych I.Ye. (2014) Organizational and legal principles of regulating the development of physical culture and sports in the public administration sphere. *Analytics and government: a journal of expert-analytical materials and scientific works of the Institute of Problems of Public Administration and Local Self-Government of the National Academy*

of Public Administration under the President of Ukraine. Kyiv: NAPA, 9, 66-71.

Strategy for reforming public administration of Ukraine. Retrieved from:

https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/reform%20office/01_strategy_ukr.pdf

The National Plan for Reconstruction and Development of Ukraine. Retrieved from: <https://recovery.gov.ua/project/program/develop-culture-and-sport-systems>.

Turyanytsia O.O. (2019) American model of professional sports: features of

constitutional and legal regulation. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod National University, PRAVO*, 58 (1), 85-88.

White Paper on sport 2007 and Action Plan. Retrieved from: https://www.msmt.cz/uploads/Areas_of_work/sport_and_youth/Bila_kniha_sport_eng.pdf.

Zhdanov I.O.(2015) "The European model of sports development is the most acceptable for Ukraine". Retrieved from: <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/igor-zhdanov-yevropejska-model-rozvitku-sportu-naj/>

Отримано в редакцію 26.10.2023 р., прийнято до публікації 15.12.2023 р.

УДК 664:536.62

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2023.34>

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЦІННОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Бурова Зінаїда Андріївна,

Кандидат технічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-4712-6298>,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна.*

Гудзенко Максим Миколайович,

Кандидат технічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0001-7959-3627>,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна.*

Воробйов Леонід Йосипович,

Доктор технічних наук, старший дослідник,

<https://orcid.org/0000-0001-7958-6996>,

*Інститут технічної теплофізики НАН України,
03680, вул. Марії Капніст 2а, м. Київ, Україна.*

Макєєв Андрій Володимирович,

Здобувач PhD,

<https://orcid.org/0009-0008-7425-1626>,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна.*

Анотація. *Раціональне харчування є основним фактором забезпечення оптимального фізичного та психічного здоров'я людини. Розроблення збалансованого раціону потребує достовірної інформації про харчову та енергетичну цінність сировини, напівфабрикатів і готових харчових продуктів та страв. Визначення енергетичної цінності харчових продуктів здійснюють декількома способами: хімічним, з урахуванням калорійності окремих складових, кількість яких потребує попереднього визначення, розрахунково-табличним за нормативно-технічними усередненими параметрами, та експериментальним методом прямої калориметрії.*

В роботі показано, що експериментальні дослідження енергетичної цінності харчових продуктів можливо провести із застосуванням спеціалізованих калориметрів згоряння, призначених для вимірювання теплотворної здатності твердого, рідкого та газоподібного палива. Проаналізовано стандартну процедуру визначення теплоти згоряння палив та доведено доцільність її застосування для досліджень калорійності інших видів органічних речовин, зокрема, харчових продуктів. Розглянуто два основні види бомбових калориметрів згоряння, що застосовують для лабораторних досліджень в Україні – рідинний

ентальний калориметр та більш сучасний анероїдний кондуктивний калориметр, описано їх конструктивні особливості та принцип дії, проаналізовано переваги та недоліки.

Проведено апробацію методики визначення енергетичної цінності продуктів на рідинному калориметрі на зразках ковбасних виробів, розроблених за експериментальною рецептурою. Результати досліджень, опрацьовані за авторським алгоритмом, показали адекватність отриманих значень калорійності в межах $\pm 8-10\%$ у порівнянні з відомими показниками. Слід зазначити, що процедура випробувань є досить складною, а кінцеві результати мають низьку точність через значні тепловтрати та дисипацію енергії. Проте, хоча рідинні калориметри вважаються морально та фізично застарілими, ці прилади можна рекомендувати для калориметричних досліджень продуктів та рецептур в умовах навчальних лабораторій.

Застосування безводного кондуктивного калориметра не потребує підготовки дистильованої води та підтримання сталих нормальних умов у лабораторному приміщенні, автоматизація процесів вимірювання й обробки результатів виключає можливі суб'єктивні помилки оператора. Результати досліджень практично чистого вуглеводу – цукру показали збіжність з довідковими даними у межах похибки вимірювання приладу $\pm 3\%$. Прямі калориметричні дослідження на новітньому метрологічно атестованому анероїдному калориметрі згоряння дозволяють визначити енергетичні показники інноваційних харчових продуктів, розроблених за новими рецептурами чи з додаванням нетипових інгредієнтів, з високою точністю, що є незаперечною перевагою та необхідною умовою для наукових досліджень.

Ключові слова: раціональне харчування, енергетична цінність, калорійність, калориметрія, бомбовий калориметр.

UDC 664:536.62

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2023.34>

METHODS AND DEVICES FOR RESEARCHING THE ENERGY VALUE OF FOOD PRODUCTS

Zinaida Burova,

Ph.D., associate professor,

<https://orcid.org/0000-0002-4712-6298>,

National University of Life and Environment Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony str. 15, Kyiv, Ukraine.

Maksym Gudzenko,

Ph.D., associate professor,

<https://orcid.org/0000-0001-7959-3627>,

National University of Life and Environment Sciences of Ukraine,

03041, Heroiv Oborony str. 15, Kyiv, Ukraine.

Leonid Vorobiov,

Doctor of sciences, chief researcher,

<https://orcid.org/0000-0001-7958-6996>,

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine,

03680, Marii Kapnist str. 2a, Kyiv, Ukraine.

Andrii Makeev,

PhD candidate,

<https://orcid.org/0009-0008-7425-1626>,

National University of Life and Environment Sciences of Ukraine,

03041, Heroiv Oborony str. 15, Kyiv, Ukraine.

Abstract. Rational nutrition is the main factor in ensuring optimal physical and mental health of a person. The balanced diet development requires reliable information about the nutritional and energy value of raw materials, semi-finished products, and ready-made food products and dishes. Determining the energy value of food products is carried out in several ways: chemical, taking into account the caloric content of individual components, the amount of which requires preliminary determination, calculation, and tabulation according to normative and technical averaged parameters, and experimental method of direct calorimetry.

This paper shows that experimental studies of the energy value of food products can be carried out using specialized combustion calorimeters designed for measuring the calorific value of solid, liquid, and gaseous fuels. The standard procedure for determining the combustion heat of fuels has been analyzed and the expediency of using it for studies of the caloricity of other organic substances, in particular, food products, has been proven. Two main types of combustion bomb calorimeters used for laboratory research in Ukraine are considered – a liquid enthalpy calorimeter and a more modern aneroid conductive calorimeter, their design features and principle of operation are described, and advantages and disadvantages are analyzed.

Approbation of the products energy value measuring technique using a liquid calorimeter is carried out on samples of sausage products developed according to an experimental recipe. The results of the research, processed according to the author's algorithm, showed the adequacy of the obtained caloricity values within 8-10% in comparison with known indicators. It should be noted that the research procedure is quite complicated, and the final results have low accuracy due to significant heat losses and energy dissipation. However, although liquid calorimeters are considered morally and physically obsolete, this device can be recommended for calorimetric studies of products and recipes in educational laboratories.

Using an anhydrous conductive calorimeter does not require distilled water preparation and the maintenance of constant normal conditions in the laboratory room, automation of measurement processes and processing of results excludes possible subjective errors of the operator. The results of studies of practically pure carbohydrate-sugar showed convergence with the reference data within the device measurement

error $\pm 3\%$. Direct calorimetric studies on the newest metrologically certified aneroid combustion calorimeter allow us to determine the energy value of innovative food products, developed according to new recipes or with the addition of atypical ingredients, with high accuracy, which is an undeniable advantage and a necessary condition for scientific research.

Keywords: rational nutrition, energy value, caloricity, calorimetry, bomb calorimeter.

Вступ

Споживання якісних харчових продуктів – запорука здорового розвитку окремої людини і нації в цілому. Наслідки пандемії, війни і соціальні катаклізми, глобальна світова урбанізація – ці виклики і проблеми сьогодення є у фокусі уваги провідних світових організацій, зокрема Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), ЮНІСЕФ (UNICEF), Всесвітньої організації охорони здоров'я (WHO) та ін., основні тези висвітлені у звіті «Стан продовольчої безпеки та харчування у світі 2023» (FAO et al., 2023).

Світова спільнота занепокоєна стрімким зростанням рівня голоду в країнах Африки, Азії та Південної Америки, зумовленим зростанням цін на харчові продукти та енергоносії, знищенням земель сільськогосподарського призначення, що призводить до неможливості забезпечення населення, в першу чергу дітей, повноцінним збалансованим раціоном харчування.

У розвинених країнах Європи, Північної Америки та Азії навпаки, одною з основних загроз здоров'ю суспільства протягом останніх десятиріч фахівці вважають неконтрольоване споживання висококалорійної їжі, фастфуду, солодоців та

газованих напоїв, що поряд з низькою фізичною активністю призводить до збільшення маси тіла, проблем з серцево-судинною системою, органами травлення, ризиків діабету та інших небезпечних для життя захворювань (Kohler et al, 2016; Jackson et al, 2020; Beal et al, 2019).

Метою даної роботи є огляд методів і засобів експериментального визначення калорійності харчових продуктів для подальшого складання збалансованого раціону харчування з врахуванням фізичної активності, фізіологічних особливостей, географічних, вікових, гендерних та ін. факторів.

Огляд літератури

Харчування є єдиним джерелом енергії та всіх необхідних елементів для правильного та повноцінного функціонування організму кожної людини. Визначальними характеристиками усіх харчових продуктів є їх харчова та енергетична цінність.

Харчова цінність об'єднує комплекс властивостей продуктів, що задовольняють фізіологічні потреби людини в енергії та основних поживних речовинах. Як відомо, основними компонентами харчування є білки, жири та вуглеводи (БЖВ), а також різноманітні хімічні сполуки – вітаміни,

мікро- і макроелементи, мінеральні речовини та біологічно активні компоненти. Їх правильне співвідношення в раціоні є важливим для забезпечення організму всіма необхідними поживними речовинами.

Раціональне, фізіологічно повноцінне харчування, збалансоване вживання білків, жирів і вуглеводів, а також збагачення раціону вітамінами та мінералами, є ключем до забезпечення організму всім необхідним для правильного функціонування (Bal-Prylypko et al, 2021; Grygorieva et al, 2023). Фактори надлишку чи недостатності цих поживних речовин можуть суттєво впливати на здоров'я людини.

Білки важливі для будівництва і ремонту тканин, участі в обміні речовин, транспортуванні речовин у крові і функціонуванні імунної системи. Для багатьох людей збалансоване споживання білка здебільшого є безпечним і корисним. Але збільшене споживання білка може викликати надмірне навантаження на нирки та можливі шлунково-кишкові розлади, а його недостатність може призвести до проблем з ростом і розвитком, а також впливати на стан м'язів і кісток. Дефіцит білка також може призвести до проблем із залізом та іншими поживними речовинами.

Жири тваринного походження є важливим джерелом енергії, а також необхідні для поглибленого всмоктування розчинних вітамінів та підтримання здоров'я шкіри. Зайві жири можуть призводити до проблем з серцево-судинною системою, надмірної ваги, а також можуть бути пов'язані з погіршенням психоемоційного стану. Недостатнє споживання жирів може впливати на шкіру, суглоби і психічне

здоров'я, а деякі види жирів є життєво необхідними для нормального функціонування організму, включаючи роботу мозку.

Вуглеводи, зокрема складні, є головним джерелом енергії для організму. Вони важливі для функціонування мозку, м'язів і інших органів. Прості вуглеводи, які швидко піднімають рівень цукру в крові, можуть бути корисними в періоди фізичного навантаження, але повинні споживатися з обережністю. Надмірне споживання вуглеводів може сприяти нагромадженню жиру, розвитку діабету та інших метаболічних проблем. Недостатність вуглеводів призводить до втрати енергії, проблем з концентрацією і пам'яттю, а також до руйнування м'язової тканини.

Стандартною добовою нормою поживних речовин, згідно з рекомендаціями Міністерства сільського господарства США (USDA, 2023) для дієти 2000 ккал вважається 91 г білків, 65 г жирів і 271 г вуглеводів. Основне їх співвідношення знаходиться в тому ж порядку для збалансованого типу метаболізму:

- білки: 30% від калорійності;
- жири: 30% калорійності;
- вуглеводи: 40% від споживання калорій.

Зазначені норми поживних речовин є загальними і можуть варіювати залежно від індивідуальних характеристик організму, фізичної активності та інших факторів. Важливо дотримуватися збалансованого підходу до харчування та враховувати власні потреби.

Енергетична цінність визначається здатністю компонентів у складі харчових продуктів генерувати

енергію, що виявляється у вивільненні теплоти на завершальній стадії окислення речовин під час травлення.

Для продовольчих продуктів розрізняють калорійність нетто і брутто. Калорійність нетто вказує на обсяг БЖВ у масі продукту, яка засвоюється організмом. Брутто-калорійність визначає енергетичну цінність, не залежну від окислювальних факторів інгредієнтів. Калорійність складних харчових композицій залежить від їх складу, рецептури, вибору сировини з різною енергетичною цінністю та технологічних процесів виробництва. Продукти, багаті на жири та вуглеводи, є найбільш калорійними.

Споживання енергії (калорій) має бути збалансовано з витратами енергії. За дослідженнями фахівців Всесвітньої організації охорони здоров'я (WHO, 2020), щоб уникнути нездорового збільшення ваги, загальний жир не повинен перевищувати 30% від загального споживання енергії. Споживання насичених жирів має становити менше 10% від загального споживання енергії, а споживання транс-жирів – менше 1% від загального споживання енергії, причому споживання жирів має бути відведене від насичених жирів і транс-жирів до ненасичених жирів, а також для досягнення мети виключення транс-жирів промислового виробництва.

В сучасному світі люди, які намагаються досягти або підтримувати здорову вагу, ведуть щоденники харчування та підраховують калорійність страв, що споживають протягом дня. Є різні способи отримати інформацію про поживну цінність харчових продуктів. Згідно загальносвітових норм і правил, інформацію щодо складу

харчової продукції можна дізнатись з етикетки на споживчих упаковках, або знайти у відкритих в Інтернет-джерелах. Крім того, наразі існує величезна кількість мобільних застосунків та програм, які надають підрахунок калорій та інші харчові дані як для простих продуктів, так і для готових страв.

З наукової точки зору достовірність цих даних може бути піддана сумніву з багатьох об'єктивних причин. Наразі фахівці виділяють декілька факторів ймовірних відхилень та похибок, основні з яких розглянемо докладніше.

Джерела інформації. Достовірну інформацію щодо кількості калорій та поживні речовини для харчових продуктів можна отримати з офіційних джерел, наприклад, онлайн-бази даних Міністерства сільського господарства США (USDA, 2023). В Україні такої бази даних наразі немає. Численні програмні застосунки засновані на системі штучного інтелекту, що обробляє і узагальнює масиви даних, завантажених іншими споживачами, відповідно, точність результатів також залишається під питанням.

Етикетки харчових продуктів. Отримувати достовірну інформацію про харчовий продукт, його склад та калорійність – одне з основних прав споживача (Law of Ukraine No. 1023-XII, No. 2639-VIII). Етикетка харчової цінності на упакованих харчових продуктах, що продаються в США, регулюється Управлінням з Продовольства і Медикаментів (FDA, 2023) і може вважатися надійним джерелом. Однак, згідно з правилами FDA дозволені деякі варіації в заявленій кількості калорій. Дослідження

підтвердили, що комерційно приготована їжа має відхилення в заявленій кількості калорій і може відрізнятися від вказаної на етикетці до $\pm 20\%$ (Yue Huang et al., 2019).

Спосіб приготування. Фізичний чи тепловий вплив може змінити енергетичну цінність готового продукту у порівнянні з необробленим. У дослідженні, проведеному на горіхах (Nikodijevic et al., 2023), наприклад, показано збільшення метаболізованої енергії та оцінено біодоступність ліпідів залежно від фізичної форми (цілі горіхи, подрібнені або перемелені у борошно) та теплової обробки (натуральне ядро, смажене або пастоподібне).

Неточності у закладах громадського харчування. Дослідження Американської медичної асоціації виявило, що багато закладів громадського харчування занижують калорійність приблизно 20% своїх страв. Крім того, було зазначено, що це заниження частіше трапляється в продуктах, які позначені як низькокалорійні або придатні для дієтичного харчування. В Україні дія Закону № 2639-VIII поширюється на всі харчові продукти, що як постачаються, так і реалізуються у галузі громадського харчування, тож маємо законодавчо обґрунтовані підстави вимагати всю необхідну інформацію щодо складу, харчової та енергетичної цінності готової страви у кафе чи ресторані.

Процеси травлення. Цей чинник є важливим, оскільки процес травлення є суб'єктивним і унікальним для кожної людини і залежить від фізіологічних особливостей конкретного організму. Його необхідно враховувати при розробленні

фізіологічно повноцінного раціону харчування людини або групи із врахуванням потреб, особливостей, віку, статі, характеру праці та інших факторів.

Отже, одержання точної і достовірної, науково обґрунтованої інформації для визначення калорійності харчових продуктів, напівфабрикатів, готових страв чи сировини для їх приготування є важливим завданням для забезпечення оптимальних умов здорового існування кожного.

Матеріали та методи

Згідно до встановлених норм законодавства (Law of Ukraine No. 1023-XII, No. 2639-VIII) кожен виробник повинен виконати точний розрахунок харчової та енергетичної цінності виробу та розмістити отримані відомості на упаковці готового продукту чи напівфабрикату. Для розрахунку енергетичної цінності харчових продуктів застосовують наступні методи (Dyachenko et al., 2017):

1. *Хімічний метод:* При цьому методі розрахунок вмісту білків, жирів і вуглеводів здійснюється на 100 грам або 100 мл продукту. Фізична чи фізіологічна енергетична цінність не може перевищувати номінальних показників: 4,0 ккал для білків, 3,75 ккал для вуглеводів і 9,0 ккал для жирів.

2. *Табличний метод:* Схожий на хімічний спосіб, але показник визначається з урахуванням параметрів калорійності, які зазначені в нормативно-технічній документації, такі як довідники, інструкції та ДСТУ.

3. *Фізичний метод:* Це експериментальний метод вивчення теплофізичних властивостей речовин та вимірювання енергетичних ефектів

процесів, який полягає у спалюванні проби речовини відомої маси в спеціальній реакційній посудині (калориметрична бомба) в атмосфері кисню при постійному об'ємі.

Перші два методи передбачають необхідність точних кількісних значень складових продукту, що вимагає попередніх теоретичних розрахунків або досліджень. Дані з довідників (Fedorov et al., 2014; Zheplinska & Vasylyv, 2021), зазвичай представлені для дискретних значень фізичних параметрів речовин, напівфабрикатів або вихідної сировини, або у вигляді емпіричних залежностей цих характеристик для обмежених діапазонів значень температури.

Калориметричні дослідження матеріалів та речовин шляхом прямих вимірювань та моніторингу зміни параметрів температурних і теплових полів у часі гідно зарекомендували себе для визначення основних теплофізичних характеристик продуктів, а саме: коефіцієнтів ефективної теплопровідності, тепловиділення, питомої теплоємності, теплоти випаровування (Burova et al., 2021). Застосування *експериментального методу* калориметричних досліджень дозволяє одразу визначити енергетичні показники інноваційних харчових продуктів, розроблених за новими рецептурами чи з додаванням нетипових інгредієнтів,

але вимагає наявності відповідної інформаційно-вимірювальної системи або приладу – калориметру згоряння (Sarge et al., 2014; Vorobiov, 2018).

Калорійність проби речовини, що визначається в калориметричному дослідженні – це кількість теплоти, яка виділяється в процесі повного згоряння одиниці маси продукту, виміряна в джоулях або калоріях. Розрізняють вищу та нижчу теплоту згоряння речовини, розрахунок яких різниться тим, чи враховують теплоту, що виділяється при конденсації водяної пари при охолодженні продуктів згоряння.

Теплотехнічна схема бомбового калориметра згоряння дискретної дії представлена на рис. 1. Вона містить ядро калориметричної системи, що складається зі спеціальної калориметричної бомби, оточеної рідким або твердим (масивним) високотеплопровідним тілом. Зовні ядро оточено оболонкою, яка забезпечує необхідний режим теплообміну з навколишнім середовищем. Між ядром і оболонкою системи має бути встановлений належний тепловий зв'язок. Підтримання необхідних теплових режимів та отримання первинної вимірювальної інформації забезпечується системою сенсорів температури і теплового потоку.

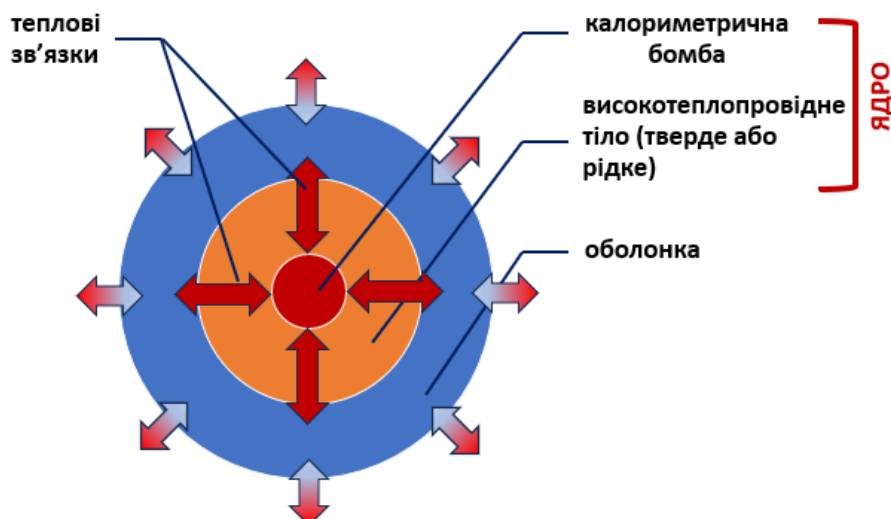


Рисунок. 1. Теплотехнічна схема бомбового калориметра згоряння

Калориметрична бомба є стандартизованим пристроєм (DSTU ISO 1928:2006) і має вигляд циліндричного стакану ємністю близько 0,3 л, виготовленого з нержавіючої сталі, з кришкою, що герметизується. Кришку споряджено штуцерами для заправки киснем під тиском та відведення газоподібних продуктів згоряння. На внутрішній стороні кришки закріплено тримач, в який вставляють тигель з пробой дослідної речовини. Штуцери і тримач одночасно слугують елементами підведення електричного струму до тонкого дроту, за допомогою якого здійснюють підпал проби.

Стандартні бомбові умови згоряння як досліджуваної речовини, так і зразкової речовини – бензойної кислоти, яка використовується під час калібрування калориметру, наступні (DSTU ISO 1928:2006):

- 1) реакція згоряння починається в ізотермічних умовах при температурі 298,15 К при постійному тиску;
- 2) початковий тиск чистого кисню в калориметричній бомбі має

становити 3,04 МПа за температури 298 К;

- 3) маса зразка дослідної речовини розраховується як 3 г на 1 л об'єму бомби;

- 4) кількість води, що вводиться в бомбу перед дослідом для насичення її внутрішнього простору водяними парами, береться з розрахунку 3 г на 1 л об'єму бомби.

На сьогодні найпоширенішим типом калориметрів згоряння є *рідинні ентальпійні прилади* періодичної дії з ізотермічною оболонкою. У таких приладах калориметрична бомба, де відбувається сам процес спалювання, занурена у рідину відомого об'єму (зазвичай це дистильована вода). Теплота, що виділяється під час експерименту, передається цій рідині кондуктивно-конвективним способом, і за зміною її температури визначають значення тепловиділення. Для стабілізації та підтримання сталого теплообміну між основною калориметричною посудиною з рідиною і зовнішнім середовищем використовують додаткову ізотермічну оболонку,

тобто калориметр працює в ізопері-
болічному режимі.

Схему конструкції типового рі-
динного калориметра (DSTU ISO
1928:2006) показано на рис. 2.

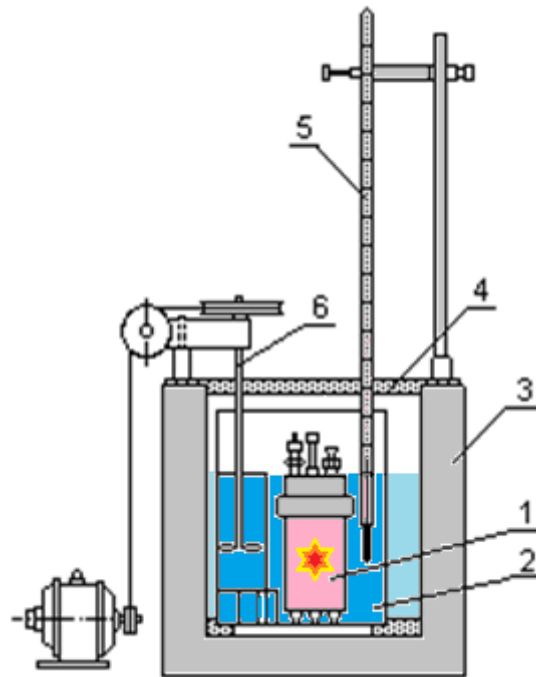


Рисунок 2. Рідинний ентальпійний калориметр:

1 – калориметрична бомба; 2 – калориметрична посудина; 3 – корпус;
4 – кришка; 5 – термометр; 6 – мішалка

Калориметричну бомбу 1 встано-
влено у калориметричній посудині 2
ємністю від 2 до 4 л, виготовленої з
тонкої листової латуні з міцним дном.
Внутрішня і зовнішня поверхні посу-
дини поліровані. Посудина 2 ізольо-
вана від дна кожуха підставкою-теп-
лоізолятором, виготовленим з плас-
тику або скла. Корпус 3 являє собою
масивну двостінну металеву ємність з
подвійним дном. Основна його функ-
ція – це ізотермічна оболонка, що за-
хищає калориметричну посудину 2
від флуктуацій потоків повітря і коли-
вань температурно-вологісних пара-
метрів навколишнього середовища.

У калориметрі В08-МА К розро-
бки ТОВ Еталон-прилад, Україна
(В08 МА К – Electronic calorimeter), в
корпусі 3, окрім мішалки 6, розташо-
вані змійовик для охолодження води і
електричний нагрівник, які забезпечу-
ють термостатування оболонки. На-
грівник також розташований в кало-
риметричній посудині 2. Калориметр
В08-МА К призначений для визна-
чення енергії згоряння рідкого, твер-
дого та газоподібного палива в діапа-
зоні від 10 до 40 кДж, зовнішній ви-
гляд представлено на рис.3.



Рисунок 3. Калориметр моделі B08-МА К

Перед початком вимірювань встановлюють необхідні значення температури води в калориметричній посудині і оболонці за допомогою вмонтованих електронагрівників і змішувального теплообмінника. За цією методикою всі вимірювання проводяться у вузькому температурному діапазоні.

У модернізованих рідинних калориметрах в якості первинних

сенсорів температури використовуються платинові термометри опору ТСП, а керування дослідом, реєстрація сигналів вимірювальних сенсорів, опрацювання та видача результатів здійснюються автоматично за допомогою мікропроцесорної системи управління.

Характер зміни температури в калориметричному досліді показаний графічно на рис. 4.

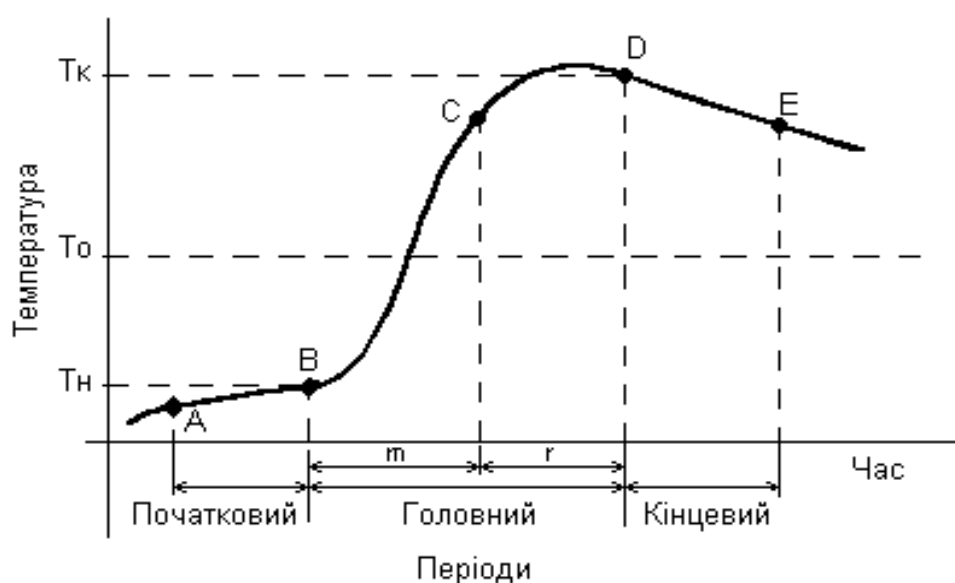


Рисунок 4. Характер зміни температури в калориметричному досліді

Калориметричний дослід розділяється на три періоди:

Початковий період (Initial period): Цей етап відбувається перед спалюванням проби і призначений для обліку теплообміну між калориметричною посудиною та оточуючим середовищем за умов початкової температури досліджу. Після приблизно 10-15 хвилин змішування води вимірюють і реєструють температуру кожні 30 секунд.

Головний період (Main period): Після 5-10 вимірювань підпалюють пробу (точка В), і починається головний етап досліджу. Протягом цього періоду постійно вимірюють і реєструють температуру. У перших 30 секунд головного періоду зростання температури є незначним, оскільки теплота від спалювання проби ще не передалася воді в калориметрі. Потім

температура води швидко зростає, досягає максимального значення і поступово зменшується. Головний період вважається закінченим, коли зміна температури води набуває рівномірного характеру (точка С).

Кінцевий період (Final period): Цей етап використовується для обліку теплообміну при кінцевій температурі досліджу. Після точки С вимірюють та реєструють температуру протягом наступного часу (діапазон С – D) з рівномірним зменшенням температури.

Дослідні дані опрацьовують за стандартизованою методикою (DSTU ISO 1928:2006). Питому теплоту згоряння випробуваної аналітичної проби палива q_a обчислюють за формулою:

$$q_a = \frac{C_{EF} \cdot H_T \cdot [(T_K + \Delta H_K) - (T_{II} + \Delta H_{II}) + \Delta T] - q_{ДР} \cdot (M_{ДР1} - M_{ДР2})}{M_{II}} \quad (1)$$

де C_{EF} – ефективна теплоємність (тепловий еквівалент) калориметра;

T_{II} і T_K – початкове і кінцеве значення температури головного періоду;

ΔH_{II} і ΔH_K – поправки до показів термометра відповідно при значеннях температури T_{II} і T_K ;

ΔT – поправка на теплообмін калориметричної посудини з оболонкою;

$q_{ДР}$ – питома теплота згоряння дроту для підпалу;

$M_{ДР1}$, $M_{ДР2}$ – маси дроту підпалу до і після спалювання;

M_{II} – маса проби дослідної речовини;

H_T – значення поділки шкали термометра в градусах.

Поправку на теплообмін ΔT обчислюють за формулою:

$$\Delta T = (\eta_1 + \eta_2) \times \beta_1 / 2 + \eta_2 \times \beta_2, \quad (2)$$

де η_1 – середня зміна температури за 30 с в початковому періоді;

η_2 – середня зміна температури за 30 с в кінцевому періоді;

β_1 – число півхвилинних проміжків головного періоду з швидким підйомом температури (0,3 К і більше);

β – число півхвилинної проміжків головного періоду, не віднесених до β_1 .

Проведення досліджень у рідинних ентальпійних калориметрах має ряд суттєвих недоліків. Характерними джерелами похибки є необхідність точного зважування робочої речовини (води) перед кожним дослідом, випаровування води в процесі досліду, тертя в підшипниках мішалки, теплопередача по мішалкам. Але основним недоліком рідинного калориметра згоряння є значні тепловтрати, їх облік та визначення поправок вимагає ретельного моніторингу температурних параметрів кожні 30 с протягом усього процесу як до підпалу проби, так і після її згоряння і завершення процесу теплообміну між калориметричною бомбою і рідиною в калориметричній посудині. У більшості старих моделей рідинних калориметрів, де відсутня система автоматичного спостереження і реєстрації даних, це значно ускладнює калориметричний дослід та знижує точність отриманих результатів.

Більш сучасним є безводний (анероїдний) кондуктивний бомбовий калориметр (Vorobiov, 2018). «Сухі» бомбові калориметри не вимагають використання дистильованої води та особливих умов температури та вологості. Це робить їх менш залежними від зовнішніх факторів та дозволяє їх

використовувати в різних умовах лабораторного середовища. Нормовані метрологічні характеристики бомбових калориметрів згоряння відповідають сучасним вимогам стандартів. Автоматизація вимірювань та обробки результатів полегшує роботу оператора та зменшує вимоги до його кваліфікації. Це також призводить до більш точних та неупереджених результатів завдяки виключенню суб'єктивних помилок.

Принципова схема теплового блоку масивного безводного калориметра приведена на рис. 5. Ядро калориметричної системи утворюють калориметрична бомба 2 з нержавіючої сталі і циліндр 3 з високотеплопровідного 5 матеріалу (міді чи алюмінію), що охоплює її. Пробу дослідної речовини 4 розміщують у камері згоряння калориметричної бомби, яку щільно закупорюють за допомогою кришки притискною гайкою. Калориметричну систему розміщують в теплоізоляційній оболонці 1, яка забезпечує адіабатні умови проведення дослідів. Охолодження бомби після проведення вимірювань можна організувати різними способами: повітряною конвекцією або за допомогою елементів Пельтьє.

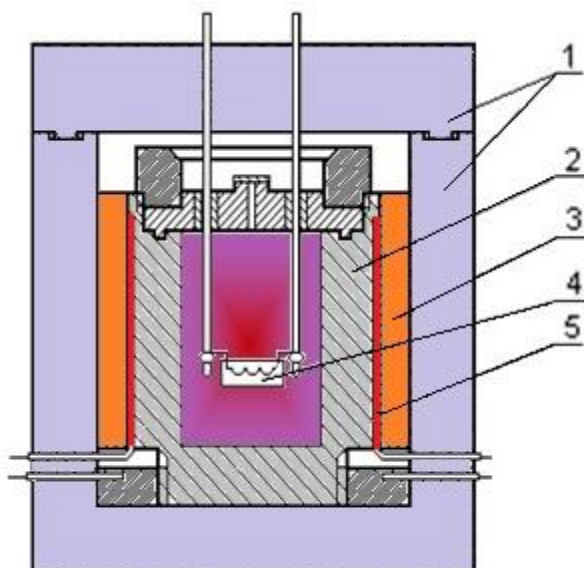


Рисунок 5. Безводний кондуктивний бомбовий калориметр:

- 1 – теплоізоляційна оболонка; 2 – калориметрична бомба;
3 – масивний циліндр; 4 – проба речовини;
5 – теплометрична оболонка (сенсор)

Принцип роботи безводного кондуктивного бомбового калориметра наступний. При спалюванні проби дослідної речовини в калориметричній бомбі 2 теплота, що виділяється, відводиться крізь теплометричну оболонку 5 – первинний вимірювальний сенсор, що має вигляд циліндричної допоміжної стінки. Спеціалізований термоелектричний біметалічний сенсор теплового потоку генерує електричний сигнал, пропорційний потужності теплового потоку, що пронизує його. Цей сигнал автоматично реєструють та інтегрують протягом усього часу проведення калориметричного дослідження до моменту відновлення стаціонарного режиму у калориметричній системі.

Одною з найсучасніших розробок в Україні є квазідиференціальна калориметрична вимірювальна система серії КТС (Patent 101716 UA), призначена для вимірювання теплоти згоряння твердих, рідких і газоподібних органічних речовин діапазоні від 10 до 35 кДж, похибка вимірювань не більше $\pm 0,1\%$. До складу системи входять (рис. 6): бомбовий анероїдний ізопериметричний калориметр теплового потоку, в якому реалізована описана вище принципова тепловимірювальна схема; електронно-обчислювальний блок, дві універсальні реакційні посудини – калориметричні бомби БКУ-2 (DSTU ISO 1928:2006) та сервісне обладнання.



Рисунок 6. Інформаційно-вимірювальна калориметрична система КТС

У порівнянні з водяними калориметрами анероїдні вимірювальні системи (рис. 6) мають незаперечні переваги, зокрема:

- не вимагається дотримання сталого температуро-вологісного режиму в лабораторному приміщенні;
- вимірювальну комірку теплового блоку розроблено та виготовлено відповідно до форми і розмірів калориметричної бомби для її прецизійного позиціювання та забезпечення надійного теплового контакту дотичних поверхонь бомби і комірки;
- не вимагають застосування дистильованої води та її точного зважування.

У калориметрах типу КТС передбачено два способи визначення повної теплоти згоряння проби речовини Q : інтегральним і балістичним. За першим способом теплота згоряння пропорційна інтегральному значенню

сигналу сенсора (теплометричної оболонки) за проміжок часу від підпалу до відновлення стаціонарного режиму, а в другому випадку – максимальному значенню цього сигналу.

Основний метод – це інтегральний спосіб, який забезпечує найменшу похибку вимірювання, але при цьому час проведення експерименту збільшується. Тривалість вимірювань визначається часом досягнення стаціонарного режиму в тепловому блоці. Протягом робочого режиму циклічно проводять вимірювання сигналів від теплової оболонки та їх подальше інтегрування. У калориметрі один цикл обробки інформації складає $\Delta t_c = 1$ с. Кількість циклів не є фіксованою і залежить від різних параметрів.

Визначення повної теплоти згоряння Q інтегральним способом ведеться за формулою:

$$Q = \int_0^t W(t) \cdot dt = A \cdot (1 + \sum E_n) \cdot \sum_{i=1}^c (K_i - K_0) \cdot \Delta t_c, \quad (3)$$

де $W(t)$ – поточне значення теплової потужності,
 t – поточний час випробувань;

$$W(t) = K \cdot (E_{\text{ОСН}}(t) - K_1 \cdot E_{\text{КОМП}}(t)), \quad (4)$$

де $E_{\text{ОСН}}(t)$ і $E_{\text{КОМП}}(t)$ – сигнали сенсорів теплового потоку основної і компенсаційної калориметричної оболонок відповідно;

K і K_1 – градувальний коефіцієнт калориметра і поправочний коефіцієнт компенсаційної оболонки відповідно, занесені в програму обчислень;

A – коефіцієнт перетворення;

$(1 + \sum E_n)$ – множник, що враховує мультиплікативні поправки;

K_i – виміряне значення сигналу від сенсору теплометричної оболонки,

K_0 – усереднене значення сигналу від сенсору теплометричної оболонки за останні 3 хвилини перед підпалом.

Мультиплікативні поправки E_n враховують як методичні, так і інструментальні похибки. Значення множника $A \cdot (1 + \sum E_n)$ визначається експериментально при градуванні калориметра та заноситься в пам'ять мікроконтролера. При проведенні калібрування калориметра значення цього параметра може бути відкоригованим. Кінцеве значення величини Q при вимірюванні інтегральним способом відображається на дисплеї комп'ютера після завершення робочого режиму.

Результати і обговорення

Для експериментального визначення енергетичної цінності харчових продуктів як теплоти згоряння речовини методом прямої калориметрії було проведено серію дослідів з використанням вищеописаних бомбових калориметрів згоряння: рідинного калориметра моделі В08-МА К та анероїдного калориметра серії КТС

Дослідження із застосуванням рідинного калориметра моделі В08-МА К здійснено на базі лабораторії Національного університету біоресурсів та природокористування України.

Для проведення експерименту з визначення калорійності харчових продуктів було надано зразки варених ковбасних виробів з метою дослідження енергетичної цінності ковбасних виробів різних рецептур, що розробляються фахівцями факультету харчових технологій та управління якістю продукції АПК.

За даними з відкритих джерел, калорійність традиційних варених ковбас різниться. Так для дієтичних видів її значення 170 ккал/100 г, «Молочної» та «Лікарської» 252 – 257 ккал/100 г, а для ковбаси вареної вищого сорту «Любительська» 304 ккал/100 г. При цьому зазначають, що варена ковбаса є продуктом, виробленим з м'ясної сировини різного гатунку з додаванням інших інгредієнтів, таких як шпик, рослинний білок, молоко, спеції, сіль, цукор, стабілізатори, підсилювачі смаку та барвники тощо. Тож оскільки цей продукт містить велику кількість жиру, а також може бути джерелом небажаних домішок, він не рекомендований для дієтичного харчування, або рекомендується до вживання в обмеженій кількості. Саме тому фахівці-дослідники

харчової галузі прагнуть знизити калорійність цього улюбленого споживачами продукту із збереженням харчових та смакових якостей (Bal-Prylypko et al, 2016).

Досліди та подальше опрацювання отриманих даних проведено

згідно до вимог методики DSTU ISO 1928:2006. Усереднений вигляд залежності зміни температури калориметрі в часі представлено графічно на рис. 7.

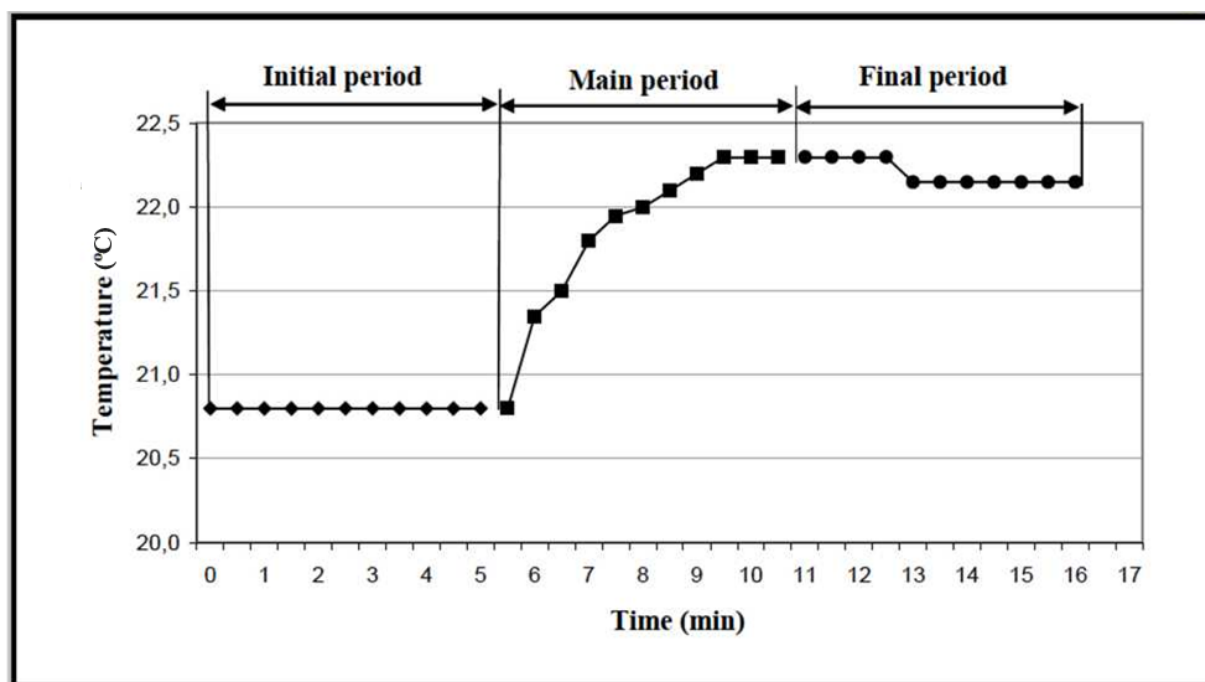


Рисунок 7. Температурний графік калориметричного дослідження

Для обробки експериментальних даних використано авторський алгоритм розрахунку в застосунку Microsoft Excel (Vasylenkov & Gudzenko, 2020). Для аналізу та

наочності проведення розрахунків передбачено візуальний покроковий етап обчислень формул, оформлений у вигляді вікна програми розрахунків (рис. 8).

3. Definitions of combustion heat of the substance as a result of the experience

3.1. Determining amendments Δt on heat exchange to calorimeter with the external environment

$$\Delta t = \frac{m}{2} \left[\frac{(t_1^{\text{II}} - t_{11}^{\text{II}}) + (t_1^{\text{K}} - t_{11}^{\text{K}})}{10} \right] + \frac{r}{2} \left(\frac{t_1^{\text{K}} - t_{11}^{\text{K}}}{10} \right) = 0,083 \text{ } ^\circ\text{C}$$

m =	2
r =	9

Sequential stage computing

$$\Delta t = \frac{2}{2} \left[\frac{[20,8 - 20,8] + [22,3 - 22,2]}{10} \right] + \frac{9}{2} \left[\frac{22,3 - 22,2}{10} \right] = 1 \left[\frac{0,0 + 0,2}{10} \right] + 4,5 \left[\frac{0,2}{10} \right] = 1 \left[\frac{0,2}{10} \right] + 4,5 \times 0,015 = 1 \times 0,015 + 0,0675 = 0,015 + 0,0675 = 0,083 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2. Definitions of combustion heat of the substance

$$Q_b^a = \frac{K \cdot H \cdot [(t_K + h_K) - (t_0 + h_0) + \Delta t] - q_{np} \cdot G_{np}}{G_T} = 1877 \text{ cal/g} = 7851,58 \text{ kJ/kg}$$

Sequential stage computing

$$Q_b^a = \frac{1646,5 \times 1 \times [(22,3 + 0,1) - (20,8 + 0,1) + 0,083] - 500 \times 0,142}{1,35} = \frac{1647 \times [22,4 - 20,9 + 0,083] - 71,0}{1,35} = \frac{1646,5 \times 1,583 - 71,0}{1,35} = \frac{2605,6 - 71,0}{1,35} = \frac{2534,6}{1,35} = 1877 \text{ cal/g}$$

Рисунок 8. Вікно програми з візуальним покроковим розрахунком

Результати дослідів показали, що середнє значення енергетичної цінності наданих зразків ковбаси вареної становить 1877 кал/г, або 188 ккал/100 г продукту. За отриманим показником калорійності даний вид продукції можна віднести до групи ковбасних виробів зниженої калорійності, навіть з урахуванням відносної похибки вимірювань $\pm 8 \dots 10\%$.

Отже, хоча проведення калориметричних експериментів на рідинних калориметрах потребують тривалих підготовчих операцій, дотримання сталих нормальних умов у лабораторному приміщенні, точної фіксації значень температури протягом усього досліду та подальшого опрацювання отриманого масиву даних, їх результати можна вважати прийнятними та адекватними як для досліджень в умовах навчальних лабораторій.

Для оцінення точності методики визначення енергетичної цінності із застосуванням безводного бомбового

калориметра було здійснено серію дослідів з визначення теплоти згоряння цукру-рафінаду, виробленого з цукрового буряка на різних підприємствах України, який можна вважати «чистим» вуглеводом. Дослідження проведено в лабораторії теплотрії Інституту технічної теплофізики НАН України. Теплоту згоряння зразків визначено за допомогою калориметричної вимірювальної системи КТС-4 (свідоцтво про МА ДП Укрметртест-стандарт № 24.651), укомплектовану калориметричною бомбою БКУ-2 (атестат № 24-2/5461). Масу дослідних зразків та запального дроту визначено за допомогою ваг аналітичних лабораторних ВЛР-20.

Проба дослідної речовини, підготовлена згідно до вимог DSTU ISO 1928:2006, спалюється в калориметричній бомбі, заповненій киснем при тиску 2,5...3,0 МПа. Для мінімізації впливу коливань зовнішніх чинників тепловий блок калориметра встановлюють у кліматичну камеру.

Підтримання необхідних теплових та температурних режимів здійснюється системою електронних регуляторів в автоматичному режимі. Стабілізація температурного та теплового полів до встановлення стаціонарного режиму усієї калориметричної системи триває протягом 1,5–2 годин, після чого здійснюють підпал проби.

Процес безпосередніх вимірювань в бомбовому калориметрі розпочинають, як було описано вище, при переході з одного стаціонарного

режиму в інший. Теплота, що виділяється при згорянні проби, визначається інтегруванням теплового потоку, значення якого вимірюється спеціалізованим термоелектричним сенсором. Час початку і закінчення серії реєстрації масиву даних визначають за показниками досягнення стаціонарного теплового режиму. Сигнали сенсору опрацьовуються мікропроцесором з частотою опитування 1с та демонструються графічно на екрані комп'ютера в режимі реального часу (рис.9).

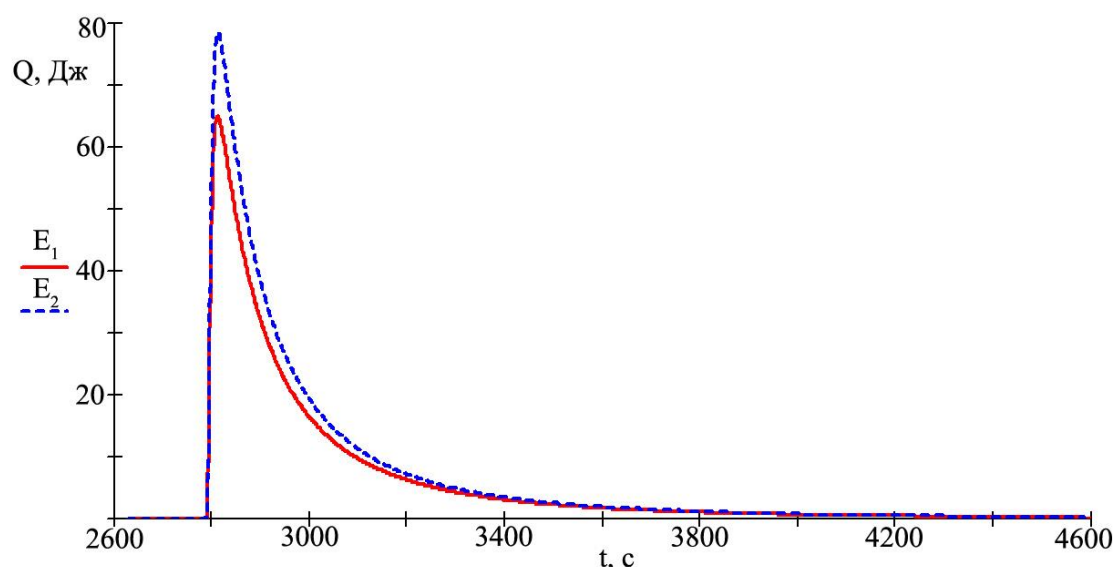


Рисунок 9. Зміна теплового потоку в калориметричному досліді на бомбовому калориметрі типу КТС

В методиці обробки вхідних сигналів вимірювальної системи квазідиференціального калориметра КТС-4 використано інтегральний спосіб, оскільки він забезпечує значення похибки $\pm 0,1\%$, що відповідає світовим стандартам (Ivanov et al., 2019). Вимірювання й опрацювання інформації виконуються мікропроцесорним пристроєм й на цифровому дисплеї

електронного блоку відображається результат – кількість теплоти, яка виділяється при згорянні проби дослідної речовини у Дж. Час вимірювання та інтегрування даних до досягнення другого стаціонарного режиму складає приблизно півгодини.

Усереднені результати розрахунків калорійності дослідних зразків зведені у табл.1.

Таблиця 1. Енергетичні показники зразків цукру-рафінаду

Теплота згоряння проби	МДж/кг	ккал/кг
Вища теплота згоряння аналітичної проби	16,27	3889
Вища теплота згоряння у сухому стані	16,67	3986
Нижча теплота згоряння аналітичної проби	15,78	3772
Нижча теплота згоряння у сухому стані	16,16	3862

Згідно з довідковими даними, калорійність цукру становить від 374 до 398 ккал на 100 г в залежності від виробника, за даними USDA – 387 ккал/100 г. Аналіз отриманих результатів показує, що середнє значення повної теплоти згоряння зразків цукру-рафінаду відрізняється від нормативних значень не більше ніж на $\pm 3\%$, що є статистичним відхиленням, допустимим для прецизійних наукових досліджень.

Висновки

Інформація про енергетичну цінність харчових продуктів згідно з діючим законодавством має бути достовірною та відкритою для споживачів, що зобов'язує виробників готової харчової продукції, сировини та напівфабрикатів надавати повні відомості щодо їх складу та калорійності.

Експериментальний спосіб досліджень калорійності органічних речовин може бути реалізований шляхом прямих вимірювань теплоти згоряння проби в бомбовому калориметрі. На даний час найбільш розповсюдженими в Україні є рідинні ентальпійні калориметри, в яких визначення енергетичного еквівалента виділеної теплоти згоряння – ефективної теплоємності відбувається шляхом моніторингу зміни температури рідини, в яку занурено калориметричну бомбу

протягом досліду. Головним недоліком таких калориметрів є значні тепловтрати через розсіювання теплової енергії та нестабільність умов проведення експерименту. Точність результатів визначення калорійності нових ковбасних виробів варіюється в межах $\pm 8...10\%$, що можна вважати достатнім для попередніх досліджень продуктів, створених за експериментальними рецептурами.

Більш ефективними є сучасні безводні кондуктивні калориметричні інформаційно-вимірювальні системи, в яких відбувається реєстрація зміни теплового потоку, що безпосередньо виділяється при спалюванні проби речовини в бомбі, та автоматичне опрацювання даних. Результати досліджень зразків цукру знаходяться в межах похибки вимірювання приладу $\pm 3\%$, що доводить доцільність застосування даного способу калориметричних вимірювань для наукових досліджень.

Подяки

Колектив авторів виказує щирю вдячність науковому колективу Лабораторії теплометрії Інституту технічної теплофізики НАН України за плідну співпрацю, можливість проведення досліджень на інформаційно-вимірювальній калориметричній системі КТС-4 та надані статистичні дослідні дані.

References

- Bal-Prylypko L.V., Slobodyaniuk N.M., Leonova B.I., & Kryzhova Y.P. (2016) Actual problems of the meat processing industry: Textbook. Kyiv. 569 p.
- Bal-Prylypko, L., Tolok, H., Nikolaenko, M., Antonenko, A., & Brovenko, T. (2021). New grain concentrates with increased biological value in the structure of modern nutrition. *Animal Science and Food Technology*, 12(2), 5-13. <https://doi.org/10.31548/animal2021.02.001>
- Beal, Ty, Morris, S. & Tumilowicz, A. (2019). Global Patterns of Adolescent Fruit, Vegetable, Carbonated Soft Drink, and Fast-Food Consumption: A Meta-Analysis of Global School-Based Student Health Surveys. *Food and nutrition bulletin*. 40. DOI: 10.1177/0379572119848287
- Burova, Z., Ivanov, S., Roman, T., Vasylyv, V., Zheplinska, M., Mushtruk, M., Palamarchuk, I., Sarana, V., & Hudzenko, M. (2021). Examination of thermophysical characteristics of food products. *Animal Science and Food Technology*, 12(3), 18-35. <https://doi.org/10.31548/animal2021.03.002>
- DSTU ISO 1928:2006 (ISO 1928:1995, IDT) SOLID MINERAL FUELS Determination of gross calorific value by the bomb calorimetric method, and calculation of net calorific value.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO (2023). The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc3017en>
- FDA. Food Labeling & Nutrition (2023) Available at <https://www.fda.gov/food/food-labeling-nutrition>
- Fedorov, V.G., Skarboviychuk, O.M., Kepko, O.I., & Kravchuk, P.O. (2014) Thermal characteristics of agriculture products and materials: Reference book. Uman: Uman National University of Horticulture Publishing Division.
- Grygorieva, N., Tronko, M., Kovalenko, V., Komisarenko, S., Tatarchuk, T., Dedukh, N., Veliky, M., Strafun, S., Komisarenko, Y., Kalashnikov, A., Orlenko, V., Pankiv, V., Shvets, O., Gogunska, I., & Regeda, S. (2023). Diagnosis, prevention, and treatment of vitamin D deficiency in adults: Ukrainian experts consensus statement. *PAIN, JOINTS, SPINE*, 13(2), 60–76. <https://doi.org/10.22141/pjs.13.2.2023.368>
- Ivanov, S., Dekusha, O., Vorobiov, L., Dekusha, L., & Burova, Z. (2019) The Synchronous Thermal Analysis Cyber-Physical System for the Wet Materials Properties Study. 14th IEEE International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), vol. 2, pp. 197–200.
- Jackson SE, Llewellyn CH, & Smith L. (2020) The obesity epidemic – Nature via nurture: A narrative review of high-income countries. *SAGE Open Medicine*. 8. DOI: 10.1177/2050312120918265
- Kohler LN, Garcia DO, Harris RB, Oren E, Roe DJ, & Jacobs ET (2016). Adherence to Diet and Physical Activity Cancer Prevention Guidelines and Cancer Outcomes: A Systematic Review. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2016 Jul;25(7):1018-28. DOI: 10.1158/1055-9965.EPI-16-0121

Law of Ukraine No. 1023-XII dated 12.05.1991. On the Protection of Consumer Rights. Available at <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1023-12#Text>

Law of Ukraine No. 2639-VIII dated 06.12.2018 About information for consumers about food products. Available at <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2639-19#Text>

Nikodijevic CJ, Probst YC, Tan SY, & Neale EP. (2023) The Metabolizable Energy and Lipid Bioaccessibility of Tree Nuts and Peanuts: A Systematic Review with Narrative Synthesis of Human and In Vitro Studies. *Adv Nutr.* 2023 Jul;14(4):796-818. DOI: 10.1016/j.advnut.2023.03.006.

Patent for an invention 101716 UA IPC: (2013.01) G01K 17/00 G01N 25/26 (2006.01) Heat flow calorimeter. Dekusha L.V., Vorobyov L.Y., Hryshchenko T.G., Burova Z.A., Nazarenko O.O. Available at <https://uapatents.com/8-101716-kalorimetr-teplovogo-potoku.html>

Rational and safe nutrition as the basis of public health: study guide. Ed. Prof. A. G. Dyachenko. Sumy: Sumy State University, 2017.

Sarge, S.M., Höhne, Günther & Hemminger, W. (2014). *Calorimetry: Fundamentals, Instrumentation and Applications*. DOI: 10.1002/9783527649365

USDA. Human Nutrition and Food Safety (2023) Available at

<https://www.nal.usda.gov/human-nutrition-and-food-safety>

Vasylenkov, V.E. & Gudzenko, M.N. (2020) Experimental determination of the dose of energy received by seed material after irradiation by electric field. *Science and Innovation*, 16 (5), pp. 63-70. DOI: 10.15407/scine16.05.063

Vorobiov L.Y. Scientific and practical principles of conductive calorimetry. Manuscript. Thesis submitted to the degree of Doctor of Technical Sciences in specialty 05.11.04 Devices and methods of thermal quantities measurements. Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine. Kyiv, 2018.

WHO. Healthy diet. Key facts. Fact Sheets. (2020) Available at <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>

Yue Huang, Jennifer L. Pomeranz, & Sean B. Cash (2018) Effective National Menu Labeling Requires Accuracy and Enforcement. *J Acad Nutr Diet.* 2018 Jun;118(6):989-993. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2018.03.001>

Zheplinska, M., & Vasylyv, V. (2021) Thermophysical properties of semi-finished products and food products: Reference book.

B08 MA K – ELECTRONIC CALORIMETER. Available at <https://etalonpribor.com.ua/v08-ma-k-kalorimetr-elektronnij.html>

Отримано в редакцію 01.11.2023 р., прийнято до публікації 18.12.2023 р.

УДК 637.513.4

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2023.56>

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ВИБІР ВОВЧКІВ-МІШАЛОК

Віктор Володимирович Сарана,*Кандидат технічних наук, доцент,*<https://orcid.org/0000-0002-5102-2264>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна.***Василь Середа,***Аспірант,*<https://orcid.org/0009-0009-3957-6537>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна.*

Анотація. На якість готового ковбасного виробу впливає не тільки якість сировини, а й процес подрібнення м'яса та отримання високоякісного фаршу. Планування виробничих ліній в харчовій промисловості пов'язане з труднощами через необхідність обґрунтованого вибору правильного обладнання. Тому метою даної роботи є підвищення технологічної ефективності переробки м'яса шляхом визначення раціонального типу вовчка-мішалки методом багатокритеріального аналізу обладнання. На ринку вовчки-мішалки доступні в різній продуктивності з різними діаметрами решіток вовчків та ємкістю робочих камер мішалок. Для початкової оцінки технічної досконалості обладнання за його енергоємністю, було вибрано критерій пропускної енергоємності та енергоємність процесу перемішування. Для знаходження ефективних варіантів було застосовано принцип домінування за методом Парето. Для остаточної оцінки машин при багатокритеріальному аналізі використано метод відстані до цілі за коефіцієнтами енерго- та металоємності. Отримані значення пропускної енергоємності проаналізованих вовчків-мішалок змінюється в межах від 0,098 до 0,415 кВт/мм, тоді як енергоємність процесу перемішування змінюється в межах від 0,00314 до 0,01375 кВт/л. Значення коефіцієнта енергоємності змінюється в межах від 0,0031 до 0,011 (кВт·год)/кг, тоді як коефіцієнт металоємності змінюється в межах від 0,127 до 0,675 (кг·год)/кг. Отримані дані можна використовувати при проектних розрахунках аналогічного обладнання. Найближчим до ідеалізованого варіанту виявився вовчок-мішалка марки Combo Grind 1500/250 фірми GEA. Дана машина має особливу конструкцію, що відрізняє її від інших «класичних» схем виконання вовчків-мішалок.

Ключові слова: коефіцієнт енергоємності, коефіцієнт металоємності, багатокритеріальний аналіз, метод Парето, метод відстані до цілі.

UDC 637.513.4

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2023.56>

MULTI-CRITERION SELECTION OF WOLF MIXERS

Viktor Sarana,

PhD in Technical Sciences, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0002-5102-2264>,

National University of Life and Environment Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony str. 15, Kyiv, Ukraine.

Vasyl Sereda,

Postgraduate,

<https://orcid.org/0009-0009-3957-6537> ,

National University of Life and Environment Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony str. 15, Kyiv, Ukraine.

Abstract. The quality of the finished sausage product is affected not only by the quality of raw materials, but also by the process of grinding the meat and obtaining high-quality minced meat. Planning production lines in the food industry is associated with difficulties due to the need for an informed choice of the right equipment. Therefore, the purpose of this work is to increase the technological efficiency of meat processing by determining the rational type of mixer-mixer by the method of multi-criteria analysis of the equipment. On the market, stirrers are available in different capacities with different diameters of the grids of the stirrers and the capacity of the working chambers of the stirrers. For the initial evaluation of the technical perfection of the equipment according to its energy intensity, the criterion of throughput energy intensity and the energy intensity of the mixing process were selected. To find effective options, the principle of dominance according to the Pareto method was applied. For the final evaluation of the machines in the multi-criteria analysis, the method of the distance to the target according to the coefficients of energy and metal capacity was used. The obtained values of the throughput energy capacity of the analyzed agitators vary from 0,098 to 0,415 kW/mm, while the energy capacity of the mixing process varies from 0,00314 to 0,01375 kW/l. The value of the energy density coefficient varies from 0,0031 to 0,011 (kWh)/kg, while the metal density coefficient varies from 0,127 to 0,675 (kg·h)/kg. The obtained data can be used in the design calculations of similar equipment. Combo Grind 1500/250 by GEA turned out to be the closest to the ideal version. This machine has a special design, which distinguishes it from other "classical" schemes of execution of mixers.

Key words: energy intensity coefficient, metal intensity coefficient, multi-criteria analysis, Pareto method, distance-to-target method.

Вступ

М'ясопереробна промисловість відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки України, забезпечуючи споживачів свіжим м'ясом, субпродуктами, ковбасами, копченостями, м'ясними консервами та напівфабрикатами. Ринок м'яса та м'ясопродуктів є найважливішим сегментом продовольчого ринку України, і його сталий розвиток має стратегічне значення (Vlasenko & Semko, 2021; Kovalenko & Lysenko, 2018).

На думку авторів (Bal-Prylypko & Nikolayenko, 2022), у сучасних складних умовах, підвищення економічної ефективності українських м'ясопереробних підприємств можливе за рахунок пошуку нових джерел незамінних харчових інгредієнтів, використання нетрадиційної сировини та створення нових прогресивних технологій для підвищення харчової цінності продукції.

На якість готового ковбасного виробу впливає не тільки якість сировини, а й процес подрібнення м'яса та отримання високоякісного фаршу. Вовчки-мішалки використовуються для виконання двох технологічних операцій: змішування м'ясної сировини зі складовими інгредієнту та подрібнення отриманої суміші. Вони працюють в трьох режимах: змішування; змішування плюс подрібнення; суто подрібнення. Поєднання функцій перемішування і подрібнення скорочує тривалість циклу приготування фаршу, знижує трудомісткість. За рахунок виключення етапу транспортування сировини по ділянці знижуються витрати часу і поліпшуються санітарно-гігієнічні показники продукту. В основному вовчки-

мішалки застосовують для перемішування і подрібнення м'яса у виробництві рублених напівфабрикатів, але в той же час такі машини знаходять застосування і для стандартизації фаршу, і у виробництві сирокоченої ковбаси. На ринку вовчки-мішалки доступні в різній продуктивності з різними діаметрами решіток вовчків та ємкістю робочих камер мішалок (Nekoz & Batrachenko, 2014).

Планування виробничих ліній в харчовій промисловості пов'язане з труднощами через необхідність обґрунтованого вибору правильного обладнання. Залучені експерти, керуючись переважно власним досвідом, орієнтуються в основному на вартість і продуктивність обладнання, а також на впізнаваність бренду. Однак це завдання є складним через різноманітність пропозиції на ринку в одному ціновому діапазоні (Vasylykov & Chepeliuk, 2019).

У процесі дослідження оптимізації обладнання деякі автори (Kryvoplias-Volodina & Gavva, 2018) аналізують техніко-технологічні характеристики основних функціональних модулів машини математично-статистичними методами. Під комплексом технологічних засобів розуміють сукупність взаємопов'язаних технологічних пристроїв для здійснення виробничого процесу.

Метою даної роботи є підвищення технологічної ефективності переробки м'яса шляхом визначення раціонального типу вовчка-мішалки методом багатокритеріального аналізу обладнання.

Огляд літератури

Вовчок-мішалка Seydelmann MRG 1300 фірми Maschinenfabrik Seydelmann KG (Industrial catalog of Maschinenfabrik Seydelmann KG, 2023) має різальний комплект з діаметром вихідної решітки 160 мм (рис. 1, а). Сировина подається до робочого шнека за допомогою шнека подачі, а в бункері над ним встановлені два змішувальні вали (рис. 1, б). Вали обертаються, змушуючи сировину рухатися в протилежних напрямках. Це забезпечує швидке і рівномірне перемішування сировини в ощадному режимі. Сировина може бути вивантажена через отвори (рис. 1, в) при відкритій заслінці (за-

слінка приводиться в дію пневматично). Це дозволяє вовчок-мішалку використовувати і як автономну фарш-мішалку.

Вовчок-мішалка MW 600/1000 фірми Karl Schnell (Industrial catalog of Karl Schnell GmbH & CO. KG, 2023) (рис. 2) є ще одним гарним прикладом машини для комбінованого змішування та подрібнення м'ясної сировини. Машина складається з бункера з двома перемішувальними валами та інтегрованим робочим циліндром вовчка, розташованим перпендикулярно (рис. 2, а) або паралельно (рис. 2, б) до осі перемішувальних валів.

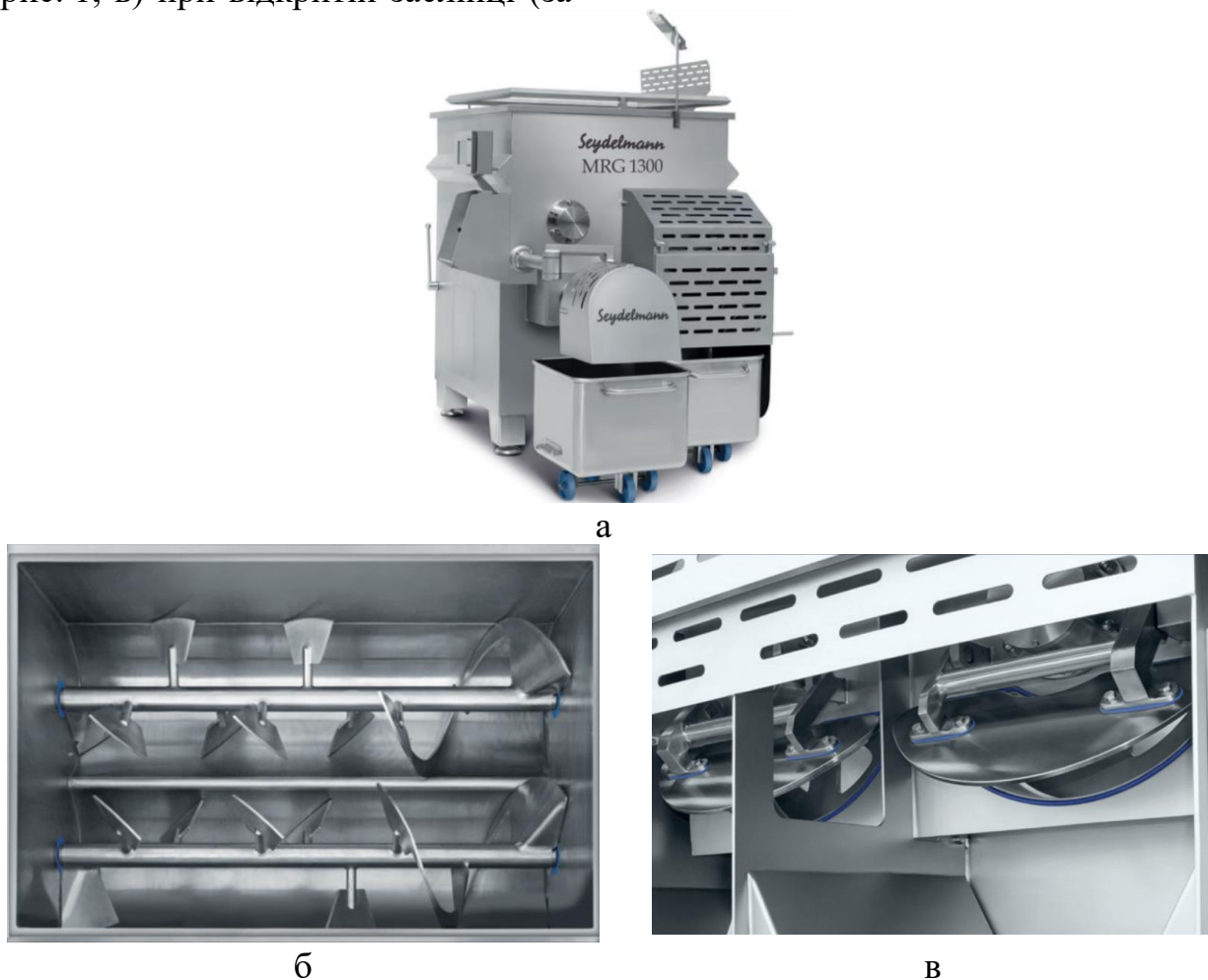


Рисунок 1. Вовчок-мішалка Seydelmann MRG 1300: а – зовнішній вигляд; б – вали для змішування; в – розвантажувальні заслінки



а



б

Рисунок 2. Вовчок-мішалка фірми Karl Schnell:

а – модель з боковим виконанням; б – модель з прямим виконанням

Вовчки-мішалки марки WMW фірми Laska (*Industrial catalog of Maschinenfabrik Laska GmbH*, 2023) (рис. 3, а) випускаються з діаметром вихідної решітки вовчка від 130 до 200 мм та об'ємом бункера для змішування від 380 до 2000 л. Конструкція машини має кутову форму з робочим шнеком і ріжучим комплектом та бункером, в якому розташовані вали мішалки і вивантажувальний шнек. Таким чином, машина може також працювати в режимі лише пе-

ремішування сировини та її вивантаження на транспортний візок через вивантажувальний шнек внизу бункера (рис. 3, б). Змішувальні вали зазвичай виконуються лопатевими (рис. 3, в), але для перемішування в'язкої сировини можуть бути виконані і z-подібними (рис. 3, г). Під час режиму змішування, вивантажувальний шнек обертається в зворотному напрямку, що дозволяє уникнути неякісної обробки фаршу.



а



б



В



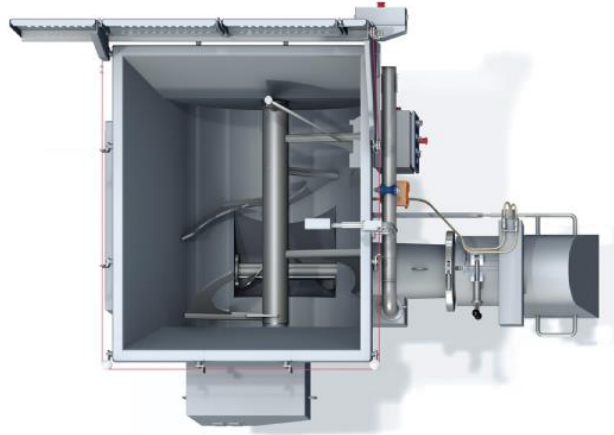
Г

Рисунок 3. Вовчок-мішалка марки WMW фірми Laska:

а) – загальний вигляд; б) – зона вивантаження з мішалки; в) – лопатеві робочі органи мішалки; г) – z-подібні робочі органи мішалки

Перевагою вовчка-мішалки CFS ComboGrind від GEA Convenience-Food Technologies (Industrial catalog of GEA Convenience-Food Technologies, 2023) є великий об'єм завантажувального бункера і одночасно компактна конструкція машини (рис. 4 а). Цьому сприяє змінена геометрія бункера, конструкція мішалки та система подачі сировини до різального вузла. Діаметр вихідної решітки різального апарату становить 250 мм. Бункер має одновісну мішалку (рис. 4, б), різноспрямовані лопаті якої забезпечують як ефективне перемішування матеріалу, так і одночасну його подачу до робочого шнека вовчка. Лопаті мішалки мають округлу форму та гладку поверхню, що запобігає деформації великих шмат-

ків м'яса. Вовчок має два робочі шнеки (рис. 4, в), які входять в зачеплення один з одним та обертаються в протилежних напрямках. Сировина до різального комплексу подається не робочим шнеком і робочим циліндром, а шляхом захоплення матеріалу між двома шнеками, а точніше – гвинтами з широким витком (подібно до принципу роботи шприца для наповнення ковбаси). Така система подачі має наступні переваги: сировина подається без надмірного ущільнення; зворотний потік сировини з робочої камери зведений до мінімуму; навіть в'язка сировина (попередньо подрібнений фарш) подається надійно; забезпечується самоочищення витків шнеків.



а



б



в

Рисунок 4. Вовчок-мішалка CFS ComboGrind: а) – загальний вигляд; б) – місильний робочий орган; в) – робочі шнеки вовчка

Вовчок-мішалка MEW 732 фірми MaDo (Німеччина) (Industrial catalog of MADDO GmbH, 2023) представлений на рис. 5, а. Машина має один шпек, який служить як для подачі матеріалу з бункера, так і для переміщення сировини до ріжучого комплексу. Шпек виготовляється металевим або збірним (комбінованим). Комбінована конструкція передбачає

наявність полімерної знімної частини шнека, що працює в робочому циліндрі вовчка (рис. 5, б). Бункер мішалки обладнаний лише одним лопатевим валом (рис. 5, в). Конструкцією машини передбачена система охолодження стінки бункера, що дозволяє ефективно проводити процес подрібнення замороженої сировини з температурою до -8°C .

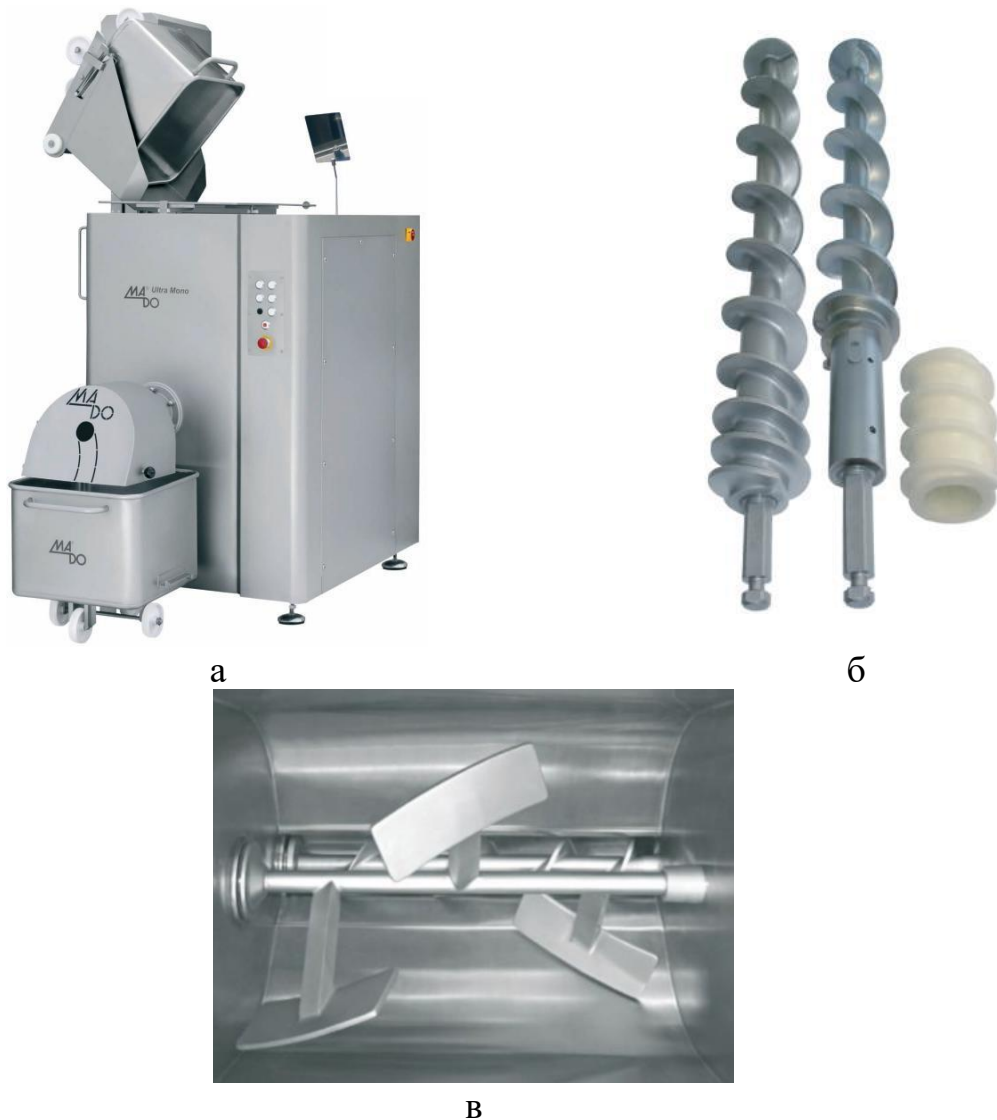


Рисунок 5. Вовчок-мішалка MEW 732 фірми MaDo: а) – загальний вигляд; б) – варіанти робочого шнека; в) – конструкція валу для змішування

Вовчок-мішалка Inotec Grinder W 235 (рис. 6, а) фірми Inotec GMBH (Німеччина) (Industrial catalog of Inotec GMBH, 2023) так само являється прикладом застосування новаторських технічних рішень. Вовчок-мішалка має різальний комплект (рис. 6, б) з діаметром решітки 235 мм та бункер об'ємом 500 літрів. Змішувальний пристрій має один вал. Подача сировини з бункера відбувається за допомогою двох паралельних полімерних гвинтів, що розта-

шовані перпендикулярно до осі робочого шнека (рис. 6, в).

Особливістю конструкції вовчка є керамічне покриття ріжучих поверхонь ножів і решітки, що значно підвищує довговічність і різко зменшує потрапляння в фарш залишків зносу ріжучого інструменту. Перший, другий і третій ножі в ріжучому комплекті мають різну кількість лез (три для першого, чотири для другого і шість для третього), а змінні ріжучі вставки також є стандартними.

Вовчки-мішалки вищенаведеної компанії також першими стали оснащуватися системою точного позиціонування ножів по відношенню до решітки, яка раніше використовувалася тільки на емульсифікаторах. Ця система дозволяє розташовувати ножі з мінімально допустимим зазором до ріжучої поверхні решітки, зменшуючи знос ріжучого механізму, нагрівання фаршу і енергоспоживання

приводного блоку. Система також компенсує зміну товщини ножа і решітки після переточування. Принцип роботи системи позиціонування полягає в тому, що решітка розміщена в рухомій втулці, яка може переміщатися уздовж осі робочого циліндра і гарантує відносне зміщення решітки по відношенню до ножа. Втулка приводиться в рух черв'ячною передачею і кроковим двигуном.



а



б



в

Рисунок 6. Вовчок-мішалка Inotec Grinder W 235: а) – загальний вигляд; б) – різальний комплект; в) – змішувальний вал та шнеки для подачі сировини

Вовчок-мішалка WW 160 фірми ЕКОМЕХ (Німеччина) (Industrial catalog of ЕКОМЕХ, 2023) призначений для подрібнення як свіжого, охолодженого, підмороженого так і замороженого м'яса. Вовчок (рис. 7, а) повністю виготовлений з нержавіючої сталі, включаючи корпус робочо-

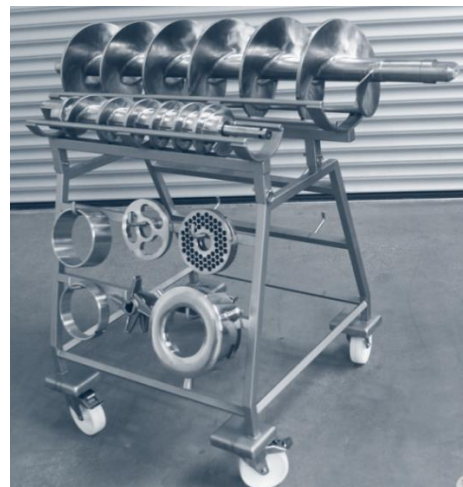
го шнека, подавального шнек та накидну гайку (рис. 7, б). Швидкості подавального та робочого шнека перемикаються незалежно один від одного. Вовчок може бути обладнаний функцією змішувача (рис. 7, в) та валом попереднього подрібнення заморожених блоків (рис. 7, г).

Фірма Marel (Ісландія) (Industrial catalog of Marel, 2023) пропонує широкий асортимент вовчків-мішлок, що представлений машинами з об'ємом бункера 1000 літрів і діаметром вихідної решітки 200 мм та об'ємом від 1500 до 4000 літрів з діаметром вихідної решітки 250 мм. Вовчок-мішалка марки MIXgrind PM (рис. 8, а) в бункері має два місильні вали

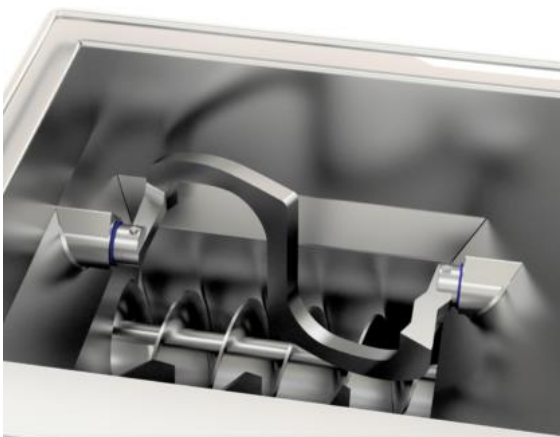
(рис. 8, б) лопаті яких, при обертанні, перекривають один одного, що забезпечує швидкий і ефективний процес гомогенного перемішування. Машина оснащена високоміцним подрібнювальним модулем, що забезпечує високу продуктивність та відмінну якість продукту. Можливий варіант комплектації м'ясорубки системою видалення кісток.



а



б



в

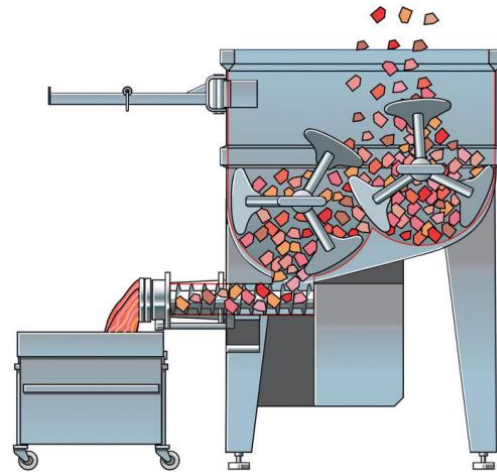


г

Рисунок 7. Вовчок-мішалка WK 160 фірми ЕКОМЕХ (Німечинна)



а



б

Рисунок 8. Вовчок-мішалка MIXgrind PM фірми Marel (Ісландія):

а – загальний вигляд; б – технологічна схема

Матеріали та методи дослідження

Для початкової оцінки технічної досконалості обладнання за його енергоємністю, було вибрано два критерії:

пропускна енергоємність:

$$E_D = \frac{N_1}{D}, \text{ кВт/мм}$$

енергоємність процесу перемішування:

$$E_V = \frac{N_2}{V}, \text{ кВт/л}$$

де N_1 – потужність приводу подрібнювального механізму, кВт; N_2 – потужність приводу змішувальних валів, кВт; D – діаметр вихідної решітки різального механізму, мм; V – об'єм бункера, л.

При формуванні початкової множини альтернатив широко використовується метод Парето, який дозволяє виявити ефективні альтернативи з урахуванням усіх критеріїв. Для виявлення ефективних (Парето-оптимальних) варіантів було викори-

стано принцип домінування (Gunko & Galushchak, 2019).

Визначення ефективної межі дозволяє значно скоротити кількість варіантів і спростити подальший аналіз, але все одно не дає єдиного рішення. Для прийняття остаточного рішення необхідна додаткова інформація про пріоритети та ⁽¹⁾правила прийняття рішень. Одним з найефективніших методів багатокритеріального вибору на завершальному етапі є метод «відстані до мети», ⁽²⁾який дозволяє встановлювати значимість критеріям. Його суть полягає у встановленні ідеалу з найкращим значенням критерію та оцінці ступеня наближення до нього кожного з порівнюваних варіантів обладнання (Gunko & Galushchak, 2019). Для остаточної оцінки машин було вибрано два критерії:

Коефіцієнт енергоємності K_E , (кВт·год)/кг:

$$K_E = \frac{N}{Q},$$

Коефіцієнт металоемності K_M ,
(кг·год)/кг:

$$K_M = \frac{m}{Q},$$

де N – загальна споживана потужність, кВт; m – маса машини, кг; Q – продуктивність обладнання, кг/год.

Виходячи з того, що найбільш важливим фактором під час підбору механічного обладнання є його економне споживання електроенергії, а маса машини має другорядне значення, визначаючи комплексну оцінку

досконалості вовчків-мішалок, з врахуванням методу розставлення пріоритетів (Gevko & Lyashuk, 2021) були визначені коефіцієнти значимості критеріїв: 0,4 – для коефіцієнта металоемності та 0,6 – для коефіцієнта енергоемності (тобто $K_E > K_M$). При визначенні показника відстані до цілі μ використовувалися нормовані значення критеріїв.

Результати та обговорення

Основні технічні характеристики проаналізованих вовчків-мішалок було зведено в таблицю 1.

Таблиця 1. Технічні характеристики вовчків-мішалок

Марка вовчка-мішалки (фірма виробник)	Продуктивність Q , кг/год	Маса машини m , кг	Діаметр решітки різального механізму D , мм	Потужність при- воду під- рібно- вального механізму N_1 , кВт	Потужність при- воду змі- шуваль- них валів N_2 , кВт	Об'єм бункера V , л
MW600 (Karl Schnell)	6000	2300	200	39,5	8,8	800
MW1000 (Karl Schnell)	6000	2700	200	57,5	8,8	1600
MRG1300 (Seydelmann KG)	6000	1950	160	30,8	8	1300
MRU1300 (Seydelmann KG)	12000	1950	200	38,8	8	1300
WMW1330 (Laska)	5000	1250	130	12,8	4	380
WMW1680 (Laska)	9100	2550	160	25	11	800
WMW2012 (Laska)	12000	2700	200	33	15	1200
MMG231 (MaDo)	4000	2700	130	21,2	4	500
MMG235 (MaDo)	6000	3000	160	48	11	1000
MMG243 (MaDo)	12000	3450	200	83	15	2000
IG W235 (Inotec GMBH)	5000	1600	160	49	4	500
Combo Grind 1500/250 (GEA)	15000	1900	250	55	8	1500
Mixgrinder PM3203 (Marel)	12000	2600	200	30	7,5	1000
Mixgrinder PM3205 (Marel)	14000	3500	250	45	15	1500

MEW 731 (MaDo)	3500	1400	160	26	1,1	350
MEW 732 (MaDo)	5000	2000	200	38	4,0	500
WW 160 (EKOMEX)	6000	1700	160	39,2	1,9	550

Результати розрахунків із абсолютними значеннями критеріїв пропускної енергоємності E_D та енерго-

ємності процесу перемішування E_V було зведено в таблицю 2.

Таблиця 2. Значення критеріїв E_D та E_V для вовчків-мішалок

Марка вовчка-мішалки (фірма виробник)	Позначення машини S	Пропускна енергоємність E_D , кВт/мм	Енергоємність процесу перемішування E_V , кВт/л
1	2	3	4
MW600 (Karl Schnell)	S1	0,1975	0,011
MW1000 (Karl Schnell)	S2	0,2875	0,0055
MRG1300 (Seydelmann KG)	S3	0,1925	0,006154
MRU1300 (Seydelmann KG)	S4	0,194	0,006154
WMW1330 (Laska)	S5	0,098462	0,010526
WMW1680 (Laska)	S6	0,15625	0,01375
WMW2012 (Laska)	S7	0,165	0,0125
1	2	3	4
MMG231 (MaDo)	S8	0,163077	0,008
MMG235 (MaDo)	S9	0,3	0,011
MMG243 (MaDo)	S10	0,415	0,0075
IG W235 (Inotec GMBH)	S11	0,30625	0,008
Combo Grind 1500/250 (GEA)	S12	0,22	0,005333
Mixgrinder PM3203 (Marel)	S13	0,15	0,0075
Mixgrinder PM3205 (Marel)	S14	0,18	0,01
MEW 731 (MaDo)	S15	0,1625	0,003143
MEW 732 (MaDo)	S16	0,19	0,008
WW 160 (EKOMEX)	S17	0,245	0,003455

Аналізуючи дані таблиці 2 слід зазначити, що значення пропускної енергоємності змінюється в межах від 0,098 до 0,415 кВт/мм, тоді як енергоємність процесу перемішуван-

ня змінюється в межах від 0,00314 до 0,01375 кВт/л.

Для реалізації методу Парето за двома критеріями, зручно привести графічне зображення варіантів на площині (рис. 9).

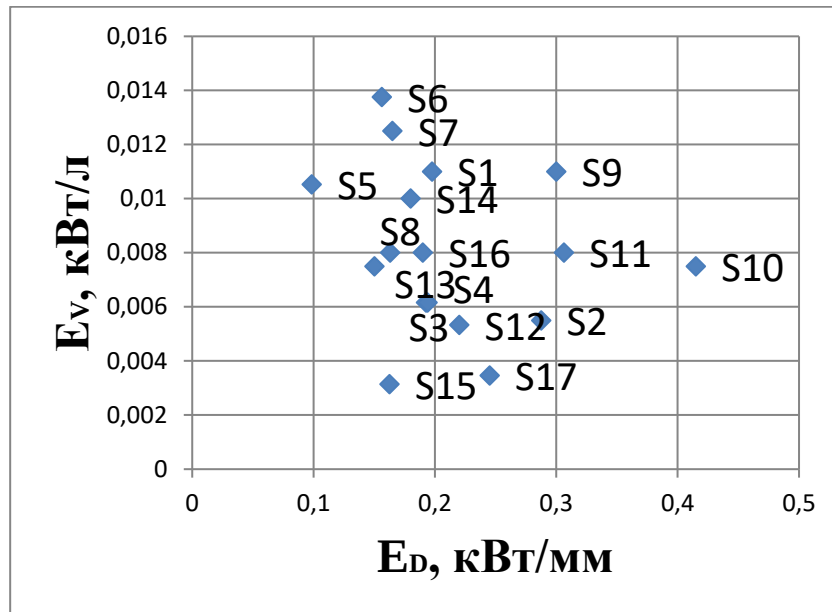


Рисунок 9. Графічне зображення альтернативних варіантів на площині (множині Парето)

Зменшити число альтернативних варіантів можна введенням обмежень на гранично допустимі значення критеріїв. Так, обмеживши максимальне значення критерію $E_D=0,25$ та $E_V=0,007$, можна звести задачу до

вибору одного з п'яти варіантів ($S_3, S_4, S_{12}, S_{17}, S_{15}$).

Результати розрахунків із абсолютними значеннями критеріїв, які були враховані при визначенні показника відстані до цілі, зведено в таблицю 3.

Таблиця 3. Значення критеріїв та показника відстані до цілі для вовчків-мішалок

Марка вовчка-мішалки (фірма виробник)	Загальна потужність приводу N , кВт	K_E , кВт·год/кг	K_M , кг/(кг/год)	Відстань до цілі, μ
MW600 (Karl Schnell)	48,3	0,00805	0,38333333	1,755808
MW1000 (Karl Schnell)	66,3	0,01105	0,45	2,542279
MRG1300 (Seydelmann KG)	38,8	0,006467	0,325	1,267646
MRU1300 (Seydelmann KG)	46,8	0,0039	0,1625	0,261823
WMW1330 (Laska)	16,8	0,00336	0,25	0,434386
WMW1680 (Laska)	36	0,003956	0,28021978	0,644232
WMW2012 (Laska)	48	0,004	0,225	0,478339
MMG231 (MaDo)	25,2	0,0063	0,675	2,340618
MMG235 (MaDo)	59	0,009833	0,5	2,466532
MMG243 (MaDo)	98	0,008167	0,2875	1,475656
IG W235 (Inotec GMBH)	53	0,0106	0,32	2,04546

Combo Grind 1500/250 (GEA)	63	0,0042	0,12666667	0,206295
Mixgrinder PM3203 (Marel)	37,5	0,003125	0,21666667	0,284031
Mixgrinder PM3205 (Marel)	60	0,004286	0,25	0,612123
MEW 731 (MaDo)	27,1	0,007743	0,4	1,749454
MEW 732 (MaDo)	42	0,0084	0,4	1,875626
WW 160 (EKOMEX)	41,1	0,00685	0,28333333	1,209701

Аналізуючи дані таблиці 3 слід зазначити, що значення коефіцієнта енергоємності K_E змінюється в межах від 0,0031 до 0,011 (кВт·год)/кг, тоді як коефіцієнт металоємності K_M змінюється в межах від 0,127 до 0,675 (кг·год)/кг. Найближчим до ідеалізованого варіанту виявився вовчок-мішалка марки Combo Grind 1500/250 фірми GEA (відстань до цілі 0,206). Дана машина має особливу конструкцію, що відрізняє її від інших «класичних» схем виконання вовчків-мішалок. У вовчку-мішалці Combo Grind 1500/250 відсутній шнек для примусового нагнітання сировини, а функцію робочого шнека виконують два гвинти, що мають зустрічне обертання та працюють за принципом дії шприца для наповнення ковбас. Перемішування сировини відбувається в бункері де знаходиться одновальний перемішувачий пристрій, різноспрямовані лопаті якого забезпечують як ефективне змішування сировини, так і її подачу до робочих гвинтів вовчка.

Висновки

Значення пропускнуєї енергоємності проаналізованих вовчків-мішалок змінюється в межах від

0,098 до 0,415 кВт/мм, тоді як енергоємність процесу перемішування змінюється в межах від 0,00314 до 0,01375 кВт/л.

Значення коефіцієнта енергоємності проаналізованих вовчків-мішалок змінюється в межах від 0,0031 до 0,011 (кВт·год)/кг, тоді як коефіцієнт металоємності змінюється в межах від 0,127 до 0,675 (кг·год)/кг.

Вищенаведені отримані дані можна використовувати при проектних розрахунках аналогічного обладнання.

Аналізуючи дані, отримані щодо комплексної оцінки показників технічної досконалості порівнювальних вовчків-мішалок, можна констатувати, що найближчим до ідеалізованого варіанту є вовчок-мішалка марки Combo Grind 1500/250 фірми GEA (відстань до цілі 0,206).

В перспективі подальші дослідження будуть присвячені багатокритеріальному аналізу та вибору раціональних варіантів комбінованих вовчків-дробарок.

Подяки

Немає

Конфлікт інтересів

Немає

References:

Bal-Prylypko, L.V., Nikolayenko, M.S., Cherednichenko, O.O., Danylenko, S.G., Stepasiuk, L.M., &

Nazarenko, M.V. (2022). Actual problems of the meat processing industry and practical approaches to improving the recipes of sausage

products. *Food Resources*, 10(19), 26-37.

<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-03>.

Gevko, I.B., Lyashuk, O.L., Lutsykyv, I.V., Plekan, U.M., Klendiy, V.M. (2021). *Technical and economic substantiation of engineering solutions at service stations and ATP*. Ternopil: Ivan Pulyuy TNTU.

Gunko, I.V., Galushchak, O.O., & Kravets, S.M. (2019). *Analysis of technological systems. Justification of engineering solutions*. Vinnytsia: VNAU.

Industrial catalog of EKOMEX [Electronic resource]. - Germany. (2023). – Access mode: <https://ekomex.com.pl>

Industrial catalog of GEA Convenience-Food Technologies [Electronic resource]. - The Netherlands. (2023). – Access mode: <https://www.gea.com>

Industrial catalog of Inotec GMBH [Electronic resource]. - Germany. (2023). – Access mode: <https://www.handtmann.de>

Industrial catalog of Karl Schnell GmbH & CO. KG [Electronic resource]. - Germany. (2023). – Access mode: <https://www.karlschnell.de>

Industrial catalog of MADO GmbH [Electronic resource]. - Germany. (2023). – Access mode: <https://www.mado.de>

Industrial catalog of Marel [Electronic resource]. Iceland. (2023). – Access mode: <https://marel.com>

Industrial catalog of Maschinenfabrik Laska GmbH [Electronic resource]. - Austria. (2023). – Access mode: <https://www.laska.at>

Industrial catalog of Maschinenfabrik Seydelmann KG [Electronic resource]. - Germany. (2023). – Access mode: <https://www.seydelmann.com>

Kovalenko, O., & Lysenko, G. (2018). Demand for meat and its consumption in the regions of Ukraine and in the world: current trends. *Food Resources*, 6(10), 131–141. <https://doi.org/10.31073/foodresources2018-10-15>.

Kryvoplias-Volodina, L., Gavva, O., & Derenivska, A. (2018). Optimization of the synthesis of packing machines by the efficiency criteria. *Scientific Works of NUFT*, 24(5), 115-123. DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-15.

Nekoz, O.I., & Batrachenko, O.V. (2014). *Designing meat-cutting wolves*. Cherkasy: ChDTU.

Vasylkov, V., Chepeliuk, O., & Chepeliuk, O. (2019). The multicriteria choice of burger forming machine. *Scientific Works of NUFT*, 25(1), 104-115. DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-12.

Vlasenko, I.G., & Semko, T.V. (2021). Meat processing industry of Ukraine: trends and prospects. *Goods and markets*, 4, 16-25. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(4\)002](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(4)002).

Отримано в редакцію 10.11.2023 р., прийнято до публікації 13.12.2023 р.

УДК 613:159.944.4

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2023.72>

ЕФЕКТИВНІСТЬ АДАПТОГЕНІВ У ЗАПОБІГАННІ ТА КОРЕКЦІЇ СТРЕС-ІНДУКОВАНИХ СТАНІВ

Альтанова Альона Борисівна,*кандидат педагогічних наук,*<https://orcid.org/0000-0002-2783-4932>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна.***Корольова Тетяна Андріївна,***здобувачка освітньої програми «Нутриціологія»**другого (магістерського) рівня,*<https://orcid.org/0009-0007-9499-7399>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна.*

Анотація. Накопичена доказова база, що підтверджує ефективність застосування адаптогенів при депресії, втомі, психоемоційному вигоранні, метаболічному синдромі, серцево-судинних та статевих дисфункціях, когнітивних розладах, погіршенні пам'яті, розладах сну, тривожних та поведінкових розладах, головному болю, зниженні імунного захисту та інших станах, головним етіологічним чинником яких є хронічний стрес.

Проте, не зважаючи на загострену постковідними та воєнними реаліями нагальну для українського соціуму потребу у виробленні адекватних механізмів стрес-менеджменту та розширенні арсеналу засобів контролю над стресом і його наслідками, ця прогалина у галузі громадського здоров'я та промоції здорового і якісного життя залишається незаповненою. Адаптогени, не зважаючи на свою доступність і доведену ефективність, так і не стали загальновідомими і часто використовуваними засобами контролю хронічного стресу населення.

Проведений аналітичний огляд інформації на ресурсах PubMed, PubMed Central (PMC), Bookshelf, MEDLINE, що є базами даних наукової літератури, які пропонуються громадськості Національною медичною бібліотекою США (NLM), а також вітчизняних наукових джерел.

Оскільки в умовах війни практично все населення України потенційно знаходиться в зоні ризику щодо розвитку стрес-індукованих станів та захворювань, стаття розкриває можливості їх профілактики і корекції шляхом використання адаптогенів.

Результатом дослідження є огляд найбільш часто застосованих у світовій практиці охорони здоров'я таких класичних рослинних адаптогенів, як Родіола рожева, Женьшень, Елеутерокок, Ашваганда, Кордицепс; узагальнення інформації про доказовість використання фітоадаптогенів.

Стаття є своєрідною промоцією психічного здоров'я та обґрунтуванням лікувально-профілактичних підходів, що ґрунтуються на доказах.

Ключові слова: *хронічний стрес, стрес-індуковані стани, профілактика, депресія, втома, вигорання, дисфункції, захист від стресу, фітоадаптогени.*

UDC 613:159.944.4

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2023.72>

EFFICACY OF ADAPTOGENS IN PREVENTING AND CORRECTING STRESS-INDUCED CONDITIONS

Alona Altanova,

Candidate of Pedagogical Sciences,

<https://orcid.org/0000-0003-4999-1602>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

Heroiv Oborony Str.15, Kyiv, Ukraine, 03041.

Tetyana Korolyova,

student of the educational program "Nutritiology"

second (master's) level,

<https://orcid.org/0009-0007-9499-7399>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

03041, Heroiv Oborony str. 15, Kyiv, Ukraine.

Abstract. The accumulated evidence base confirms the effectiveness of adaptogen use in depression, fatigue, psycho-emotional burnout, metabolic syndrome, cardiovascular and sexual dysfunctions, cognitive disorders, memory impairment, sleep disorders, anxiety and behavioral disorders, headaches, decreased immune defense, and other conditions, the main etiological factor of which is chronic stress.

However, despite the urgent need within Ukrainian society for the development of adequate stress management mechanisms and the expansion of the arsenal of tools for controlling stress and its consequences, exacerbated by post-COVID and wartime realities, this gap in the field of public health and promotion of healthy and quality living remains unfilled. Adaptogens, despite their accessibility and proven effectiveness, have not become widely known and frequently used means of controlling chronic stress in the population.

An analytical review of information was conducted on resources such as PubMed, PubMed Central (PMC), Bookshelf, and MEDLINE, which are databases of scientific literature provided to the public by the National Library of Medicine of the United States (NLM), as well as domestic scientific sources.

Since practically the entire population of Ukraine is potentially at risk of developing stress-induced conditions and illnesses due to the conditions of war, the article

explores the possibilities of their prevention and correction through the use of adaptogens.

The research results include a review of the most commonly used health protection adaptogens in global practice, such as *Rhodiola Rosea*, *Panax Ginseng*, *Eleuthero*, *Ashwagandha*, *Cordyceps Sinensis*; summarizing information on the evidence of using phyto-adaptogens.

The article serves as a promotion of mental health and justification of evidence-based therapeutic and preventive approaches.

Keywords: chronic stress, stress-induced conditions, prevention, depression, fatigue, burnout, dysfunction, stress protection, phyto-adaptogens.

Вступ

Важливим напрямом діяльності у сфері громадського здоров'я є увага до ментального здоров'я населення. На думку фахівців Всесвітньої організації охорони здоров'я, одним з наслідків воєнних дій, що мають місце в Україні, є виникнення проблем із психічним здоров'ям: кожен четвертий українець може мати психічний розлад. Відповідно до Порядку надання психосоціальної допомоги та психосоціальних послуг щодо питань психічного здоров'я, у тому числі щодо запобігання суїциду і психосоціального компоненту реабілітації ветеранів війни та інших груп населення», *проблеми психічного здоров'я* визначаються як психосоціальні, емоційні, поведінкові складнощі, які не відповідають діагностичним критеріям психічних та поведінкових розладів, можуть бути супутніми при психічних розладах або які можуть бути викликані складними життєвими обставинами чи стресом (наказ, 2023).

Стрес та стрес-асоційовані розлади залишаються одним із загрозливих викликів для громадського здоров'я в Україні. Пристосування до

зміни звичайного укладу життя внаслідок пандемії COVID-19 та впровадження локдаунів обтяжилось новим глобальним стресовим чинником внаслідок повномасштабних бойових дій на всій території країни.

З лютого 2022 року українці бачили чи переживали такі травматичні події, як загроза життю, смерть близьких, фізична травматизація, позбавлення елементарних засобів виживання (варто згадати лише Маріуполь), жорстокість, міжособистісні конфлікти, фізичне насильство, зґвалтування, тортури (чи не найбільш вражаючий приклад – Буча), трагічні аварії (наприклад, загроза підриву АЕС, трагедія Каховської ГЕС), постійну загрозу для життя. Значна частина населення потерпала від військових дій або вимушена була проживати на тимчасово окупованих територіях, стала біженцями, а усім, хто залишився в країні, уже тривалий час доводиться щоденно витримувати надвисоке психологічне навантаження. Ці реалії спричиняють хронічний стрес і дезадаптацію, що в свою чергу, призводить до таких станів, як *тривожний розлад, obsesивно-компульсивний розлад, посттравматичний стресовий*

розлад, депресія, фобії, дисоціативні розлади (наприклад, добровільна соціальна ізоляція, деперсоналізація, дереалізація, небажання розмовляти тощо), поведінкові розлади (наприклад, агресія, асоціальна і злочинна поведінка, схильність до насильства тощо), головний біль, розлади сну, синдром хронічної втоми і т.і. Психологічні травми, зумовлені стресом, мають довготривалі наслідки не тільки для психіки, а й для здоров'я в цілому.

Вже добре вивчено зв'язок між стресом та серцево-судинними захворюваннями. Сьогодні дедалі більше вчених виділяють хронічний психоемоційний стрес як причину розвитку та декомпенсації недостатності мозкового кровообігу. Гостра та/або хронічна психоемоційна напруга (в тому числі, стресова робота та/або ситуація

в сім'ї, порушення режиму сну, робота в нічний час, добова робота без відпочинку, робота в екстремальних умовах), запускає руйнівний каскад, що веде до спазму судин мозку та його поганого постачання кров'ю, внаслідок чого порушуються різноманітні біохімічні процеси у нервових клітинах. Особливо важко для мозку протікає стрес на тлі надмірної маси тіла та ожиріння, при цукровому діабеті, відсутності регулярного фізичного навантаження, зловживанні алкоголем та курінням.

Саме дезадаптація призводить до розладів, пов'язаних зі стресом. Стрес – це фактор ризику для багатьох психічних і соматичних захворювань. На рис.1 наведено перелік розладів із доведеним зв'язком зі стресом.

Психічні розлади	Нейро-дегенеративні розлади	Кардіо-цереб्रो-васкулярні розлади	Метаболічні розлади
• депресія • тривожні розлади • ПТСР • шизофренія • розлади харчової поведінки • вживання ПАР	• хвороба Альцгеймера • хвороба Паркінсона • боковий аміотрофічний склероз	• інфаркт міокарда • коронарна хвороба серця • інсульт	• ожиріння • метаболічний синдром • діабет 2 типу

Рис. 1. Розлади з доведеним зв'язком зі стресом

Джерело: Frankova (2017).

О.Ю. Михайленко та М.Ю. Антомонов (2023) дослідили стан осіб працездатного віку, що звертались за консультацією до лікаря-ендокринолога і виявили їхні скарги на порушення емоційного стану: порушення сну, підвищену емоційну лабільність, часті епізоди депресії та панічних атак. Окрім того, відмічена суттєва

зміна індексу маси тіла у зв'язку зі збільшенням вживання їжі на тлі емоційного стресу та відсутності фізичного навантаження. Внаслідок цього спостерігалось загострення чи проявлення ряду хронічних хвороб (цукровий діабет, захворювання щитоподібної залози, сечостатевої системи,

аутоімунні, серцево-судинні, шлунково-кишкові захворювання).

Фізіологічно-біохімічними наслідками дезадаптації внаслідок стресових факторів є розвиток *метаболического синдрому*, який характеризується рядом проявів, в залежності від рівня стресу, віку, статі, генетичних особливостей людини і складається з багатьох нозологій. Механізмом розвитку метаболічного синдрому внаслідок хронічного стресу є порушення обміну білків, жирів, вуглеводів, що у свою чергу, призводить до зміни насиченості організму різними мікроелементами, вітамінами, у тому числі й вітаміном D3, а в кінцевому наслідку – призводить до артеріальної гіпертензії, серцево-судинних катастроф (інсульту, інфаркту), зниженню імунної функції (інфекційні захворювання), аутоімунних розладів, онкопатології.

За даними літератури, досить широко описані *порушення харчової поведінки* дорослих, зокрема, молоді, як наслідок стресу, пов'язаного з нервово-психічним перевантаженням, соціокультурними чинниками, економічними, особистісними причинами тощо.

Стресорні фактори чинять модулюючу дію на імунну систему. Гострий стрес призводить до активації імунної відповіді, яка спрямована на елімінацію фактора, що його спричинив. Хронічний стрес *пригнічує імунні реакції* та сприяє розвитку імунопатології. Розлади, пов'язані зі стресом, такі як тривожність, депресія, безсоння викликають зміни імунної реактивності. Як наслідок, відбувається погіршення репарації пошкоджень і регенерації організму, прогресування

інфекційних та хронічних захворювань.

Тому актуальною стає обізнаність широкого кола фахівців щодо засобів комплексної корекції як стресових розладів, так і спричинених ними патологічних станів.

Останнім часом у системі громадського здоров'я все більше уваги звертається на *психічне здоров'я, пов'язане з професією*. Згідно із визначенням ВООЗ, *синдром емоційного вигорання* є станом фізичного, нервово-емоційного або мотиваційного виснаження, котрий відзначається порушеннями продуктивності праці та вираженою втомою, безсонням, підвищеною схильністю до розвитку психосоматичних захворювань, і, як правило, розцінюється як стрес-реакція у відповідь на професійно-або навчальнозначущі емоційні вимоги, які з'являються внаслідок надмірної відданості діяльності, що здійснюється, на тлі супутньої зневаги до родинного життя та відпочинку. На думку академіка А. О. Навакатікяна, під час виконання професійних обов'язків, внаслідок емоційних, інтелектуальних навантажень та режиму праці, людина може відчувати «робоче напруження організму». Воно не є безкінечною величиною: інтенсивність фізіологічних процесів може підвищуватися до певної межі, після чого в умовах подальшого зростання напруженості трудового процесу розвивається виснаження фізіологічних ресурсів, що може мати особливо негативні наслідки в професіях, в яких людина не має права на помилку.

Війна, яку зараз переживає наше суспільство, породжує зростання тягаря для громадського здоров'я через

психічні розлади населення. В Україні має застосовуватися цілісна система реабілітації населення, постраждалого від повномасштабної російської воєнної агресії. На сучасному етапі розвитку суспільства здійснення комплексу заходів для соціальної, психічної, професійної, фізичної реабілітації та адаптації населення є одним із пріоритетних напрямків соціальної політики держави.

Огляд літератури

Концепція адаптогенів базується на теорії Ганса Сельє про стрес, гомеостаз та адаптацію, описану ним у 1936 році.

Стрес – це стан загрози для гомеостазу (Cannon WB, 1935). Якщо

звернутися до фізіології, виділяють два типи відповіді на стрес: швидка і повільна. Завдання швидкої відповіді в першій фазі – збільшити швидкість всіх процесів в організмі, які можуть бути корисні для системи «втечі або боротьби» (більше енергії вивільняється з м'язів, відбувається потужна стимуляція серцево-судинної, імунної системи і пам'яті). Друга фаза, набагато повільніша і може займати години, дні і навіть тижні, її завдання – гальмувати все, що було активовано в першій фазі (Frankova, 2017). Повільний та швидкий тип відповіді на стрес, тобто реакція організму відповідно на гострий і хронічний стрес наведені на рис. 2.

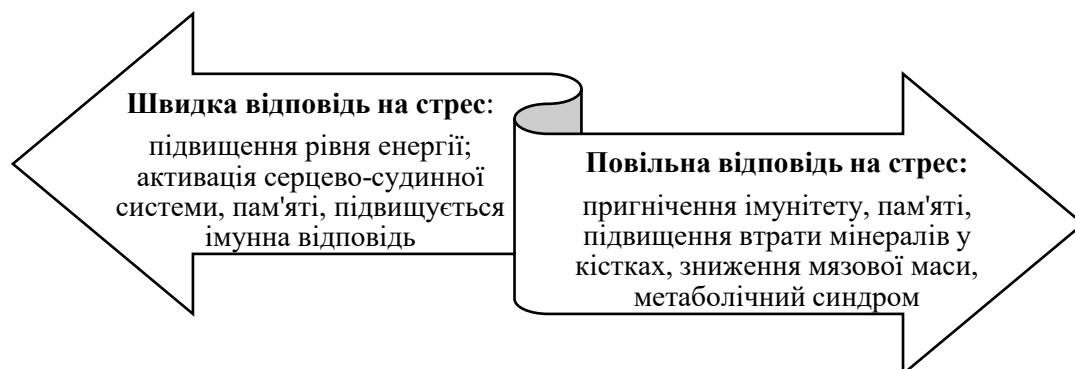


Рис. 2. Повільний та швидкий тип відповіді на стрес.

Джерело: Frankova, 2017.

Адаптивний спосіб реагування на стрес характеризується своєчасністю зміни швидкого типу відповіді на повільний. *Адаптацію* найкраще можна розглядати як здатність організму протистояти стресору, реагуючи на це зниженням або відсутністю характерних порушень гомеостазу. Біологічна адаптація – це процес морфологічних і функціональних перетворень в живому організмі (зокрема, в

людині), у результаті яких вплив факторів зовнішнього середовища послабляє або зовсім припиняє свій вплив не тому, що він усунутий, а тому, що організм уже не сприймає цей фактор як щось небезпечне або несприятливе, тобто стимул до пристосувальних перетворень. У результаті адаптації в організмі з'являється (підвищується) здатність ефективно функціонувати в нових для нього умовах при збереженні найважливіших

параметрів його внутрішнього гомеостазу й ефективної працездатності (Спіріна, 2022, с. 109). У цьому контексті адаптогени діють як хронічний еустрес, активуючи адаптивну реакцію на стрес, стійкість і загальне виживання.

У разі різних режимів стресу адаптогени можуть активувати коригування різних реакцій, щоб впоратися з різними формами стресу. Адаптогени є матеріальною основою реакції організму на зовнішнє середовище і можуть впливати на імунну систему та систему реакції на стрес.

Крім того, деякі наукові експерименти показали, що адаптогени можуть підвищувати стійкість організму людини до різних зовнішніх подразників як неспецифічні регулятори. Адаптогени мають здатність керувати фізіологічними процесами, щоб впоратися зі стресовою ситуацією більш ресурсним способом (Emilija Ivanova Stojcheva and José Carlos Quintela, 2022).

Адаптоген функціонує головним чином шляхом впливу на гіпоталамо-гіпофізарно-наднирникову вісь (ГГН-вісь) у відповідь на стимуляцію зовнішнім стресом, як це зображено на рис. 3.

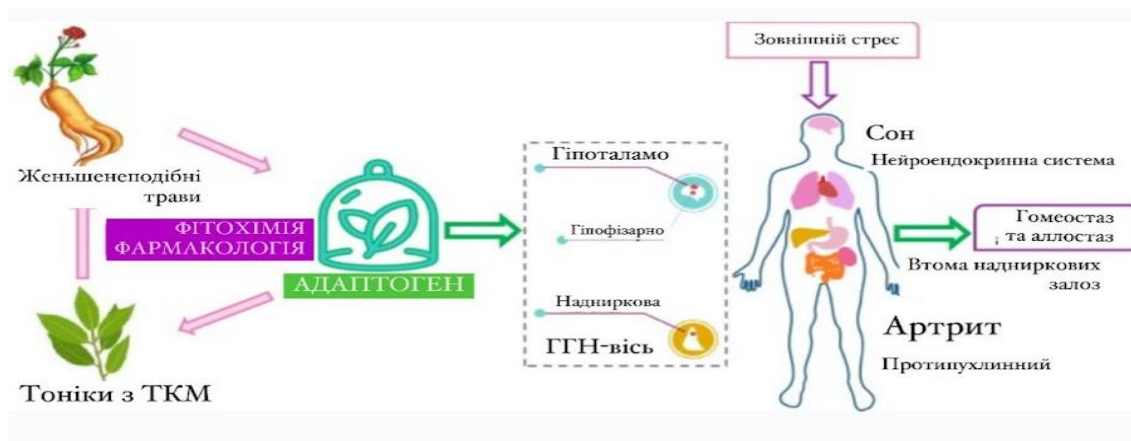


Рис. 3. Механізм дії адаптогенів.

Джерело: Lian-ying Liao, Yi-fan He et al. (2018).

Корисні ефекти багаторазового введення адаптогенів пов'язані в основному з гіпоталамо-гіпофізарно-наднирковою віссю, частиною стресової системи, яка, як вважають, відіграє основну роль у реакціях організму на повторюваний стрес і адаптацію, або на хронічний стрес. Навпаки, одноразове застосування адаптогенів важливе в ситуаціях, які вимагають швидкої реакції на напругу або стресову ситуацію. У цьому випадку ефекти адаптогенів пов'язані з іншою

ланкою стрес-системи, а саме – *симпато-адреналовою системою (SAS)*, яка забезпечує механізм швидкого реагування головним чином для контролю *гострої реакції* організму на стресор. Panossian A., Wagner H. (2005) зосередили свою дослідницьку увагу, насамперед, на опосередкованих SAS стимулювальних ефектах *разових* доз адаптогенів.

Матеріали та методи дослідження

Використання природних адаптогенів сягає традицій аюрведичної медицини і має багату історію. Термін «адаптоген» порівняно молодий – його ввів у 1947 році вчений М. Лазарєв (Wagner H., Nörr H., Winterhoff H., 1994). Він визначає адаптоген як агент, який дозволяє організму протидіяти несприятливим фізичним, хімічним або біологічним стресовим факторам шляхом створення неспецифічної резистентності. Наукові дослідження адаптогенів почалися на початку Другої світової війни з метою підвищення витривалості військових під час війни. Здобутки цих пошуків пізніше були використані у спортивній медицині, з метою покращення результативності спортсменів у спорті великих досягнень. Перша класифікація адаптогенів з'явилася у 1969 році. Інтерес до використання цих препаратів то зростав (70-80-ті роки XX століття), то згасав (наприкінці XX століття), однак сьогодні вони знову входять до раціону людей, які приділяють увагу своєму здоров'ю.

Rege N.N., Thatte U.M., Dahanukar S.A. (1999) вивчали адап-

тогенний потенціал деяких трав аюрведичної медицини і констатували певні проблеми в оцінці адаптогенів, які перешкоджають включенню їх як клінічно корисних препаратів. Досліджуючи адаптогенний потенціал вчені вводили перорально експериментальним тваринам водні стандартизовані екстракти відібраних рослин (*Tinospora cordifolia* (Тиноспора серцелиста), *Asparagus racemosus* (Спаржа скупчена), *Emblica officinalis* (Ембліка лікарська), *Withania somnifera* (Вітанія сонна), *Piper longum* (Довгий перець) і *Terminalia chebula* (Термінальна чебула)), після чого тварини були піддані впливу різноманітних біологічних, фізичних і хімічних факторів стресу. Було виявлено, що ці рослини забезпечують захист від стресових факторів, судячи за отриманими маркерами відповідей на стрес і об'єктивними параметрами проявів стресу.

Сучасні дослідники користуються загальноприйнятою класифікацією адаптогенів, яка зображена на рис. 4.

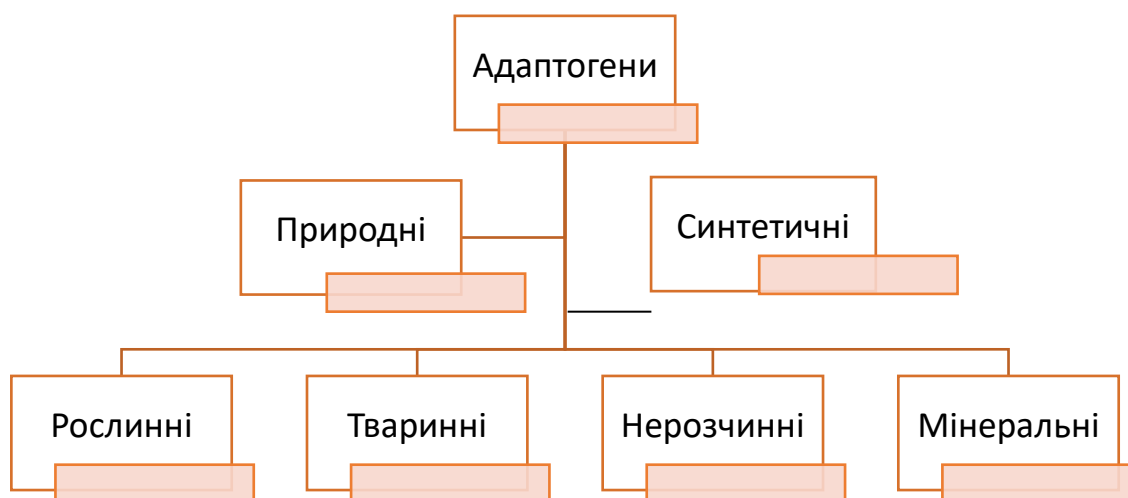


Рис. 4. Класифікація адаптогенів.

Джерело: Розроблено авторами на основі аналізу літератури.

Очевидно, у зв'язку з тим, що і понині продовжуються активні дослідження адаптогенів, на даний момент немає чіткої визначеності, які саме речовини належать до цих сполук, різні класифікації і дослідники відносять до цього класу не ідентичні переліки речовин. Проте існують так звані класичні адаптогени, позитивний фармакологічний ефект яких є загально-визнаним. Наразі біологами і лікарями проведено дослідження 4000 рослин, і лише 12 із них ідентифіковано вченими як справжні адаптогени. До їх числа належать рослинні адаптогени (екстракти, виготовлені з частин таких рослин, як женьшень, елеутерокок, родіола рожева, китайський лимонник (шизандра), аралія, левзея, ехінацея, заманиха, ашваганда тощо) та адаптогени тваринного і синтетичного походження (пантокрин, кордицепс, похідні продукти бджільництва тощо). Як мінімум загально-визнана здатність цих рослин знімати втому і підвищувати фізичну працездатність; мати нейропротекторні властивості і пригнічувати депресивні прояви; стимулювати діяльність центральної нервової системи; покращувати когнітивне функціонування та розумову працездатність.

Ці речовини повинні відповідати трьом критеріям: 1) бути неспецифічними і допомагати організму людини протистояти широкому спектру несприятливих умов, таких як фізичний, хімічний або біологічний стрес (це може бути забруднення навколишнього середовища, зміна клімату, радіація, інфекційні захворювання та міжособистісна дисгармонія); 2) підтримувати гомеостаз у людини, тобто

компенсувати або протистояти фізичним розладам, викликаним зовнішнім стресором; 3) не повинні шкодити нормальним функціям організму людини.

Біологічна дія рослинних адаптогенів пов'язана з комплексом біологічно активних сполук, які вони містять.

С. М. Дрогвоз наголошує на тонізуючій дії адаптогенів, а також на тому факті, що на відміну від інших стимуляторів ЦНС, адаптогени не виявляють збуджувального впливу при однократному застосуванні. Механізм дії адаптогенів пов'язаний із покращенням енергетичного обміну, зниженням катаболізму вуглеводів, білків, жирів, що призводить до «*економізації*» обміну речовин і адаптації організму до несприятливих умов (Дрогвоз С.М., 2010).

За тривалий час безперервного розвитку концепція адаптогенів постійно доповнювалася та вдосконалювалася. Визначення адаптогенів Управлінням з контролю за продуктами і медикаментами США (FDA) таке: Адаптогени – це новий клас *метаболических регуляторів*.

Адаптогени як нове поняття, загально-визнане і широко використовуються як функціональний термін. Науковці вивчали і продовжують вивчати властивості адаптогенів та як саме вони працюють. Ці речовини мають багатообіцяючий потенціал для більш широкого застосування в майбутньому.

У лідерах з ефективності найпоширеніші рослинні адаптогени. Вони мають найширший спектр дії. Йдеться, зокрема, про родіолу рожеву, ашваганду, женьшень, елеутерокок,

китайський лимонник, кордицепс та інші.

Незважаючи на схожість основних впливів на систему неспецифічної опірності організму, кожен із адаптогенів має свою «спеціалізацію», виділити єдиний механізм їх дії неможливо. Вони підвищують неспецифічну опірність організму різними комбінаціями фізіологічних впливів на функціонування ендокринної, імунної та центральної нервової системи, а також на роботу органів кровотворення.

Наприклад, елеутерокок отримав характеристику адаптогену з вираженим антидепресивним ефектом, у екстракту ехінацеї серед усіх типових адаптогенних властивостей найсильніше проявляється стимулювальний

вплив на набутий імунітет, найкращим натуральним рослинним адаптогеном, який регулює баланс гормонів стресу – кортизол/катехоламіни/вазопресин/соматотропін – визнана ашваганда. Лідером серед адаптогенів щодо поліпшення функціонування імунної системи є елеутерокок (сибірський женьшень). Кордицепсу, як і елеутерококу, крім імуномодуючого, також властивий і протипухлинний ефект. Женьшень, елеутерокок, рожева радіола є вибором номер один для підвищення витривалості та фізичної працездатності.

С. М. Дроговоз (2010) та С. В. Гарна з співаторами наводять так зване фармакологічне «обличчя» деяких адаптогенів, яке представлене в таблиці 1 (Дроговоз С.М., 2010; Сучасна фітотерапія, 2016).

Таблиця 1. Фармакологічна дія деяких адаптогенів

Препарати	Особливості
Настойка кореня женьшеню	знижує рівень холестерину; тонізуючий і стимулюючий засіб при артеріальній гіпотензії, астенії, перевтомі, неврастенії, після перенесених інфекційних виснажливих захворювань, а також при ослабленні статевих функцій на ґрунті неврастенії (у комплексній терапії)
Настойка кореня аралії	антигіпоксична дія; стимулюючий вплив на ЦНС при гіпотензії, астенії
Екстракт левзеї рідкий	підвищує синтез білка
Настойка лимоннику китайського	стимулює серцево-судинну систему
Тоніфіт	спазмолітична дія, підвищує апетит
Пантокрин	тонізує ЦНС, ШКТ, скелетні м'язи, серцево-судинну систему; підвищує працездатність при перевтомі
Елеутерокок	тонізуючий і стимулюючий засіб при гіпотензії артеріальній, астенії, перевтомі, неврастенії, після перенесених інфекційних виснажливих захворювань, а також при ослабленні статевих функцій на ґрунті неврастенії (у комплексній терапії)

Джерела: Дроговоз С.М., 2010; Сучасна фітотерапія (2016).

Не зважаючи на данні про безпеку та нетоксичність фітоадаптогенів у профілактиці та корекції стрес-індукованих станів, ці комплекси речовин можуть мати побічні ефекти,

тому приймати їх потрібно під контролем лікаря. У таблиці 2 наведені дані про можливу користь та побічні ефекти деяких адаптогенів.

Таблиця 2. Вплив адаптогенів на організм

Адаптоген	Можлива користь	Можливі побічні ефекти
Американський женьшень (Panax quinquefolius)	може покращити пам'ять, швидкість реакції, спокій та імунну систему	може взаємодіяти з розріджувачами крові
Ашваганда (Withaniasomnifera)	може зменшити стрес і занепокоєння	може викликати розлад шлунку; небезпечно під час вагітності
Корінь елеутерокока (Eleutherococcus senticosus)	може покращити концентрацію уваги та зменшити розумову втому	може викликати розлад шлунку, головний біль
Родіола рожева (R. rosea)	може запобігти фізичній і розумовій втомі	може викликати запаморочення, сухість у роті або надмірне слиновиділення

Джерела: Scholey A., Ossoukhova A. (2010); Alex B. Speers, Kadine A. (2021); Ajgaonkar A., Jain M., Debnath K. (2022); Sarris J., Ravindran A., Yatham L.N., et al. (2022), Chitre D., Nadkarni S., Jagtap N., et al. (2022), O'Connor J., Lindsay K., et al. (2022), Baker C., Kirby J.B., et al. (2022), Panossian A., Wikman G. (2009).

Результати та обговорення

Наведемо кілька прикладів досліджень впливу адаптогенів при деяких стрес-індукованих станах.

Синдром хронічної втоми є одним із найпоширеніших станів, для якого характерні постійне стомлення, зниження розумової та фізичної працездатності, яке не припиняється після відпочинку і триває більше півроку. Alexander Panossian та Georg Wikman (2009) наводять результати клінічних випробувань адаптогенів при втомі, вибудовуючи докази їх ефективності на основі молекулярних механізмів стрес-захисної активності. Вченими доведена здатність екстракту родіоли рожевої покращувати увагу, когнітивні функції та розумову

працездатність при синдромі хронічної втоми; здатність лимонника китайського і елеутерокока колючого підвищувати витривалість і розумову працездатність у пацієнтів з легкою втомою і слабкістю. Виходячи з їх ефективності в клінічних дослідженнях, адаптогени можна визначити як фармакологічну групу рослинних препаратів, які підвищують толерантність до розумового виснаження, підвищують увагу і розумову витривалість у ситуаціях зниження працездатності. Сприятливий стрес-захисний ефект адаптогенів пов'язаний із регуляцією гомеостазу за допомогою кількох механізмів дії, пов'язаних із гіпоталамо-гіпофізарно-наднирковою віссю та контролем певних медіаторів

відповіді на стрес, наприклад, таких, як кортизол і оксид азоту. Ключовою точкою дії фітоадаптогенів є їхній стимулюючий і стрес-міметичний вплив на білок Hsp70, що відповідає за стрес, який відіграє важливу роль у клітинних процесах. Запобігання спричиненому стресом підвищенню оксиду азоту та пов'язаному з ним зниженню виробництва аденозинтрифосфornoї кислоти (АТФ) – органічної сполуки, що переносить енергію для багатьох процесів, таких як скорочення м'язів, передача нервових імпульсів та відтворення клітин і є головним донором енергії, – призводить до підвищення продуктивності та витривалості. Індуковане адаптогеном підвищення регуляції Hsp70 запускає викликані стресом шляхи, що регулюють стійкість до стресу та призводять до покращення розумової та фізичної працездатності та, можливо, збільшення тривалості життя.

Порушення сну (інсомнія). На даний час скорочення тривалості нічного сну притаманне населенню більшості розвинутих країн світу. Згідно з останніми даними, понад 6 % дорослого населення в індустріалізованих країнах потерпає від хронічного безсоння, що є фактором ризику розвитку мозкового інсульту (Теренда Н. О., Фарійон Н. Я., 2021). Надмірний стрес може вплинути на рівень кортизолу, необхідний для підтримки нормального циклу сну, що призводить до безсоння та інших проблем зі сном. Адаптогени можуть допомогти контролювати рівень кортизолу, щоб він знизився ввечері та розслабив нервову систему для сну. Відповідно до проведених досліджень, зроблено ви-

сненок про те, що Родіола рожева покращує якість сну та настрій. Подібні властивості має Ашваганда. У випробуванні, здійсненому у 2019 році, дослідники намагались отримати результати за такими параметрами, як швидкість засинання, тривалість сну та пробудження після початку сну. Показники за 10 тижнів всіх пацієнтів, порівнювались з плацебо групою. Дослідження показало такі результати: група, яка приймала ашваганду, змогла суттєво покращити якість сну та знизити показники тривоги у порівнянні з групою, яка приймала плацебо. При цьому, жоден із пацієнтів не повідомляв про якісь побічні ефекти (Deepak Langade, Subodh Kanchi et al., 2019).

Цукровий діабет. Enno. Freye, J. Gleske (2013) довели, що Сибірський женьшень сприятливо впливає на метаболізм глюкози у пацієнтів з діабетом 2 типу. Здійснивши подвійне сліпе плацебо-контрольоване дослідження та порівняння цього адаптогену з іншими видами женьшеню, дослідники дійшли висновку, що такі властивості має лише Сибірський женьшень.

Незважаючи на те, що з'являються нові антидіабетичні засоби, альтернативна медицина наголошує на безпеці застосування таких природних сполук, як женьшень, оскільки він не викликає побічних ефектів. Після інформованої згоди пацієнти з діабетом 2 типу (пероральні ліки 80%, інсулінотерапія 20%) були випадковим чином розподілені на прийом екстракту сибірського (480 мг/день; n = 27) американського (Panax) женьшеню (480 мг/день; n = 27), або препарат плацебо протягом трьох місяців.

Пацієнти та лікарі не знали, який вид женьшеню їм вводили. Щотижня та наприкінці кожного місяця визначали рівень глюкози в крові натщесерце (BZfast) і постпрандіальний рівень глюкози в крові (BZpp), HbA1c, загальний холестерин (TC) і тригліцериди (TG). Крім того, ступінь периферичної нейропатії оцінювали за допомогою електричного стимулу з частотою 5 Гц, визначаючи порогові рівні для відчуття болю в обох нижніх кінцівках на початку та після кожного місяця лікування. На відміну від плацебо та женьшеню Panax, споживання сибірського женьшеню призвело до дуже значного зниження ($p < 0,001$) рівня цукру в крові натще та рівня цукру в крові після прийому їжі в кінці тримісячного періоду. Крім того, сибірський женьшень значно знизив ($p < 0,001$) рівні HbA1c, TC і TG після 12-тижневого періоду. Пацієнти, які приймали сибірський женьшень, продемонстрували деяке відновлення чутливості до електричного стимулу. (зменшились симптоми периферичної полінейропатії).

Синдром емоційного вигорання. Синдром емоційного вигорання досить часто супроводжує синдром хронічної втоми, який також є наслідком хронічного стресу. Він може виявлятися як прогресуюча втома, зниження працездатності; м'язова слабкість та біль у м'язах; тривалий субфебрилітет (невелике підвищення температури тіла), біль у горлі, погана переносимість раніше звичних навантажень, розлади сну, головні болі, забудькуватість, дратівливість, зниження розумової активності та здатності до концентрації уваги. На підставі тривалого використання в традиційній медицині

та численних наукових досліджень у 2011 році Європейське агентство з лікарських засобів (EMA) у трав'яній монографії про *Rhodiola rosea* L. rhizoma et radix схвалило її традиційне використання як адаптогену для тимчасового полегшення симптомів, пов'язаних зі стресом, таких як втома, виснаження та загальне відчуття слабкості (Emilija Ivanova Stojcheva and José Carlos Quintela, 2022). У підсумковому звіті агентства зроблено висновки, що тривале використання, а також результати клінічних випробувань підтверджують достовірність використання рослинного препарату *R. rosea* за запропонованими показаннями.

Розглянемо деякі рослинні адаптогени.

Родіола рожева. Наразі наукові і клінічні дослідження, які проводяться переважно в Скандинавії, Німеччині, Великобританії, Китаї, США та інших країнах, багато в чому підтвердили, що *R. rosea* є ефективним психостимулятором, загальнозміцнюючим і антистресовим засобом. Це було успішно підтверджено в дослідженнях, пов'язаних із депресією та тривогою, пов'язаними зі стресом, втомою, серцево-судинними захворюваннями, фізичною силою та витривалістю, імпотенцією, висотною хворобою та розладами нервової системи. Численні препарати *R. rosea* використовуються в усьому світі як харчова добавка. Функціональна вимога дієтичних добавок *R. rosea*, які наразі згадуються в консолідованому списку заяв про здоров'я за статтею 13 Європейського агентства з безпеки харчових продуктів (EFSA), формулюється так:

«сприяє оптимальній розумовій та когнітивній діяльності».

Комплекси речовин із коріння родіоли рожевої можуть діяти як антиоксидант, антидепресант чи знімати втому. У кореневищах родіоли рожевої міститься близько 140 сполук – глюкозидів, флавоноїдів, проантоціанідинів, спиртів, які забезпечують зниження рівня кортизолу. Геномні дослідження показують, що одна доза екстракту родіоли рожевої може вплинути на активність понад 800 різних генів.

Адаптогенна дія родіоли рожевої пов'язана з активацією кори головного мозку шляхом підвищення рівня норадреналіну і серотоніну. Крім того, цей адаптоген має такі ефекти:

- впливає на гіпоталамо-гіпофізарно-наднирникову вісь, знижуючи рівні кортикотропін-рилізінг-гормонів, кортикотропіну, кортизолу та адреналіну;
- підвищує стійкість організму до впливу психічного та фізичного стресу, а також навантажень високої інтенсивності;
- покращує працездатність та витривалість;
- знижує втому, дратівливість, втому;
- нормалізує рівні цукру в крові та перешкоджає розвитку діабету;
- покращує якість сну та настрої;
- нормалізує апетит;
- захищає серцево-судинну систему;
- прискорює процеси відновлення організму за умов важких тренувань;
- підвищує опірність інфекцій, зміцнює імунітет.

Багато досліджень показали, що *родіола рожева* може покращити когнітивні функції, пам'ять та розумову працездатність, особливо в стресових умовах. Наприклад, у рандомізованих контрольованих дослідженнях люди, які отримували родіолу рожеву, робили менше помилок, ніж ті, хто отримував плацебо. Крім того, чим довше їх випробовували протягом багатьох годин, тим більше ставала різниця в продуктивності, а це означає, що прийом родіоли дозволяв людям підтримувати вищий рівень продуктивності, не втомлюючись розумово протягом 8 годин (Ion-George Anghelescu, et al., 2018).

Також було показано, що родіола полегшує симптоми *вигорання*, яке може виникнути при хронічному стресі. В одному дослідженні брали участь 118 людей із синдромом вигорання, пов'язаного зі стресом, які приймали 400 мг родіоли щодня протягом 12 тижнів. Учасники дослідження продемонстрували явне покращення різних симптомів, таких як стрес і депресія, які зазвичай пов'язані з виснаженням. Найбільше покращення відбулося протягом першого тижня та тривало протягом усього дослідження. Дослідники відзначили, що це було перше дослідження клінічних результатів лікування родіолою від синдрому вигорання (Siegfried Kasper, Angelika Dienel, 2017).

Екстракт родіоли рожевої можна використовувати не тільки для подолання втоми, але й включити в раціон людей із *захворюваннями серця*, оскільки він благотворно впливає на серцевий ритм і скорочення м'язів

(Yingqing Chen, Minli Tang et al., 2022).

Підвищення фізичної сили під час тренувань і відновлення після тренувань є причинами, чому екстракти родіоли рожевої також приймаються спортсменами як доповнення до їхньої дієти.

Дані свідчать про те, що прийом екстракту *родіоли рожевої* пов'язаний з антиоксидантними та адаптогенними властивостями. Гепатопротекторна дія рослини обумовлює застосування її екстракту при захворюваннях печінки.

Оскільки родіола рожева має активуючий ефект, вона може порушити сон, якщо приймати її пізно вдень або ввечері.

Женьшень азійський (корейський) є прикладом лікарської рослини, яка широко використовувалася в давнину, але також широко використовується сьогодні. Були проведені широкі дослідження, які показали, що цю рослину можна використовувати для запобігання та лікування різноманітних запальних захворювань через протизапальну функцію, шляхом пригнічення вироблення прозапальних цитокінів і регуляції активності запальних сигнальних шляхів (Ji Hye Kim, Young-Su Yi et al., 2017).

Широкі дослідження показали поліпшення стану імунної системи від прийому женьшеню звичайного. Існує велика кількість досліджень щодо впливу прийому женьшеню звичайного на загальне здоров'я серця. Дослідження 2016 року включало 62 людини з високим кров'яним тиском. Половині досліджуваних давали женьшень, а іншій половині – плацебо. Після 12 тижнів було відзначено, що

у тих, хто приймав женьшень, спостерігалось зниження артеріального тиску на шість пунктів (мм рт. ст.) порівняно з тими, хто приймав таблетки плацебо.

Антигіпертензивний ефект біологічно активних сполук женьшеню знижує артеріальний тиск шляхом збільшення розширення кровоносних судин, що згодом збільшує просвіт судин, зменшує опір судин і покращує циркуляцію крові (Moon, J.-N., Kim, J.-K. et al., 2019; Miao-Miao Tang, Shu-Ting Zhao et al., 2023).

Женьшень може покращити процеси мислення та пізнання. У звіті Trusted Source за 2018 рік перевірено точність цього твердження та зроблено висновок, що на основі досліджень на людях і тваринах компоненти женьшеню мають потенціал для лікування деяких когнітивних розладів та покращення когнітивних функцій за рахунок зменшення окислювального стресу (Md. Jakaria, Md. Ezazul Haque et al., 2018).

Гінсенозиди (активні речовини женьшеню) можуть стабілізувати інсулін і гормон глюкагон для підтримки рівня глюкози. Таким чином, це також може допомогти покращити або відстрочити можливі ускладнення діабету. Гінсенозиди можуть допомогти організму правильно транспортувати глюкозу в клітини, запобігаючи її накопиченню в крові. Це може допомогти людям підтримувати рівень глюкози в крові в оптимальних межах (Wei Chen, Prabhu Balan, David G. Porovich, 2019).

Елеутерокок або женьшень сибірський. Перші дані про використання рослинних екстрактів елеутерокока були для спортсменів, але зараз

сфера їх застосування набагато більша. Ця рослина є лідером серед адаптогенів щодо поліпшення функціонування імунної системи. Унікальні елеутерозиди, що знаходяться в елеутерококу, посилюють імунну активність В- і Т-лімфоцитів, макрофагів і фагоцитів, стимулюють вироблення антитіл та інтерферону. Доведено, що елеутерокок підвищує опірність у періоди епідемій ГРВІ. Він також стимулює роботу чутливих до пухлинних антигенів клітин – природних кілерів, що підтримує протипухлинний імунітет.

Елеутерозиди мають здатність збільшувати проникність клітинних мембран для глюкози. Цим зумовлено деяку цукрознижувальну дію елеутерококу. Елеутерокок вважають препаратом, який поліпшує терморегуляцію завдяки інтенсивнішому окисненню глюкози та жирних кислот. Це дає можливість використовувати елеутерокок для профілактики застудних захворювань.

Дані свідчать про те, що споживання *Eleutherococcus senticosus* підтримує фізичну активність, зниження ваги, позитивно впливає при втомі і загалом на психічне здоров'я (Takeshi Hashimoto, Yoko Okada et al., 2020).

Ашваганда. Найефективнішим натуральним рослинним адаптогеном, який регулює баланс гормонів стресу – кортизол / катехоламіни / вазопресин / соматотропін – шляхом гальмування синтезу циркулюючого кортизолу сьогодні визнана ашваганда. Але крім яскраво вираженого антистресового впливу екстракт кореня «індійського женьшеню», що містить унікальні вітаноліди:

- ліквідує безсоння, покращує якість та тривалість сну;
- знижує артеріальний тиск, рівні холестерину, тригліцеридів та цукру в крові;
- покращує когнітивні функції, в тому числі і у літніх людей;
- має протипухлинний ефект;
- пригнічує запальні процеси, що протікають при остеоартритах;
- підвищує чоловічу фертильність;
- підтримує репродуктивне жіноче здоров'я;
- збільшує загальну витривалість, обсяг та силу м'язів;
- сприяє позбавленню зайвої ваги, набраної в результаті стресових ситуацій.

Дослідження ефектів ашваганди на стрес та тривогу. Результати кількох клінічних випробувань показують, що екстракти ашваганди можуть допомогти зменшити стрес і тривогу. У систематичному огляді 2021 року виявлено сім досліджень, метою яких було вивчення впливу ашваганди на стрес і тривогу (Lopresti A.L., Smith S.J., 2021).

Результати трьох додаткових невеликих досліджень, опублікованих після цього огляду 2021 року, також свідчать про те, що ашваганда сприятливо впливає на відчуття стресу (Remenapp A., Coyle K. et al., 2022).

Вплив ашваганди на фізичну витривалість та енергію. У 8-тижневому рандомізованому проспективному подвійному сліпому плацебо-контрольованому клінічному дослідженні 2019 року 57 молодих чоловіків (18-50 років) з невеликим досві-

дом силових тренувань були рандомізовані для лікування (29 суб'єктів) і плацебо (28 суб'єктів) групи. Суб'єкти в групі лікування споживали 300 мг екстракту кореня ашвагандхи двічі на день, тоді як контрольна група споживала крохмаль плацебо. Після базових вимірювань обидві групи пацієнтів проходили силові тренування протягом 8 тижнів, а вимірювання повторювали наприкінці 8-го тижня. Результати експерименту дозволили зробити висновок про те, що додавання ашвагандхи пов'язане зі значним збільшенням м'язової маси та сили, і припускають, що додавання ашвагандхи може бути корисним у поєднанні з програмою тренувань з опором (Diego A. Bonilla, Yurany Moreno et al., 2021).

Кордицепс – рід паразитичних грибів, які ростуть на личинках комах. Коли ці гриби атакують свого хазяїна, вони замінюють його тканини та проростають довгими, тонкими стеблами, які ростуть поза тілом хазяїна. Залишки комах і грибів збирали вручну, сушили і використовували у традиційній китайській медицині протягом століть для лікування втоми, хвороб, захворювань нирок і зниження статевого потягу.

Вважається, що *кордицепс* збільшує виробництво організмом молекули аденозинтрифосфату (АТФ), яка необхідна для доставки енергії до м'язів. Це може покращити використання тілом кисню, особливо під час фізичних вправ. З'ясувалося, що вже

через 3 тижні щоденного прийому добавки максимальне споживання кисню в учасників зросло на 11% (Katie R. Hirsch, Abbie E. Smith-Ryan et al., 2017).

У кількох дослідженнях на мишах із діабетом було показано, що *кордицепс* знижує рівень цукру в крові. Деякі дані свідчать про те, що цей адаптоген може захищати від захворювання нирок, яке є поширеним ускладненням діабету (Xinyuan Liu, Mengqian Du et al., 2023).

Дослідники вважають, що антиоксиданти, що містить *кордицепс*, дозволяють використовувати його потенціал проти старіння. Декілька досліджень виявили, що *кордицепс* збільшує кількість антиоксидантів у літніх мишей, допомагаючи покращити пам'ять і сексуальну функцію, а також проявляючи протипухлинну дію.

Все більше доказів з'являється на користь того, що *кордицепс* є двонаправленим модулятором, який має як потенціюючий, так і пригнічуючий вплив на імунну систему шляхом регулювання вродженого та адаптивного імунітету (Gitishree Das, Han-Seung Shin et al. 2021).

Сучасна фармацевтична галузь пропонує комбіновані засоби, в яких синергізуються позитивні впливи на організм адаптогенів із ефектами вітамінів та мікроелементів. Приклади такої фармакологічної продукції наведені в таблиці 3 (Сучасна фітотерапія, 2016).

Таблиця 3. Полівітаміни з добавками-адаптогенами

Препарат	Діючі речовини
Гінсомін	З додаванням екстракту женьшеню
Вітрум енерджи	З додаванням екстракту кореня женьшеню
Герімакс	Екстракт кореня женьшеню
Гінвіт	Екстракт женьшеню
Гінтон	Екстракт женьшеню сухий
Енергін	Екстракт женьшеню
Мультитабс Женьшень	Екстракт женьшеню
Перфектил	Екстракт ехінацеї
Теравіт антистрес	Екстракт кореня женьшеню
Теравіт тонік	Насіння лимоннику китайського, екстракт кореня женьшеню
Доппельгерц женьшень актив	Екстракт кореня женьшеню

Джерело: Сучасна фітотерапія, 2016, с. 123-130.

Висновки

Природні адаптогени мають здатність підвищувати стійкість організму до стресових змін, викликаних різними типами стресорів, чинять профілактичний вплив щодо запобігання чисельних стрес-індукованих станів та прискорюють одужання та реабілітацію після хвороб.

Переважає більшість адаптогенів, особливо у формі рослинних екстрактів, не мають специфічних протипоказань, проте слід пам'ятати, що приймати адаптагени можна тільки після консультації з лікарем. Важливо зазначити, що адаптогени не є панацеєю. Їх рекомендується використовувати в комплексі з іншими методами лікування стресу та стрес-індукованих станів, такими як фармакологічні препарати (за призначенням), психотерапія, фізичні вправи та здоровий спосіб життя.

За останні кілька десятиліть було опубліковано численні систематичні огляди доклінічних і клінічних досліджень і докладні звіти про оцінку ефективності та безпеки адаптогенних

рослин. У статті наводяться результати конкретних досліджень, що підтверджують позитивний ефект рослинних адаптогенів на психічний стан людини.

За даними Transparency Market Research (TMR), очікується, що розмір ринку адаптогенів досягне приблизно 23,4 мільярда доларів до 2030 року, зростаючи на рівні приблизно 6,8 відсотка. З точки зору кінцевого використання, сегмент функціональних продуктів харчування та напоїв є провідним сегментом світового ринку адаптогенів.

З огляду на загострену сучасними реаліями потребу у виробленні адекватних механізмів стрес-менеджменту населення України та розширенні арсеналу засобів контролю над стресом та його наслідками, існує необхідність розробки Національної настанови з питань безпечного використання адаптогенів з метою профілактики та реабілітації при таких стрес-асоційованих розладах, як синдром хронічної втоми, синдром емоційного

вигорання, порушення сну, тривожний розлад, депресія тощо та рекомендацій щодо застосування адаптогенів у разі порушень репродуктивного і сексуального здоров'я, пригнічення імунних реакцій, розвитку метаболічного синдрому.

Оскільки однією з основних оперативних функцій громадського здоров'я є інформаційно-роз'яснювальна діяльність, комунікація та соціальна мобілізація в інтересах здоров'я, центрам та фахівцям громадського здоров'я необхідно активізувати зусилля на роз'яснювально-просвітницькій роботі серед населення та фахівців первинної ланки охорони здоров'я щодо важливості збереження та оптимізації психічного здоров'я в умовах хронічного стресу та профілактики стрес-індукованих станів шляхом розширення арсеналу засобів, зокрема, через застосування адаптогенів.

Враховуючи актуальність проблеми збереження ментального здоров'я українців, під час професійної підготовки фахівців громадського

здоров'я варто акцентувати увагу на питаннях психофізіологічної та психічної адаптації до стресу різних груп населення шляхом внесення до освітніх програм відповідних навчальних дисциплін і тем.

Спрямованість на своєчасне та належне впровадження передових світових практик, заснованих на доказах, є фундаментальним принципом громадського здоров'я (закон, 2022). Узагальнення та врахування світового досвіду профілактики стресу та корекції його наслідків, зокрема, шляхом застосування адаптогенів, сприятимуть покращенню здоров'я українців. Доказовим є той факт, що широкий спектр профілактичних напрямів рентабельний. Дослідження ВООЗ демонструють, що профілактика є економічно ефективною як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективах. Навіть невеликі інвестиції в громадське здоров'я обіцяють значні вигоди (Ляшко В., 2021).

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

Ajgaonkar A., Jain M., Debnath K. Efficacy and Safety of Ashwagandha (2022) (*Withania somnifera*) Root Extract for Improvement of Sexual Health in Healthy Women: A Prospective, Randomized, Placebo-Controlled Study. *Cureus*. 2022; Oct 28;14(10):e30787. doi: 10.7759/cureus.30787. Retrieved from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36447681/>

Alex B. Speers, Kadine A. Cabey, Amala Soumyanath, Kirsten M. Wright (2021). Effects of *Withania somnifera*

(Ashwagandha) on Stress and the Stress-Related Neuropsychiatric Disorders Anxiety, Depression, and Insomnia. *Curr Neuropsychopharmacol*. 2021 Sep 14; 19(9): 1468–1495. doi: 10.2174/1570159X19666210712151556. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8762185/>

Baker C., Kirby J.B., O'Connor J., Lindsay K.G., Hutchins A., Harris M. (2022) The perceived impact of ashwagandha on stress, sleep quality, energy, and mental clarity for college students: qualitative analysis of a

double-blind randomized control trial. *J Med Food*. 2022. Dec;25(12):1095-1101. doi: 10.1089/jmf.2022.0042. Retrieved from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35984870/>

Chitre D, Nadkarni S, Jagtap N, et al. (2022) Phase III randomized clinical trial of BV-4051, an Ayurvedic polyherbal formulation in moderate SARS-CoV-2 infections and its impact on inflammatory biomarkers. *Phytother Res*. 2022. Retrieved from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36419388/>

Deepak Langade, Subodh Kanchi, Jaising Salve, Khokan Debnath, and Dhruv Ambegaokar (2019). Efficacy and Safety of Ashwagandha (*Withania somnifera*) Root Extract in Insomnia and Anxiety: A Double-blind, Randomized, Placebo-controlled Study. *Cureus*. 2019 Sep; 11(9): e5797. doi: 10.7759/cureus.5797. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6827862/>

Diego A. Bonilla, Yurany Moreno, Camila Gho, Jorge L. Petro, Adrián Odriozola-Martínez, and Richard B. Kreider (2021). Effects of Ashwagandha (*Withania somnifera*) on Physical Performance: Systematic Review and Bayesian Meta-Analysis. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2021 Mar; 6(1): 20. doi: 10.3390/jfmk6010020. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8006238/>

Drohovoz S. M. (2010). *Pharmacology-Cito: textbook*. Kharkiv: 'SIM', 2010. 236 p. [in Ukrainian].

Law of Ukraine "On the Public Health System" (2022) dated September 6, 2022. Retrieved from:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2573-20#Text> [in Ukrainian].

Lyashko V., Piven N., Braha M., et al. (2021) *Development and Financing of Regional and Local Public Health Programs*. Operational Handbook. 2021. 62 p. [in Ukrainian].

Emilija Ivanova Stojcheva, Jose Carlos Quintela (2022). The Effectiveness of *Rhodiola rosea* L. Preparations in Alleviating Various Aspects of Life-Stress Symptoms and Stress-Induced Conditions-Encouraging Clinical Evidence. *Molecules*. 2022 Jun; 27(12): 3902. doi: 10.3390/molecules27123902. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9228580/>

Frankova Iryna (2017). Life on the brink: social stress, trauma and psychopathology. *Psychosomatic Medicine and General Practice*. Jan 2017. Vol.2(1). e020115. [in Ukrainian].

Gitishree Das, Han-Seung Shin, Gerardo Leyva-Gómez et al. (2020). *Cordyceps* spp.: A Review on Its Immune-Stimulatory and Other Biological Potentials. *Front Pharmacol*. 2020; 11: 602364. doi: 10.3389/fphar.2020.602364. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7898063/>

Ion-George Angheliescu, David Edwards, Erich Seifritz, Siegfried Kasper (2018). Stress management and the role of *Rhodiola rosea*: a review. *Int J Psychiatry Clin Pract*. 2018 Nov;22(4):242-252. doi: 10.1080/13651501.2017.1417442. Retrieved from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29325481/>

Jae-Nam Moon, Jong-Kuk Kim, Seul Lee, Joong-Ho Kwon (2019). Antihypertensive effects of Korean wild simulated ginseng (Sanyangsam) extracts in spontaneously hypertensive rats. *Food Sci Biotechnol*. 2019. Oct; 28(5): 1563–1569. doi: 10.1007/s10068-019-00617-5. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6811480/>

Ji Hye Kim, Young-Su Yi, Mi-Yeon Kim and Jae Youl Cho (2017). Role of ginsenosides, the main active components of Panax ginseng, in inflammatory responses and diseases. *J Ginseng Res*. 2017. Oct; 41(4): 435–443. doi: 10.1016/j.jgr.2016.08.004. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5628327/>

Katie R. Hirsch, Abbie E. Smith-Ryan, Erica J. Roelofs, Eric T. Trexler and Meredith G. Mock (2017). Cordyceps militaris improves tolerance to high intensity exercise after acute and chronic supplementation. *J Diet Suppl*. 2017 Jan 2; 14(1): 42–53. doi: 10.1080/19390211.2016.1203386. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5236007/>

Lian-ying Liao, Yi-fan He, Li Li, Hong Meng, Yin-mao Dong, Fan Yi, and Pei-gen Xiao (2018). A preliminary review of studies on adaptogens: comparison of their bioactivity in TCM with that of ginseng-like herbs used worldwide. *Chin Med*. 2018; 13: 57. doi: 10.1186/s13020-018-0214-9. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6240259/>

Lopresti A.L., Smith S.J (2021). Ashwagandha (*Withania somnifera*) for

the treatment and enhancement of mental and physical conditions: A systematic review of human trials. *Journal of Herbal Medicine*, Vol.28, Art. 100434. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2021.100434>. Retrieved from: <https://researchportal.murdoch.edu.au/explore/outputs/journalArticle/Ashwagandha-Withania-somnifera-for-the-treatment/991005544512007891>

Md. Jakaria, Md. Ezazul Haque, Joonsoo Kim, Duk-Yeon Cho, In-Su Kim, Dong-Kug Choi (2018). Active ginseng components in cognitive impairment: Therapeutic potential and prospects for delivery and clinical study. *Oncotarget*. 2018 Sep 11; 9(71): 33601–33620. doi: 10.18632/oncotarget.26035. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6173364/#:~:text=ginseng%20had%20a%20cognitive%20enhancing,thelacebo%20group%20%5B133%5D>

Miao-Miao Tang, Shu-Ting Zhao, Ran-Qi Li, Wei Hou (2023). Therapeutic mechanisms of ginseng in coronary heart disease. *Front Pharmacol*. 2023. Oct 3;14:1271029. doi: 10.3389/fphar.2023.1271029. Retrieved from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37854713/>

Modern Phytotherapy (2016): Educational manual. / S. V. Harna, I. M. Vladymyrova, N. B. Burd, et al. Kharkiv: 'Madrid Printing House', 2016. 580 pages. [in Ukrainian].

O'Connor J., Lindsay K., Baker C., Kirby J., Hutchins A., Harris M (2022). The impact of ashwagandha on stress, sleep quality, and food cravings in college students: quantitative analysis of

a double-blind randomized control trial. *J Med Food*. 2022. Retrieved from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35984871/>

Order (2023) of the Ministry of Health of Ukraine dated December 13, 2023, No. 2118 "Procedure for providing psychosocial assistance and psychosocial services regarding mental health issues, including suicide prevention and the psychosocial component of rehabilitation for war veterans and other population groups" [in Ukrainian].

Mykhailenko O.Yu., Antomonov M.Yu. (2023). Determining the criteria of health for citizens of Ukraine through surveying and in-depth medical examination during the state of war. Leading directions of activity of the national public health system in the reconstruction period. Scientific-practical conference dedicated to the fourteenth Marzeev readings "Current Issues of Public Health and Environmental Safety of Ukraine" (October 19, 2023). Collection of abstracts, Issue 23. Kyiv: "Interdruk", 2023. 227 p. P. 18-19. Retrieved from: [http://www.health.gov.ua/www.nsf/16a436f1b0cca21ec22571b300253d46/4200237eeb0cc46cc225803b0036ba05/\\$FILE/ATTRIK5N/Zbirka_Tez_18_10_2023.pdf](http://www.health.gov.ua/www.nsf/16a436f1b0cca21ec22571b300253d46/4200237eeb0cc46cc225803b0036ba05/$FILE/ATTRIK5N/Zbirka_Tez_18_10_2023.pdf) [in Ukrainian].

Panossian A., Wikman G (2009). Evidence-based efficacy of adaptogens in fatigue, and molecular mechanisms related to their stress-protective activity. *Curr Clin Pharmacol*. 2009 Sep;4(3):198-219. doi: 10.2174/157488409789375311. Retrieved from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19500070/>

Remenapp A., Coyle K., Orange T., Lynch T., Hooper D., Hooper S., Conway K., Hausenblas H.A (2022). Efficacy of Withania somnifera supplementation on adult's cognition and mood. *J Ayurveda Integr Med*. 2022 Apr-Jun;13(2):100510. doi: 10.1016/j.jaim.2021.08.003. Retrieved from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34838432/>

Sarris J., Ravindran A., Yatham LN., et al. (2022). Clinician guidelines for the treatment of psychiatric disorders with nutraceuticals and phytoceuticals: The World Federation of Societies of Biological Psychiatry (WFSBP) and Canadian Network for Mood and Anxiety Treatments (CANMAT) Taskforce. *World J Biol Psychiatry*. 2022;23:424-455. Retrieved from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35311615/>

Scholey A., Ossoukhova A., Lauren Owen, Alvin Ibarra, Andrew Pipingas, Kan He, Marc Roller, Con Stough (2010). Effects of American ginseng (*Panax quinquefolius*) on neurocognitive function: an acute, randomised, double-blind, placebo-controlled, crossover study. *Psychopharmacology (Berl)*. Jul 31. 2010; 212(3): 345–356. doi: 10.1007/s00213-010-1964-y. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2952762/>

Siegfried Kasper, Angelika Dienel (2017). Multicenter, open-label, exploratory clinical trial with *Rhodiola rosea* extract in patients suffering from burnout symptoms. *Neuropsychiatr Dis Treat*. 2017. Mar 22. doi: 10.2147/NDT.S120113; 13: 889–898.

Retrieved from:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5370380/>

Stress-associated Health Disorders in Armed Conflict Conditions (2019): Monograph / V.S. Hichun, A.G. Kyrychenko, V.M. Kornatsky, H.V. Myasnykov, S.A. Naida, V.I. Osiodlo, V.V. Stebliuk, A.V. Shvets. Dnipro: Accent LLC, 2019. 324 p. [in Ukrainian].

Takeshi Hashimoto, Yoko Okada, Atsushi Yamanaka, Natsuhiko Ono, Keisuke Uryu, Isafumi Maru (2020). The effect of eleutherococcus senticosus on metabolism-associated protein expression in 3T3-L1 and C2C12 cells. *Phys Act Nutr.* 2020 Sep 30; 24(3): 13–18. doi: 10.20463/pan.2020.0016. Retrieved from:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7669464/>

Terenda N.O., Fariyon N.Ya. (2021) Insomnia as a Risk Factor for Brain Stroke Development. *Bulletin of Social Hygiene and Health Care Organization of Ukraine.* 2021, No. 2 (88), pp. 18-23 [in Ukrainian].

Wagner H., Nörr H., Winterhoff H. (1994) Plant adaptogens. *Phytomedicine.* 1994.

Wei Chen, Prabhu Balan and David G. Popovich (2019). Review of Ginseng Anti-Diabetic Studies. *Molecules.* 2019. Dec; 24(24): 4501. doi: 10.3390/molecules24244501. Retrieved from:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6943541/>

Xinyuan Liu, Mengqian Du, Tongtong Jian, Yuqing Sun, Mingyu Wang, Guoying Zhang, Jianya Ling (2023). Cordyceps militaris extracts and cordycepin ameliorate type 2 diabetes mellitus by modulating the gut microbiota and metabolites. *Front Pharmacol.* 2023. Mar 9;14:1134429. doi: 10.3389/fphar.2023.1134429. Retrieved from:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36969858/>

Yingqing Chen, Minli Tang, Shuo Yuan, Shuang Fu, Yifei Li, You Li, Qi Wang, Yuying Cao, Liping Liu, and Qinggao Zhang (2022). Rhodiola rosea: A Therapeutic Candidate on Cardiovascular Diseases. *Oxid Med Cell Longev.* 2022; 2022: 1348795. doi: 10.1155/2022/1348795. Retrieved from:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8898776/>

Отримано в редакцію 28.10.2023 р., прийнято до публікації 17.12.2023 р.

УДК 615.31: 547.857.4

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2023.95>**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВПЕРШЕ СИНТЕЗОВАНИХ ХІМІЧНИХ СПОЛУК ІЗ АНТИГІПОКСИЧНОЮ АКТИВНІСТЮ НА ТРИВАЛІСТЬ ЖИТТЯ ЗА УМОВ ГІПОКСІЇ (НА ПРИКЛАДІ ПОХІДНИХ КСАНТИНУ)****Корнієнко Валентина Іванівна,**

доктор біологічних наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0003-0403-7727>,Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ.**Ладогубець Олена Василівна,**

кандидат біологічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-0977-5940>,Державний біотехнологічний університет (м. Харків),
61002, вул. Алчевських, 44, м. Харків.**Дученко Катерина Андріївна,**

кандидат медичних наук, доцент,

Державний біотехнологічний університет (м. Харків),
61002, вул. Алчевських, 44, м. Харків.**Гаркуша Іван Вячеславович,**

кандидат ветеринарних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-6249-2878>,Державний біотехнологічний університет (м. Харків),
61002, вул. Алчевських, 44, м. Харків.**Альтанова Альона Борисівна,**

кандидат педагогічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-2783-4932>,Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ.

Анотація. Зменшення надходження кисню до тканин призводить до зміни ліпідного шару молекул та мембранних ферментів, унаслідок чого порушується бар'єрна, рецепторна, каталітична функції біологічних мембран. Основними причинами такого патологічного стану є енергодефіцит та активація перекисного окиснення ліпідів. Розпад фосфоліпідів та інгібування їх синтезу призводять до підвищення концентрації ненасичених жирних кислот та посилення їх перекисного окиснення. Поряд із терапевтичною дією антигіпоксанти можуть проявляти

побічні реакції: диспептичні явища (нудоту, блювання, біль у животі), викликати головний біль, безсоння, відчуття серцебиття, алергічні реакції. Тому пошук активніших і менш токсичних антигіпоксантів для корекції кисневої недостатності є раціональним і доцільним.

Метою цього дослідження було вивчити антигіпоксичну активність вперше синтезованих похідних амонієвих солей 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату у дослідах на лабораторних тваринах.

Дослідження антигіпоксичної активності синтезованих речовин проведено на моделі гострої нормобаричної гіпоксії з гіперкапнією у дослідах на білих щурах лінії Вістар. У статті викладено дані експериментального дослідження антигіпоксичної активності 10 синтезованих амонієвих солей 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату. Встановлено, що більшість досліджуваних речовин збільшували тривалість життя щурів, які були розміщені у герметичні камери, за умов гострої нормобаричної гіпоксії. Препарат для порівняння аміналон також виявив антигіпоксичну активність: збільшував тривалість життя щурів на 55,8%. Серед амонієвих солей 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату найбільшу антигіпоксичну активність проявляла сполука 4-амонієва сіль 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату піролідинію (шифр сполуки γ -7842), яка в дозі 6,1 мг/кг збільшувала тривалість життя щурів в умовах гострої нормобаричної гіпоксії на 74,6% ($p < 0,01$). На підставі отриманих даних можна припустити, що ця сполука має здатність регулювати процеси біотрасформації, змінюючи енергетичні потоки в дихальному ланцюгу мітохондрій, і призводить до значного зменшення витрат АТФ при одночасному збільшенні швидкості окислення амонієвої солі 7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату піролідинію. Це сприяє покращенню функції клітин та збільшенню тривалості життя щурів в умовах гострої нормобаричної гіпоксії з гіперкапнією. Отримані дані вивчення антигіпоксичної активності амонієвих солей 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату є підставою для більш поглибленого дослідження механізмів антигіпоксичної активності з метою створення нового ефективного лікарського засобу з антигіпоксичною активністю.

Ключові слова: амонієві солі 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату, антигіпоксична активність.

UDC 615.31: 547.857.4

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2023.95>

STUDY OF THE IMPACT OF NEWLY SYNTHESIZED CHEMICAL COMPOUNDS WITH ANTIHYPOXIC ACTIVITY ON LIFE EXPECTANCY UNDER HYPOXIA CONDITIONS (ON THE EXAMPLE OF XANTHINE DERIVATIVES)

Korniyyenko Valentyna,*Doctor of Biological Sciences, Professor,*<https://orcid.org/0000-0003-0403-7727>*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,**Heroyiv Oborony Str, 15, Kyiv, 03041, Ukraine.***Olena Ladogubets,**<https://orcid.org/0000-0002-0977-5940>,*PhD in Biological Sciences, Associate Professor,**State Biotechnological University, St. Alchevsky, 44, Kharkiv, 61002, Ukraine.***Kateryna Duchenko,***PhD in Medical Sciences, Associate Professor,**State Biotechnological University, St. Alchevsky, 44, Kharkiv, 61002, Ukraine.***Ivan Harkusha,**<https://orcid.org/0000-0002-6249-2878>,*PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor,**State Biotechnological University, St. Alchevsky, 44, Kharkiv, 61002, Ukraine.***Alona Altanova,***PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor,*<https://orcid.org/0000-0002-2783-4932>,*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,**Heroyiv Oborony Str, 15, Kyiv, 03041, Ukraine.*

Abstract. A decrease in the supply of oxygen to the tissues leads to a change in the lipid layer of molecules and membrane enzymes. At the same time, the barrier, receptor, and catalytic functions of biological membranes are disrupted. The main causes of this pathological condition are energy deficit and activation of lipid peroxidation. The breakdown of phospholipids and inhibition of their synthesis lead to an increase in the concentration of unsaturated fatty acids and an increase in their peroxidation. Along with the therapeutic effect, antihypoxants can show side reactions: dyspeptic phenomena (nausea, vomiting, abdominal pain), cause headache, insomnia, palpitations, allergic reactions. Therefore, the search for more active and less toxic antihypoxants for the correction of oxygen deficiency is rational and expedient.

The aim of this study was to study the antihypoxic activity of the first synthesized derivatives of ammonium salts of 3-methyl-7-methoxyethylxanthine-8-thioacetate in experiments on laboratory animals.

The study of the antihypoxic activity of the synthesized substances was carried out on the model of acute normobaric hypoxia with hypercapnia in experiments on white Wistar rats. The article presents the data of an experimental study of the antihypoxic activity of 10 synthesized ammonium salts of 3-methyl-7-methoxy-ethylxanthine-8-thioacetate. It was established that most of the studied substances increased the lifespan of rats placed in sealed chambers under conditions of acute normobaric hypoxia. The drug for comparison, aminaloxon, also showed antihypoxic activity: it increased the lifespan of rats by 55.8%. Among the ammonium salts of 3-methyl-7-methoxyethylxanthine-8-thioacetate, the compound 4-ammonium salt of 3-methyl-7-methoxyethylxanthine-8-thioacetate pyrrolidinium (compound code γ -7842) showed the greatest antihypoxic activity, which in a dose of 6.1 mg /kg increased the lifespan of rats in conditions of acute normobaric hypoxia by 74.6% ($p < 0.01$). Based on the obtained data, it can be assumed that this compound has the ability to regulate biotransformation processes by changing the energy flows in the respiratory chain of mitochondria, and leads to a significant decrease in ATP consumption while simultaneously increasing the rate of oxidation of the ammonium salt of pyrrolidinium 7-methoxyethylxanthinyl-8-thioacetate. This helps to improve cell function and increase the lifespan of rats in conditions of acute normobaric hypoxia with hypercapnia. The data obtained from the study of the antihypoxic activity of the ammonium salts of 3-methyl-7-methoxyethylxanthinyl-8-thioacetate are the basis for a more in-depth study of the mechanisms of antihypoxic activity with the aim of creating a new effective drug with antihypoxic activity.

Key words: ammonium salts of 3-methyl-7-methoxyethylxanthine-8-thioacetate, antihypoxic activity.

Вступ

Киснева недостатність – це стан, зумовлений порушеннями вільнорадикальних реакцій у ліпідах мембран, що призводять до розвитку різноманітних захворювань людини. Кисневу недостатність характеризують як невідповідність надходження кисню енергопотребам клітини та енергопродукції у системі мітохондріального окисного фосфорилування (MacIntyre, 2014).

Мітохондрії спалюють кисень і забезпечують організм енергією. Клітини, яким не вистачає кисню або поживних речовин, повинні швидко змінювати запаси енергії, щоб продовжувати рости. Вчені з Інституту біології старіння Макса Планка доказали, що мітохондрії перепрограмовуються в умовах виснаження кисню та поживних речовин (MacVicar et al., 2019).

При еволюції аеробні організми

розробили складні системи реагування на зміни концентрації кисню, оскільки кисень діє як кінцевий акцептор електронів у окисному фосфорилуванні для виробництва енергії. Індукований гіпоксією фактор (HIF) відіграє центральну роль в адаптивній регуляції енергетичного метаболізму, запускаючи перехід від мітохондріального окисного фосфорилування до анаеробного гліколізу в умовах гіпоксії. HIF також зменшує споживання кисню в мітохондріях, пригнічуючи перетворення пірувату в ацетил-КоА, пригнічуючи мітохондріальний біогенез і активуючи аутофагію мітохондрій одночасно зі зниженням виробництва активних форм кисню. Крім того, метаболічне перепрограмування у відповідь на гіпоксію через активацію HIF не обмежується регуляцією вуглеводного обміну; це також відбувається в ліпідному обміні (Goda et al., 2012).

Причини порушення продукції енергії у клітині при гіпоксії залежать від розладу зовнішнього дихання, кровообігу в легенях, кисень-транспортної функції крові, порушення системного, регіонарного кровообігу та мікроциркуляції. Безпосередньою причиною більшості патологічних станів є зниження надходження кисню до мітохондрій. У результаті розвивається зменшення мітохондріального окислення, що сприяє зниженню фосфорилування та викликає прогресуючий дефіцит АТФ – основного джерела енергії у клітині організму.

Огляд літератури

Клітини використовують кисень для різних функцій клітинних органел завдяки клітинному виживанню. Збалансований кисневий гомеостаз є важливою вимогою для підтримки регуляції нормальних клітинних систем. Будь-які зміни в рівні кисню викликають стрес і можуть змінити експресію різних генів і білків, що регулюють гомеостаз. Нестача кисню або гіпоксія призводить до окислювального стресу та утворення факторів, що викликають гіпоксію (HIF) і активних форм кисню (ROS). Повідомлялося, що значні клітинні пошкодження внаслідок гіпоксії відіграють важливу роль у різних патологічних станах. Існують різні дослідження, які показали, що при гіпоксії порушуються функції клітинної системи.

У фізіологічних умовах клітини, як правило, виробляють більш ніж достатній рівень АТФ для живлення активних біологічних процесів, необхідних для підтримки гомеостазу. Однак механізми, що лежать в основі розподілу АТФ у субклітинних мікросередовищах з високим локальним попитом, залишаються погано вивченими (Flood et al., 2023; Holmes et al., 2020).

Адаптація до зниження рівня кисню (гіпоксія) вимагає скоординованої регуляції метаболічного попиту та пропозиції, щоб запобігти невідповідності у використанні та виробництві АТФ, що може призвести до біоенергетичного колапсу. Гіпоксія зменшує використання АТФ шляхом зниження трансляції білка та активності Na-K-

АТФази. Гіпоксія частково зменшує виробництво АТФ за рахунок зниження активності ланцюга транспорту електронів через активацію фактора транскрипції, індукованого гіпоксією фактора-1. Зменшення транспорту електронів обмежує надмірне виробництво реакційних форм кисню під час гіпоксії та уповільнює швидкість виснаження кисню, щоб запобігти аноксії (Wheaton and Chandel, 2011; Aw et al. 1987).

Зменшення надходження кисню до тканин призводить до зміни ліпідного шару молекул та мембранних ферментів, унаслідок чого порушується бар'єрна, рецепторна, каталітична функції біологічних мембран. Основними причинами такого патологічного стану є енергодефіцит та активація перекисного окиснення ліпідів. Розпад фосфоліпідів та інгібування їх синтезу призводять до підвищення концентрації ненасичених жирних кислот та посилення їх перекисного окиснення (Geromel et al., 2002; Ucar, 2009).

Препарати на основі похідних ксантинового ряду нині широко застосовуються у медицині як лікарські засоби. Вони володіють широким спектром фармакологічних властивостей: діуретичні, кардіостимулюючі, вазоконстрикторні, бронхолітичні, антиалергічні; характеризуються як такі, що стимулюють центральну нервову систему і шлунково-кишкову секрецію. Вони також знижують агрегацію тромбоцитів.

Антигіпоксанти спричиняють нормалізуючий вплив на енергетичний

баланс у клітинах при гіпоксії та ішемії, стабілізують мітохондріальні мембрани, зменшують пригнічення дегідрогенази циклу Кребса, запобігають роз'єднанню окислення та фосфорилювання, збільшують продукцію АТФ на одиницю споживаного дефіцитного кисню (Castrop, 2008; Pavlov, 2008).

Триметазидин проявляє антиоксидантні та антигіпоксичні властивості, блокує 3-кетואцилтіолазу, гальмує окислення жирних кислот, але не змінює накопичення активованих жирних кислот у мітохондріях (Khayat et al., 2009).

Під впливом триметазидину збільшується окислення пірувату і підвищується гліколітична продукція аденозину трифосфату (АТФ), зменшується концентрація аденозину монофосфату (АМФ) і аденозин дифосфату (АДФ), гальмується накопичення лактату, спостерігається розвиток ацидозу, пригнічується вільнорадикальне окиснення (Wolff et al., 2007).

Поряд із терапевтичною дією антигіпоксанти можуть проявляти побічні реакції: диспептичні явища (нудоту, блювання, біль у животі), викликати головний біль, безсоння, відчуття серцебиття, алергічні реакції. Тому пошук активніших і менш токсичних антигіпоксантів для корекції кисневої недостатності є раціональним і доцільним.

Результати комп'ютерного прогнозу можливих видів фармакологічної активності похідних амонієвих солей 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату свідчать про високу дос-

товірність наявності у них властивостей антигіпоксантив, що стало підставою для проведення цих досліджень.

Роботу виконано у рамках наукової програми науково-дослідних робіт Харківської державної зооветеринарної академії та Національного фармацевтичного університету з проблеми «Створення нових лікарських засобів» (№ державної реєстрації 0198U007008).

Метою даного дослідження було вивчити антигіпоксичну активність вперше синтезованих похідних амонієвих солей 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату у дослідах на лабораторних тваринах.

Матеріали та методи

Об'єктом дослідження слугували 10 амонієвих солей 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату (Romaneko et al., 2006). Структура цих синтезованих сполук підтверджена за допомогою сучасних фізико-хімічних методів: елементного аналізу, УФ-, ІЧ-, ПМР- та мас-спектрофотометричних досліджень. Чистота синтезованих сполук контролювалася методом тонкошарової хроматографії.

Дослідження антигіпоксичної активності синтезованих речовин проведено на моделі гострої нормобаричної гіпоксії з гіперкапнією у дослідах на білих щурах лінії Вістар. Для проведення досліджень відбирали самців однієї маси (в межах 180–190 г). Піддослідним щурам досліджувани речовини вводили внутрішньошлунково за допомогою металевго зонда в дозі

0,01 ЛД₅₀ у вигляді 3-5% тонкодисперсної водної суспензії стабілізованої твіном-80. Через 30 хвилин щурів поміщали в ізольовані камери об'ємом 1000 мл та вимірювали час до настання агонального стану тварин. В якості препарату для порівняння було обрано антигіпоксанти аміналон (виробництво – Київський вітамінний завод). Аміналон вводили внутрішньошлунково за допомогою металевго зонду одноразово в дозі 25 мг/кг у вигляді 3-5% тонкодисперсної водної суспензії, стабілізованої твін-80. Контрольним щурам вводили еквівалентну кількість 3-5% тонкодисперсної водної суспензії з твіном-80.

Під час проведення експериментальних досліджень тварини перебували у стандартних умовах згідно з нормами та принципами Директиви Ради ЄС з питань захисту хребетних тварин, яких використовують для експериментальних та інших наукових цілей (Stefanova, 2001).

Отримані результати опрацьовано загальноприйнятими методами варіаційної статистики за критерієм t Ст'юдента з використанням програмного забезпечення “Windows” та електронних таблиць Excel (Lukyanikhina and Vyganaiylo, 2023).

Результати досліджень

Отримані дані вивчення антигіпоксичної активності солей амонієвих 3-метил-7-метоксиетилксантинил-8-тіоацетату наведені в табл. 1. Встановлено, що більшість досліджуваних речовин збільшували тривалість життя

щурів, які були розміщені у герметичні камери, за умов гострої нормобаричної гіпоксії.

Серед амонієвих солей 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату найбільшу антигіпоксичну активність проявляла сполука 4-амонієва сіль 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату піролідинію (шифр сполуки γ-7842), яка в дозі 6,1 мг/кг збільшувала тривалість життя щурів в умовах гострої нормобаричної гіпоксії на 74,6% ($p < 0,01$). Заміна піролідинової амонійної основи (сполука 4) на N,N-ди(β-гідроксietил) амонійну (сполука 5), піперазинову (сполука 8), діети-

ламмонійну (сполука 10) і 3-ізопропоксипропіламонійну (сполука 7), β-гідроксиетиламонійну (сполука 3), імідазоліну (сполука 9), 2-гідроксипропіламонійну (сполука 6) і морфолініну призводить до зниження антигіпоксичної активності з 74,6% до 5,0%. Препарат для порівняння аміналон також виявив антигіпоксичну активність: збільшував тривалість життя щурів на 55,8%. Піпередінінова амонійна сіль 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату (сполука 2) сприяла підвищенню гострої нормобаричної гіпоксії з гіперкапнією.

Таблиця 1. Антигіпоксична активність амонієвих солей похідних 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату (n=5)

Сполука №	Шифр	Доза, мг/кг	Тривалість перебування щурів у закритій камері, хв	
			M±m	Довірчий інтервал при $p=0,05$
1	γ-7839	9,2	24,0±0,52	22,6÷25,4
2	γ-7840	24,6	27,3±0,68	25,5÷29,1
3	γ-7841	25,4	31,2±0,62*	29,5÷32,9
4	γ-7842	6,1	45,4±0,73**	41,4÷47,4
5	γ-7843	9,6	40,7±0,46*	39,1÷41,3
6	γ-7844	12,7	29,4±0,31*	28,6÷31,2
7	γ-7845	10,6	32,5±0,45*	31,3÷33,7
8	γ-7846	26,2	36,0±0,52*	34,6÷37,4
9	γ-8055	25,4	30,6±0,71*	28,7÷32,5
10	γ-8057	21,2	33,4±0,43*	31,2÷34,6
Аміналон		25,0	40,5±0,54*	39,0÷42,0
Контроль		—	26,0±0,58	24,4÷27,6

Примітка: * - при $p < 0,05$ у порівнянні з контролем;

** - при $p < 0,01$ у порівнянні з контролем.

Таким чином, за результатами цього етапу скринінгових досліджень встановлено, що сполука 4 перевищує дію еталонного препарату порівняння аміналону на 18,8%.

Обговорення результатів

Головною ланкою метаболічних процесів, що протікають у клітинах із виділенням чи споживанням енергії, є АТФ. Основна маса АТФ утворюється в результаті окислювального фосфорилування в дихальному ланцюгу мітохондрій, незначна – при субстратному фосфорилуванні (Wang et al., 2009). Можна припустити, що збільшення тривалості життя дослідних щурів в умовах гострої нормобаричної гіпоксії з гіперкапнією є результатом поліпшення метаболічних процесів та підвищення рівня АТФ у дихальному ланцюгу мітохондрій під впливом досліджених амонієвих солей 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату.

Серед досліджених амонієвих солей 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату найбільшу антигіпоксичну активність проявила сполука 4 – амонієва сіль 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату піролідинію (шифр сполуки γ -7842), яка подовжувала тривалість життя щурів в умовах гострої нормобаричної гіпоксії з гіперкапнією на 74,6% ($p < 0,01$). Заміна піролідинової амонійної основи у сполуці 4 на N,N-ди(β -гідроксіетильну) (сполука 5), піперазинову (сполука 8), діетиламонійну (сполука 10) викликала зменшення антигіпоксичної активності

з 74,6% до 28,5% ($p < 0,05$).

На підставі отриманих даних можна припустити, що сполука 4 (шифр сполуки γ -7842), має здатність регулювати процеси біотрансформації, змінюючи енергетичні потоки в дихальному ланцюгу мітохондрій, і призводить до значного зменшення витрат АТФ при одночасному збільшенні швидкості окислення амонієвої солі 7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату піролідинію. Це сприяє покращенню функції клітин та збільшенню тривалості життя щурів в умовах гострої нормобаричної гіпоксії з гіперкапнією. Сполука 4 перевищує дію еталонного препарату аміналону на 18,8%.

Отримані дані вивчення антигіпоксичної активності амонієвих солей 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату є підставою для більш поглибленого дослідження механізмів антигіпоксичної активності з метою створення нового ефективного лікарського засобу з антигіпоксичною активністю.

Висновки

1. Серед амонієвих солей 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату найбільшу антигіпоксичну активність виявила сполука 4 – амонієва сіль 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату піролідинію. Вона збільшувала тривалість життя щурів на 74,6% за умов гострої нормобаричної гіпоксії з гіперкапнією.

2. Амонієві солі 3-метил-7-метоксиетилксантиніл-8-тіоацетату є

перспективною групою органічних сполук для подальшого синтезу та проведення фармакологічного скринінгу з метою створення на їхній основі ефективних антигіпоксичних препаратів.

References:

- Aw, T.Y., Andersson, B.S., Jones, D.P. (1987) Suppression of mitochondrial respiratory function after short-term anoxia. *Am J Physiol.*, 252(4 Pt 1), 362-368. doi: 10.1152/ajpcell.1987.252.4.C362. PMID: 2882683
- Castrop, H. (2008). Modulation of adenosine receptor expression in the proximal tubule: a novel adaptive mechanism to regulate renal salt and water metabolism. *Am. J. Physiol. Renal. Physiol.*, 295(1), 35-36.
- Flood, D., Sang, E., Cormac, L., Taylor, T. (2023). Intracellular Energy Production and Distribution in Hypoxia. *Journal of Biological Chemistry*, 299(2), 105103. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbc.2023.105103>
- Geromel, V., Chretien, D., Benit, P. (2002). Coenzyme Q and idebenone in the therapy of respiratory chain disease: rationale and comparative benefits. *Mol. Genet. Metab.*, 77, 21-30.
- Goda, N., Kanai, M. (2012). Hypoxia-inducible factors and their roles in energy metabolism. *Int J Hematol*, 95, 457-463. <https://doi.org/10.1007/s12185-012-1069-y>
- Holmes, T., Brown, A.W., Suggitt, M. (2020). The influence of hypoxia and energy depletion on the response of endothelial cells to the vascular disrupting agent combretastatin A-4-phosphate. *Sci Rep.*, 10, 9926. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66568-8>
- Khayat, R., Patt, B., Hayes, D. (2009). Obstructive sleep apnea: the new cardiovascular disease. Part I: Obstructive sleep apnea and the pathogenesis of vascular disease. *Heart Fail Rev.*, 14(3), 143-153.
- Lukyanikhina, O. A., Vyganaiylo, S. M. (2023). Statistical methods for the purposes of science and practice. *Our right.*, 2, 192-195. DOI: <https://doi.org/10.32782/NP.2023.2.27>
- MacIntyre, N. R. (2014). Tissue Hypoxia: Implications for the Respiratory Clinician. *Respiratory Care*, 59(10), 1590-1596; DOI: <https://doi.org/10.4187/respcare.03357>
- MacVicar, T., Ohba, Y., Nolte, H. (2019). Lipid signalling drives proteolytic rewiring of mitochondria by YME1L. *Nature*. 575, 361-365. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1738-6>
- Pavlov, O.O. (2008). Effect of antihypoxant actovegin on dynamics of markers of the oxygen cascade. *Klin Khir.*, 9, 57-59.
- Preclinical studies of medicinal products (2001) [Editor's note. O. V. Stefanova]. K.: Avicenna. P. 433-443.
- Romaneko, M.I., Ivanchenko, D.G., Samura, I.B. (2006). Synthesis, physico-chemical and biological properties of 8-amino derivatives of 1-

benzyltheobromine. *Zaporozhye medical journal*, 3(36), 142-146.

Ucar, Z.Z., Taymaz, Z., Erbaycu, A.E. (2009). Nocturnal hypoxia and arterial lactate levels in sleep-related breathing disorders. *South. Med. J.*, 102(7), 693-700.

Wang, X.H., Cavell, B.E., Syed, Alwi, S.S., Packham, G. (2009). Inhibition of hypoxia inducible factor by phenethyl isothiocyanate. *Biochem. Pharmacol.*, 78(3), 261-272.

Wheaton, W.W., Chandel, N.S. (2011). Hypoxia. 2. Hypoxia regulates cellular metabolism. *Am J Physiol Cell Physiol.*, 300(3), 385-393. doi:10.1152/ajpcell.00485.2010

Wolff, A.A., Rotmensch, H.H., Stanley, W.C., Ferrari, R. (2007). Metabolic approaches to the treatment of ischemic heart disease: the clinician's perspective. *Heart Failure Reviews*, 7, 187-203.

<https://doi.org/10.1023/a:1015384710373>

Отримано в редакцію 28.10.2023 р., прийнято до публікації 18.12.2023 р.